VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROGÊNIES DE *Eucalyptus saligna* SMITH E SUA INTERAÇÃO COM O ESPAÇAMENTO

FERNANDO PATIÑO - VALERA

Eng^o Agrônomo - Esp. en Bosques
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales e
Agropecuarias - INIFAP - MÉXICO

Orientador: Prof. Dr. PAULO YOSHIO KAGEYAMA

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Abril de 1986

A Mayita e aos meus irmãos: José Luis,
Juan Antonio, Amália, Salvador, Enrique,
Manuel, María Elvira, Arturo, María de
Lourdes e Ricardo,

MINHA CONSIDERAÇÃO.

À memória do meu pai: Eng^o Agrônomo
FERNANDO PATIÑO-NAVARRETE, quem me
iniciou e incentivou sempre para
seguir no caminho da pesquisa, e

A minha esposa Juanita e aos meus
filhos Juan Fernando e Mônica Elisa,

OFEREÇO e DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos as pessoas e instituições que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, e em especial deferência:

Ao orientador e amigo, Prof. e Dr. Paulo Yoshio Kageyama, pela sua dedicação e interesse e pelo incentivo e confiança que sempre conseguiu transmitir durante o curso de Pós-Graduação, além de sua compreensão às barreiras de língua e aos problemas enfrentados na realização deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Investigaciones Forestales e Agropecuarias (INIFAP) do México, com especial deferência aos amigos, Drs. Jesús Moncada De la Fuente, vocal ejecutivo, e Miguel Caballero Deloya, vocal secretario de Investigación Forestal, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação e pelas facilidades outorgadas para minha estadia no Brasil.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, pelas facilidades e ajuda prestadas, em especial ao Técnico em Computação Jair Augusto Diehl, pela sua valiosa ajuda no desenvolvimento dos programas de computação para as diversas análises da variância e a sua ampla cooperação no processamento dos dados deste trabalho.

À Companhia Reflorestadora Nacional (CIRENA) do Grupo RIPASA, com especial deferência aos Engenheiros Florestais Edson Antonio Balloni e José Zani Filho, e ao Técnico José Cesar Bistaffa, do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento Florestal, pelas facilidades outorgadas e a valiosa ajuda no estabelecimento e condução dos ensaios e na coleta dos dados experimentais.

Registro também a minha gratidão aos docentes dos Departamentos de Silvicultura e Genética da ESALQ-USP, pelos ensinamentos, ajuda e pela amizade oferecida.

Aos amigos do curso, que participaram sempre das constantes trocas de idéias, fazendo valiosas sugestões para o melhor desenvolvimento deste trabalho, em especial ao Mário Luiz Teixeira de Moraes, Edson Seizo Mori, Paulo Kikuti e Valderes Aparecida de Sousa.

As laboratoristas do Setor de Sementes do Departamento de Silvicultura da ESALQ, com especial deferência para Alba Valéria Masetto, pela ajuda na realização das determinações da densidade básica da madeira, e no manejo dos dados experimentais dos testes.

As funcionárias da Biblioteca do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Marialice Metzeker Poggiani e Magali Oliveira Salgueiro, pelo apoio concedido.

A todos os funcionários do Departamento de Silvicultura da ESALQ-USP e do IPEF, pelo apoio e amizade oferecidos no decorrer do curso.

Aos amigos Juan e Esperanza Medina, Yone Simões, Maria Arcadolina Sabillón e Norman Alexis e Gioconda Sabillón, pelo apoio e amizade oferecidos, sobretudo nos momentos difíceis desta fase de minha vida.

À Publique Central de Serviços Ltda., pela datilografia e a edição do presente trabalho.

Uma deferência muito especial para Juanita, Juan Fernando e Mônica Elisa, que me apoiaram, incentivaram e participaram desta fase da minha formação.

Ao Povo Brasileiro pela amizade e calor humano, e pela oportunidade de aprender nas suas instituições, a minha gratidão.

Í N D I C E

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. Efeitos do espaçamento entre plantas.....	6
2.2. Interação genótipo x ambiente.....	19
2.3. Ensaio de progênie e determinação de parâmetros genéticos.....	36
2.3.1. Ensaio de progênie.....	36
2.3.2. Determinação de parâmetros genéticos..	41
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.1. Material.....	51
3.1.1. Descrição da população.....	51
3.1.2. Localização e características da área da população	53
3.1.3. Características do local de estudo.....	53
3.2. Métodos.....	54
3.2.1. Instalação e condução do teste de progênie.....	54
3.2.2. Delineamento experimental.....	55
3.2.3. Avaliação dos ensaios.....	57
3.2.4. Análise da variância individual para cada uma das características em cada espaçamento.....	59

3.2.5. Análises da variância conjuntas para espaçamentos e idades.....	62
3.2.6. Análise da covariância entre idades para cada característica e entre ca- racterísticas para cada idade.....	65
3.2.7. Estimativas dos parâmetros genéticos	67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4.1. O crescimento das progênies.....	74
4.1.1. Sobrevivência das progênies.....	74
4.1.2. Crescimento em altura.....	78
4.1.3. Crescimento em diâmetro das progê- nies.....	87
4.1.4. Crescimento das progênies em área basal e volume cilíndrico.....	91
4.1.4.1. Área basal.....	91
4.1.4.2. Volume cilíndrico.....	95
4.1.5. Densidade básica da madeira.....	98
4.2. Resultados das análises da variância indi- viduais.....	105
4.3. Resultados das análises da variância con- juntas para as características de cresci- mento e forma do tronco envolvendo os espa- çamentos testados e as idades avaliadas...	114

4.4. Correlação entre os espaçamentos para as <u>di</u> ferentes características.....	130
4.5. Estimação das variâncias genéticas e não ge néticas e de coeficientes de herdabilidade e de variação genéticas e não genéticas pa ra altura, diâmetro, área basal, volume ci lindrico e forma do tronco.....	132
4.6. Relações entre coeficientes de variação ge nética e experimental, e entre as variân cias dentro e entre progênies, e entre as variâncias dentro e ambiental.....	158
4.7. Coeficientes de correlação genética e feno típica entre as características de altura , diâmetro e volume cilíndrico para os dois espaçamentos testados, nas idades de 26 e 32 meses.....	162
5. CONCLUSÕES.....	169
6. LITERATURA CITADA.....	174
7. APÊNDICE.....	190

VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROGÊNIES DE *Eucalyptus saligna* SMITH E SUA INTERAÇÃO COM O ESPAÇAMENTO

Autor: FERNANDO PATIÑO-VALERA

Orientador: PROF. DR. PAULO YOSHIO KAGEYAMA

RESUMO

O presente trabalho é um estudo da variação genética em progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus saligna* Smith, produzidas a partir de sementes colhidas de 169 árvores matrizes crescendo na Área de Coleta de Sementes do Horto Florestal de Itatinga, São Paulo. Essa população tem produzido grande parte das sementes comerciais da espécie utilizadas no Brasil.

O ensaio foi instalado no Parque Florestal "Guaçu", propriedade do Grupo RIPASA, localizado no município de Avaré, São Paulo, em 28 de fevereiro de 1983. O delineamento experimental utilizado foi o látice quádruplo com 169 (13 x 13) progênies. Foram utilizadas parcelas lineares de 20 plantas, a um espaçamento inicial de 3,0 x 1,0 m. O teste foi circundado por uma dupla bordadura de plantas das mesmas progê-

nies.

Aos 17 meses de idade, e visando quantificar a interação genótipo x espaçamento, foram aplicados desbastes mecânicos na metade de cada parcela para se obter os dois espaçamentos a testar, 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m, nos quais ficaram parcelas com 9 e 5 plantas, respectivamente. Os dois espaçamentos foram considerados como sendo dois experimentos diferentes.

A avaliação dos testes foi realizada nas idades de 15, 26 e 32 meses para as características de altura, diâmetro, área basal e volume cilíndrico de plantas. À idade de 32 meses, foram avaliadas a forma do tronco das árvores e a sobrevivência das plantas.

Os resultados obtidos revelaram variações genéticas significativas entre progênies para todas as características, em todas as idades e espaçamentos. A forma do tronco e a altura das plantas foram as características que revelaram maiores valores de F para as progênies, vindo a seguir o diâmetro, a área basal, o volume cilíndrico e a sobrevivência. Essas variações genéticas encontradas mostraram resultados homogêneos entre os diferentes espaçamentos e nas diferentes idades dentro dos espaçamentos testados.

Para sobrevivência das progênies, foram verificadas variações genéticas no espaçamento menor. Contrariamente, para forma do tronco, essas variações só foram detectadas no espaçamento 3,0 x 2,0 m. Esses fatos sugerem que o espaça-

mento menor aumentou as variações entre progênies quanto à sobrevivência e, por outro lado, mascarou a expressão das diferenças para forma do tronco.

Considerando-se os valores de F e as eficiências dos látices, foi plenamente justificada a utilização do delineamento em látice para a avaliação dos ensaios de progênies.

As progênies mostraram, aos 17 meses de idade, um valor médio para a densidade básica da madeira bastante expressivo ($0,411 \text{ g/cm}^3$). A variação apresentada pelas progênies, ao nível de médias de progênies, foi baixa, embora tenham sido encontradas progênies com valores bastante expressivos para a sua densidade.

Nas análises da variância conjuntas, envolvendo os espaçamentos testados, as características de crescimento e a forma do tronco, apresentaram variações genéticas significativas ao nível de 1% para as progênies dentro dos espaçamentos. O efeito do espaçamento apresentou variações significativas ao nível de 1%, aumentando dos 26 para os 32 meses, para todas as características, exceto para altura das plantas.

A interação progênies x espaçamento mostrou valores de F bem pouco expressivos para todas as características. No entanto, quando foi feito o desdobramento da interação, os resultados obtidos mostraram, para progênies dentro dos espaçamentos, valores de F significativos ao nível de 1% para todos os casos, exceto para volume cilíndrico no espaça-

mento menor. A tendência dos valores de F assim obtidos mostrou a maior expressividade das progênies dentro do espaçamento mais amplo.

Através do coeficiente de correlação de Spearman foram obtidas correlações positivas entre os dois espaçamentos, apresentando valores significativos para as características de crescimento e de forma do tronco. No entanto, esses valores não foram expressivos e mostraram uma não concórdância nas posições relativas das progênies dentro dos espaçamentos, sugerindo a existência de interações progênies x espaçamentos.

Considerando-se a posição relativa quanto à produção em volume por árvore, as progênies foram classificadas nas seguintes categorias: aquelas que reagiram melhor no espaçamento 3,0 x 1,0 m; aquelas que reagiram melhor no espaçamento 3,0 x 2,0 m; e aquelas que apresentaram um desenvolvimento semelhante em ambos os espaçamentos.

As variâncias genéticas entre progênies, estimadas para todas as características, mostraram boas precisões a julgar pelos baixos valores dos desvios padrões encontrados. Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito e ao nível de plantas variaram tanto entre os espaçamentos testados, como entre as características consideradas, quando comparadas as diferentes idades nos dois delineamentos utilizados. Esses coeficientes de herdabilidade apresentaram a tendência de decrescer com a idade.

Para as análises conjuntas envolvendo os dois espaçamentos, os coeficientes de herdabilidade apresentaram a mesma tendência observada nas análises individuais, apresentando sempre valores mais próximos daqueles obtidos para o espaçamento mais amplo.

A relação entre os coeficientes de variação genética e experimental, utilizada como indicadora das possibilidades de sucesso na seleção dentro dos ensaios, mostrou valores muito estáveis para cada característica, com ligeira vantagem à idade de 15 meses. Esse coeficiente acompanhou a tendência dos coeficientes de herdabilidade para as características consideradas.

As relações entre as variâncias dentro de parcelas e genética entre progênies (σ_d^2/σ_p^2) apresentaram valores confirmando que as progênies de *Eucalyptus saligna* Smith apresentam características próprias de plantas alógamas.

As correlações genéticas aditivas ao nível de plantas e as correlações fenotípicas ao nível de médias de famílias apresentaram valores positivos e próximos à unidade, mostrando o reflexo de uma característica sobre a outra quando se pratica a seleção para uma delas, e a pouca interferência ambiental na mudança dos dois tipos de correlação estudados, respectivamente.

GENETIC VARIABILITY IN PROGENIES OF *Eucalyptus saligna* SMITH AND THE SPACING x GENOTYPE INTERACTIONS

Author : FERNANDO PATIÑO-VALERA

Adviser: DR. PAULO YOSHIO KAGEYAMA

SUMMARY

The genetic variation in open pollinated progenies of *Eucalyptus saligna* Smith produced from seeds collected from 169 mother-trees growing in the Seed Collection Area in the Forestry Park of Itatinga, State of São Paulo, Brazil, was studied

For this, a trial was established of February 28, 1983, in the "Guarujá" Forestry Park, owned by the RIPASA Group, located in the Municipality of Avaré, State of São Paulo, Brazil. The experimental design utilized was the quadruple lattice, with 169 (13 x 13) progenies. Linear plots consisting of 20 plants were used and the 3.0 x 1.0 m spacing was used initially. The trial was surrounded by two rows of seedlings from the same progenies utilized in the trial.

At the age of 17 months, a mechanical clear

cutting was made with the main objective of obtaining the two spacings to be tested (3.0×1.0 m and 3.0×2.0 m, with 9 and 5 plants per plot, respectively), and for evaluating the spacing $\times$ genotype interaction. The two spacings resulting from the clear cutting operations were considered to be two different trials.

The evaluation of the trials was conducted at the ages of 15, 26, and 32 months, for height growth, diameter growth, basal area, and cylindric volume. At 32 months, tree stem form and plant survival were also evaluated.

The results obtained at 32 months revealed considerable genetic variation for all growth characteristics studied, at all ages and spacings considered. Stem form and plant height were the most variable characteristics, showing the highest values for F, followed by diameter, basal area, volume and plant survival. The genetic variations detected for different spacings and ages, within the spacings under test, were shown to be very homogeneous.

For plant survival, genetic variations were detected in the 3.0×1.0 m spacing. Reversely, for stem form, variations were detected only in the wider spacing. These facts suggest that the lower spacing increased the variations among progenies for survival while for stem form, it masked the expression of differences.

Considering the F values and the efficiencies of the lattices, the utilization of lattice experimental de-

sign for evaluating progeny trials is fully justified.

At the age of 17 months the progenies showed an average value for specific gravity considered to be very expressive (0.411 g/cm^3). The variation shown for the progenies at the progeny mean level was very low. However, some progenies with very expressive specific gravity values were found.

The joint analysis for spacings showed genetic variation among progenies for all growth characteristics and stem form. The F values revealed significant genetic variation for the progenies within spacing at the 1% level. On the other hand, the spacing effect increased expressively from 26 to 32 months of age for all characteristics except plant height.

The interaction between progenies and spacing showed very low F values for all characteristics. However when the joint analysis was broken down, the results showed significant values at the 1% level for the progenies within the spacing, for all characteristics except volume at the $3.0 \times 1.0 \text{ m}$ spacing. The F values obtained were more expressive for all characteristics in the wider spacing.

Positive correlations between the two spacings were obtained through Spearman's coefficient of correlation, where significant values were found growth characteristics and stem form. However, these values were not expressive and are in disagreement with the relative positions of the progenies within spacings, thus suggesting the possibility of the presence of spacing $\times$ genotype interactions in the trials.

Taking into account the relative position of progenies for volume production in each of the spacings, the progenies were classified in the following categories: progenies with the best volume growth in the 3.0 x 1.0 m spacing; progenies with the best volume growth in the 3.0 x 2.0 m spacing; and, progenies with similar volume growth in both spacings.

The genetic variances among progenies, estimated for all characteristics, showed good precision, considering the low standard deviations obtained. The narrow sense heritabilities at plant level showed variability among the spacings tested and among the characteristics studied for different ages and in both experimental designs utilized. These coefficients of heritability also show the general tendency of decreasing their values with age, in both spacings and experimental designs utilized.

In the joint analysis involving the two spacings, the heritability coefficients revealed the same tendency as in the individual analysis, showing values closer to those obtained for the wider spacing.

The relationship between coefficients of genetic variation and experimental variation utilized as an indicator for evaluating the possibility of successful genetic gain through selection, and for identifying the most suitable condition for practicing selection within trials, shows very stable values for all characteristics with a slight advantage for

15 months of age. These coefficients followed the same tendency observed in the heritability coefficients.

The relationship between phenotypic variation within progenies and genetic variation among progenies (σ_d^2/σ_p^2), utilized for determining the mating system of the progenies, confirms that the progenies are preferably cross-pollinating.

The genetic correlations at plant level, and the phenotypic correlations at the family mean level showed positive and near to 1 values, showing the influence of one characteristic over another when selection is practiced, and the minor environmental influence in both of the correlation types studied, respectively.

1. INTRODUÇÃO

O reflorestamento é, de fato, uma importante atividade dentro da economia do Brasil e de muitos outros países do mundo, quer pelo fornecimento de matéria prima para as indústrias de celulose e papel, chapas de fibra e siderurgia, bem como uma das alternativas energéticas para suprir a escassez de petróleo e de outros combustíveis fósseis. Por outro lado, é importante se considerar que essas indústrias requerem cada vez mais matéria prima com certos padrões de qualidade e uniformidade, para se obter produtos da melhor qualidade possível.

A moderna silvicultura baseia-se no cultivo intensivo de povoamentos estabelecidos a partir, principalmente, de espécies exóticas, destacando-se as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, objetivando a condução racional e organiza

da dessas florestas implantadas, para se obter a máxima produção sustentada de madeirá ou de outros produtos, da maior qualidade e a custos mais baixos possíveis.

Dentre as espécies de *Eucalyptus* mais amplamente utilizadas no Brasil, destacam-se *E. grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Smith e *E. urophylla* E T Blake. Essas espécies estudadas por diversos autores apresentam uma alta potencialidade pelas suas condições de adaptação a diversas condições. O *E. saligna* Smith tem sido pouco estudado do ponto de vista genético em nossas condições, considerando-se muito importante conhecer o potencial genético da população base de Itatinga-SP, que tem produzido grande parte das sementes comerciais da espécie utilizadas no Brasil.

A produtividade florestal é influenciada por vários parâmetros, dentre os quais os mais relevantes estão relacionados à qualidade genética do material reprodutivo a empregar, aos espaçamentos compatíveis com o uso final da madeira e, logicamente, à idade de corte e às práticas silviculturais que permitam o adequado desenvolvimento dos povoamentos.

O espaçamento tem uma série de implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico. Ele influencia as taxas de crescimento das plantas, a qualidade da madeira, a idade de corte, bem como as práticas de exploração e manejo florestal e, conseqüentemente, os custos de produção.

O uso final da madeira é um fator muito importante na seleção dos espaçamentos, já que se considera que o espaçamento ideal para celulose e/ou chapas de fibra não é o mesmo indicado para a produção de lenha, carvão ou madeira para serraria. Ainda, a diferenciação entre espaçamentos pode ocorrer a nível de espécies, procedência e progênes.

As técnicas de manejo intensivo aliadas ao melhoramento genético têm propiciado incrementos significativos tanto na produção volumétrica de madeira por unidade de superfície como da qualidade da mesma, para muitas espécies florestais.

Conforme o melhoramento florestal progride e utiliza gerações avançadas de melhoramento, todas as operações de pesquisa tornam-se mais caras e os riscos no estabelecimento dos povoamentos são incrementados, com o afunilamento da base genética. É muito importante, portanto, avaliar criticamente os genótipos a serem utilizados dentro desses programas de melhoramento. Os fenótipos dessas árvores podem ser influenciados positiva ou negativamente pelo ambiente no qual eles crescem e competem, gerando-se interações de genótipos x ambientes.

Para o melhorista, as muitas definições estatísticas da interação genótipo x ambiente podem ser reduzidas a uma implicação prática: a melhor população ou indivíduo num "site" não é necessariamente a melhor para outros "sites".

O nível, ao qual os efeitos da interação genótipo x ambiente são importantes, varia com a espécie, procedência, progênie ou clone, e com a característica considerada. Quando ignorados os efeitos da interação, podem-se produzir perdas muito grandes na produção dos povoamentos, seja pela morte das árvores ou pela redução do crescimento, ou ainda, por ambas as causas.

Atualmente, dentro do melhoramento genético e quando utilizada a estratégia de multipopulações, é possível manter a existência e identidade de vários complexos de genes, sendo que essas populações são altamente produtivas para ambientes específicos, permitindo, dessa forma, evitar ao máximo a endogamia, e propiciando que essas populações sejam geneticamente divergentes, mantendo-se assim a sua variabilidade e assegurando ganhos futuros a um custo menor. Essas populações divergentes podem ser combinadas entre si mais tarde para regenerar a variação dos materiais genéticos utilizados no programa de melhoramento.

A pesquisa em silvicultura e em melhoramento tradicionalmente têm sido conduzidas separadamente, porém, considerando os avanços obtidos em ambas as especialidades, com técnicas silviculturais sofisticadas e a utilização de multipopulações dentro dos programas de melhoramento, é muito importante integrá-las para que em forma conjunta sejam determinados os melhores genótipos para cada sistema de manejo e para cada um dos "sites" onde serão estabelecidos os povoa-

mentos.

O teste de progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, que vem sendo conduzido pela Companhia Reflorestadora Nacional do grupo RIPASA, e motivo deste estudo, faz parte de um programa de melhoramento genético que vem sendo conduzido com a espécie.

Baseado no potencial e a importância atual da espécie, e os poucos trabalhos sobre o tema, considerou-se muito importante conhecer o potencial genético da população de Itatinga desta espécie, visando ao seu melhoramento genético e a sua potencialidade, considerando-se o seu comportamento face a um dos tratamentos silviculturais, mais importante, o espaçamento, com vistas à produção de materiais para celulose, lenha e carvão.

O trabalho envolve dois assuntos por demais complexos e amplos: progênies e espaçamentos, visando conhecer a interação entre ambos. Assim, os objetivos que se pretendeu atingir foram:

(a) Determinar a magnitude e os padrões da variação genética entre e dentro das progênies, para as principais características silviculturais (altura, diâmetro, área basal e volume cilíndrico), e para forma do tronco das árvores da população de *Eucalyptus saligna* Smith - Itatinga-SP.

(b) Quantificar a interação genótipo x espaçamento para as progênies de *Eucalyptus saligna* Smith.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. EFEITOS DO ESPAÇAMENTO ENTRE PLANTAS

O espaçamento tem uma série de implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico. Ele afeta as taxas de crescimento das plantas, a qualidade da madeira, a idade de corte, bem como as práticas de exploração e manejo florestal e, conseqüentemente, os custos de produção (BALLONI e SIMÕES, 1980).

SILVA (1984) cita que até recentemente as atividades de reflorestamento no Brasil tinham padrões clássicos e rígidos e que o espaçamento mais utilizado era de 3,0 x 2,0 m, com ciclo de 21 anos em 3 cortes, e utilizando-se basicamente de duas espécies: *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden e *E. saligna* Smith.

BALLONI e SIMÕES (1980) relatam que a escolha do espaçamento de plantio na maioria dos planejamentos florestais tem-se fundamentado simplesmente no uso final da madeira; negligenciou-se outros envolvimento ecológicos e/ou silviculturais de suma importância.

SMITH (1962) afirma que em povoamentos mais densos pode-se obter um maior volume de madeira e que as árvores dentro deles atingem mais cedo a plena ocupação do espaço disponível. Porém, deve-se procurar a obtenção da produção ótima em termos não somente volumétricos, mas sim também de material utilizável.

SILVA (1984) comenta que o espaçamento das espécies florestais não deve ser rígido para cada espécie ou local; considerações especiais devem ser feitas quanto ao local, hábito de crescimento da espécie, sobrevivência esperada, finalidade de produção, futuros tratos culturais, tipos de equipamentos a serem empregados nos cortes e remoção da madeira e estudos comparativos envolvendo a economia e o rendimento.

O autor citado salienta que o espaçamento tem influência sobre as características de crescimento das espêcies (altura e diâmetro), influenciando, conseqüentemente, a produção em volume, a idade de corte e as práticas culturais a serem aplicadas nos povoamentos; o espaçamento também será função do "site", da espécie e possivelmente da qualidade genética do material reprodutivo a ser utilizado.

BALLONI e SIMÕES (1980) citam que, durante o crescimento inicial da floresta, o principal fator de competição é a erva daninha, cujo controle é feito pelos tratos culturais. Posteriormente, conforme as árvores vão-se desenvolvendo, inicia-se uma forte competição por luz, água e nutrientes.

A competição por luz, umidade e nutrientes depende grandemente da quantidade de troncos por unidade de área. A combinação de fatores do meio ambiente e genéticos faz com que o desenvolvimento das copas seja bastante intenso, promovendo a competição; em povoamentos equianos a competição entre as copas é mais intensa do que a competição entre as raízes (DANIEL *et alii*, 1982).

Normalmente, 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 um 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.

Segundo Hillis e Brown (1978), citados por BALLONI e SIMÕES (1980), a maioria das espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento são intolerantes à competição, ocorrendo durante o seu crescimento uma rápida segregação do talhão em estratos (dominante, codominante e dominado). O tempo para a definição dos estratos estará em função do espaçamento, da espécie e da qualidade do "site", como também da variação

genética na população e de uma interação entre estes fatores.

BALLONI e SIMÕES (1980) mostraram que o *Eucalyptus saligna* Smith apresenta, já a uma idade de 6 anos e 2 meses, maiores percentagens de falhas, mortes e árvores dominadas em espaçamentos mais apertados (3,0 x 1,50 m e 3,0 x 2,0 m), quando comparado com o *E. grandis* Hill Ex Maiden (tabela 1).

Tabela 1 - Proporção de árvores dominadas, falhas e mortas em parcelas experimentais de *E. grandis* Hill Ex Maiden e *E. saligna* Smith, aos 6 anos e 2 meses de idade, sob diferentes espaçamentos.

Espaçamento (m)	Superfície m ²	<i>E. grandis</i> Hill Ex Maiden			<i>E. saligna</i> Smith		
		% Falhas e mortas	% Domi- nadas	Total	% Falhas e mortas	% Domi- nadas	Total
3,0 x 1,50	4,5	16	15	31	21	30	51
3,0 x 2,00	6,0	18	6	24	21	20	41
3,0 x 2,50	7,5	15	9	24	11	12	23
3,0 x 3,75	11,25	19	12	31	11	16	28

Fonte: BALLONI e SIMÕES (1980).

Os autores concluem que esses dados, apesar de não serem conclusivos, mostram claramente que o plantio de *E. saligna* em espaçamentos inferiores a 3,0 x 2,0 m deve ser encarado com cautela para rotações convencionais, ou seja, o

corte com 6 a 7 anos de idade.

SIMÕES *et alii* (1981) recomendam como espaçamento ideal para o *Eucalyptus saligna* Smith aquele que permita uma superfície de 6,0 a 7,5 metros quadrados por planta, possibilitando a sobrevivência de árvores na segunda rotação.

GUIMARÃES (1965) verificou para o *E. saligna* Smith aos 8 anos de idade, que existe uma tendência para aumentar a mortalidade das árvores à medida que os espaços diminuem. No caso do espaçamento 1,0 x 1,0 obteve-se uma mortalidade de 65,9%; para o 2,0 x 2,0 m atingiu 60,76% de mortalidade. Entretanto, para 1,50 x 3,00 m obteve-se 49,16% de mortalidade e para o espaçamento 3,00 x 2,00 m, uma taxa de 44,63% de mortalidade. TEIXEIRA e RAUEN (1973) relatam, para um teste de progênies de *E. saligna* Smith instalado no Rio Grande do Sul, sobrevivências mínimas de 65% e máximas de 95% (média de 81%), em espaçamentos de 3,0 x 2,0 m e a uma idade de 2 anos e 10 meses.

A conicidade do fuste é uma característica que pode ser influenciada pelo espaçamento e que tem influência na produção real de madeira, conforme relato de vários autores.

Larson (1962), citado por DANIEL *et alii* (1982), indica que o tronco das árvores tem uma forma muito complexa e que é função da espécie e das características da copa. Nas coníferas, quando as árvores crescem dentro dos talhões, onde a proporção da copa viva é relativamente pequena, as mes

mas terão fustes mais cilíndricos que aquelas que se desenvolvem isoladamente e cuja copa de maior tamanho influi para que o tronco seja mais cônico. Mostra ainda que os desbastes fazem com que as árvores remanescentes sejam mais cônicas, já que o tratamento aumenta a proporção da copa viva; por outro lado, as podas fazem que os troncos fiquem menos cônicos. O grau de mudança potencial na forma do tronco dependerá da intensidade dos tratamentos de poda e desbaste e da magnitude das mudanças por eles produzidas sobre a taxa de crescimento das árvores.

Montagna *et alii* (1973), citados por SILVA (1984), afirmam que a partir de um certo número de plantas por hectare há uma tendência do aumento da conicidade com o aumento do espaçamento.

VAN LAAR (1978) relata que para *Pinus patula* Schl et cham o fator de forma diminuiu com o aumento do espaçamento, variando de 0,477 com 902 árvores por hectare, até 0,437 quando o povoamento tinha somente 124 árvores por hectare. A alteração assinalada diminuiu em quase 10% o volume real de madeira.

De forma geral, pode-se concluir que os espaçamentos mais largos têm proporcionado fatores de forma mais baixos.

BALLONI e SIMÕES (1980) ressaltaram que existem inúmeras controvérsias com relação à influência do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores. Relatam

os autores que existem casos onde a altura média aumenta com o espaçamento e outros onde o resultado é inverso, afirmando que nos espaçamentos muito fechados, a altura média diminui, em função do grande número de árvores dominadas.

MESKIMEN e FRANKLIN (1978), trabalhando com *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden em quatro espaçamentos diferentes, verificaram que à idade de 7 anos e 3 meses não houve diferenças na altura média das árvores, enquanto que o diâmetro foi diretamente influenciado pela redução do espaçamento.

Por sua vez, PEREIRA *et alii* (1982) verificaram para *E. grandis* Hill Ex Maiden, que a altura do povoamento foi influenciada pelo número de plantas por hectare. Os autores, comparando os espaçamentos de 3,0 x 1,0 e o de 3,0 x 2,0 m, afirmam que há um ganho de aproximadamente 13% em altura, em favor do menor espaçamento. COUTO (1977), em estudo de 5 diferentes espaçamentos para *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, até a idade de 93 meses, verificou que a altura média e o diâmetro médio do povoamento aumentaram com o aumento do espaçamento.

Muitos autores têm verificado a existência de uma tendência em aumentar o crescimento em altura, à medida que se aumenta o número de plantas por hectare. O anterior pode-se explicar em função de que nos espaçamentos mais reduzidos, a competição entre plantas em busca de luz é muito mais intensa em função da necessidade da árvore de ampliar

ao máximo a superfície foliar e cobrir sua necessidade de uma normal assimilação clorófiliana, estimulando-se, dessa forma, o crescimento em altura.

Por sua vez, SMITH (1962) e DANIEL *et alii* (1982) comentam que algumas das funções fisiológicas que se processam na árvore são mais críticas a sua sobrevivência do que outras, existindo, dessa forma, uma "priorização natural" quanto ao consumo de alimentos produzidos pela árvore. Assim, ainda que o diâmetro represente um suporte para a copa da árvore, o crescimento em diâmetro não parece possuir um valor muito grande para a sobrevivência da árvore, no sentido de que possa comandar alta prioridade no consumo de alimentos. Assim, continua o autor, o diâmetro é prontamente controlável pelo espaçamento ou por qualquer outro método de controle da densidade populacional.

KAGEYAMA (1986), citando Budowski (1965), comenta que as espécies arbóreas das florestas tropicais podem ser divididas em quatro grupos distintos: a) pioneiras; b) secundárias iniciais; c) secundárias tardias e d) climaxes, considerando ainda, o autor, que essa seria então a sequência da sucessão que orientaria o desenvolvimento da floresta a partir de um distúrbio da mesma.

KAGEYAMA e PATIÑO (1985) ressaltam o fato de que a grande maioria das espécies utilizadas no mundo, dentro de programas de reflorestamento, são espécies pioneiras ou secundárias, destacando-se as espécies dos gêneros *Euca-*

lyptus, *Pinus*, *Gmelina* e *Tectona*, dentre outros.

Por sua vez, KAGEYAMA (1986) comenta que a avaliação de experimentos de espaçamentos de espécies nativas e de espécies de *Eucalyptus* mostra claramente uma tendência para a classificação das espécies quanto a sua resposta a maior ou menor quantidade de luz. O autor levanta que existe uma gradação de respostas, desde aquelas espécies que apresentam grandes incrementos de crescimento com o aumento do espaçamento, até o outro extremo onde ocorre uma resposta negativa no crescimento quando se aumenta o espaçamento. O autor comenta que a interpretação dessas respostas diferenciais pode ser feita considerando as exigências de luz das plantas em função do decorrer da sucessão. Assim, quanto maior a resposta à abertura do espaço, em termos de crescimento principalmente em altura, maior seria a proximidade da fase inicial da sucessão, ou das espécies pioneiras. Pelo lado oposto, quanto maior a resposta positiva em crescimento com a diminuição da luz, maior proximidade das espécies clímax, ou fase final da sucessão.

KAGEYAMA (1986) salienta que quando comparados os ensaios de espaçamentos envolvendo nativas com aqueles de espécies de *Eucalyptus*, as tendências observadas são semelhantes às verificadas. O autor comenta que apesar das espécies de *Eucalyptus* terem um comportamento mais tipicamente de pioneiras, algumas espécies mostram maior efeito em relação ao espaçamento do que outras, revelando que mesmo as

espécies de *Eucalyptus* não são homogêneas quanto a esse aspecto.

BALLONI e SIMÕES (1980) verificaram uma tendência para diminuir a altura média das árvores de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden e *E. saligna* Smith, à medida que se diminuía o espaçamento. Entretanto, a altura média de 15% das árvores dominantes das parcelas não sofreu alterações significativas para ambas as espécies; os autores reportam que para o *Eucalyptus saligna* Smith aos 74 meses de idade as árvores atingiram as alturas que podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 - Altura média de *Eucalyptus saligna* Smith, aos 74 meses de idade, em diferentes espaçamentos.

Espaçamento (m)	Superfície (m ²)	Altura (m)	Coef. Var. (%)	Altura dominante (m)
3,0 x 1,50	4,5	16,9	32	24,6
3,0 x 2,00	6,0	18,3	31	24,3
3,0 x 2,50	7,5	19,2	23	24,8
3,0 x 3,75	11,25	19,4	26	24,7

Fonte: BALLONI e SIMÕES (1980).

REZENDE *et alii* (1980), num experimento sobre espaçamentos para *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden (Procedência: Zimbabwe) e *Eucalyptus saligna* Smith (Procedência: Itatinga, SP), a uma idade de dois anos, indicaram que para *E. saligna* Smith o espaçamento afetou significativamente o diâmetro e o volume, não existindo diferenças significativas para a altura e a percentagem de sobrevivência. O maior volume foi obtido no espaçamento de (1,0 x 1,0) x 3,0 m, onde foram plantadas 5.000 árvores por hectare; o menor volume foi encontrado nas parcelas testemunhas (3,0 x 2,0 m), onde foram plantadas 1.667 árvores por hectare. Quanto ao diâmetro, o maior crescimento foi obtido nos espaçamentos de 3,0 x 2,0 m e os menores diâmetros nos espaçamentos de (1,0 x 1,0) x 3,0 m e (1,0 x 1,5) x 3,0 m, o que pode indicar a má resposta do *E. saligna* Smith a uma forte competição.

Esses autores concluíram que: (a) o maior crescimento volumétrico foi obtido nos menores espaçamentos; (b) para o *E. saligna* Smith o espaçamento afetou o crescimento em volume e diâmetro, não afetando as alturas; e (c) sem considerar os aspectos econômicos, o espaçamento (1,0 x 1,0) x 3,0 m revelou-se o melhor para ambas as espécies.

COELHO *et alii* (1970), em experimento conduzido com 4 espécies, 2 espaçamentos e 4 épocas de corte, encontraram que os espaçamentos tiveram ação positiva sobre o crescimento em diâmetro das árvores, não influenciando, porém, o crescimento em altura aos quatro anos de idade para *Eucalypt*

tus saligna Smith, *E. alba* Reinw e *E. propinqua* Deane. Embora os autores salientem que os espaçamentos influíram positivamente sobre o crescimento em diâmetro e altura do *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden no espaçamento de 3,0 x 2,0 m, os autores concluem que finalmente existindo uma correlação entre diâmetro e altura, o espaçamento mais amplo, favorecendo o crescimento em diâmetro, concorre também para maior altura das árvores, do que resulta uma altura média mais elevada.

Quanto ao volume, BALLONI e SIMÕES (1980) salientam que: a altura, o diâmetro (DAP), a sobrevivência e a conicidade do fuste são características que podem ser alteradas pelo espaçamento de plantio e que interferem tanto no volume total de madeira como no volume útil produzido pela floresta.

GUIMARÃES (1960) relata para o caso de *Eucalyptus saligna* Smith, que há uma certa tendência em aumentar a produção de lenha quando diminui o espaçamento. Em ensaio de espaçamento estabelecido no Horto de Aimorês, o autor obteve as produções médias de lenha em função do espaçamento, como pode se observar na tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Produção de lenha em função do espaçamento em *Eucalyptus saligna* Smith, aos 8 anos de idade.

Espaçamento (m)	Superfície (m ²)	Produção de lenha (m ³ /ha)	Espaçamento (m)	Superfície (m ²)	Produção de lenha (m ³ /ha)
1,0 x 1,0	1,00	267,50	1,5 x 2,5	3,75	229,50
1,0 x 1,5	1,50	261,75	2,0 x 2,0	4,00	246,75
1,0 x 2,0	2,00	266,00	1,5 x 3,0	4,50	224,75
1,5 x 1,5	2,25	243,00	2,0 x 2,5	5,00	213,25
1,5 x 2,0	3,00	253,25	2,0 x 3,0	6,00	206,00
1,0 x 3,0	3,00	229,25			

Fonte: GUIMARÃES (1960).

COUTO (1977), estudando o comportamento do *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake em diferentes espaçamentos e diferentes idades, verificou que a área basal média e o volume médio por hectare diminuíram com o aumento do espaçamento. Por sua vez, MESKIMEN e FRANKLIN (1978) indicaram que para *E. grandis*, à idade de 7 anos e 3 meses, o volume médio foi inversamente influenciado pela redução do espaçamento.

BALLONI e SIMÕES (1980) afirmam que os povoamentos mais densos produzem maior volume de madeira que aqueles menos densos. Por outro lado, os espaçamentos maiores produzem um número maior de árvores com maior volume individual. Ainda que nos povoamentos com maior número de árvores, a produção volumétrica total seja maior, o volume útil pode

não sofrer alterações, produzindo-se uma maior quantidade de materiais finos.

Van Laar (1961), citado por BALLONI et alii (1980) e considerando como volume útil aquele produzido por árvores com diâmetro acima de 7,6 cm, observou para *Eucalyptus saligna* Smith, que o volume útil das árvores dominadas, diminuiu-se com o acréscimo de árvores por hectare, enquanto que o volume útil das classes intermediárias não foi alterado. Por outro lado, o volume útil das árvores dominantes aumentou com a diminuição do espaçamento de plantio.

Segundo BALLONI et alii (1980), esses dados mostram que a adoção de espaçamentos não adequados para uma certa espécie pode resultar em um número excessivo de árvores dominadas, as quais influem negativamente no volume útil e possivelmente no volume total.

2.2. INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE

SHELBOURNE (1972) define a interação genótipo x ambiente como a variação entre genótipos em sua resposta a diferentes condições ambientais. Por sua vez, MATHESON (1978) indica que a interação genótipo x ambiente é a atuação conjunta dos genótipos e dos ambientes. Da mesma forma, QUIJADA (1980) define a interação genótipo x ambiente como sendo a

falta de uniformidade na resposta de dois ou mais grupos de plantas em dois ou mais ambientes.

MORGENSTERN (1982) mostra que as interações entre genótipos "site" e tratos silviculturais podem tomar muitas formas e incluir muitos organismos. Em geral, continua o autor, interação significa influências mútuas e elas podem incluir: competição entre genótipos, interações entre genótipos e fatores do ambiente, agentes bióticos e, ainda, os efeitos dos tratos silviculturais.

Usa-se a palavra ambiente para definir uma certa combinação de fatores edáficos, bióticos, climáticos, em que se desenvolve uma certa espécie florestal e que influenciam o seu crescimento, aliada aos tratos culturais e condições de estabelecimento necessários para atingir um bom desenvolvimento e, conseqüentemente, uma boa produtividade.

FONSECA (1979) ilustra graficamente a interação genótipo x local, pela variação das respostas dos genótipos a diferentes ambientes. O autor, considerando as diferentes alternativas do teste F e supondo dois genótipos (A e B) testados em dois locais, apresentou quatro situações possíveis, as quais podem ser representadas esquematicamente como a seguir:

Figura 1 - Situações possíveis da interação genótipo x ambiente, segundo FONSECA (1979).

No primeiro caso, observa-se que o comportamento de ambos os genótipos foi o mesmo nos dois ambientes estudados, sendo que sempre o material "A" foi superior ao "B". No caso b, verifica-se que ambos os genótipos apresentaram uma melhor produção no ambiente 2 em relação ao 1, per

manecendo a mesma diferença e posição entre eles em ambos os locais. No caso c, observa-se que o genótipo "A" é superior ao genótipo "B" e que ambos melhoraram de comportamento no ambiente 2, porém, o ambiente 2 foi muito mais favorável ao genótipo "A" do que ao genótipo "B". O autor relata que esse tipo de interação recebe a denominação de interação simples. No último caso, os genótipos comportam-se de maneira diferente em cada ambiente, ainda que o genótipo "B" seja superior ao "A", considerando conjuntamente os dois locais. Maiores ganhos para a característica considerada seriam obtidos se no ambiente 1 for utilizado o genótipo "A" e no ambiente 2 o genótipo "B". Segundo o autor, esse tipo de interação recebe a denominação de interação complexa. Este último tipo de interação também foi esquematizado na mesma forma por ZOBEL e TALBERT (1984).

O homem produz mudanças drásticas no ambiente dos povoamentos florestais quando utiliza práticas intensivas de manejo florestal. O ambiente pode ser mudado durante o cultivo das essências florestais com adubações, irrigações, podas, desbastes ou quando são adaptados espaçamentos diferentes, além de outros tratos culturais que influem diretamente no solo e no crescimento das árvores.

Conforme salienta MORGENSTERN (1982), muitos outros fatores ainda não conhecidos influenciam no desenvolvimento dos povoamentos florestais e afetando na interação, os quais devem ser considerados nos programas de melhoramento.

Dentre eles merecem destaque os tratos culturais e o espaçamento entre plantas.

Segundo MARQUEZ (1985) ainda que em aparência o ambiente não mude por influências externas, os genótipos apresentam a tendência de modificar o ambiente em que vegetam. Assim, conforme as árvores crescem, o sombreamento interno da parcela vai-se incrementando e ocorrem mudanças na temperatura, na umidade relativa, na disponibilidade de água e de nutrientes, mudanças essas que afetam o desenvolvimento e as características das plantas.

Existem caracteres que não sofrem grandes alterações com as variações ambientais, porém, os caracteres de maior interesse econômico geralmente são quantitativos e, portanto, pequenas variações no ambiente são suficientes para provocar modificações fenotípicas significativas, como seriam os casos da produção, altura, diâmetro, etc., nas espêcies florestais.

KAGEYAMA (1980) enfatiza que o fenótipo reflete influências ambientais e genéticas e, além disso, que os genótipos respondem distintamente às variações ambientais, mostrando que essa resposta diferencial dos efeitos genotípicos e ambientais no desenvolvimento dos organismos dá origem ao importante grupo de parâmetros conhecidos como interação de genótipo e ambiente.

SHELBOURNE (1972) afirma que o genótipo de um indivíduo sô pode ser avaliado a partir de seu fenótipo. Os

efeitos do genótipo e do ambiente não são independentes e os genótipos diferem em suas respostas fenotípicas a um ambiente. MATHESON (1978), por sua vez, indica que os fenótipos resultam da interação genótipo x ambiente.

MORGENSTERN (1982) relaciona os fatores que são as bases de muitas interações: (a) diferenças climáticas, consistentes em mudanças em foto e termoperíodo e expressas pela variação na sobrevivência, no ritmo de crescimento e na suscetibilidade a pragas e doenças, dentro dos conjuntos de ambientes inclusos numa série de ensaios; (b) diferenças de solo entre ambientes, quando os genótipos são específicos para um sítio de maneira que não podem tolerar deficiências nutricionais ou são menos vigorosos que no seu habitat original; (c) diferenças genéticas das populações testadas, quando alguns dos genótipos ou procedências podem apresentar uma maior adaptação a condições ambientais variadas (genótipos estáveis), embora outros sejam menos adaptados.

Por outro lado, SQUILLACE (1969) cita os tipos de diferenças ambientais relacionadas com a interação genótipo x ambiente: (a) dentro de pequenas áreas, como nos ensaios no campo, associadas com as repetições de um experimento; (b) entre "sites" dentro de regiões, associadas com testes repetidos em diferentes "sites" dentro de uma região relativamente uniforme em clima; (c) entre ensaios em diferentes regiões, onde se incluem testes dentro de uma grande área geográfica com muitas diferenças topográficas e climáticas;

(d) entre repetições no tempo, incluindo plantações experimentais repetidas em diferentes anos e sem muitas diferenças espaciais; (e) entre ambientes criados artificialmente, incluindo experimentos com tratos culturais como fertilização, irrigação, etc.

Segundo SHELBOURNE (1972), os fatores edáficos parecem estar mais fortemente correlacionados com as interações genótipo x ambiente.

Segundo CAMPBELL (1974), a interação genótipo x ambiente apresenta grande importância dentro da silvicultura, principalmente naquelas localidades onde as florestas são regeneradas ou implantadas. Na regeneração das florestas nativas, a interação apresenta uma estreita relação com a delimitação das zonas produtoras de sementes, visando limitar ou ainda dirigir a transferência das sementes dentro das zonas geográficas predeterminadas, das florestas onde são colhidas aos ambientes onde serão estabelecidas as novas florestas.

No caso das florestas implantadas com espécies exóticas, um dos objetivos a atingir será escolher as melhores procedências ou famílias para os "sites" onde serão estabelecidas as novas florestas (BURLEY e NIKLES, 1973; BURLEY e KEMP, 1973), tentando, assim, diminuir os efeitos da interação e evitar perdas no povoamento por mortalidade das árvores ou a diminuição da qualidade.

As práticas de cultivo para incrementar a produtividade das árvores, tal como a fertilização, admitem tam

bem a possibilidade de melhoramento das árvores para aumentar a sua eficiência na resposta à adubação. Segundo Smith e Goddard (1973), citados por DANIELS (1984), a resposta das árvores à fertilização é controlada geneticamente em um certo grau, podendo-se, portanto, tirar vantagem das interações genótipo x fertilizante na seleção, para certo tipo de árvores que possam maximizar a sua eficiência na utilização dos fertilizantes aplicados. É importante salientar que essas árvores serão grandemente dependentes, para o seu desenvolvimento, das aplicações dos fertilizantes.

BURDON (1971), trabalhando com clones de *Pinus radiata* D. Don, estabelecidos em quatro "sites", à idade de 12 anos, encontrou uma grande interação clone x "site" para a frequência de ramificação e para retidão de tronco, a qual foi relacionada à deficiência de fósforo. A tolerância à deficiência de fósforo apresentou-se como sendo específica aos diferentes clones. Teich e Holst (1974), citados por MORGENTERN (1982), em estudo para determinar as interações procedência x "site" em *Pinus glauca* (Moench) Voss, encontraram uma alta significância, que foi relacionada, tanto para as procedências quanto para os "sites" onde foram estabelecidos os testes, como sendo devida às diferenças ao conteúdo de cálcio no solo.

Segundo ZOBEL e TALBERT (1984), a interação não esteve presente quando foram aplicados fertilizantes em doses normais, embora, quando a interação foi detectada, es

ta foi altamente dependente das espécies e das famílias testadas. Segundo Goddard (1975), citado por ZOBEL e TALBERT (1984), o *Pinus elliottii* Engelm apresentou maior interação genótipo x fertilizante que o *Pinus taeda* L., sendo a interação bem maior com fertilizantes à base de fósforo. Por sua vez, SHELBOURNE (1972) e JAHROMI *et alii* (1976) relataram interações definidas de fósforo x famílias para *Pinus taeda* L. e *Pinus radiata* D.Don.

É bem conhecido que o fenótipo reflete influências ambientais e genéticas e, além disso, que os genótipos respondem distintamente às variações ambientais. Assim, as espécies arbóreas, quando colocadas sob espaçamentos diferentes, apresentam respostas diferentes. DANIELS (1984) relata que clones de *Populus* spp apresentaram respostas diferentes quando cresceram sob espaçamentos diferentes. BALLONI e SIMÕES (1980) reportaram um comportamento similar ao nível da espécie de *Eucalyptus*.

Os experimentos com espécies florestais usando o espaçamento como um fator de interação com o genótipo são raros na literatura, muito embora, como já salientado, os efeitos do espaçamento influam no crescimento das espécies florestais e na produtividade dos povoamentos, e tendo uma grande importância nos aspectos tecnológicos e econômico da madeira produzida.

Mathieu (1967), citado por MORGENSTERN (1982), estudou os efeitos de dois espaçamentos (0,3 x 0,3 e 1,0 x

1,0 m), em procedências de *Pinus sylvestris* L., avaliando as características de sobrevivência, altura, diâmetro, formas do tronco e hábito de ramificação, e encontrando significância somente para a interação relativa à sobrevivência.

CAMPBELL e WILSON (1973), citando Allard e Bradshaw (1964), indicam que as interações genótipo x espaçamento são problemas para o melhorista, devido a que as interações podem camuflar os valores dos genótipos. Nesses casos, o aspecto importante das interações é o tamanho relativo desses efeitos. Evans *et alii* (1966), citados por CAMPBELL e WILSON (1973), propõem que as interações estatisticamente significativas podem ser uma expressão: (a) das mudanças no nível dos genótipos sobre diferentes espaçamentos, ou (b) das mudanças na variância entre genótipos a diferentes espaçamentos, ou (c) de uma combinação de mudanças em níveis e variância.

CAMPBELL e WILSON (1973) trabalharam com 30 famílias de irmãos germanos de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco, utilizando um delineamento de parcelas subdivididas onde os espaçamentos foram inclusos nas parcelas e as famílias colocadas nas subparcelas. Os autores encontraram interações progênie x espaçamento para as características altura e índice de volume, mas não para o caso da altura, quando foram utilizados os dados sem transformações. Quando as análises de variância foram feitas com os dados transformados as interações não foram mais significativas.

FRIES (1984) estudou a interação genótipo x espaçamento em *Pinus sylvestris* L., utilizando mudas produzidas a partir de sementes (população geneticamente heterogênea) e de clones enxertados (população geneticamente homogênea), visando detectar a ocorrência de interações competitivas entre elas. O autor encontrou interações entre o espaçamento e o grau de variação genética, mas para o caso da interação genótipo x espaçamento não foi detectado nenhum grau de significância.

BURDON (1977) alerta que no melhoramento das árvores florestais há necessidade de se prestar maior atenção às condições ambientais que aos genótipos na geração de interações e afirma que o desenvolvimento de um genótipo com relação a um outro genótipo pode variar em função do meio ambiente podendo acontecer que um genótipo superior em uma localidade ou ambiente não o seja em outros locais ou ambientes.

Muitos autores salientam a importância da interação genótipo x ambiente no melhoramento florestal, indicando que ela afeta a estratégia dos programas e da seleção (NAMKOONG *et alii*, 1966; SHELBOURNE, 1972; KAGEYAMA, 1980; KANG, 1980; NAMKOONG *et alii*, 1980 e TALBERT, 1980). NAMKOONG *et alii* (1980) mostraram que, em função dos objetivos do melhoramento, a seleção pode favorecer genótipos amplamente adaptados ou que respondem particularmente bem em ambientes específicos.

Segundo MATHESON e RAYMOND (1984), a interação genótipo x ambiente é causada pelo desvio dos valores genotípicos individuais em um "site", a partir dos efeitos aditivos dos genótipos e os ambientes. Os desvios podem surgir devido às mudanças no comportamento dos genótipos entre "sites" ou devido à variação na expressão do comportamento dos genes que controlam essa característica.

Para a detecção das interações genótipo x ambiente tem sido desenvolvida uma grande variedade de técnicas estatísticas. Os objetivos a serem atingidos voltam-se à descoberta de quais ambientes e quais genótipos causam a maior parte da variância da interação e à caracterização dos genótipos quanto a sua estabilidade.

O primeiro passo para o estudo das interações é uma análise da variância das observações dos materiais genéticos comuns aos diferentes "sites". Gibson (1982), citado por MATHESON e RAYMOND (1984), apresenta um exemplo onde a interação entre procedências e "sites" é testada através da comparação do quadrado médio da interação com o quadrado médio do erro experimental.

VENCOVSKY (1978) discute a importância de se conhecer até que ponto os fatores ambientais mascaram o valor genotípico dos indivíduos. Assim, o autor citado mostra que quando o caráter a ser melhorado é muito influenciado pelo ambiente, deve-se utilizar um delineamento experimental adequado, um número suficiente de repetições e uniformizar ao

máximo o ambiente.

As interações entre materiais genéticos e diferentes ambientes têm sido comuns em muitas espécies florestais, muito embora a quantificação desses efeitos para muitas características tenha alguma restrição. A significância estatística da interação, detectada pela análise de variância, só indica que a mesma foi estimada de uma forma precisa e não que ela seja necessariamente importante.

SHELBOURNE (1972) e ZOBEL e TALBERT (1984) salientam que o único caminho para avaliar a presença da interação genótipo x ambiente é instalar testes e provar os materiais genéticos em mais de um ambiente. Também ZOBEL e TALBERT comentam que, quando os testes são estabelecidos numa só localidade a interação pode ficar disfarçada dentro do efeito genético. Por sua vez, SHELBOURNE cita vários métodos para a avaliação da interação genótipo x ambiente e para a seleção de populações visando a sua estabilidade; esses métodos são:

- (a) classificação das médias de famílias, procedências ou clones nos diferentes ambientes;
- (b) correlação entre médias de procedências, famílias ou clones, em pares de ambientes;
- (c) análises de variância; e
- (d) regressão das médias de famílias, procedências ou clones com os ambientes envolvendo todas as médias de todos os locais.

Por sua vez, BARNES *et alii* (1984) indicaram os seguintes métodos para se detectar e avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente:

- (a) análise da variância normal;
- (b) análises da variância modificadas com a omissão de cada um dos ambientes e genótipos, visando determinar as contribuições individuais aos componentes da variância da interação e a consistência dos genótipos em todos os ambientes;
- (c) análises dos graus de liberdade individuais ou de consistência para examinar o efeito do nível de contribuição de cada um dos fatores;
- (d) isolamento dos componentes da variância da interação genótipo x ambiente;
- (e) utilização da técnica de regressão conjunta, onde o comportamento genotípico é comparado contra a média de todos os genótipos separadamente em cada um dos ambientes, ou contra algum estimador externo da qualidade do "site". A variância da interação é decomposta em dois termos: a regressão da heterogeneidade entre os genótipos e o desvio da regressão de cada um dos genótipos; e
- (f) a correlação genética entre o comportamento de cada um dos genótipos em cada par de ambientes.

Segundo ZOBEL e TALBERT (1984), quando existe a presença de uma grande interação genótipo x ambiente, isso

pode provocar que a herdabilidade seja superestimada e, segundo os autores citados, a fórmula apropriada para obter a herdabilidade no sentido restrito, quando os testes são estabelecidos em várias localidades, seria:

$$h^2 = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 A + \sigma^2 NA + \sigma^2 GE + \sigma^2 E}, \text{ onde:}$$

$\sigma^2 A$ = variância genética aditiva; $\sigma^2 NA$ = variância genética não aditiva; $\sigma^2 E$ = variância ambiental e $\sigma^2 GE$ = variância da interação genótipo x ambiente.

Os autores ainda citam que na presença de interação genótipo x ambiente e com informação de um só ambiente, o cálculo da herdabilidade ficaria:

$$h^2 = \frac{(\sigma^2 A + \sigma^2 GE)}{\sigma^2 A + \sigma^2 NA + \sigma^2 GE + \sigma^2 E}$$

Finalmente, os autores comentam que quando os testes são estabelecidos num só local, os componentes da variância genética aditiva e da interação genótipo x ambiente são confundidos e não podem ser separados, o que pode conduzir a uma superestimação dos ganhos na seleção, sobretudo quando o material vai ser estabelecido num local não testado.

VENCOVSKY (1978), por sua vez, destaca a grande importância do fenômeno da interação de tratamentos com ambientes para o melhoramento e salienta, citando Allard (1971), que a magnitude da interação depende muito do mate-

rial ensaiado e também das condições ambientais onde o mesmo é colocado. Segundo o autor, do ponto de vista do melhoramento, o fato da interação genótipo x ambiente ser significativa não esclarece a situação, sendo preciso levar o estudo mais adiante. De fato, continua o autor, pode-se mostrar no caso, que:

$$\sigma^2_{ta} = 1/2 (\sigma_{t1} - \sigma_{t2})^2 + \sigma_{t1} \sigma_{t2} (1 - r_{12})$$

onde: σ^2_{ta} é a variância da interação de tratamentos x ambientes

σ_{t1} e σ_{t2} são os desvios padrões dos tratamentos nos ambientes 1 e 2 respectivamente.

r_{12} é a correlação entre os tratamentos nos ambientes 1 e 2.

Este desdobramento da interação, ou de sua componente σ^2_{ta} , representa um fato mais geral, ou seja de que a interação é composta de duas partes, a saber:

(a) uma, devida à diferença na variabilidade genética do material, dentro dos ambientes, no caso $\sigma_{t1} - \sigma_{t2}$.

(b) a segunda, advinda da falta de correlação entre o material de um ambiente para outro, no caso representado por $(1 - r_{12})$. O importante é se notar que a segunda parte é a mais importante da interação, pois, uma correlação baixa pode significar que o material superior num ambiente pode não o ser no outro. VENCOVSKY (1978) ainda salienta a importância de se perceber que a interação pode existir mesmo com alta correlação entre ambientes.

Segundo ZOBEL e TALBERT (1984), têm sido empregados dois métodos para reduzir a interação genótipo x ambiente nos programas de melhoramento. A primeira alternativa

consiste em se estratificar a população, subdividindo-a em áreas dentro da região de melhoramento, ou em sub-regiões, que apresentem condições ambientais semelhantes. As semelhanças podem ser determinadas através dos fatores macroambientais como os regimes de temperaturas, regiões fisiográficas, solos, ou ainda podem ser indicadas pela experiência e o comportamento dos genótipos em cada uma delas. A segunda alternativa indicada pelos autores tem por objetivo selecionar aqueles genótipos que crescem bem e mostram pouca interação sobre uma ampla variedade de condições ambientais.

A interação genótipo x ambiente pode produzir perdas que, segundo ZOBEL e TALBERT (1984), podem consistir em: (a) na morte das árvores e na redução do crescimento, ou (b) efeitos na qualidade da madeira. A primeira é facilmente reconhecida, embora para se reconhecer a segunda sejam necesárias observações mais cuidadosas.

É importante salientar que os genótipos podem apresentar interações tanto para os parâmetros do crescimento quanto para as características que definem a qualidade da madeira. As propriedades da madeira que influem na sua qualidade podem, às vezes, apresentar maiores interações do que as características do crescimento (ZOBEL e TALBERT, 1984).

Ainda que existam muitas causas para a interação, na maioria dos casos, quando a mesma aparece, tem relação maior com os efeitos dos fatores edáficos que com fatores climáticos (SHELBOURNE, 1972; GODDARD, 1977).

2.3. ENSAIOS DE PROGÊNIES E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS

2.3.1. ENSAIOS DE PROGÊNIES

DITLEVSEN (1980) salienta que muitas características de interesse no melhoramento florestal são quantitativas, herdadas pela ação de muitos genes de efeito aditivo, cada um contribuindo para a herança dos caracteres. Geralmente nos programas de melhoramento são escolhidas árvores fenotipicamente desejáveis para o caráter enfocado. Essa aparência fenotípica pode ser consequência de um bom genótipo, de um bom ambiente ou, ainda pode ser o resultado da interação existente entre o genótipo e o ambiente.

Segundo ZOBEL e TALBERT (1984), a interação genótipo x ambiente pode ser expressa simbolicamente, utilizando uma extensão do modelo de comportamento fenotípico, relacionando os efeitos genéticos e ambientais, como a seguir:

$$F = G + E + GE, \text{ onde:}$$

F é o valor fenotípico; G é o efeito genético; E é o efeito do ambiente e GE é o efeito devido à interação genótipo x ambiente.

Para se estimar a ação da interação mencionada sobre o fenótipo, é necessária a realização de um teste genético, sendo um deles o de progênies. Um teste de progê-

nies é, em forma objetiva, um plantio dos descendentes, de tal forma a possibilitar a estimativa do valor genotípico dos pais. É importante considerar na realização de um teste de progênes, a definição da população de genótipos a se testar e dos ambientes onde essas árvores vegetam.

Segundo JOHNSON (1974), os testes clássicos de progênes são realizados para fazer uma avaliação mais precisa dos pais, do que seria possível fazer só a partir dos fenótipos.

Considerando-se a longevidade das árvores florestais, os testes de progênes constituem-se em fontes para novas seleções, além de proporcionar informações dos pais, sendo também utilizados para a conservação dos recursos genéticos, para demonstrações, estimação dos ganhos genéticos e, ainda, para a produção de sementes.

Muitos autores têm salientado que o maior problema nos testes de progênes consiste em se definir o número de famílias a serem testadas, o número de indivíduos a se considerar dentro de cada parcela, o número ótimo de repetições necessário e, ainda, a melhor forma de parcela para permitir uma avaliação adequada de cada uma das famílias dentro do teste.

JOHNSON (1974) relatou que parcelas de 6 x 6 plantas foram suficientes para se obter volumes satisfatórios em função à superfície, para o primeiro terço da rotação das espécies florestais. O mesmo autor comenta que os

testes de progênies podem precisar de pelo menos um desbaste durante o período experimental, apontando, ainda, que se o desbaste é feito cuidadosamente, os efeitos do desbaste sobre as características de crescimento são mínimos.

MATHESON e RAYMOND (1984a) estudaram os efeitos do desbaste sobre os parâmetros genéticos em ensaios de progênies de *Pinus radiata* D. Don, verificaram que em função do método de desbaste utilizado podem ser afetadas as estimativas da herdabilidade, já que são afetadas as estimativas das variâncias genética aditiva e fenotípica. Embora, salientaram os autores, os desbastes em fileiras e a remoção casualizada das árvores dentro das parcelas, não afetaram as estimativas das variâncias, mas sim, incrementaram o erro padrão das estimativas da herdabilidade. Por outro lado, o desbaste seletivo incrementou a estimativa da variância genética aditiva e diminuiu a estimativa da variância fenotípica. Ainda MATHESON e RAYMOND verificaram a não existência de grandes diferenças nas estimativas da herdabilidade obtidas imediatamente depois do desbaste, quando comparadas com as obtidas aos 3 e 5 anos depois do desbaste. As variâncias genética e fenotípica se incrementaram na mesma proporção, nesse período.

MATHESON e RAYMOND (1984a) encontraram que as correlações genéticas entre o diâmetro antes e aos 3 e 5 anos depois do desbaste, foram muito altas, podendo ser interpretadas como indicativos de que os mesmos genes controlaram

o crescimento em diâmetro antes e depois do desbaste. As estimativas da herdabilidade para o diâmetro, encontradas pelos autores, foram maiores depois do desbaste, do que antes dele.

WRIGHT (1976) comenta que a herdabilidade e os ganhos genéticos podem ser estimados utilizando-se a relação entre os pais e as descendências, obtida pela avaliação do crescimento das árvores e de suas descendências. Outra maneira de se estimar esses parâmetros consiste em estabelecer um ensaio de progênies de irmãos germanos ou de meios irmãos e obter a herdabilidade em função das variâncias.

Segundo ZOBEL e TALBERT (1984) a melhor forma de avaliar o valor das árvores selecionadas é através do deseenvolvimento das suas progênies, de forma a permitir estimar os valores dos progenitores. Esse procedimento permite separar as árvores cujas superioridades fenotípicas sejam produzidas pelas boas condições do "site" onde vegetam, daquelas que apresentam uma superioridade genotípica.

Segundo KAGEYAMA (1980) e ZOBEL e TALBERT (1984), os testes de progênies instalados tanto a partir de sementes de polinização livre como de cruzamentos controlados têm sido importantes na determinação do valor reprodutivo das árvores selecionadas, permitindo a estimativa dos parâmetros genéticos, possibilitando, assim, a seleção de novos indivíduos superiores.

KAGEYAMA (1980), citando Shelbourne (1969) e

Keiding (1974) relaciona os principais objetivos dos testes de progênies para espécies florestais, como sendo:

- (a) estimar a capacidade geral de combinação de clones com o objetivo de ordená-los e resselecionar os melhores;
- (b) estimar a capacidade específica de combinação e identificar cruzamentos particulares entre dois pais que mostrem alta especificidade nos cruzamentos;
- (c) estimar os parâmetros genéticos, tais como variâncias aditivas e dominantes, coeficientes de herdabilidade, correlações genéticas, etc.;
- (d) prover uma fonte de material genético para futuras seleções; e
- (e) predizer os ganhos a serem obtidos.

Ainda KAGEYAMA salienta que para espécies florestais o método de ensaio de progênies mais utilizado é o de progênies de polinização aberta, visando a resseleção das árvores para programas de melhoramento genético e a estimativa dos parâmetros genéticos.

Shelbourne e Cockrem (1969), citados por KAGEYAMA (1980), mostram que o teste de progênies de polinização aberta é o método mais barato e atrativo, apesar das desvantagens e restrições que o mesmo apresenta em relação aos testes de polinização controlada.

Rink e Thor (1976), citados por KAGEYAMA (1980), enfatizam que a maioria das estimativas dos componentes de variância em espécies florestais é baseada em experimentos em um só ambiente, o que pode inflar essas estimativas pela presença de uma interação de genótipos por ambiente.

2.3.2. DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS

DITLEVSEN (1980) relata que uma grande quantidade das características de interesse para o silvicultor é quantitativa, controlada pela ação de muitos genes de efeito aditivo. As características fenotípicas, em geral, apresentam variações entre indivíduos que são em parte devidas às diferenças hereditárias e ambientais entre eles, sendo que cada característica desenvolvida é o resultado da ação dos genes, do ambiente e da interação entre eles.

Segundo ROBINSON e COCKERHAM (1965), a estimação dos parâmetros genéticos possibilita a obtenção de informações para o conhecimento da natureza da ação gênica envolvida na herança dos caracteres e fornece as bases para a definição dos programas de melhoramento da população, o direcionamento dos esquemas mais adequados de seleção e a avaliação dos progressos esperados através dos mesmos.

Segundo ELDRIDGE (1971), a existência de variação estatisticamente significativa entre famílias para

qualquer caráter é entendida como sendo a possibilidade de se caráter ser melhorado pela seleção. Entretanto, DUDLEY e MOLL (1969) argumentam que tal constatação não quantifica a variabilidade genética dentro dessa população. A estimativa da herdabilidade no sentido restrito proporciona esse conhecimento, informando sobre a magnitude relativa da variação genética e da ambiental.

Um dos propósitos ao se estimar os parâmetros genéticos, segundo ELDRIDGE (1978), é o de predizer os ganhos com estratégias alternativas para o melhoramento genético, permitindo a escolha da melhor estratégia de melhoramento para essa população.

BOGYO (1964), ROBINSON e COCKERHAM (1965) e Vencovsky (1969), este citado por KAGEYAMA (1980), relatam que os propósitos ao estimar os parâmetros genéticos seriam:

- (a) proporcionar informações sob a ação dos genes responsáveis pela herança das características estudadas;
- (b) proporcionar as bases para a avaliação dos programas de melhoramento da população e a informação para o desenvolvimento de novos enfoques nos programas; e
- (c) estimar o progresso esperado na seleção.

Esses autores colocam ainda, que as variâncias dos genótipos e sua interação com o ambiente devem ser interpretadas em função da população que deu origem às matrizes.

Muitos autores têm salientado que o melhoramento efetivo obtido através da seleção dentro de uma população, depende da presença de suficiente variância genética aditiva, já que, dos componentes da variância total, somente os de natureza genética são aproveitáveis na seleção. Portanto, todo o sucesso do programa vai depender da quantidade de variância genética disponível, em relação à variância não genética.

Segundo VENCOVSKY (1978) e FALCONER (1983) na propagação das plantas alógamas por via sexuada, o componente de variância mais importante para o melhoramento é a contribuição devida aos efeitos aditivos dos genes. Segundo os autores citados, a variância genética pode ser composta em variância genética aditiva e não aditiva, a última citada compreendendo a variância dominante e a epistática.

ROBINSON e COCKERHAM (1965) salientam o fato de que os parâmetros genéticos estimados devem ser independentes dos efeitos ambientais, condição que se satisfaz se não houver interação com o ambiente, recomendando o teste dos genótipos em uma série de ambientes, de maneira a se separar a variância devida à interação genótipo x ambiente da variância genética.

KAGEYAMA (1980) relata que o ganho genético é também influenciado pelo coeficiente de variação da população, uma vez que o maior ganho para uma mesma intensidade de seleção não é conseguido para a característica mais altamen-

te herdável, mas sim, para aquela com o maior valor para o produto entre o coeficiente de variação e a herdabilidade.

KAGEYAMA (1980), citando Vencovsky (1969), salienta que para uma estimação ampla e sem restrições dos componentes da variância genética, precisa-se que os indivíduos que constituem o material experimental sejam não endocruzados. Por sua vez, Namkoong (1966), citado por KAGEYAMA (1980), levanta que se a endogamia ocorre na população, o teste de progênie de polinização aberta apresenta restrições, afetando nas estimativas das variâncias genéticas.

Existem muitos processos para estimar os componentes de variação, embora a técnica mais utilizada para decompor a variação total de cada componente seja através das análises da variância dos experimentos em blocos ao acaso e em látice. FONSECA (1979) relata que esta técnica tem uma dupla finalidade, quando utilizada nos ensaios de melhoramento: (a) testar diferenças entre tratamentos; e (b) estimar os componentes da variância.

Os estudos de parâmetros genéticos das populações para as diferentes características das árvores, conforme salienta KAGEYAMA (1980), têm-se concentrado principalmente na determinação das variâncias e covariâncias genéticas, principalmente quanto às suas partes aditivas, visando às estimativas de herdabilidade no sentido amplo e restrito, assim como de correlações genéticas.

Um dos objetivos mais comuns na estimação das

variâncias genéticas é a estimação da herdabilidade, parâmetro que, segundo BOGYO (1964), é definido como a relação entre a variância genética aditiva e a variância total, que pode ser atribuída a um efeito médio dos genes. SQUILLACE *et alii* (1967) e FALCONER (1983) mostram que o conhecimento da herdabilidade é fundamental nos programas de melhoramento, já que permite a predição dos ganhos genéticos, auxiliando na escolha e estabelecimento de métodos apropriados de melhoramento para a espécie estudada.

Segundo FALCONER (1983), o termo herdabilidade é a descrição quantitativa da relação entre a variação hereditária e a variação fenotípica em uma característica, ou a expressão da confiança do valor fenotípico como guia para o valor genético. Segundo DUDLEY e MOLL (1969), ela pode ser expressa no sentido amplo e restrito. No sentido amplo, é a relação da variância genética total para a variância fenotípica, enquanto que no sentido restrito é a relação da variância genética aditiva para a variância fenotípica. O valor da herdabilidade varia de 0 a 1. Quando a herdabilidade é alta, diz-se que o controle genético é alto, ou seja, que a característica é altamente herdável. Quando a herdabilidade é baixa, diz-se que a característica é ligeiramente herdável ou grandemente dependente do meio.

A herdabilidade depende de todos os componentes de variância, e a alteração em qualquer um deles afetará também o seu valor. Sendo assim, quando for mencionado o va

lor para a herdabilidade de um caráter, o mesmo estará se referindo a uma população em particular, sob condições específicas (FALCONER, 1983). Desta maneira, a quantidade de variação ambiental não controlada pode limitar um possível ganho genético na seleção de uma população.

KAGEYAMA (1980) salienta que as características das árvores, consideradas importantes no melhoramento florestal, poderiam ser agrupadas em: (a) características de crescimento; (b) características de forma das árvores; (c) características da qualidade da madeira; e (d) outras. As características associadas ao crescimento, tais como a altura total, o diâmetro (DAP) e o volume de madeira, são consideradas como as mais importantes, em função de seu valor econômico.

Quanto à estimação das variâncias genéticas e do coeficiente de herdabilidade para essas características, os resultados obtidos apresentam uma grande variabilidade em função das espécies e dos métodos empregados.

ELDRIDGE (1972) encontrou uma herdabilidade de 0,2 para diâmetro em *Eucalyptus regnans* F.Muell, aos 7 anos de idade, e de 0,37 e 0,21 para altura, aos 6 e 4 anos de idade, respectivamente. Por sua vez, KEDHARNAT e VAKSHASYA (1977), para *Eucalyptus tereticornis*, encontraram baixos valores da herdabilidade: 0,26 e 0,25 para altura aos 3 e 4 anos, respectivamente, sendo que para o diâmetro o valor reportado foi de 0,17.

KAGEYAMA *et alii* (1978), num ensaio de progênie de *Pinus patula* Schl et cham, encontraram valores de herdabilidade diferentes entre locais, para altura, diâmetro e retidão do tronco, sendo que as estimativas observadas para diâmetro foram sempre inferiores às aquelas encontradas para as outras características.

KAGEYAMA (1980) fez uma revisão dos valores de herdabilidades reportadas na literatura, para as diferentes características de crescimento em árvores florestais, relatando que as estimativas de herdabilidade obtidas apresentam uma tendência, em média, para maior herdabilidade para altura do que para diâmetro e volume, confirmando a conclusão da maioria dos autores. O mesmo autor relata que os dados obtidos nos ensaios de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden mostraram que as correlações genotípicas e fenotípicas entre altura, DAP e volume cilíndrico para essa espécie são altas, positivas e significativas. Esse fato auxilia o seu melhoramento através da seleção.

BORGES (1980) encontrou valores semelhantes de herdabilidade para altura e diâmetro de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, reportando o coeficiente de herdabilidade para altura, aos 6 meses de idade, de 0,37.

Muitos autores têm estudado, para os *Eucalyptus*, o comportamento do coeficiente de herdabilidade em função das características de crescimento, forma das árvores e ainda para características ligadas à qualidade da madeira. Na

tabela 4, a seguir, podem ser observados alguns dos resultados obtidos por diversos pesquisadores, para as características de crescimento em espécies de *Eucalyptus*.

Tabela 4 - Coeficientes de herdabilidade (h^2) no sentido restrito, para altura, diâmetro e volume, em espécies de *Eucalyptus*.

ESPÉCIE	IDADE	h^2			FONTE
		A	D	V	
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	6m	0,37	—	—	BORGES (1980)
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	2a	0,26	0,15	0,14	KAGEYAMA (1980)
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	5a	0,23	0,11	0,16	KAGEYAMA (1983)
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	7a	0,28	0,13	0,10	MORAES (1986)
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	2a	—	—	0,23	VAN WYK (1976)
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	3a	—	—	0,33	VAN WYK (1978)
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	3a	—	—	0,16	VAN WYK (1978)
<i>E. tereticornis</i>	4a	0,25	0,17	—	KEDHARNAT e VAKASHASYA (1977)
<i>E. regnans</i> F. Muell	4a	0,21	—	—	ELDRIDGE (1972)
<i>E. regnans</i> F. Muell	7a	—	0,21	—	ELDRIDGE (1972)
<i>E. regnans</i> F. Muell	10a	—	0,15	—	ELDRIDGE (1972)
<i>E. paniculata</i> SM	3a	0,15	0,20	0,18	ASSIS et alii (1982)
<i>E. cloesiana</i> F. Muell	3a	0,48	0,23 ⁺	0,16	ASSIS et alii (1982d)
<i>E. urophylla</i> S T Blake	36m	0,36	0,24	—	PINTO JR (1984)

a= anos de idade; m= meses de idade; A= altura; D= diâmetro; V= volume e + baseada na CAP (circunferência à altura do peito de progênies de pomar de sementes).

VENCOVSKY (1978) ressalta a importância do estudo da correlação entre características dentro dos programas de melhoramento, onde a preocupação principal seria a de aprimorar o material genético, não para características isoladas, mas para um conjunto de caracteres simultaneamente. O autor comenta ainda que o grau de correlação, tanto genotípica como fenotípica, é de grande importância na seleção de um caráter, pois pode causar mudança simultânea em outro caráter.

FALCONER (1983) mostra que os problemas práticos podem-se resolver em função de duas correlações: a correlação genética (ou correlação dos valores reprodutivos) e a correlação ambiental, a qual contém os desvios ambientais e os desvios genéticos não aditivos.

A associação entre dois caracteres, que pode ser observada diretamente, chama-se correlação fenotípica, a qual é determinada através de medições dos caracteres feitas em vários indivíduos da população.

A correlação entre características numa mesma idade, ou entre idades para uma característica, pode ser determinada, segundo KAGEYAMA (1983), pelas equações:

$$r_{F(x,y)} = \frac{\text{Cov}_{f(x,y)}}{\sigma_{f(x)} \times \sigma_{f(y)}} \text{ e } r_{G(x,y)} = \frac{\text{Cov}_{g(x,y)}}{\sigma_{g(x)} \times \sigma_{g(y)}}, \text{ sendo:}$$

r_F e r_G os coeficientes de correlação fenotípica ao nível de

médias de progênies, e genética aditiva ao nível de plantas, respectivamente;

$Cov_{f(x,y)}$ e $Cov_{g(x,y)}$ a covariância fenotípica e genética aditiva entre as características e entre as idades consideradas, respectivamente;

$\sigma_{f(x)}$ e $\sigma_{f(y)}$ e $\sigma_{g(x)}$ e $\sigma_{g(y)}$ os desvios fenotípico e genético aditivo, para as características e para as idades consideradas, respectivamente.

KAGEYAMA (1983) relata que, quanto aos resultados obtidos de correlações genéticas e fenotípicas entre diferentes idades, os mesmos são bastante descontraídos em termos de metodologias e de tendências para os resultados. O autor encontrou para *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden que as correlações genéticas e fenotípicas não diferiram substancialmente entre si e, ainda, foram bastante concordantes para os diferentes locais estudados. Assim, para altura de plantas os resultados mostraram uma clara tendência para uma diminuição do coeficiente de correlação com o aumento da idade. Para os casos do diâmetro e do volume cilíndrico, KAGEYAMA (1983) ressalta o fato de que os valores obtidos foram bastante similares aos obtidos para altura das plantas. No caso do volume cilíndrico, o autor salienta que as correlações foram sempre altas (0,73 a 1,00), o que não ocorreu para o diâmetro, supondo que esse fato esteja associado ao tipo de característica composta que é o volume cilíndrico e, portanto, sujeito às correlações individuais das características primárias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. DESCRIÇÃO DA POPULAÇÃO

As progênies testadas, produto de polinização livre, foram obtidas de árvores tomadas ao acaso nas Áreas de Coleta de Sementes de *Eucalyptus saligna* Smith, no Horto de Itatinga, localizado no município de Itatinga, do Estado de São Paulo.

Não existem registros exatos referentes à introdução de tal material e, portanto, da procedência das sementes. Entretanto, considerando a data de plantio e a análise botânica do material, acredita-se que sua origem seja australiana (DEPTO. DE SILVICULTURA, ESALQ/USP, 1979). A planta

ção foi estabelecida provavelmente em 1938, em um espaçamento original de 2,0 x 2,0 m.

O Horto de Itatinga vem sendo explorado há 10 anos pelo Departamento de Silvicultura e pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais da ESALQ/USP, com a finalidade de se obter sementes de boa qualidade para atender a demanda do mercado.

Dentro do Horto de Itatinga, foram selecionados 12 talhões, identificados como "Área de Coleta de Sementes", com uma superfície total de 181,35 hectares.

As árvores dentro dos talhões apresentam diâmetro médio (DAP) de 47,23 cm, altura média de 44,45 m. No geral, apresentam uma alta homogeneidade quanto à altura (CV= 9,9%) e diâmetro (CV = 4,6%) e pode-se perceber, pelas características das árvores, tratar-se de material de superior qualidade.

As árvores remanescentes nas áreas de colheita de sementes foram avaliadas subjetivamente quanto à forma dos fustes, obtendo-se uma nota média de 3,42 (escala 1 a 5), que confere às árvores dentro dos talhões uma boa forma, assim como uma boa uniformidade entre talhões, evidenciada pelo baixo coeficiente de variação obtido (CV = 12,10%).

Segundo o DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA DA ESALQ/USP (1979), sementes de *Eucalyptus saligna* Smith, da procedência Itatinga, SP, vêm sendo utilizadas com sucesso, desde 1972, em plantações comerciais em diversas regiões do

Brasil, principalmente nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul.

3.1.2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DA POPULAÇÃO

O Horto de Itatinga localiza-se no município de Itatinga, São Paulo, na latitude de $23^{\circ}10'S$ e $48^{\circ}40'$ de longitude ao oeste de Greenwich, a uma altitude de 857 m.

Segundo Köepen, citado pelo DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA da ESALQ/USP (1979), o clima da região é um Cwa, com temperatura média anual de $21^{\circ}C$ e uma precipitação média anual de 1296 mm.

Na área predominam solos Latossóis e Podzóis, e o relevo é suave e ondulado.

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO

O experimento foi instalado em fevereiro de 1983, em área do parque florestal "Guarujá", da Companhia Reflorestadora Nacional (CIRENA), do grupo RIPASA, no município de Avaré, Estado de São Paulo.

As características do local de estudo são as seguintes:

Latitude: $23^{\circ}11'W$;

Longitude: $48^{\circ}47'S$; e

Altitude: 660 m.

O clima é de tipo CWa, segundo a classificação de Koeppen, com temperatura média anual de $23,5^{\circ}C$ e precipitação anual de 1300 mm.

Dados referentes à precipitação e temperaturas médias mensais, para o período de fevereiro de 1983 a janeiro de 1985, são apresentados no apêndice.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO TESTE DE PROGÊNIES

Para o presente trabalho de dissertação, foi utilizado o teste de progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, procedência Itatinga, São Paulo, estabelecido no Parque Florestal "Guarujá", propriedade da Companhia Reflorestadora Nacional (CIRENA) do grupo RIPASA.

As progênies utilizadas no decorrente teste foram provenientes de 169 árvores matrizes, localizadas nos 181,35 hectares considerados como "Áreas de Coleta de Sementes", dentro do Horto Florestal de Itatinga.

As mudas foram produzidas no Parque Florestal

"Guarujá", no município de Avaré, São Paulo, seguindo a sistemática normal de trabalho de produção de mudas.

O preparo do solo foi feito com grade "Bedding", mediante reforma de plantação de eucalipto, fazendo um lhã sobre o qual foram plantadas as mudas. Na data do plantio foram aplicadas 100 gramas por planta de fertilizante (NPK) da fórmula 6-30-6, sendo aplicada em sulco e com trator (arado terraceador).

O espaçamento inicial do teste foi de 3,0 x 1,0 m, entre fileiras e entre plantas da mesma fileira, respectivamente.

Da data de plantação até julho de 1984, o ensaio foi submetido a quatro capinas manuais e uma capina mecânica, com a finalidade de eliminar a competição das ervas daninhas com as plantas das progênies, principalmente durante os primeiros meses após o seu estabelecimento.

3.2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado para o estabelecimento do teste foi um lâdice quádruplo 13 x 13, segundo COCHRAN e COX (1965), considerando os quatro primeiros planos básicos, os quais foram devidamente casualizados.

As parcelas no teste foram lineares e constituídas originalmente por 20 plantas, as quais representam uma progênie.

O teste foi circundado por uma bordadura com as mesmas progênies misturadas, visando a evitar efeitos da borda dentro do teste.

Visando a quantificar a interação genótipo x espaçamento e como ela se reflete nas características silviculturais das progênies e na sua variação genética, foram aplicados desbastes mecânicos na metade de cada parcela (aos 17 meses de idade), para se obter dentro de cada uma delas os dois espaçamentos a testar: 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 2,0 m.

O desbaste foi aplicado na mesma metade das parcelas das diferentes repetições, visando a facilitar a operação e a evitar que parcelas com diferente espaçamento ficassem lado a lado.

Como não foi efetuada a casualização das parcelas com espaçamento 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m dentro da parcela original, devido às dificuldades de operacionalização e mesmo para se evitar o efeito de um espaçamento sobre o outro, optou-se pela análise na forma de dois experimentos diferentes, referentes aos dois espaçamentos, mesmo cônsiderando essa restrição.

3.2.3. AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios de progênes foram avaliados no campo, nas idades de 15 (antes do desbaste), 26 e 32 meses, utilizando-se para a avaliação os dados de altura total em metros, diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros, e a porcentagem de sobrevivência nas parcelas.

A avaliação da altura e DAP foi feita ao nível de plantas individuais, de onde foram obtidas as médias de parcelas por planta, enquanto que para sobrevivências os dados obtidos foram de totais de parcelas por parcela. A avaliação dos parâmetros altura e diâmetro foi feita utilizando-se o esquema tradicional, empregando-se réguas graduadas e dendrômetro "Blume-Leiss".

Quanto aos dados de volume cilíndrico e área basal, os mesmos foram calculados também ao nível de médias de parcela por planta, através da utilização dos dados de altura e diâmetro (DAP) de cada árvore individual. O volume cilíndrico e a área basal foram obtidos para cada uma das árvores individuais e as médias de parcelas consistiram das somatórias de todas as árvores constituintes da parcela.

A avaliação da densidade básica da madeira foi feita utilizando-se o método da balança hidrostática, em discos de madeira. Os discos de madeira foram obtidos através do método destrutivo, durante o desbaste efetuado aos 17 meses

de idade, fazendo-se uma amostragem somente na repetição W do teste de progênies original, colhendo-se as amostras das árvores derrubadas, à altura de 1,30 m. As amostras consistiram de 5 a 6 discos de madeira de cada uma das progênies, sob estudo. As médias obtidas para a densidade básica foram ao nível de médias de parcelas por planta.

O método da balança hidrostática é um dos métodos mais empregados para a determinação da densidade básica da madeira, utilizando-se discos ou cunhas de madeira. O procedimento, segundo SILVA (1984), é o seguinte:

- (a) saturação da amostra em água, com auxílio de dessecador (vácuo);
- (b) determinação do peso da amostra em estado imerso, com auxílio de um dispositivo especial acoplado ao prato da balança ou diretamente à amostra imersa;
- (c) remover a água superficial e proceder nova pesagem (peso úmido);
- (d) secagem das amostras em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, até peso constante; e
- (e) proceder à nova pesagem (peso seco).

A partir dos valores obtidos, tem-se a densidade básica, fornecida pela seguinte expressão:

$$D_b = \frac{\text{Peso seco (g)}}{\text{Peso úmido(g)} - \text{Peso imerso(g)}}, \text{ sendo:}$$

D_b = densidade básica expressa em g/cm^3 de madeira.

3.2.4. ANÁLISE DA VARIÂNCIA INDIVIDUAL PARA CADA UMA DAS CARACTERÍSTICAS EM CADA ESPAÇAMENTO

Foram realizadas análises da variância individuais para os dados de altura total, DAP (diâmetro à altura do peito), área basal e volume cilíndrico, para cada um dos espaçamentos adotados, segundo o esquema para o delineamento em látice proposto por COCHRAN e COX (1965).

O modelo estatístico utilizado para essas análises foi o assinalado por KAGEYAMA (1980; 1983), e que fica:

$$\bar{Y}_{ijkm} = \mu + t_i + b_{j(k)} + r_k + \bar{e}_{ij(k)} + \bar{d}_{m(ijk)}, \text{ onde:}$$

$\bar{Y}_{ijkm}$ é a observação no indivíduo m , do tratamento i , no bloco j da repetição k ;

μ é a média geral;

t_i é o efeito de tratamento;

$b_{j(k)}$ é o efeito de blocos dentro de repetições;

r_k é o efeito de repetições;

$\bar{e}_{ij(k)}$ é o efeito do erro intrabloco;

$\bar{d}_{m(ijk)}$ é o efeito dentro de parcelas.

A eficiência do látice, resultado da relação entre o quadrado médio do erro da análise em blocos ao acaso e o erro efetivo da análise em látice, foi o parâmetro utilizado para confirmar a validade da instalação dos experimentos no delineamento em látice.

SNYDER (1966) e MIRANDA FILHO (1978) argumentam que seria mais justificável a utilização do látice somente quando a sua eficiência fosse superior a 110%. Por outro lado, como salientado por DUDLEY e MOL (1969), os delineamentos, tais como os látices, que confundem diferenças genéticas e ambientais entre médias de tratamento, não são os mais satisfatórios quando os interesses se voltam mais para as estimativas das variâncias do que para comparação de médias de tratamentos.

Em função do exposto, foram utilizados no presente trabalho os esquemas de látice e blocos ao acaso, tanto para a comparação de médias de tratamentos quanto para estimar os componentes da variância, visando a comparar os resultados obtidos em ambos os delineamentos.

Assim sendo e utilizando os tratamentos ajustados (látice) ou não ajustados (blocos ao acaso), aos níveis de médias de parcelas por planta, as estruturas das análises da variância individuais ficaram:

FV	GL	QM	E (QM)
Progênes ajustadas	k^2-1	Q_1	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$
Erro efetivo	$(rk-k-1)(k-1)$	Q_2	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Progênes não ajustadas	$p-1$	Q_1	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$
Erro (BAA)	$(r-1)(p-1)$	Q_2	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Dentro de parcelas	k^2 Σ $i=1 (\bar{n}-1)$	Q_3	σ_d^2

onde: QM= quadrado médio; E (QM)= esperança do quadrado médio; σ_p^2 = variância entre progênes ao nível de plantas; σ_e^2 = variância entre parcelas; σ_d^2 = variância dentro de parcelas; $\bar{n}$ = número de plantas por parcela (média harmônica); k= fator do látice; r= repetições.

A análise da variância para sobrevivência, com dados de totais de parcelas, teve a mesma estrutura daquelas com médias de parcelas, exceto no que se refere à variância do erro, que conteve, nesse caso, também a variância dentro de parcelas, sem a possibilidade de seu isolamento.

O valor de F para progênes ajustadas, no caso do látice, foi obtido através da correção da soma de quadrados para esta fonte de variação e testando-se o mesmo contra o erro efetivo.

Os coeficientes de variação experimentais (CV_{exp}) das análises da variância foram calculados a partir do quadrado médio do erro efetivo das análises em látice, e

do quadrado médio do erro entre parcelas das análises em blocos ao acaso, e foram considerados como o principal parâmetro indicador da eficiência estatística das análises.

3.2.5. ANÁLISES DA VARIÂNCIA CONJUNTAS PARA ESPAÇAMENTOS E IDADES

As análises da variância conjuntas para espaçamentos e idades foram efetuadas para as 169 progênies, utilizando, segundo COCHRAN e COX (1965), os totais de tratamentos ajustados das análises individuais em látice. O erro utilizado nessas análises foi o erro médio entre os erros efetivos das análises individuais consideradas.

Adotou-se o modelo matemático referente à análise conjunta para espaçamentos e progênies, considerados como de efeitos fixo e aleatório, respectivamente, utilizado por KAGEYAMA (1983) e que ficou:

$$\bar{y}_{ijkm} = \mu + t_i + s_k + (ts)_{ik} + \bar{e}_{ijk} + \bar{d}_{ijkm}$$

onde:

$\bar{y}_{ijkm}$ é a observação feita no indivíduo m, do tratamento i, no bloco j, do espaçamento k;

μ é a média geral;

t_i é o efeito de tratamento;

s_k é o efeito do espaçamento;

$(ts)_{ik}$ é o efeito da interação do tratamento por espaçamento;
 $\bar{e}_{ijk}$ é o efeito do erro experimental; e
 $\bar{d}_{ijkm}$ é o efeito dentro de parcelas.

A análise conjunta para idades, em cada espaçamento, com progênies e idades consideradas como efeitos aleatório e fixo, respectivamente, fica, segundo KAGEYAMA (1983), como sendo:

$$\bar{y}_{ijkm} = \mu + t_i + a_k + (ta)_{ik} + \bar{e}_{ijk} + \bar{d}_{ijkm}$$

onde:

$\bar{y}_{ijkm}$ é a observação feita no indivíduo m, do tratamento i, no bloco j, da idade k;
 μ é a média geral;
 t_i é o efeito de tratamento;
 a_k é o efeito da idade;
 $(ta)_{ik}$ é o efeito de interação de tratamentos por idades;
 $\bar{e}_{ijk}$ é o efeito do erro experimental; e
 $\bar{d}_{ijkm}$ é o efeito dentro de parcelas.

A estrutura das análises da variância conjuntas envolvendo os diferentes espaçamentos em cada idade, ou as várias idades em cada espaçamento, ficou:

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos dentro de re- petições	$s(r-1)$	Q_0	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + p\sigma_b^2/1$
Espaçamentos ou ida- des	$s-1$	Q_1	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_{p1}^2 + p\sigma_b^2 + rp\sigma_1^2$
Progenies	$p-1$	Q_2	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$
Progenies x Espaça- mentos ou idades	$(p-1)(s-1)$	Q_3	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_{p1}^2$
Erro Médio	$s(r-1)(p-1)$	Q_4	$(1/\bar{n}) \sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Dentro de parce- las	k^2 $\sum_{i=1} (n-1)$	Q_5	σ_d^2

onde:

σ_1^2 é a variância entre espaçamentos ou entre idades;

σ_p^2 é a variância entre progenies;

σ_{p1}^2 é a variância da interação de progenies por espaçamentos ou por idades;

σ_e^2 é a variância entre parcelas;

σ_d^2 é a variância dentro de parcelas;

$\bar{n}$ é o número de plantas por parcela (média harmônica);

$(n-1)$ é o número de graus de liberdade de cada parcela; e

σ_b^2 é o efeito do bloco dentro de espaçamentos.

KAGEYAMA (1983) salienta que a análise da variância conjunta para espaçamentos permite a estimação da variância da interação de progênies por espaçamentos, que estaria confundida com a variância devida a tratamentos na análise individual. Se os espaçamentos abrangidos pelo ensaio representam de fato um ambiente adequado à espécie e às famílias, a variância genética devida a tratamentos, sem a devida à interação com espaçamentos, seria a mais indicada para expressar de fato a quantidade de variação disponível ao melhoramento.

3.2.6. ANÁLISE DA COVARIÂNCIA ENTRE IDADES PARA CADA CARACTERÍSTICA E ENTRE CARACTERÍSTICAS PARA CADA IDADE

A análise da covariância entre pares de idades, para uma determinada característica e espaçamento, possibilitou a obtenção de parâmetros que quantificam a associação entre diferentes idades, sendo importante para o conhecimento do desenvolvimento das plantas em função à idade.

A determinação dos produtos médios (PM), a partir da análise da variância, foi efetuada utilizando-se os dados de cada idade para as características de altura, diâmetro, área basal e volume cilíndrico. O produto médio para progênies e para o erro experimental foi obtido através do

método proposto por Kempthorne (1966), citado por GERALDI (1977), utilizando-se os respectivos quadrados médios das análises da variância da respectiva característica e da soma tória das características consideradas.

A estrutura da análise da covariância para cada par de características de crescimento para uma idade e espaçamento, e para cada par de idades para uma característica de crescimento, segundo os esquemas em látice e blocos ao acaso, ficou:

FV	GL	PM	E. (PM)
Progênes ajustadas	k^2-1	P_1	$(1/\bar{n}) \text{Cov}_d + \text{Cov}_e + r\text{Cov}_p$
Erro efetivo	$(rk-k-1)(k-1)$	P_2	$(1/\bar{n}) \text{Cov}_d + \text{Cov}_e$
Progênes não ajustadas	$p-1$	P_1	$(1/\bar{n}) \text{Cov}_d + \text{Cov}_e + r\text{Cov}_p$
Erro (BAA)	$(r-1)(p-1)$	P_2	$(1/\bar{n}) \text{Cov}_d + \text{Cov}_e$

onde:

PM = produto médio;

E(PM)= esperança do produto médio;

Cov_p = covariância entre progênes;

Cov_e = covariância do erro entre parcelas;

Cov_d = covariância dentro de parcelas;

$\bar{n}$ = número de plantas por parcela (média harmônica);

k = fator do látice;

r = número de repetições.

Da mesma forma, a análise da covariância foi também aplicada entre pares de características de crescimento para cada espaçamento e idade.

3.2.7. ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

A estimativa das variâncias genéticas e ambientais, e de parâmetros afins, foi obtida através dos esquemas das análises da variância individuais em lâtilice e em blocos ao acaso, pela decomposição do quadrado médio em suas esperanças matemáticas.

Para estimar as variâncias genéticas no caso da utilização do lâtilice, o quadrado médio de progênies foi obtido através dos totais de tratamentos ajustados. O quadrado médio do erro utilizado foi o erro efetivo.

A variância genética entre progênies (σ_p^2), a variância devida ao erro entre parcelas (σ_e^2) e a variância dentro de parcelas (σ_d^2), para cada característica e idade, considerando-se um só espaçamento, foram obtidas através de decomposição dos componentes da variância total.

A variância dentro de parcelas foi estimada independentemente da análise da variância, através da relação entre as somatórias das somas dos quadrados dos desvios e dos graus de liberdade do número de plantas dentro das parcelas (média harmônica), segundo a seguinte expressão:

$$\sigma_d^2 = \frac{\sum S Q D}{\sum GL (n^\circ \text{ de plantas})}, \text{ onde:}$$

SQD= soma dos quadrados dos desvios; GL= graus de liberdade do número de plantas por parcela; σ_d^2 = variância dentro de parcelas.

A variância devida ao erro entre parcelas (σ_e^2) e a variância devida a progênies (σ_p^2) foram calculadas como a seguir:

$$\sigma_e^2 = Q_2 - Q_3/n$$

$$\sigma_p^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r}$$

Os erros associados às variâncias entre progênies foram estimados a partir das análises da variância, segundo o modelo proposto por Vello e Vencovsky (1974), citados por KAGEYAMA (1980), mostrado a seguir:

$$s(\hat{\sigma}_p^2) = \sqrt{\frac{2}{k^2 r^2} \left(\frac{Q^2_1}{g_1 + 2} + \frac{Q^2_2}{g_2 + 2} \right)}$$

onde:

$s(\hat{\sigma}_p^2)$ = é o erro associado à estimativa da variância entre progênies de meios-irmãos;

$\bar{k}$ = é o número médio de plantas por parcela;

r = é o número de repetições;

Q_1 e Q_2 = são os quadrados médios para progênies e para o erro experimental, respectivamente;

As estimativas da variância aditiva (σ_A^2), variância fenotípica (σ_F^2) e a variância fenotípica entre médias de famílias (σ_P^2) foram obtidas como a seguir:

$$\sigma_A^2 = 4 \sigma_P^2$$

$$\sigma_F^2 = \sigma_P^2 + \sigma_e^2/r + \sigma_d^2/nr$$

$$\sigma_F^2 = \sigma_P^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2$$

A partir das estimativas das variâncias genéticas e não genéticas, foram estimados os coeficientes de herdabilidade e da variação. Considerou-se no caso, as progênies como sendo de meios-irmãos e que, como levantam VENCOSKY (1978) e KAGEYAMA (1980, 1983), a variância genética entre progênies (σ_P^2) contém, nesse caso, 1/4 da variância genética aditiva da população. O coeficiente de herdabilidade, no sentido restrito, ao nível de plantas, para um só local, fica então:

$$h^2 = \frac{4 \sigma_P^2}{\sigma_P^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2}$$

Os coeficientes de variação genética, da variância do erro, dentro de parcelas e fenotípica, foram estimados pela expressão abaixo, todos em porcentagem em relação à média ($\bar{X}$):

$$CV_g(\%) = \frac{\sigma_p}{\bar{X}} \cdot 100$$

$$CV_e(\%) = \frac{\sigma_e}{\bar{X}} \cdot 100$$

$$CV_d(\%) = \frac{\sigma_d}{\bar{X}} \cdot 100$$

$$CV_f(\%) = \frac{\sigma_F}{\bar{X}} \cdot 100$$

onde:

σ_p $\sqrt{\text{variância devida a progênies;}}$

σ_e $\sqrt{\text{variância devida ao erro entre parcelas;}}$

σ_d $\sqrt{\text{variância dentro de parcelas;}}$

σ_F $\sqrt{\text{variância fenotípica; e}}$

$\bar{X}$ média geral do experimento.

Considerando que esses parâmetros da população de progênies são todos expressos em termos percentuais em relação à média, os mesmos poderão ser comparados, permitindo a análise em termos de variação com o espaçamento e com a idade.

A associação entre as idades nos ensaios foi obtida através dos coeficientes de correlação genética e fenotípica. Os coeficientes de correlação foram estimados através dos componentes da covariância, que foram obtidos, por sua vez, da esperança dos produtos médios da análise de cova

riância e dos componentes da variância das análises de variância, efetuadas para as progênies estudadas.

Para cada característica, nas diferentes idades, foram estimadas a variância e a covariância entre progênies, a variância e a covariância devidas ao erro experimental e a variância e covariância fenotípicas, que foram utilizadas para estimar os dois tipos de coeficientes de correlação: o coeficiente de correlação genética aditiva (r_G) e o coeficiente de correlação fenotípica ao nível de médias de famílias, que foram estimados, segundo KAGEYAMA (1983), como a seguir:

O coeficiente de correlação genética aditiva (r_G) entre duas idades para uma dada característica, foi estimado por:

$$r_{G(x,y)} = \frac{Cov_{p(x,y)}}{\sigma_{p(x)} \cdot \sigma_{p(y)}}, \text{ onde:}$$

$Cov_{p(x,y)}$ a covariância devida a progênies entre as idades ou características x e y;

$\sigma_{p(x)}$ e $\sigma_{p(y)}$ os desvios entre progênies para as idades ou características x e y; e

$r_{G(x,y)}$ o coeficiente de correlação genética aditiva entre as idades ou características (x e y), respectivamente.

O coeficiente de correlação fenotípica entre duas idades, ao nível de médias de progênes, para uma dada característica, ou entre características para uma idade, foi estimado por:

$$r_{F(x,y)} = \frac{\text{Cov}_{f(x,y)}}{\sigma_{f(x)} \cdot \sigma_{f(y)}}, \text{ onde:}$$

$r_{F(x,y)}$ é o coeficiente de correlação fenotípica entre as idades ou características, x e y;

$\text{Cov}_{f(x,y)}$ é a covariância fenotípica entre as idades ou características x e y; e

$\sigma_{f(x)}$ e $\sigma_{f(y)}$ são os desvios fenotípicos para as idades ou características x e y, respectivamente.

Para o caso da correlação genética aditiva, considerou-se como verdadeira a relação de meios-irmãos para as progênes e, à semelhança de variância entre progênes, a covariância devida a progênes contém 1/4 da covariância aditiva da população.

A correlação genética ou fenotípica entre idades pode ser considerada, como salienta KAGEYAMA (1983), como se fosse para duas características quaisquer, tais como altura e diâmetro, volume e forma, etc., relatando que no caso, as idades estudadas foram consideradas, em princípio, como diferentes características no que concerne ao controle genético, conforme foi colocado por Toda (1972), citado pelo autor.

É importante salientar que, no presente caso, em função da não casualização completa para o espaçamento 3,0 x 2,0 e 3,0 x 1,0 m, as correlações genéticas estimadas não podem ser consideradas como puras, já que elas incluem tanto covariâncias genéticas como ambientais, não sendo possível o seu isolamento. Por esse fato, as correlações genéticas entre espaçamentos, para uma característica e idade, devem ser consideradas com as devidas reservas. Deve-se colocar que as correlações genéticas, assim estimadas, seriam, na verdade, o limite superior desses valores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. O CRESCIMENTO DAS PROGÊNIES

Os resultados de sobrevivência e de crescimento em altura, diâmetro, área basal e volume cilíndrico das progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, nas três idades e nos dois espaçamentos avaliados, são apresentados e discutidos a seguir.

4.1.1. SOBREVIVÊNCIA DAS PROGÊNIES

A sobrevivência média das progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, em função do espaçamento e idade, é a apresentada na tabela 5, a seguir:

Tabela 5 - Sobrevivência das progênes de *Eucalyptus saligna* Smith nos dois espaçamentos testados, nas três idades avaliadas.

ESPAÇAMENTOS (m)	SOBREVIVÊNCIA (%)*		
	15 meses	26 meses	32 meses
3,0 x 1,0	97,8	96,71	96,01
3,0 x 2,0		99,20	98,40

* Dados sem transformação.

Pode-se observar que os dados de sobrevivência dos ensaios, expressos como médias de parcela por parcela, revelaram valores altos para a maioria das progênes testadas, nas diferentes idades e nos espaçamentos considerados, sendo esses valores ligeiramente maiores para as progênes sob espaçamento mais amplo.

As análises da variância em látice não revelaram a existência de significância para a sobrevivência das progênes crescendo no espaçamento de 3,0 x 2,0 m, enquanto que para o ensaio ao espaçamento mais apertado o teste F mostrou a existência de significância entre as progênes ao nível de 1%.

No espaçamento de 3,0 x 1,0 m, além da mortalidade natural atribuída a fatores aleatórios, houve também uma mortalidade adicional proveniente da competição entre as árvores, a partir do momento em que se verificou a plena ocu

pação da área disponível para o crescimento, o que ocorreu num espaço menor de tempo do que para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m.

A julgar pelos valores de F (Tabela 6) a variação genética entre progênes para a sobrevivência de plantas foi mais expressiva no espaçamento menor, o que pode estar refletindo a maior mortalidade ocorrida nesse espaçamento, causada pela maior competição entre as plantas, e também devida a causas fortuitas.

Os resultados obtidos da tabela 5 indicam que em todas as idades estudadas o espaçamento influenciou a sobrevivência das árvores, os maiores níveis de sobrevivência correspondendo sempre ao espaçamento mais amplo. Esses resultados são concordantes com aqueles obtidos por vários autores. GUIMARÃES (1965) verificou para o *Eucalyptus saligna* Smith, aos 8 anos de idade, a existência de uma tendência para aumentar a mortalidade das árvores à medida que os espaços diminuíam. BALLONI e SIMÕES (1980) mostraram que o *Eucalyptus saligna* Smith apresentava, já a uma idade de 6 anos e 2 meses, maiores percentagens de falhas, mortes e árvores dominadas em espaçamentos mais apertados, quando comparado com o *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, o qual apresentou também maiores percentagens de mortalidade, falhas e árvores dominadas, nos espaçamentos mais apertados; COUTO (1977) também verificou o fato anterior para *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake. Pode-se então comentar o fato de que muitas espécies de *Euca*

lyptus apresentam a tendência de que quanto mais apertada é a distância do plantio, maior é a eliminação de indivíduos, motivada naturalmente pela concorrência mais acirrada entre as árvores.

Na figura 2, pode-se observar o comportamento das progênies para sobrevivência, considerando-se a idade e o espaçamento.

Figura 2 - Evolução da sobrevivência média das progênies em função da idade e do espaçamento.

4.1.2. CRESCIMENTO EM ALTURA

Os resultados de crescimento em altura, DAP, área basal e volume cilíndrico, obtidos para as progênes nos dois espaçamentos, assim como os coeficientes de variação experimental, eficiência do látice e valores de F, obtidos nas análises da variância individuais, são apresentados na tabela 6. As médias apresentadas se referem aos tratamentos ajustados das análises em látice.

As médias gerais dos ensaios revelaram um crescimento em altura bastante vigoroso para as progênes, apresentando médias aos 15, 26 e 32 meses de 6,98 m, 10,18 m e 10,71 m, respectivamente, para o espaçamento de 3,0 x 1,0 m. Para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m, as médias apresentadas nas idades de 26 e 32 meses foram de 9,78 m e 10,53 m, respectivamente.

O incremento médio anual para o crescimento em altura aos 32 meses de idade, que foi calculado a partir das médias de tratamentos ajustadas, atingiu um valor de 4,02 m para as progênes sob espaçamento de 3,0 x 1,0 m e de 3,95 m para o de 3,0 x 2,0 m.

A amplitude do crescimento, observada entre as progênes para todas as características estudadas, e que mostra a magnitude da variação observada, é mostrada na tabela 7.

A amplitude observada para o crescimento em

altura das progênies aos 32 meses de idade, foi de 3,17 m (25,96% de diferença) para as progênies no espaçamento de 3,0 x 1,0 m e de 4,22 m (34,65% de diferença) no de 3,0 x 2,0 m, quando comparados aos crescimentos em altura da melhor e da pior progênie nesses espaçamentos.

Tabela 6 - Médias gerais das características e resultados de coeficientes de variação experimental, eficiência dos látex e de F para progênies das análises da variância individuais, nas diferentes idades estudadas.

Características Espaçamento		ALTURA (m)		DAP (cm)		ÁREA BASAL m ² /árvore		VOLUME CILÍNDRICO m ³ /árvore	
		3,0 x 1,0	3,0 x 2,0	3,0 x 1,0	3,0 x 2,0	3,0 x 1,0	3,0 x 2,0	3,0 x 1,0	3,0 x 2,0
Parâmetro/Idade meses									
Média Geral	15	6,98	—	5,43	—	—	—	0,01797	—
	26	10,18	9,78	6,69	7,03	0,003736	0,004134	0,04063	0,04321
	32	10,71	10,53	7,36	7,94	0,004578	0,005307	0,05239	0,05982
Coef. de Var. Experim. (Látex) (%)	15	6,53	—	8,16	—	—	—	17,77	—
	26	7,77	8,97	9,42	11,90	17,44	21,85	22,97	28,81
	32	7,47	9,11	9,82	12,57	18,00	22,95	23,09	29,28
Eficiência do Látex (%)	15	125,74	—	145,37	—	—	—	161,41	—
	26	120,56	115,37	133,39	118,40	134,94	122,97	132,14	125,67
	32	116,74	109,04	131,54	115,04	131,97	118,93	127,75	119,29
F Progênies (blocos ao acaso)	15	2,02**	—	1,77**	—	—	—	1,66**	—
	26	1,74**	1,85**	1,65**	1,67**	1,56**	1,50**	1,52**	1,43**
	32	1,81**	1,91**	1,67**	1,68**	1,55**	1,45**	1,52**	1,40**
F Progênies (Látex)	15	2,34**	—	2,13**	—	—	—	2,11**	—
	26	1,91**	2,03**	1,80**	1,84**	1,65**	1,65**	1,59**	1,57**
	32	1,97**	2,04**	1,82**	1,80**	1,62**	1,55**	1,56**	1,49**

** Significativo ao nível de 1%

Na figura 3, a seguir, pode-se observar a evolução no crescimento em altura das progênies, considerando-se os espaçamentos testados e as idades avaliadas.

Figura 3 - Evolução no crescimento médio em altura das progênies, em função da idade e do espaçamento.

Os coeficientes de variação experimental foram semelhantes para os dois espaçamentos, nas diferentes idades avaliadas. Esses valores foram de 6,53%, 7,77% e 7,47% para as idades de 15, 26 e 32 meses, respectivamente, dentro

do espaçamento de 3,0 x 1,0 m, e de 8,97% e 9,11% nas idades de 26 e 32 meses, respectivamente, no espaçamento de 3,0 x 2,0 m.

As eficiências dos látices apresentaram quatro valores acima de 115% e um só valor de 109,04%, pelo qual e, concordando com SNYDER (1966) e MIRANDA FILHO (1978), foi justificada plenamente a utilização desse delineamento experimental no caso em questão.

A variação genética entre progênies para altura de plantas foi muito semelhante para os dois espaçamentos a julgar pelos valores do teste F obtidos nas análises da variância.

Tabela 7 - Amplitude observada entre as progênieis nos dois espaçamentos e nas três idades e as diferenças percentuais de crescimento.

		3			x			1			3			x			2		
Ida de		Melhor Prog.		Diferença (%)	Pior Prog.			Pior Prog.			Melhor Prog.			Pior Prog.			Diferença		
		Nº	Valor		Nº	Valor		Nº	Valor		Nº	Valor		Nº	Valor		(%)		
ALTURA	15	99	7,81		02	5,95													
	26	149	11,76		02	8,62					56	11,44		156	7,78			32,00	
	32	149	12,21		02	9,04					56	12,18		156	7,96			34,65	
DAP	15	99	6,32		52	4,24													
	26	99	8,02		143	5,54					111	8,28		156	4,91			40,70	
	32	99	8,80		143	6,01					36	9,67		156	5,38			44,36	
A.B.	26	149	0,0052		143	0,0027					111	0,0056		156	0,0022			60,71	
	32	149	0,0063		143	0,0032					36	0,0075		156	0,0027			64,90	
VOLUME	15	99	0,0251		143	0,0121													
	26	149	0,0630		47	0,0264					51	0,0618		156	0,0190			69,26	
	32	149	0,0783		143	0,0342					36	0,0919		156	0,0248			73,01	

O crescimento em altura das progênies foi mais expressivo no espaçamento 3,0 x 1,0 m do que no espaçamento mais amplo, o qual pode-se observar nas curvas de crescimento em altura da figura 3. Essa resposta pode ser devida a que depois do desbaste efetuado, à idade de 17 meses, as progênies no espaçamento de 3,0 x 2,0 m tenderam a se incrementar mais em diâmetro do que em altura. Segundo Johnston *et alii*, citados por COUTO (1977), a altura média é muito sensível a qualquer forma de desbaste ou mortalidade natural, que geralmente tendem a eliminar as árvores menores no povoamento. Nesse caso, as árvores remanescentes irão dispor de mais espaço para crescer e, conseqüentemente, haverá um incremento na taxa de crescimento em diâmetro, resultando num diâmetro médio maior para o povoamento. Por sua vez, MATHESON e RAYMOND (1984a) encontraram para *Pinus radiata* D. Don, que o desbaste, quando efetuado em fileiras ou pela remoção casualizada das árvores, não afetou as estimativas das variâncias embora tenha-se incrementado o erro padrão das estimativas de herdabilidade. Os autores também verificaram que as estimativas de herdabilidade não apresentaram grandes diferenças nas estimativas feitas na época do desbaste e aos 3 e 5 anos depois de efetuado.

É importante salientar o fato de que o desbaste efetuado no ensaio de progênies, à idade de 17 meses, foi realizado utilizando-se o método sistemático ou mecânico, não existindo, portanto, nenhuma seleção das árvores dentro

das parcelas.

Considerando-se os incrementos periódicos de crescimento em altura dos últimos 6 meses de crescimento (0,64 cm para 3,0 x 2,0 m e 0,45 cm para 3,0 x 1,0 m) e os valores médios de altura nos 26 e 32 meses de idade, para ambos os espaçamentos, percebe-se que no período compreendido entre ambas as idades, o incremento em altura das progênes foi maior no espaçamento mais amplo. A diferença entre as duas idades consideradas foi de 0,95 m para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m, enquanto que para o de 3,0 x 1,0 m foi de 0,53 m, no mesmo período. Esses fatos sugerem que a altura média está sendo cada vez mais influenciada pelo espaçamento mais amplo, concordando com os resultados obtidos por diversos autores, em que maiores valores para altura média dos povoamentos correspondem aos espaçamentos mais amplos.

Assim, GUIMARÃES (1960) encontrou que para *Eucalyptus saligna* Smith, a altura média do povoamento sofre a influência do espaçamento, sendo maior nas distâncias de plantio maiores. Da mesma forma, COELHO *et alii* (1970) concluíram que existindo uma correlação positiva entre diâmetro e altura, o espaçamento mais amplo favoreceria o crescimento em diâmetro, concorrendo também para maior altura das árvores, que resulta em uma altura média mais elevada. BALLONI e SIMÕES (1980), por sua vez, verificaram também a tendência de incremento da altura média das árvores de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden e de *E. saligna* Smith, conforme o incre-

mento do espaçamento. SIMÕES e SPINA FRANÇA (1983) verificaram a mesma tendência para *Eucalyptus saligna* Smith, *E. grandis* Hill Ex Maiden e *E. urophylla* E.T. Blake, aos 2,5 anos de idade.

MESKIMEN e FRANKLIN (1978) verificaram, para *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, aos 7 anos e 3 meses, que não houve diferenças na altura média das árvores, nos quatro espaçamentos testados, enquanto que o diâmetro foi diretamente influenciado pelo espaçamento. Por sua vez, REZENDE *et alii* (1980) não encontraram diferenças significativas para as alturas médias de *Eucalyptus saligna* Smith e *E. grandis* Hill Ex Maiden. COELHO *et alii* (1970) não encontraram ação positiva dos espaçamentos sobre a altura média para *Eucalyptus saligna* Smith, *E. alba* Reinw e *E. propinqua* Deane ex Maiden, embora os autores relatem que os espaçamentos influíram positivamente nos crescimentos em altura média e em diâmetro. Para o *E. grandis* Hill Ex Maiden, FISHWICK (1976) ressaltou o fato de que, em sítios de boa qualidade, o espaçamento tem pouca influência sobre as alturas médias principais, ainda que muitas pesquisas indiquem leves aumentos em altura com espaçamentos crescentes.

Por sua vez, KAGEYAMA (1986) aponta a heterogeneidade das respostas das espécies face ao espaçamento, assinalando uma ampla gama de resultados e verificando a existência de uma tendência para a classificação das espécies quanto à sua resposta a maior ou menor quantidade de luz. O

autor ressalta o fato de que as características e exigências das espécies dos diferentes estágios sucessionais não são por mero acaso e que devem ser consideradas no planejamento das plantações. O autor comenta, ainda, que apesar das espécies de *Eucalyptus* terem um comportamento tipicamente de pioneiras, algumas espécies mostram maior efeito em relação ao espaçamento do que outras.

4.1.3. CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DAS PROGÊNIES

O crescimento em diâmetro seguiu a mesma tendência do crescimento em altura das plantas. As médias gerais dos ensaios para diâmetro de plantas revelaram um crescimento vigoroso, apresentando médias aos 15, 26 e 32 meses de idade de 5,43 cm, 6,69 cm e 7,36 cm, respectivamente, para o espaçamento de 3,0 x 1,0 m, e de 7,03 cm e 7,94 cm nas idades de 26 e 32 meses, respectivamente, para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m.

A amplitude observada no crescimento em diâmetro, quando comparadas a melhor e a pior progênie, para um espaçamento e idade, apresentou a tendência de se incrementar conforme o aumento da idade. As diferenças foram maiores no espaçamento de 3,0 x 2,0 m. Aos 32 meses de idade a amplitude atingiu valores de 2,79 cm para 3,0 x 1,0 m e de 4,29 cm para o de 3,0 x 2,0 m, que equivalem a 31,70% e 44,36% de

diferença no crescimento em diâmetro para esses espaçamentos, respectivamente (tabela 7).

As melhores progênies para a idade de 32 meses foram a 99 com 8,02 cm e a 36 com 9,67; as piores foram a 143 com 5,54 cm e a 156 com 5,38 cm, para os espaçamentos de 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m, respectivamente.

Os coeficientes de variação experimental apresentaram um comportamento similar a aqueles obtidos para altura de plantas, atingindo valores de 8,16%, 9,42% e 9,82% para as idades de 15, 26 e 32 meses, respectivamente, no espaçamento de 3,0 x 1,0 m, e de 11,90% e 12,75% para as idades de 26 e 32 meses, respectivamente, no espaçamento 3,0 x 2,0 m.

As eficiências dos látices para a característica de diâmetro foram sempre superiores a 115%, confirmando-se a validade da utilização deste delineamento experimental, segundo SNYDER (1966) e MIRANDA FILHO (1978).

Analisando-se os valores do teste F, obtidos nas análises da variância, pode-se perceber que a variação genética entre progênies para diâmetro, foi muito semelhante para os dois espaçamentos, embora o crescimento em diâmetro tenha sido ligeiramente mais expressivo no espaçamento de 3,0 x 2,0 m. O incremento médio anual em diâmetro, calculado aos 32 meses de idade, foi de 2,98 cm para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m e de 2,76 cm para o de 3,0 x 1,0 m.

Na figura 4, pode-se observar a evolução do

crescimento em diâmetro em ambos os espaçamentos e nas três idades consideradas.

Figura 4 - Evolução no crescimento médio em DAP das progênies em função da idade e do espaçamento.

Os resultados obtidos para o comportamento do diâmetro concordam com os reportados por vários autores, tais como os de GUIMARÃES (1960), REZENDE *et alii* (1980), COE

LHO *et alii* (1970), SIMÕES e SPINA-FRANÇA (1983), os quais verificaram que espaçamentos mais amplos correspondem a diâmetros médios maiores.

COELHO *et alii* (1970) concluíram para *Eucalyptus alba* Reinw, *E. grandis* Hill Ex Maiden, *E. propinqua* e *E. saligna* Smith, testados em dois espaçamentos, que aos 24 meses já era possível constatar-se os efeitos dos espaçamentos sobre o crescimento em diâmetro das árvores. A mesma espécie plantada em diferentes espaçamentos apresentava diferenças significativas, correspondendo maiores valores de diâmetros médios a espaçamentos mais amplos.

Por sua vez, KAGEYAMA (1986), estudando a resposta de espécies nativas e introduzidas com relação ao espaçamento, encontrou várias e diferentes respostas, desde aquelas espécies onde quanto maior o espaçamento, maior o crescimento em altura e diâmetro, até aquelas em que ocorreu o fenômeno oposto ou quanto maior o espaçamento menor o crescimento tanto em altura como em diâmetro. O autor salienta o fato de que nas espécies de *Eucalyptus*, algumas mostram maior efeito em relação ao espaçamento do que outras, apresentando-se desde aquelas tipicamente pioneiras até algumas que apresentam características semelhantes às das espécies clímaxes.

4.1.4. CRESCIMENTO DAS PROGÊNIES EM ÁREA BASAL E VOLUME CILÍNDRICO

A área basal e o volume cilíndrico foram obtidos através da somatória das áreas basais e dos volumes cilíndricos de cada um dos indivíduos que constituem a parcela, sendo dividido pelo número das árvores em cada parcela, pelo qual esses valores são expressos como sendo a área basal individual média e o volume cilíndrico individual médio, respectivamente.

Considerando que o volume cilíndrico é composto da altura e DAP das plantas, obviamente que as progênies que apresentarem menores e maiores diâmetros, com as mesmas tendências para altura, tenderão a apresentar volumes cilíndricos proporcionais às médias destas características. Similar comportamento deve-se esperar no caso da área basal, a qual é função direta do diâmetro das plantas, pelo qual os valores obtidos para esse parâmetro tenderão a apresentar áreas basais proporcionais a essas médias do diâmetro.

4.1.4.1. ÁREA BASAL

O incremento em área basal apresentou a mesma tendência do crescimento em diâmetro. As médias apresentadas nos dois ensaios foram de $0,003736 \text{ m}^3$ e de $0,004578 \text{ m}^3$, para

as idades de 26 e 32 meses, respectivamente, dentro do espaçamento de 3,0 x 1,0 m. Para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m, as médias foram de 0,004134 m³ e de 0,005307 m³, para 26 e 32 meses de idade, respectivamente. A área basal foi calculada considerando-se 9 plantas por parcela em 3,0 x 1,0 e 5 plantas em 3,0 x 2,0 m.

Considerando-se uma população média por hectare de 3333 árvores e de 1667 árvores, nos espaçamentos de 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m, respectivamente, os valores de área basal média por hectare foram, aos 32 meses, de: 15,2585 m²/ha para o espaçamento de 3,0 x 1,0 e de 8,8468 m²/ha para o de 3,0 x 2,0 m.

Os coeficientes de variação foram ligeiramente superiores para as progênies sob espaçamento de 3,0 x 2,0 m, apresentando a tendência de aumentar conforme a idade, sendo maiores os valores no espaçamento 3,0 x 2,0 do que no 3,0 x 1,0 m, quando comparadas as mesmas idades.

As eficiências dos látices para essa característica foram sempre bem superiores a 120%. A variação genética entre progênies foi semelhante nos dois espaçamentos, a julgar pelos valores do teste F obtidos nas análises da variância.

A diferença entre o maior e o menor incremento em área basal ao nível de médias de progênies, foi sempre mais expressiva para o espaçamento 3,0 x 2,0 m, evidenciando dessa forma a maior influência do espaçamento no crescimento

em diâmetro e, conseqüentemente, na área basal das progênes. Na figura 5, pode ser observada a evolução da área basal individual média das progênes, em função do espaçamento e da idade.

Figura 5 - Evolução do incremento em área basal individual média das progênes em função da idade e do espaçamento.

A amplitude observada para o crescimento em área basal das progênies aos 32 meses de idade, apresentou a mesma tendência verificada para o diâmetro, incrementando-se com a idade e com o espaçamento. Os valores das diferenças percentuais entre as melhores e as piores progênies foram mais expressivas no espaçamento mais amplo, atingindo aos 32 meses de idade, valores de 49,21% e 64,00% para os espaçamentos de 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m, respectivamente (tabela 7).

Os resultados obtidos mostram que a área basal individual média foi influenciada pelo espaçamento nas duas idades estudadas. A área basal média por hectare, produto da área basal individual média pelo número de indivíduos por hectare, diminuiu com o aumento do espaçamento. É importante salientar que, mesmo que a área basal individual média seja menor nos espaçamentos mais estreitos, em razão do número maior de árvores, a área basal média por hectare será maior que nos espaçamentos mais amplos. Os fatores que favorecem o crescimento em diâmetro também favorecem o incremento da área basal individual das árvores. Considerando o citado anteriormente, o incremento da área basal por hectare vai depender do incremento da área basal individual média e do número de árvores do povoamento.

4.1.4.2. VOLUME CILÍNDRICO

Os volumes individuais médios, obtidos para as progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, nos espaçamentos e idades avaliados são apresentados na tabela 6. Esses valores, expressos como volume médio por hectare, foram calculados para as idades de 15, 26 e 32 meses, no espaçamento de 3,0 x 1,0, onde atingiram valores de 59,89 m³/ha, 135,42 m³/ha e 174,62 m³/ha, respectivamente, e de 72,03 m³/ha e 99,72 m³/ha para as idades de 26 e 32 meses, respectivamente, no espaçamento de 3,0 x 2,0 m.

Sendo o volume a característica mais importante para avaliar a produtividade num povoamento florestal quando se visa a produção de madeira, é importante observar o comportamento das progênies face a esse caráter. O comportamento do volume, quanto à amplitude observada entre as melhores e as piores progênies, mostrou que os maiores valores foram obtidos para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m. Pode-se afirmar que o volume médio por hectare foi influenciado pelo espaçamento já que nas três idades estudadas, as menores produções volumétricas corresponderam sempre ao espaçamento mais amplo.

Na figura 6, pode ser observada a evolução do volume cilíndrico individual médio das progênies, em função do espaçamento e da idade.

Figura 6 - Evolução em volume cilíndrico individual médio das progênes em função da idade e do espaçamento.

Considerando-se a amplitude da produção em volume e quando comparados os dois espaçamentos dentro de uma mesma idade, observou-se uma maior diferença no espaçamento mais amplo, alcançando, à idade de 32 meses, valores de 56,32% e 73,01% de diferença, nos espaçamentos de 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m, respectivamente. Esses dados, transformados para volume cilíndrico por hectare, representariam diferenças na produção em volume de 146,98 e 111,86 m³ de madeira, para os espaçamentos de 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m, respectivamente, quando utilizada a pior em vez da melhor progênie.

Os coeficientes de variação foram muito semelhantes, porém apresentando uma tendência para aumentar em função da idade, dentro de um espaçamento, e em função do espaçamento a uma mesma idade. As eficiências do látice foram sempre superiores a 127%, pelo qual se justificou plenamente a utilização desse delineamento experimental, segundo o afirmado por SNYDER (1966) e MIRANDA FILHO (1978).

Para o volume cilíndrico, a variação genética entre progênies foi bastante expressiva nos dois espaçamentos e nas três idades avaliadas, o citado considerando os valores de F obtidos nas análises da variância, tanto para o caso do látice (erro efetivo) quanto para o blocos ao acaso (erro blocos ao acaso).

Os resultados obtidos confirmam aqueles reportados por vários autores, dentre os quais salientam-se GUIMARÃES (1960), COUTO (1977), MESKIMEN e FRANKLIN (1978), BALLO

NI e SIMÕES (1980), que verificaram generalizadamente que em espaçamentos mais apertados e, conseqüentemente, com maior número de árvores por hectare, o incremento em volume médio por hectare foi maior do que aquele produzido nos espaçamentos mais amplos.

4.1.5. DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

Segundo HARRIS (1970) e ZOBEL e TALBERT (1984), o melhoramento das propriedades da madeira pode ser realizado através da manipulação genética e do manejo silvicultural dos povoamentos. As práticas culturais podem controlar o crescimento das árvores, como seria o caso do espaçamento, do desbaste e do melhoramento do "site", através da fertilização e do preparo do solo, que permitem manipular as taxas de crescimento e influenciar algumas propriedades da madeira, como a densidade básica e a percentagem de lenho tardio.

Considerando-se a importância de se conhecer a evolução do comportamento da densidade básica da madeira, nas progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, visando a sua utilização para fins energéticos ou celulose, durante o desbaste efetuado à idade de 17 meses, foram colhidos de 5 a 6 discos de madeira de cada uma das 169 progênies dentro da repetição w do teste original no espaçamento 3,0 x 1,0 m.

Os resultados, expressos ao nível de médias

de parcelas, não foram analisados estatisticamente, devido a que a amostragem realizada não foi feita para todas as repetições do ensaio, sendo, portanto, considerados só ao nível de índices para essa característica.

Na tabela 8, a seguir, podem-se observar os valores da densidade básica e os coeficientes de variação dentro de parcelas médio CVd(%) e o coeficiente de variação entre médias de progênies CVp(%), obtidos para as 169 progênies sob estudo.

A média geral para esta característica foi de $0,411 \text{ g/cm}^3$, apresentando uma amplitude ao nível de médias de progênies, que variou de $0,363 \text{ g/cm}^3$ (progênie 01) até um máximo de $0,454 \text{ g/cm}^3$ (progênie 128).

Ao nível de plantas individuais, as progênies mostraram uma amplitude maior, variando a densidade básica de $0,301 \text{ g/cm}^3$ para uma árvore na progênie 01 até $0,564 \text{ g/cm}^3$ para uma árvore na progênie 154.

Os coeficientes de variação para árvores dentro de parcelas mostraram valores variando de 1,52% até 13,39%, apresentando um coeficiente de variação dentro médio de 4,02%. Por outro lado, as progênies apresentaram um coeficiente de variação entre suas médias de 4,24%. Esses coeficientes de variação mostram que existe pouca variabilidade para a densidade da madeira, tanto entre como dentro de progênies. No entanto, essa pouca variabilidade tem um forte controle genético, sendo característico para a densidade da madeira.

Tabela 8 - Densidade básica média (Db) das 169 progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, com os coeficientes de variação (Cv(%)).

PROGÊNIE	Db	Cv(%)	PROGÊNIE	Db	Cv(%)	PROGÊNIE	Db	Cv(%)
01	0,363	12,15	34	0,406	3,17	67	0,421	4,99
02	0,406	6,18	35	0,369	6,75	68	0,424	1,95
03	0,451	4,01	36	0,398	6,31	69	0,404	2,52
04	0,407	3,02	37	0,409	3,59	70	0,417	5,35
05	0,398	6,19	38	0,417	2,78	71	0,421	3,76
06	0,417	4,35	39	0,393	5,75	72	0,406	3,42
07	0,400	2,83	40	0,409	5,16	73	0,427	2,46
08	0,407	3,31	41	0,392	3,49	74	0,416	7,93
09	0,412	3,25	42	0,408	6,43	75	0,373	8,15
10	0,389	3,80	43	0,412	3,48	76	0,390	4,03
11	0,421	2,66	44	0,434	3,81	77	0,408	3,33
12	0,433	3,66	45	0,410	4,15	78	0,414	6,67
13	0,420	5,91	46	0,425	2,78	79	0,378	6,61
14	0,405	2,45	47	0,431	4,41	80	0,378	5,16
15	0,445	3,15	48	0,391	7,44	81	0,428	3,32
16	0,410	5,53	49	0,416	3,37	82	0,407	5,70
17	0,393	8,02	50	0,389	7,22	83	0,420	5,98
18	0,425	4,99	51	0,432	6,94	84	0,343	4,33
19	0,415	5,18	52	0,404	8,96	85	0,419	4,71
20	0,428	4,16	53	0,419	7,83	86	0,417	3,75
21	0,384	2,28	54	0,403	3,61	87	0,404	5,12
22	0,416	5,87	55	0,409	4,65	88	0,393	7,56
23	0,403	5,07	56	0,420	9,36	89	0,420	3,95
24	0,408	1,86	57	0,418	7,66	90	0,380	4,21
25	0,428	4,35	58	0,441	6,35	91	0,424	2,96
26	0,401	5,19	59	0,419	4,63	92	0,421	4,01
27	0,411	3,29	60	0,408	5,15	93	0,388	7,76
28	0,413	3,70	61	0,410	4,59	94	0,431	7,57
29	0,410	5,95	62	0,395	4,76	95	0,420	5,67
30	0,440	2,68	63	0,383	4,19	96	0,410	1,52
31	0,422	3,18	64	0,396	10,91	97	0,444	4,75
32	0,425	6,87	65	0,436	5,80	98	0,408	8,37
33	0,400	3,35	66	0,435	3,54	99	0,431	6,87

PROGENIE	Db	CV(%)	PROGENIE	Db	CV(%)	PROGENIE	Db	CV(%)
100	0,387	4,34	123	0,439	4,69	146	0,392	5,23
101	0,411	1,64	124	0,399	5,86	147	0,390	5,92
102	0,409	2,25	125	0,432	5,06	148	0,406	3,47
103	0,402	4,18	126	0,407	3,60	149	0,428	4,67
104	0,416	5,05	127	0,406	4,63	150	0,409	6,70
105	0,423	7,45	128	0,454	6,83	151	0,396	7,10
106	0,412	3,03	129	0,411	2,38	152	0,415	5,96
107	0,412	3,60	130	0,388	2,02	153	0,426	4,62
108	0,427	6,84	131	0,417	7,46	154	0,449	13,39
109	0,410	8,63	132	0,423	2,13	155	0,420	3,93
110	0,427	4,89	133	0,369	8,51	156	0,425	3,81
111	0,408	3,63	134	0,406	3,69	157	0,416	6,42
112	0,418	5,98	135	0,394	7,08	158	0,411	6,67
113	0,390	10,54	136	0,403	3,60	159	0,423	5,61
114	0,412	6,75	137	0,399	7,22	160	0,387	6,30
115	0,426	3,36	138	0,391	7,91	161	0,390	5,28
116	0,433	4,18	139	0,407	6,22	162	0,431	9,14
117	0,412	4,38	140	0,420	4,12	163	0,442	8,19
118	0,413	5,52	141	0,413	2,71	164	0,439	3,69
119	0,407	3,38	142	0,394	4,77	165	0,415	5,77
120	0,423	3,66	143	0,406	3,47	166	0,410	6,40
121	0,415	3,73	144	0,416	7,21	167	0,402	2,51
122	0,447	4,07	145	0,424	5,33	168	0,403	3,21
						169	0,415	4,82

Média geral: 0,411; $CV_p(\%)$: 4,24; $CV_d(\%)$: 4,02.

Db= densidade básica em g/cm³; $CV_p(\%)$ = coeficiente de variação entre médias de progênie; e $CV(\%)$ = coeficiente de variação dentro de parcelas médio.

As variações detectadas para as progênies de *Eucalyptus saligna* Smith para os valores da densidade básica da madeira, são coerentes com os obtidos por outros autores para várias espécies de *Eucalyptus*. Assim, KAGEYAMA *et alii* (1982) obtiveram para *E. grandis* Hill ex Maiden valores muito semelhantes de variação dentro e entre progênies estudadas em três locais diferentes. Por sua vez, CARPIM e BARRICHELO (1983) encontraram variações consideráveis na densidade da madeira, ocorrendo tanto dentro das espécies como entre as espécies, e ainda dentro das árvores dessas espécies. As variações dentro das árvores foram verificadas por esses autores como ocorrendo nos sentidos base - topo e medula - casca, e variando também com a idade do povoamento, com a procedência da semente e ainda com as progênies utilizadas.

Vários autores têm verificado a tendência para as espécies de *Eucalyptus* de um aumento da densidade básica com a idade. FERREIRA (1972) e BARRICHELO *et alii* (1980), trabalhando com *E. grandis* Hill ex Maiden, observaram um aumento da densidade em função da idade do talhão. Por sua vez, FERREIRA e KAGEYAMA (1978) reportaram essa mesma variação da densidade básica com a idade, considerando quatro espécies de *Eucalyptus*, o que pode ser observado na tabela 9.

Tabela 9 - Variação da densidade básica da madeira (g/cm^3), em função da idade para quatro espécies de *Eucalyptus*.

Idade em anos	<i>E. urophylla</i> S T Blake	<i>E. grandis</i> Hill ex Maiden	<i>E. propinqua</i> Deane	<i>E. saligna</i> Smith
5	0,528	0,409	0,538	0,454
7	0,572	0,462	0,580	0,482
9	0,574	0,460	0,604	0,488
11	0,603	0,474	0,623	0,586

Fonte: FERREIRA e KAGEYAMA (1978).

Quando são considerados os valores da densidade da madeira para algumas das árvores individuais, como aquela da progênie 154 ($0,564 \text{ g/cm}^3$) do decorrente estudo, e comparados com aqueles obtidos pelos autores acima, percebe-se que algumas das progênies de *Eucalyptus saligna* Smith apresentaram, aos 17 meses de idade, valores muito próximos aos obtidos para a mesma espécie à idade de 11 anos. Por outro lado, quando comparados esses valores aos obtidos para as outras espécies estudadas, observa-se que as progênies de *E. saligna* Smith apresentaram valores maiores aos 17 meses de idade, do que as quatro espécies aos 5 anos de idade, mostrando, assim, o grande potencial dessas progênies para a produção de celulose ou de madeira para lenha.

Quando considerado o valor médio para a densidade básica da madeira para as progênies de *Eucalyptus saligna*

na Smith, obtido aos 17 meses de idade, percebe-se que esse valor é muito próximo do valor reportado por FERREIRA e KAGEYAMA (1978) para a mesma espécie à idade de 5 anos, muito embora para todas as comparações efetuadas, os locais de ensaio tenham sido diferentes.

KAGEYAMA *et alii* (1982) detectaram para progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, testadas em três localidades, variações genéticas entre progênies para densidade da madeira ao nível de 1%, e coeficientes de variação dentro médio e entre médias de progênies muito semelhantes aos obtidos no decorrente estudo para as progênies de *E. saligna* Smith, aos 17 meses de idade. Aliás, as amplitudes apresentadas pelas progênies foram muito semelhantes nos dois casos considerados.

É importante salientar o fato de que, ainda que a variação da densidade básica da madeira apresentada pelas progênies de *Eucalyptus saligna* Smith seja considerada baixa, os valores encontrados para essa população podem ser considerados como sendo significativos.

É importante ressaltar que, como não houve seleção para a densidade básica da madeira, pode-se considerar que a magnitude da variação detectada representa a variação que a população realmente contém.

KAGEYAMA *et alii* (1982) salientaram que a densidade básica da madeira apresenta uma alta herdabilidade, fato que tem sido confirmado por numerosos autores para mui-

tas espécies florestais. Esse fato sugere que a densidade básica da madeira está sob forte controle genético. A grande questão prática, continuam os autores, quando considerada a densidade básica, seria a de determinar com precisão o valor dessa característica para um número muito grande de indivíduos, sugerindo que a melhor estratégia de seleção seria aquela envolvendo a utilização de progênies em detrimento da seleção fenotípica.

Considerando-se o citado acima, percebe-se a importância de se analisar se, a tendência de algumas árvores ou progênies de apresentar valores altos da densidade básica continua ou se estabiliza com o decorrer da idade, o que representaria uma vantagem muito grande na definição da estratégia de seleção e melhoramento da característica.

4.2. RESULTADOS DAS ANÁLISES DA VARIÂNCIA INDIVIDUAIS

Na tabela 10 são apresentados os resultados das análises da variância individuais para as características estudadas, envolvendo a altura, o diâmetro e o volume cilíndrico, nas três idades avaliadas e nos dois espaçamentos testados. Para a área basal, foram consideradas análises da variância para as idades de 26 e 32 meses, enquanto que para a sobrevivência das plantas e para forma das árvores só foi

realizada uma análise à idade de 32 meses, envolvendo em ambos os casos os dois espaçamentos testados.

Variações genéticas significativas entre pro_gênies foram detectadas para todas as características, em todas as idades e espaçamentos, sendo que os valores de F obtidos nas análises da variância individuais foram altamente significativos ao nível de 5% em dois casos. Para as análises efetuadas para sobrevivência, os valores de F foram não significativos no espaçamento mais amplo, em ambos os delineamentos utilizados. Para a forma das árvores, no espaçamento 3,0 x 1,0 m foi obtido um F não significativo.

Os valores de F, tanto para as análises da variância em látice como para as de blocos ao acaso, não apresentaram nenhuma tendência definida de variação com a idade ou com o espaçamento. No entanto, para as características de altura e diâmetro, foram observados valores quase sempre maiores no espaçamento mais amplo do que no 3,0 x 1,0 m, para ambos os delineamentos utilizados. Somente para o caso do diâmetro, à idade de 32 meses, foi obtido maior valor de F no espaçamento mais apertado e para o delineamento em látice. Quando foram consideradas as características compostas (área basal e volume cilíndrico), houve uma tendência inversa, obtendo-se valores maiores de F no espaçamento 3,0 x 1,0 m.

As variações genéticas, detectadas pelas análises da variância individuais, mostraram uma certa homogeneidade entre espaçamentos e entre idades dentro dos espaça-

mentos, nos dois delineamentos considerados. As variáveis forma das árvores e altura de plantas foram as que revelaram maiores valores de F para as progênies, vindo a seguir o diâmetro, a área basal, o volume e a sobrevivência.

Quando comparados os delineamentos em lâtigo e em blocos ao acaso, verificou-se uma tendência de valores maiores de F no delineamento em lâtigo. Esse fato concorda com o salientado por DUDLEY e MOL (1969), sobre a maior sensibilidade do delineamento em lâtigo para a comparação de médias. Para o caso da sobrevivência, os valores de F apresentaram-se iguais em ambos os delineamentos, para a idade considerada, sendo que esses valores foram mais expressivos no espaçamento mais apertado, podendo ser um reflexo da maior mortalidade nesse espaçamento.

Os diferentes comportamentos das progênies nos dois espaçamentos avaliados podem ser interpretados como sendo uma expressão diferencial dos materiais genéticos de espaçamento para espaçamento, o que pode refletir na interação de progênies x espaçamentos. Esse comportamento pode ser explicado também em função da variação do erro experimental entre os espaçamentos.

Tabela 10 - Resultados das análises da variância individuais para as diferentes características e idades nos dois espaçamentos testados em blocos ao acaso e látice.

	Idade (meses)	Espaçamento de 3,0 x 1,0 m					Espaçamento de 3,0 x 2,0 m				
		Média	CV _{exp} (%)	CV _{exp} (%)	F _{exp} (%)	F _{prog.} (%)	Média	CV _{exp} (%)	CV _{exp} (%)	E. Látice (%)	F _{prog.} (%)
Altura (m)	15	6,98	6,53	10,41	125,74	2,34**	2,02**	-	-	-	-
	26	10,18	7,77	11,26	128,56	1,91**	1,74**	13,12	115,37	2,03**	1,85**
	32	10,71	7,47	10,86	116,74	1,97**	1,81**	13,13	109,04	2,04**	1,90**
Diâmetro (cm)	15	5,43	8,16	13,10	145,37	2,13**	1,77**	-	-	-	-
	26	6,69	9,42	13,97	133,39	1,80**	1,65**	11,90	118,40	1,84	1,67**
	32	7,36	9,82	14,58	131,54	1,82**	1,67**	12,57	115,04	1,80**	1,68**
Área basal (m²/árvore)	26	0,003736	17,44	25,30	134,94	1,65**	1,56**	21,85	122,97	1,65**	1,49**
	32	0,004578	18,00	25,72	131,97	1,62**	1,55**	22,95	118,93	1,55**	1,45**
Volume cilíndrico (m³/árvore)	15	0,01797	17,77	28,92	161,41	2,10**	1,66**	-	-	-	-
	26	0,04063	22,97	32,58	132,14	1,59**	1,52**	28,81	125,67	1,57**	1,42*
	32	0,05239	23,09	32,21	127,75	1,56**	1,52**	29,28	119,29	1,49**	1,40*
Sobrevivência (%)	32	96,01	11,27	13,93	100,11	1,53**	1,53**	8,61	9,20	100,00	1,14ns
Forma do tronco		3,53	-	9,77	-	-	1,44ns	3,65	10,65	-	2,66**

CV_{exp} Látice é o coeficiente de variação experimental para o látice; CV_{exp} BAA é o coeficiente de variação experimental para o delineamento em blocos ao acaso; E. Látice (%) é a eficiência do látice em porcentagem; F_{prog.} Látice é o valor de F para as progênes obtidas no delineamento em látice utilizado-se o erro efetivo; F_{prog.} BAA é o valor de F para as progênes obtidas através do delineamento em blocos ao acaso; ns - não significativo; * significativo ao nível de 5%; ** significativo ao nível de 1%.

É importante salientar que, quando considerados alguns dos trabalhos desenvolvidos na área florestal com espécies de *Eucalyptus* ou *Pinus*, percebe-se que os coeficientes de variação experimentais apresentam uma tendência diferente daquela considerada por GOMES (1982) para culturas agrícolas, sobretudo quando são consideradas as características compostas, como área basal e volume cilíndrico. Geralmente os valores dos coeficientes de variação nestes casos, são maiores ficando na classificação de altos a muito altos, sendo que na realidade esses coeficientes, que contêm a expressão de várias características, podem apresentar boas precisões.

Os coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) para as características de crescimento e para sobrevivência das progênies e forma do tronco das árvores, obtidos nas análises da variância individuais, em látice e em blocos ao acaso, apresentaram valores coerentes com outros estudos semelhantes, mostrando que para todas as características estudadas em ambos os espaçamentos, existiu uma boa eficiência estatística.

Para a variável altura de plantas, os coeficientes de variação não apresentaram nenhuma tendência face ao espaçamento ou idade. Por outro lado, esses coeficientes apresentaram a tendência de aumentar em função da idade e do espaçamento, quando consideradas as características de diâmetro, área basal e volume cilíndrico.

As eficiências dos látices para as caracterísas

ticas de crescimento foram maiores do que 115% em todos os casos, exceto para altura de plantas no espaçamento 3,0 x 2,0 m, onde foi obtido um valor de 109%; para sobrevivência, foram obtidas eficiências dos látices de 100% em ambos os espaçamentos.

Considerou-se, portanto, concordando com SNYDER (1966) e MIRANDA FILHO (1978), que esses valores das eficiências dos látices justificaram plenamente a utilização do referido delineamento para a análise dos dados dos testes de progênies de *Eucalyptus saligna* Smith.

Os diferentes comportamentos dos tratamentos nos dois espaçamentos podem ser interpretados como uma expressão diferencial dos materiais genéticos de espaçamento para espaçamento, o que se refletiria na interação genótipo x espaçamento, ou podem também ser interpretados em função da variação do erro experimental entre os dois espaçamentos.

Os coeficientes de variação experimental foram mais baixos e menos variáveis para altura de plantas, nos dois espaçamentos, e para o diâmetro no espaçamento de 3,0 x 1,0 m, sendo intermediários para o diâmetro no espaçamento mais amplo e mais altos e variáveis para a área basal e volume cilíndrico. A altura e o diâmetro, que revelaram os valores mais baixos para os coeficientes de variação das análises da variância, mostraram, portanto, maior precisão experimental. Esse fato indica que a forma em que foram avaliadas essas características apresentou uma boa eficiência experi-

mental dentro de cada espaçamento ensaiado. Considerando a totalidade dos coeficientes de variação experimentais das análises da variância realizadas, pode-se afirmar que para todas as características estudadas existiu uma boa eficiência estatística.

A avaliação da forma das árvores foi feita à idade de 32 meses, envolvendo as 42 melhores progênies para volume cilíndrico no espaçamento 3,0 x 2,0 m. As progênies assim selecionadas foram avaliadas para forma das árvores em ambos os espaçamentos, utilizando-se as notas definidas por KAGEYAMA (1980) para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden:

Nota 1: Tronco com defeito muito grave; tronco muito tortuoso.

Nota 2: Tronco com defeito grave; tronco com tortuosidade acima da média.

Nota 3: Tronco com defeito bastante visível; tronco com tortuosidade média.

Nota 4: Tronco com defeito pouco visível; tronco com tortuosidade abaixo da média.

Nota 5: Tronco sem defeito; tronco tendendo à retidão ou reto.

As análises da variância individuais para forma do tronco, nos dois espaçamentos testados, foram feitas para as 42 progênies de melhor produção em volume no espaçamento mais amplo, utilizando-se só o delineamento em blocos ao acaso.

Variações genéticas significativas ao nível de 1% foram detectadas para as progênies crescendo no espaçamento maior, a julgar pelo valor de F obtido. Para o espaçamento menor, não foi detectada variação genética significativa.

As médias obtidas nas análises da variância, 3,53 para o espaçamento menor e 3,65 para o 3,0 x 2,0 m, sugerem que as progênies em ambos os espaçamentos apresentaram troncos que variaram, conforme a classificação definida por KAGEYAMA (1980), de troncos com tortuosidade média até troncos com defeitos pouco visíveis, sendo mais próximos a esse último conceito.

O teste Tukey, aplicado às 42 progênies nos dois espaçamentos, não revelou diferenças significativas entre as progênies, quando considerado o espaçamento menor. Por outro lado, quando considerado o espaçamento mais amplo, o teste Tukey mostrou diferenças significativas entre algumas das progênies, o que pode ser visualizado na tabela 11, a seguir:

Tabela 11 - Resumo das diferenças significativas entre médias de progênies pelo teste Tukey para forma de tronco, no espaçamento 3,0 x 2,0 m.

Progenie nº	Teste Tukey 1% Progenies**
24	29 40 04 12 28 08 33
10	08 33
09	08 33
38	33
19	33
05	33

** Progenies que diferem ao nível de 1% pelo teste Tukey das progênies relacionadas na primeira coluna.

É importante se considerar que as 42 progênies utilizadas para avaliar a forma das árvores foram as que apresentaram as melhores produções volumétricas dentro do espaçamento maior, e que as mesmas foram avaliadas para forma das árvores em ambos os espaçamentos testados.

As progênies selecionadas dentro do espaçamento 3,0 x 2,0 m, podem ser classificadas dentro daquelas que apresentaram bom desenvolvimento no espaçamento mais amplo, assim como aquelas que se desenvolveram bem em ambos os espaçamentos.

A resposta das progênies para forma do tronco em função do espaçamento, apresentando melhor forma no espa-

çamento mais amplo, sugere que as progênies de *Eucalyptus sa*
ligna Smith apresentam características que se aproximam mais
de espécies que reagem favoravelmente a espaçamentos abertos
com maior luminosidade, ou seja, aquelas espécies considera-
das como pioneiras na sucessão.

4.3. RESULTADOS DAS ANÁLISES DA VARIÂNCIA CONJUNTAS PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E FORMA DO TRONCO ENVOLVENDO OS ESPAÇAMENTOS TESTADOS E AS IDADES AVALIADAS

Os resultados das análises da variância conjuntas envolvendo os dois espaçamentos, para as características de altura, diâmetro (dap), área basal e volume cilíndrico para as idades de 26 e 32 meses, são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Resultados das análises da variância conjuntas para as características de crescimento e forma do tronco, para os dois espaçamentos nas idades de 26 e 32 meses.

Característica	Idade Meses	Médias Gerais	F prog	F esp	F prog x esp.	CV exp (%)
Altura (m)	26	9,98	3,16**	2,51**	0,80ns	14,88
	32	10,62	3,30**	0,42ns	0,72ns	15,10
Diâmetro (cm)	26	6,86	2,72**	2,98**	0,93ns	17,81
	32	7,65	2,77**	7,85**	0,85ns	18,97
Área basal (m ² /árv)	26	0,00394	2,39**	3,22**	0,90ns	30,93
	32	0,00494	2,33**	8,59**	0,81ns	32,10
Vol. Cilíndrico (m ³ /árv)	26	0,0419	2,38**	0,63ns	0,78ns	40,47
	32	0,0561	2,29**	3,39**	0,75ns	40,58
Forma das árvores (notas)	32	3,59	3,55**	2,77**	0,77ns	10,22

F prog = F progênes; F esp = F espaçamentos; F prog x esp = F progênes x espaçamentos; CV exp = coeficiente de variação experimental ;
 ** significativo ao nível de 1%; ns = não significativo; área basal em m² por árvore; vol. cilíndrico = volume cilíndrico (m³ por árvore).

As características de crescimento (altura, diâmetro, área basal e volume cilíndrico) e a forma das árvores apresentaram variações genéticas significativas ao nível de 1%, que foram detectadas pelos respectivos valores de F obtidos das análises da variância conjuntas nos dois espaçamentos testados.

Os resultados obtidos apresentaram valores de F muito semelhantes, tanto para as características estudadas como para as idades de 26 e 32 meses consideradas. Esses valores não apresentaram nenhuma tendência de incremento ou diminuição com a idade das progênies, embora as características simples (altura e diâmetro) tenham aumentado ligeiramente com a idade; as características compostas (área basal e volume cilíndrico) apresentaram ligeiras diminuições dos valores de F com o aumento da idade.

Os coeficientes de variação experimental (CV exp) aumentaram com a idade, apresentando a mesma tendência observada para as análises individuais, revelando maiores valores para as características compostas (área basal e volume cilíndrico) comparativamente à altura e diâmetro.

As características de altura e diâmetro, que foram avaliadas ao nível de médias de parcelas por planta, a apresentaram erros experimentais considerados, segundo GOMES (1982), como sendo médios para ensaios de campo, mostrando boas precisões para as análises estatísticas para essas características. As variáveis compostas, área basal e volume cilíndrico, apresentaram uma tendência de maior erro experimental, tanto quando comparadas entre si, como entre as idades consideradas.

COCHRAN e COX (1965) mostram que, para as análises da variância conjuntas, deve-se considerar que o modelo estabelecido seja cumprido e que os erros experimentais

das observações individuais apresentem uma distribuição normal e independente. Deve haver também homogeneidade para a variância da variação do erro (σ_e^2) e as médias da população precisam ter a mesma variância das médias das características (σ_m^2), que devem ser independentes, por sua vez, dos erros.

Os efeitos dos espaçamentos sobre o crescimento das progênies foram expressivos, com significâncias ao nível de 1% para o diâmetro e a área basal, nas duas idades consideradas. A variação entre progênies face ao espaçamento foi maior à idade de 32 meses, a julgar pelos valores de F obtidos, para essas mesmas características.

Por outro lado, para a variável altura das plantas, os valores de F para os efeitos do espaçamento apresentaram-se como sendo significativos ao nível de 1% à idade de 26 meses e como não significativo para a idade de 32 meses.

Esse fato poderá ser explicado considerando-se o comportamento das progênies, no que a crescimento em altura se refere, em cada um dos espaçamentos envolvidos, dos 26 para os 32 meses de idade. Nesse período a diferença em altura entre as progênies, crescendo nos dois espaçamentos, se viu diminuída, apresentando-se quase que o mesmo valor em ambos os espaçamentos à idade de 32 meses. Esses fatos sugerem, portanto, que a variância entre progênies foi afetada pelos espaçamentos, o que concordaria com o salientado por

MATHESON e RAYMOND (1984a).

O crescimento em volume apresentou uma situação inversa à altura, obtendo-se valores de F não significativos ao nível de 1% na de 32 meses. À idade de 26 meses, as médias para os dois espaçamentos ($0,02094 \text{ m}^3/\text{árvore}$ para o espaçamento menor, e $0,02017 \text{ m}^3/\text{árvore}$ para o de $3,0 \times 2,0\text{m}$) apresentaram valores muito próximos, ocorrendo, em consequência, o mesmo fato citado para o caso da altura, mostrando que nessa idade, 26 meses, o espaçamento não influenciou na produção volumétrica das progênies. O valor de F, obtido para a idade de 32 meses, sugere que, nessa idade, a produção volumétrica das progênies já começa a ser influenciada pelos efeitos dos espaçamentos.

Pode-se considerar que as variações entre os dois espaçamentos, para o crescimento das progênies, não foram devidas a diferenças climáticas, pelo fato de que ambos os ensaios contendo os espaçamentos testados se encontravam crescendo no mesmo local.

O mesmo pode ser comentado sobre as diferenças edáficas, ainda que nesse caso, poderiam ocorrer variações microambientais nas parcelas, afetando a expressão das progênies. Embora acredite-se que a extrema proximidade das parcelas nos dois espaçamentos testados e a existência de quatro repetições no ensaio, tenha contribuído para diminuir esse efeito à sua mínima expressão. Considerando-se, então, que essas diferenças em crescimento das progênies são devi-

das aos efeitos diferenciais da expressão genética entre progênes em função dos espaçamentos considerados.

A interação progênes x espaçamento mostrou valores de F bem pouco expressivos para todas as características e idades avaliadas, com todos os valores de F encontrados como não significativos e menores do que 1. Esse fato sugere que a variância da interação nessas idades apresentou um valor próximo de zero, ou ainda que esse valor da interação contém algum pequeno efeito não controlado na experimentação, não sendo possível o seu isolamento.

COCHRAN e COX (1965) mostram que alguns componentes das somas dos quadrados da interação podem ser maiores do que os outros, ou seja, que a variância da interação não seja constante. Esse fato acontece quando o efeito dos espaçamentos varia muito em sua ação sobre algumas das progênes, enquanto que para outras progênes esse efeito é menor ou ainda pode não acontecer.

Considerando-se a possibilidade de que a falta de expressão dos valores de F para a interação genótipo x espaçamento foi devida ao fato das progênes apresentarem interações ao nível das diferentes repetições dos ensaios e que essas interações entre repetições poderão disfarçar as interações genótipo x espaçamento existentes, foram efetuadas análises da variância em látice e em blocos ao acaso para a característica de volume cilíndrico. Os dados para os tratamentos consistiram das diferenças encontradas entre o volume no espa

çamento de 3,0 x 2,0 m, e do volume do espaçamento mais apertado, para cada uma das progênies sob estudo e para cada uma das respectivas repetições do ensaio. Para essas diferenças foi respeitado o sinal obtido. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 13 a seguir:

Tabela 13 - Resultados das análises da variância das diferenças na produção volumétrica entre as progênies nos dois espaçamentos testados.

Média geral	0,00743
Eficiência do látice	100,02%
Coefficiente de variação experim.	234,24%
F progênies látice	1,07ns
F progênies blocos ao acaso	1,07ns

ns = não significativo.

A análise da variância apresentou valores de F não significativos nos dois delineamentos utilizados, sendo que esses valores foram da mesma magnitude em ambos os delineamentos.

O coeficiente de variação experimental obtido apresentou-se como sendo excessivamente alto (234,24%), o que mostra a mudança de comportamento das diferenças entre os espaçamentos para as progênies nas diferentes repetições.

Considerando-se que s3 a partir de an3lises mais detalhados 3 que poderia-s3 detectar com maior precis3o a exist3ncia da intera3o gen3tipo x espaçamento, procedeu-se ao desdobramento das an3lises da vari3ncia conjuntas para as caracter3sticas de crescimento, envolvendo os espaçamentos testados, para a idade de 32 meses. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados do desdobramento dos efeitos das prog3nies dentro dos espaçamentos avaliados.

Caracter3sticas	Altura	Di3metro	3rea basal	Volume cil3ndrico
Prog3nies/espaçamentos (3,0 x 1,0 m)	1,62**	2,24**	1,98**	1,00ns
Prog3nies/espaçamentos (3,0 x 2,0 m)	2,40**	4,22*	4,14**	2,02**

** significativo ao n3vel de 1%; ns - n3o significativo.

Os resultados obtidos mostram que quando consideradas as prog3nies dentro dos espaçamentos, tanto o 3,0 x 1,0 m como no 3,0 x 2,0 m, os valores de F, obtidos atr3s da rela3o do seu quadrado m3dio com o erro m3dio utilizado nas an3lises da vari3ncia conjuntas, mostraram-se significativos ao n3vel de 1% em todos os casos, exceto para o volu-

me cilíndrico para progênes dentro do espaçamento 3,0 x 1,0 m onde esse valor foi não significativo.

A tendência dos valores de F assim obtidos foi apresentar sempre, para todas as características avaliadas, valores maiores para o caso das progênes dentro do espaçamento de 3,0 x 2,0 m; mostrando assim a maior expressividade das progênes dentro do espaçamento mais amplo.

Quando analisados os valores de F para as características avaliadas, percebe-se que o diâmetro e a área basal apresentaram uma maior expressão do que a altura e o volume cilíndrico. A variação entre progênes dentro do espaçamento 3,0 x 1,0 foi menor do que para o espaçamento mais amplo, se bem que a diferença entre o diâmetro e a área basal não tenha sido tão grande como para o caso de 3,0 x 2,0 m. Embora, tenham sido obtidos valores com significância ao nível de 1% para altura, diâmetro e área basal, o volume cilíndrico foi a característica que apresentou o menor valor de F e o único que foi não significativo ao espaçamento 3,0 x 1,0 m.

Considerando-se que o volume, característica composta pela altura e o diâmetro, reflete mais o efeito das progênes dentro dos espaçamentos, pode-se afirmar que as progênes reagiram diferentemente nos espaçamentos 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 2,0 m, o que caracterizaria uma interação de tipo simples.

Quando comparadas as médias ajustadas das características de crescimento das progênes, nos espaçamentos de 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m e colocadas em função da posição

relativa que ocuparam em cada um dos espaçamentos, percebeu-se o comportamento diferencial das progênes face aos dois espaçamentos.

É importante salientar que as melhores progênes, para as características estudadas, não foram as mesmas nos dois espaçamentos, porém, existindo algumas progênes que reagiram de forma similar nos dois espaçamentos, ocupando quase que a mesma posição.

Considerando-se as médias de tratamentos ajustadas, para as diferentes características estudadas, a resposta das progênes nos dois espaçamentos testados permitiu diferenciar três tipos de comportamento das progênes face ao espaçamento:

- (a) Progênes que se desenvolveram melhor no espaçamento mais apertado (3,0 x 1,0 m);
- (b) Progênes que se desenvolveram igualmente em ambos os espaçamentos, ocupando tanto as melhores quanto as piores posições, ou ainda posições intermediárias, em ambos os espaçamentos; e
- (c) Progênes que se desenvolveram melhor no espaçamento mais amplo (3,0 x 2,0 m).

Isso pode ser melhor verificado ao se observar a Figura 7, onde foram colocadas as médias dos volumes cilíndricos individuais médios de algumas das progênes estudadas

face ao espaçamento.

Nas Tabelas 15 e 16 podem ser observados os volumes apresentados pelas progênes para os dois espaçamentos estudados e as posições que ocuparam as progênes quando crescendo nos espaçamentos de 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 2,0 m, respectivamente.

Quando observada a Figura 7 pode-se verificar a existência de um maior número de progênes que se sobressaíram no espaçamento de 3,0 x 2,0 m do que no de 3,0 x 1,0 m. Esse fato pode ser explicado considerando-se que o *Eucalyptus saligna* Smith é intolerante à competição, reagindo em consequência mais favoravelmente ao maior espaço disponível. Hillis e Brown (1978) citados por BALLONI e SIMÕES (1980) e GUIMARÃES (1960 e 1965), salientaram o fato de *E. saligna* Smith é uma espécie intolerante à competição.

Esse melhor comportamento das progênes no espaçamento maior também pode ser explicado considerando o relatado por KAGEYAMA (1986), sobre a existência nas espécies florestais de uma tendência para a classificação das espécies em função a sua resposta a maior ou menor quantidade de luz, salientando que essas respostas podem ser explicadas pelas exigências diferenciais de luz das plantas no decorrer da sucessão. No caso dos eucaliptos, apresentaram-se, segundo o autor, tendências semelhantes mostrando efeitos diferenciais entre espécies face ao espaçamento, revelando que as espécies de *Eucalyptus* não são homogêneas quanto a esse aspecto.

Figura 7 - Comportamento de algumas das progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, na produção em volume cilíndrico ($m^3/\text{árvore}$), nos dois espaçamentos testados à idade de 32 meses.

Tabela 15 - Médias ajustadas e ordenadas das progênes de *Eucalyptus saligna* Smith para volume cilíndrico ($m^3/\text{árvore}$) à idade de 32 meses e para o espaçamento de 3,0 x 1,0 m, mostrando a posição relativa das progênes nos dois espaçamentos.

Posição em 3,0 x 1,0	Progenie (n°)	Posição em 3,0 x 2,0	Volume em 3,0 x 1,0	Posição em 3,0 x 1,0	Progenie (n°)	Posição em 3,0 x 2,0	Volume em 3,0 x 1,0
1	149	43	0,0783	86	117	52	0,0516
2	99	07	0,0741	87	42	53	0,0512
3	111	05	0,0704	88	63	34	0,0512
4	60	11	0,0695	89	124	150	0,0510
5	141	56	0,0691	90	77	122	0,0509
6	164	70	0,0682	91	82	137	0,0509
7	26	41	0,0677	92	17	101	0,0509
8	76	25	0,0672	93	36	1	0,0509
9	78	91	0,0671	94	56	4	0,0507
10	55	06	0,0663	95	22	42	0,0505
11	138	20	0,0660	96	122	82	0,0504
12	10	13	0,0653	97	57	62	0,0503
13	110	31	0,0648	98	40	21	0,0503
14	102	44	0,0638	99	118	143	0,0503
15	48	24	0,0634	100	46	69	0,0503
16	41	111	0,0633	101	137	25	0,0502
17	33	27	0,0633	102	86	114	0,0501
18	58	10	0,0632	103	74	135	0,0500
19	24	08	0,0625	104	64	55	0,0500
20	16	54	0,0610	105	159	77	0,0550
21	19	109	0,0609	106	1	33	0,0499
22	94	156	0,0604	107	79	59	0,0499
23	166	105	0,0591	108	93	106	0,0499
24	70	79	0,0590	109	69	99	0,0496
25	139	17	0,0587	110	126	95	0,0496
26	142	51	0,0584	111	31	50	0,0495
27	37	28	0,0584	112	29	93	0,0495
28	39	67	0,0584	113	153	155	0,0492
29	89	47	0,0583	114	90	32	0,0492
30	120	121	0,0583	115	121	134	0,0490
31	157	12	0,0583	116	27	39	0,0490
32	52	158	0,0581	117	9	94	0,0489
33	18	14	0,0580	118	152	66	0,0489
34	45	96	0,0578	119	7	104	0,0488
35	151	22	0,0577	120	38	98	0,0486
36	144	117	0,0577	121	4	37	0,0484
37	145	60	0,0576	122	61	139	0,0484
38	71	73	0,0573	123	25	102	0,0484
39	168	35	0,0572	124	14	166	0,0483
40	80	131	0,0571	125	103	108	0,0482
41	84	132	0,0571	126	112	48	0,0480
42	100	78	0,0569	127	35	86	0,0479
43	147	129	0,0567	128	134	120	0,0479
44	148	15	0,0566	129	62	29	0,0477
45	165	151	0,0565	130	135	110	0,0476
46	21	49	0,0565	131	140	145	0,0476
47	75	26	0,0564	132	32	84	0,0474
48	109	17	0,0562	133	85	160	0,0472
49	15	90	0,0562	134	83	81	0,0472
50	81	71	0,0561	135	107	19	0,0471
51	127	5	0,0561	136	146	85	0,0470
52	72	115	0,0559	137	73	161	0,0468
53	130	75	0,0559	138	91	126	0,0465
54	161	36	0,0558	139	131	100	0,0463
55	51	2	0,0557	140	23	147	0,0461
56	167	40	0,0553	141	136	138	0,0461
57	28	119	0,0549	142	158	80	0,0461
58	113	16	0,0544	143	150	136	0,0460
59	97	133	0,0543	144	87	141	0,0458
60	67	74	0,0542	145	87	148	0,0455
61	160	89	0,0542	146	92	76	0,0452
62	114	105	0,0540	147	95	157	0,0447
63	66	30	0,0539	148	155	128	0,0446
64	123	46	0,0538	149	125	112	0,0444
65	12	45	0,0537	150	8	159	0,0438
66	96	38	0,0530	151	53	92	0,0437
67	44	140	0,0533	152	20	152	0,0431
68	54	68	0,0533	153	105	61	0,0424
69	154	146	0,0529	154	13	72	0,0423
70	162	144	0,0527	155	129	83	0,0420
71	163	9	0,0526	156	49	142	0,0419
72	108	58	0,0526	157	2	149	0,0418
73	116	65	0,0526	158	65	97	0,0415
74	43	153	0,0526	159	101	167	0,0413
75	169	164	0,0524	160	106	127	0,0410
76	68	64	0,0522	161	50	130	0,0410
77	3	116	0,0520	162	59	88	0,0408
78	5	57	0,0520	163	156	169	0,0398
79	104	113	0,0520	164	6	118	0,0397
80	115	63	0,0519	165	11	163	0,0395
81	88	125	0,0519	166	133	162	0,0382
82	119	123	0,0519	167	30	168	0,0360
83	132	123	0,0518	168	47	154	0,0345
84	128	107	0,0518	169	143	165	0,0342
85	34	87	0,0517				

Tabela 16 - Médias ajustadas e ordenadas das progênes de *Eucalyptus saligna* Smith para volume cilíndrico ($m^3/\text{árvore}$) à idade de 32 meses no espaçamento de 3,0 x 2,0 m, mostrando a posição relativa das progênes nos dois espaçamentos.

Posição em 3,0 x 2,0	Progenie (n°)	Posição em 3,0 x 1,0	Volume em 3,0 x 2,0	Posição em 3,0 x 2,0	Progenie (n°)	Posição em 3,0 x 1,0	Volume em 3,0 x 2,0
1	36	93	0,0919	86	35	127	0,0591
2	51	55	0,0832	87	34	85	0,0586
3	111	03	0,0818	88	59	162	0,0590
4	56	94	0,0813	89	160	61	0,0580
5	127	51	0,0810	90	15	49	0,0575
6	55	10	0,0805	91	78	9	0,0574
7	99	02	0,0787	92	53	151	0,0574
8	24	19	0,0783	93	29	112	0,0574
9	163	71	0,0783	94	9	117	0,0573
10	58	18	0,0774	95	126	110	0,0572
11	60	04	0,0772	96	45	34	0,0569
12	157	31	0,0766	97	65	158	0,0569
13	10	12	0,0752	98	38	120	0,0567
14	18	33	0,0749	99	69	109	0,0566
15	148	44	0,0748	100	131	139	0,0566
16	113	58	0,0748	101	17	92	0,0565
17	109	48	0,0746	102	25	123	0,0565
18	139	25	0,0738	103	114	62	0,0562
19	107	135	0,0731	104	7	119	0,0562
20	138	11	0,0726	105	166	23	0,0561
21	40	98	0,0726	106	93	108	0,0561
22	15	35	0,0724	107	128	84	0,0561
23	137	101	0,0721	108	103	125	0,0566
24	48	15	0,0719	109	19	21	0,0558
25	76	08	0,0716	110	105	130	0,0557
26	75	47	0,0715	111	41	16	0,0557
27	33	17	0,0706	112	125	144	0,0551
28	37	27	0,0701	113	104	79	0,0550
29	62	129	0,0700	114	86	162	0,0550
30	66	63	0,0698	115	72	52	0,0548
31	110	13	0,0697	116	3	77	0,0544
32	90	114	0,0694	117	144	36	0,0542
33	1	105	0,0692	118	6	164	0,0541
34	63	88	0,0688	119	28	57	0,0540
35	168	39	0,0688	120	134	128	0,0539
36	161	121	0,0686	121	120	30	0,0538
37	4	66	0,0685	122	77	90	0,0537
38	96	116	0,0684	123	119	82	0,0537
39	27	56	0,0682	124	132	83	0,0535
40	167	7	0,0680	125	88	81	0,0535
41	26	95	0,0678	126	91	138	0,0534
42	22	1	0,0677	127	106	160	0,0526
43	149	14	0,0676	128	155	148	0,0525
44	102	65	0,0676	129	147	43	0,0523
45	12	64	0,0671	130	50	161	0,0520
46	123	29	0,0670	131	80	40	0,0519
47	89	126	0,0666	132	84	41	0,0516
48	112	46	0,0664	133	97	59	0,0516
49	21	111	0,0664	134	121	115	0,0515
50	31	26	0,0663	135	74	103	0,0513
51	142	86	0,0662	136	150	143	0,0510
52	117	87	0,0661	137	82	91	0,0503
53	42	20	0,0661	138	136	141	0,0504
54	16	104	0,0652	139	61	122	0,0503
55	64	5	0,0645	140	44	67	0,0500
56	141	78	0,0642	141	98	144	0,0500
57	5	72	0,0641	142	49	156	0,0490
58	108	107	0,0640	143	118	99	0,0488
59	79	37	0,0640	144	162	70	0,0488
60	145	153	0,0639	145	140	131	0,0484
61	105	97	0,0638	146	154	69	0,0483
62	115	80	0,0637	147	23	140	0,0482
63	68	73	0,0631	148	87	145	0,0477
64	116	118	0,0627	149	2	157	0,0477
65	152	29	0,0627	150	124	89	0,0475
66	39	68	0,0623	151	165	45	0,0474
67	54	109	0,0623	152	20	152	0,0473
68	46	6	0,0621	153	43	74	0,0473
69	164	50	0,0620	154	47	168	0,0470
70	81	154	0,0608	155	153	113	0,0466
71	13	38	0,0608	156	94	22	0,0465
72	71	60	0,0606	157	95	147	0,0458
73	67	53	0,0606	158	52	32	0,0457
74	130	146	0,0603	159	8	150	0,0445
75	92	105	0,0603	160	85	133	0,0444
76	159	42	0,0602	161	73	137	0,0433
77	100	24	0,0601	162	133	166	0,0422
78	70	142	0,0599	163	11	165	0,0420
79	158	134	0,0596	164	169	75	0,0407
80	83	96	0,0596	165	143	167	0,0386
81	122	155	0,0595	166	14	124	0,0386
82	129	132	0,0594	167	101	159	0,0384
83	32	136	0,0593	168	30	167	0,0375
84	146	136	0,0591	169	156	163	0,0248

Considerando-se o citado, e o comportamento das progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, como verificado na Figura 7, esse comportamento sugere que a espécie apresentou mais características de espécie pioneira, reagindo mais favoravelmente em espaçamentos mais amplos, onde disporá de maior quantidade de luz.

Quando observado o espaçamento 3,0 x 1,0 m, percebe-se que o número de progênies que sobressaíram é menor, do que no 3,0 x 2,0 m e que muitas das progênies que apresentaram boa produtividade no espaçamento apertado corresponderam a aquelas progênies que apresentaram um bom desenvolvimento em ambos os espaçamentos, e que geralmente também ocuparam uma posição semelhante no espaçamento mais amplo. Esse fato confirmaria o salientado por KAGEYAMA (1986) sobre a resposta heterogênea face ao espaçamento.

Esse comportamento diferencial das progênies face ao espaçamento, poderia ser aproveitado para a obtenção de progênies que possam ser utilizadas para fins diferentes. Assim aquelas que apresentaram o melhor comportamento em espaçamentos apertados, seriam utilizadas em programas visando a produção de lenha para energia, ou materiais finos para outros usos, enquanto que as melhores progênies no espaçamento mais amplo poderiam ser utilizadas em programas visando a obtenção de celulose, chapas de fibra, etc.

Quando analisada a Figura 7 verifica-se a presença de interações dos tipos denominados por FONSECA (1979)

como sendo interações simples e interações complexas. É importante salientar que essas interações ocorreram tanto na faixa daquelas consideradas como sendo as melhores em produção volumétrica por árvore, como em aquelas consideradas como sendo as piores produtoras, em ambos os espaçamentos.

Por exemplo, quando consideradas as progênes 36 e 149, que foram as melhores nos espaçamentos mais amplo e mais apertado, respectivamente, verificou-se uma interação complexa, se bem que, quando comparadas as produções de cada uma das progênes nos dois espaçamentos ($0,1426 \text{ m}^3/\text{árvore}$ para a progênie 36 e $0,1460 \text{ m}^3/\text{árvore}$ para a 149), percebe-se que a diferença da produção das progênes nos dois espaçamentos é mínima ($0,0034 \text{ m}^3/\text{árvore}$).

Na faixa das piores progênes, também existem interações complexas como a verificada entre as progênes 156 e 47, que ocuparam as piores posições nos espaçamentos de $3,0 \times 2,0 \text{ m}$ e de $3,0 \times 1,0 \text{ m}$, respectivamente. Nesse caso a produção de cada uma das progênes quando considerados conjuntamente os dois espaçamentos foi de $0,0643 \text{ m}^3/\text{árvore}$ para a progênie 156 e de $0,0812 \text{ m}^3/\text{árvore}$ para a 47. A diferença entre as progênes consideradas, é bem maior ($0,0169 \text{ m}^3/\text{árvore}$) do que no caso acima.

Na faixa das progênes que apresentaram valores de produção em volume perto da média da população de progênes, também foram verificadas interações complexas, por exemplo, entre as progênes 129 e 94, as que apresentaram me-

lhor comportamento no espaçamento 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 1,0 m respectivamente, nas quais apresentaram-se produções conjuntas para os dois espaçamentos de 0,1068 m³/árvore para a 94 e de 0,101 m³/árvore para a progênie 129. A diferença da produção conjunta dos dois espaçamentos para ambas as progênies foi de 0,006 m³/árvore.

Os exemplos de interações complexas são numerosos entre as 169 progênies, em todas as posições considerando a produção volumétrica, sendo que as diferenças de produção entre elas geralmente apresentam os níveis considerados acima.

Ainda que a maior parte das progênies não mostram interações, e que as diferenças entre elas são não significativas, as poucas progênies que apresentaram interações, e boa produção volumétrica em qualquer dos espaçamentos, devem ser aproveitadas na seleção dentro de um programa de melhoramento.

4.4. CORRELAÇÃO ENTRE OS ESPAÇAMENTOS PARA AS DIFERENTES CARACTERÍSTICAS

A quantificação da associação entre as médias das progênies nos dois espaçamentos testados aos 32 meses de idade e utilizando-se o "Coeficiente de Correlação de Spearman" (r_s), pode ser visualizada na Tabela 17 a seguir.

Tabela 17 - Coeficientes de correlação de Spearman entre os dois espaçamentos, ao nível de médias de parcelas, para as características altura, diâmetro, volume cilíndrico e forma das árvores, à idade de 32 meses.

Característica	Coeficiente de correlação de Spearman (r_s)
Altura	0,62**
Diâmetro (dap)	0,50**
Volume cilíndrico	0,52**
Forma do tronco ¹	0,37*

** significativo ao nível de 1%, pelo teste t.

* significativo ao nível de 5%, pelo teste t.

¹ utilizando-se só as 42 melhores progênies em produção volumétrica no espaçamento 3,0 x 2,0 m.

Os resultados obtidos mostram correlações positivas entre os dois espaçamentos apresentando valores significativos ao nível de 1% para as características de crescimento, e ao nível de 5% para forma do tronco. Essas estimativas mostram a existência de correlação, para as características estudadas de um para outro espaçamento, fato que é mais acentuado para altura, diâmetro e volume cilíndrico. No entanto, observa-se que os valores de r_s não são expressivos, mostrando uma não concordância nas posições relativas das progênies nos dois espaçamentos, o que indicaria a existência de alguma

interação de progênies por espaçamentos, advinda, segundo VENCOVSKY (1978), da falta de correlação entre o material de um ambiente para outro.

4.5. ESTIMAÇÃO DE VARIÂNCIAS GENÉTICAS E NÃO GENÉTICAS E DE COEFICIENTES DE HERDABILIDADE E DE VARIAÇÃO GENÉTICAS E NÃO GENÉTICAS PARA ALTURA, DIÂMETRO, ÁREA BASAL, VOLUME CILÍNDRICO E FORMA DO TRONCO

As estimativas das variâncias genéticas e não genéticas para as características de crescimento e para forma do tronco, obtidas a partir dos componentes de variâncias das análises individuais em látice e blocos ao acaso, envolvendo as idades consideradas e os dois espaçamentos, são apresentados na Tabela 18, para as análises individuais e na Tabela 19 para as análises conjuntas.

As estimativas das variâncias genéticas entre progênies, para todas as características estudadas apresentaram erros associados variando de 2,68% a 8,88%, o que mostra que essas estimativas foram obtidas com boas precisões.

Essas estimativas, quando considerados os dois delineamentos utilizados, variaram de 2,68% a 7,47% no delineamento em látice e de 2,96% a 8,88% no de blocos ao acaso. Os valores desses erros associados foram sempre maiores no delineamento em blocos ao acaso do que no de látice, quando com

Tabela 18 - Estimativas das variâncias genéticas e não genéticas e dos erros associados nos dois espaçamentos testados, as idades de 26 e 32 meses, para os dois delineamentos utilizados.

Espaçamento	Delineamento	Látice				Blocos ao acaso			
		3,0' x 1,0		3,0 x 2,0		3,0 x 1,0		3,0 x 2,0	
		26	32	26	32	26	32	26	32
Idade (meses)	Características	Parâmetros							
Altura (m)	σ^2_d	2,158	2,6359	1,9903	2,5493	2,158	2,6359	1,9903	2,5493
	σ^2_e	0,3753	0,3324	0,3681	0,4007	0,5037	0,4394	0,4865	0,4893
	σ^2_p	0,1425	0,1153	0,1991	0,2385	0,1399	0,1513	0,1898	0,2272
	$s(\sigma^2_p)$	0,00393	0,004165	0,00896	0,010834	0,00434	0,00448	0,00946	0,0111
	(%)	2,76	2,68	4,50	4,54	6,76	2,96	4,98	4,87
	σ^2_A	0,57	0,6212	0,7964	0,954	0,5596	0,6052	0,7592	0,9088
Diâmetro (DAP)(cm)	σ^2_d	2,5571	3,602	2,7053	3,9004	2,5571	3,602	2,7053	3,9004
	σ^2_e	0,1014	0,1040	0,1538	0,2010	0,2339	0,2691	0,2826	0,3509
	σ^2_p	0,0795	0,1071	0,1471	0,1995	0,0856	0,1160	0,1394	0,1952
	$s(\sigma^2_p)$	0,002347	0,003169	0,00744	0,01049	0,002897	0,00385	0,00804	0,011284
	(%)	2,95	2,96	5,06	5,26	3,38	3,32	5,77	5,78
	σ^2_A	0,318	0,4284	0,5884	0,798	0,3424	0,464	0,5576	0,7808
Área basal (m ² /árvore)	σ^2_d	1,978x10 ⁻⁶	4,84x10 ⁻⁶	2,924x10 ⁻⁶	5,28x10 ⁻⁶	1,978x10 ⁻⁶	4,84x10 ⁻⁶	2,924x10 ⁻⁶	5,28x10 ⁻⁶
	σ^2_e	1,96x10 ⁻⁷	1,179x10 ⁻⁷	2,254x10 ⁻⁷	4,06x10 ⁻⁷	3,443x10 ⁻⁷	3,326x10 ⁻⁷	4,129x10 ⁻⁷	6,871x10 ⁻⁷
	σ^2_p	6,86x10 ⁻⁸	1,044x10 ⁻⁷	1,32x10 ⁻⁷	2,02x10 ⁻⁷	8,01x10 ⁻⁸	1,226x10 ⁻⁷	1,24x10 ⁻⁷	1,964x10 ⁻⁷
	$s(\sigma^2_p)$	2,336x10 ⁻⁹	3,70x10 ⁻⁹	7,851x10 ⁻⁹	1,364x10 ⁻⁸	2,9872x10 ⁻⁹	4,674x10 ⁻⁹	8,814x10 ⁻⁹	1,532x10 ⁻⁸
	(%)	3,40	3,54	5,95	6,75	3,73	3,81	7,10	7,80
	σ^2_A	2,744x10 ⁻⁷	4,176x10 ⁻⁷	5,28x10 ⁻⁷	8,08x10 ⁻⁷	5,204x10 ⁻⁷	4,904x10 ⁻⁷	4,96x10 ⁻⁷	7,80x10 ⁻⁷
Volume cilíndrico (m ³ /árvore)	σ^2_d	4,287x10 ⁻⁴	7,965x10 ⁻⁴	4,722x10 ⁻⁴	9,571x10 ⁻⁴	4,287x10 ⁻⁴	7,965x10 ⁻⁴	4,722x10 ⁻⁴	9,571x10 ⁻⁴
	σ^2_e	3,76x10 ⁻⁵	5,36x10 ⁻⁵	5,96x10 ⁻⁵	1,114x10 ⁻⁴	6,559x10 ⁻⁵	9,415x10 ⁻⁵	9,361x10 ⁻⁵	1,71x10 ⁻⁴
	σ^2_p	1,28x10 ⁻⁵	2,23x10 ⁻⁵	2,05x10 ⁻⁵	3,79x10 ⁻⁵	1,502x10 ⁻⁵	2,448x10 ⁻⁵	2,05x10 ⁻⁵	3,667x10 ⁻⁵
	$s(\sigma^2_p)$	4,642x10 ⁻⁷	7,75x10 ⁻⁷	1,433x10 ⁻⁶	2,74x10 ⁻⁶	5,8762x10 ⁻⁷	9,6184x10 ⁻⁷	1,641x10 ⁻⁶	3,070x10 ⁻⁶
	(%)	3,09	3,16	6,99	7,47	3,91	3,93	8,0	8,37
	σ^2_A	5,12x10 ⁻⁵	8,92x10 ⁻⁵	8,2x10 ⁻⁵	1,516x10 ⁻⁴	6,006x10 ⁻⁵	9,792x10 ⁻⁵	8,2x10 ⁻⁵	1,47x10 ⁻⁴
Forma do tronco (notas)	σ^2_d	-	-	-	-	0,4618	-	0,4361	-
	σ^2_e	-	-	-	-	0,0650	-	0,062	-
	σ^2_p	-	-	-	-	0,01304	-	0,063	-
	$s(\sigma^2_p)$	-	-	-	-	0,00116	-	0,00258	-
	(%)	-	-	-	-	8,88	-	4,10	-
	σ^2_A	-	-	-	-	0,0522	-	0,252	-

σ^2_d é a variância dentro de parcelas; σ^2_e é a variância do erro; σ^2_p é a variância entre progênies; $s(\sigma^2_p)$ são os erros associados à variância entre progênies; (%) é a expressão em porcentagem dos erros associados em função à variância entre progênies; σ^2_A é a variância genética aditiva.

Tabela 19 - Estimativas das variâncias genéticas e não genéticas e dos erros associados, a partir das análises conjuntas envolvendo os dois espaçamentos testados, nas idades de 26 e 32 meses.

Idade	Parâmetros	Altura (m)	Diâmetro (cm)	Área basal (m ² /árvore)	Volume cilíndrico (m ³ /árvore)	Forma do tronco (notas)
26 meses	σ^2_d	2,0742	2,6312	$2,451 \times 10^{-6}$	$4,505 \times 10^{-4}$	-
	σ^2_e	0,3425	0,1617	$2,6 \times 10^{-7}$	$1,597 \times 10^{-4}$	-
	σ^2_p	0,1883	0,1181	$1,08 \times 10^{-7}$	$2,082 \times 10^{-5}$	-
	$s(\hat{\sigma}^2_p)$	0,0044	0,0025	$2,98 \times 10^{-4}$	$5,78 \times 10^{-7}$	-
	(%)	2,34	2,54	2,76	2,77	-
32 meses	σ^2_d	2,5926	3,7512	$5,06 \times 10^{-6}$	$8,77 \times 10^{-4}$	0,4490
	σ^2_e	0,3957	0,2040	$3,31 \times 10^{-7}$	$4,65 \times 10^{-4}$	0,0660
	σ^2_p	0,2240	0,1681	$1,79 \times 10^{-7}$	$3,65 \times 10^{-5}$	0,0429
	$s(\hat{\sigma}^2_p)$	0,0052	0,0065	$5,09 \times 10^{-9}$	$1,05 \times 10^{-6}$	0,0040
	(%)	2,32	5,06	2,84	2,88	9,32

σ^2_d = variância dentro de parcela; σ^2_e = variância do erro; σ^2_p = variância entre progênies; $s(\hat{\sigma}^2_p)$ = erros associados à variância entre progênies e (%) é a expressão em porcentagem dos erros associados em função à variância entre progênies.

parados a mesma característica, idade e espaçamento, sugerindo que as estimativas da variância entre progênes e, consequentemente, as herdabilidades obtidas, no caso decorrente, apresentaram melhores precisões no delineamento em látice do que no de blocos ao acaso. Esse fato poderia ser explicado considerando-se as altas eficiências dos látices realizados, que permitiram essa maior sensibilidade na determinação desses parâmetros.

Nas análises conjuntas, os erros associados à variância entre progênes apresentaram valores variando de 2,32% a 5,06%, à idade de 32 meses, e de 2,34% a 2,77%, à idade de 26 meses, mostrando uniformemente uma boa precisão para as estimativas.

As estimativas de variância devida à interação de progênes x espaçamentos apresentaram-se com valores negativos, considerando-se portanto como sendo iguais a zero, fato que foi demonstrado por Searle (1971), citado por PIRES (1984), não sendo então consideradas para estimar a variância fenotípica e a herdabilidade.

Em geral os erros associados obtidos para as progênes de *Eucalyptus saligna* Smith, foram coerentes com aqueles reportados por KAGEYAMA (1980) para as características de altura, diâmetro e volume de *E. grandis* Hill ex Maiden e por PINTO JR. (1984) para progênes de *E. urophylla* E.T. Blake.

As estimativas de variâncias genéticas aditivas foram obtidas a partir das variâncias genéticas entre progênies, sendo portanto proporcionais a estas últimas. Os erros padrões das estimativas das variâncias entre progênies, são portanto equivalentes aos das estimativas das variâncias genéticas aditivas.

As estimativas de herdabilidade obtidas para as progênies, para as três idades e os dois espaçamentos considerados, são mostradas na Tabela 20, a seguir.

É importante salientar que para se estimar os coeficientes de herdabilidade, as progênies de *Eucalyptus saligna* Smith foram consideradas como sendo de meios-irmãos, e que a ocorrência de endogamia na população de Itatinga foi negligível. Segundo coloca NAMKOONG (1966), a presença de endogamia, pela ocorrência de autofecundação ou pela restrição no tamanho efetivo da população, pode inflar as estimativas das variâncias genéticas nos testes de progênies de polinização aberta.

Os valores encontrados para as estimativas da herdabilidade no sentido restrito e ao nível de plantas individuais variaram tanto entre os espaçamentos testados como entre as características consideradas, quando comparadas as diferentes idades nos dois delineamentos utilizados.

Na Figura 8 pode ser melhor visualizada a evolução dos coeficientes de herdabilidade para os dois espaçamentos e as três idades avaliadas, para cada um dos delineamentos.

Tabela 20 - Coeficientes de herdabilidade e coeficientes de variação genética e não genética sentido restrito e ao nível de plantas individuais para as características estudadas envolvendo os dois espaçamentos testados e as idades avaliadas.

Linhas: mentos	Espaçamento	Idades (meses)	Látice						Blocos ao acaso					
			3,0 x 1,0			3,0 x 2,0			3,0 x 1,0			3,0 x 2,0		
			15	26	32	26	32	15	26	32	26	32	26	32
Características			Parâmetros											
Altura (m)	h ^a	0,26	0,21	0,20	0,31	0,30	0,24	0,20	0,19	0,29	0,28	0,29	0,28	
	CV ^g	3,78	3,71	3,68	4,56	4,64	3,70	3,67	3,63	4,45	4,53	4,45	4,53	
	CV ^e	14,71	16,07	16,50	16,35	16,96	15,05	16,44	16,77	16,70	17,16	16,77	17,16	
	CV ^d	12,97	14,43	15,16	14,43	15,16	12,97	14,43	15,16	14,43	15,16	14,43	15,16	
	CV ^e	5,81	6,02	5,38	6,20	6,01	6,69	6,97	6,19	7,13	6,64	7,13	6,64	
	CV ^{exp}	6,53	7,77	7,47	8,97	9,11	6,53	7,77	7,47	8,97	9,11	7,47	8,97	
Diâmetro (cm)	h ^a	0,14	0,12	0,11	0,20	0,19	0,13	0,12	0,12	0,18	0,18	0,12	0,18	
	CV ^g	4,34	4,21	4,45	5,46	5,63	4,32	4,37	4,63	5,31	5,56	4,63	5,31	
	CV ^e	23,42	24,73	26,53	24,66	26,12	24,05	25,35	27,13	25,16	26,56	27,13	25,16	
	CV ^d	22,10	23,90	25,79	23,40	24,87	22,10	23,90	25,79	23,40	24,87	25,79	23,40	
	CV ^e	6,41	4,76	4,38	5,58	5,65	8,45	7,23	7,05	7,56	7,46	7,05	7,56	
	CV ^{exp}	8,16	9,42	9,82	11,90	12,57	8,16	9,42	9,82	11,90	12,57	9,82	11,90	
Área basal (m ² /árvore)	h ^a	-	0,12	0,08	0,16	0,14	-	0,13	0,09	0,14	0,13	0,09	0,14	
	CV ^g	-	7,01	7,06	8,79	8,47	-	7,58	7,65	8,52	8,35	7,65	8,52	
	CV ^e	-	47,08	49,15	43,82	45,72	-	41,49	50,27	45,00	46,78	50,27	45,00	
	CV ^d	-	37,64	48,06	41,36	43,30	-	37,64	48,06	41,36	43,30	48,06	41,36	
	CV ^e	-	11,85	7,50	11,48	12,01	-	15,71	12,60	15,54	15,62	12,60	15,54	
	CV ^{exp}	-	17,44	18,00	21,85	22,95	-	17,44	18,00	21,85	22,95	18,00	21,85	
Volume cilíndrico (m ³ /árvore)	h ^a	0,15	0,11	0,10	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,14	0,13	0,11	0,14	
	CV ^g	9,33	8,81	9,01	10,48	10,29	9,19	9,53	9,44	10,48	10,12	9,44	10,48	
	CV ^e	48,17	53,87	56,38	54,39	55,60	50,12	55,54	57,74	56,32	57,05	57,74	56,32	
	CV ^d	44,98	50,96	53,87	50,29	51,72	44,98	50,96	53,87	50,29	51,72	53,87	50,29	
	CV ^e	14,49	15,10	15,97	17,87	17,64	20,11	19,95	18,52	23,10	21,86	18,52	23,10	
	CV ^{exp}	17,77	22,87	23,09	28,41	29,28	17,77	22,97	23,09	28,41	29,28	23,09	28,41	
Forma do tronco (notas)	h ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CV ^g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CV ^e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CV ^d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CV ^e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	CV ^{exp}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

h^a é o coeficiente de herdabilidade sentido restrito ao nível de plantas individuais; CV^g é o coeficiente de variação da variância entre progenies; CV^e é o coeficiente de variação da variância fenotípica; CV^d é o coeficiente de variação da variância dentro de parcelas; CV^e é o coeficiente de variação da variância do erro e CV^{exp} é o coeficiente de variação experimental.

Figura 8 - Evolução dos coeficientes de herdabilidade (h^2) em função da idade e dos espaçamentos para as análises individuais em blocos ao acaso (A) e em lâtiçe (B).

mentos utilizados.

A herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas individuais apresentou uma tendência de decrescer com a idade, com uma queda maior dos 15 para os 26 meses de idade, e uma queda menos acentuada dos 26 para os 32 meses de idade. Os coeficientes de herdabilidade para as características de crescimento mostraram uma mesma tendência nos dois espaçamentos testados e nos dois delineamentos utilizados.

O decréscimo do coeficiente de herdabilidade com o aumento da idade poderia ser explicado, segundo KAGEYAMA (1983), tanto pela diminuição da quantidade de variação genética como do aumento da variação fenotípica. Por sua vez FRANKLIN (1979) explica o decréscimo do coeficiente de herdabilidade com a idade, como sendo devido aos efeitos da competição entre plantas, indicando que conforme a competição entre as plantas aumenta, o coeficiente de herdabilidade diminui, se bem que esse valor pode crescer novamente à medida que as árvores atingem a maturidade. Esse padrão de variação da herdabilidade, continua FRANKLIN, principalmente nas características de crescimento, também é função da presença ou não de diferentes genes controlando o crescimento das árvores independentemente do ambiente em que essas árvores se desenvolvem.

KAGEYAMA (1983), citando Kremer (1981), relata que o coeficiente de herdabilidade para altura em *Pinus pinaster* aumentou-se com a idade até os 12 anos, decorrente de uma

estabilidade para a variância entre famílias e uma diminuição da variância do erro e, em decorrência, também uma diminuição da variância fenotípica.

A diminuição dos valores dos coeficientes de herdabilidade com a idade, foi generalizada para todas as características nos dois espaçamentos testados e nos dois delineamentos utilizados, exceto para o diâmetro, característica onde o coeficiente de herdabilidade se estabilizou dos 26 para os 32 meses de idade, em ambos os espaçamentos no delineamento em blocos ao acaso.

Os resultados obtidos para os coeficientes de herdabilidade e a tendência de diminuição com a idade são coerentes com aqueles obtidos por KAGEYAMA (1983) para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, por ELDRIDGE (1972) para o *E. regnans* F. Muell e por VAN WIK (1976) para o *E. grandis* Hill ex Maiden.

Quando considerado o espaçamento maior, verificou-se uma tendência de maiores valores de herdabilidade para o delineamento em látice do que no de blocos ao acaso. Para as características de diâmetro, área basal e volume cilíndrico, no espaçamento menor, não foi verificada nenhuma tendência. Por outro lado, a altura das plantas apresentou maiores valores de herdabilidade no delineamento em látice e no espaçamento mais amplo do que no de blocos ao acaso e espaçamento 3,0 x 1,0 m.

O coeficiente de herdabilidade no sentido res-

trito ao nível de plantas para diâmetro, área basal e volume cilíndrico apresentaram-se como sendo sempre maiores no espaçamento mais amplo do que no mais apertado, em ambos os delineamentos utilizados. A evolução dos coeficientes mostra que a queda já citada para todas as características de crescimento com o decorrer da idade, foi mais acentuada para a área basal no espaçamento 3,0 x 1,0 m do que no 3,0 x 2,0 m, em ambos os delineamentos, o que pode ser explicado considerando que a idade de 32 meses e no espaçamento mais apertado, a competição entre as plantas é bem grande o qual pode influir, como salientado por KAGEYAMA (1983) na diminuição da variação genética ou ao incremento da variação fenotípica, afetando-se em consequência o valor expresso do coeficiente de herdabilidade.

Os valores dos coeficientes de herdabilidade para o volume cilíndrico foram muito semelhantes nas idades de 26 e 32 meses, para ambos os espaçamentos testados, e quando considerados os dois delineamentos utilizados.

Para altura das plantas, as estimativas de herdabilidade no sentido restrito, ao nível de plantas, apresentaram uma tendência de diminuir com o aumento da idade, sendo que esses valores foram sempre maiores no espaçamento 3,0 x 2,0 m e no delineamento em látice. Quando comparados os dois espaçamentos percebe-se que a queda dos valores de herdabilidade são quase que na mesma proporção em ambos os casos. Esses resultados são coerentes com aqueles obtidos por outros autores como KAGEYAMA (1983) para *Eucalyptus grandis* Hill ex

Maiden, PINTO JR. (1984) para *E. urophylla* E.T. Blake, entre outros.

Para forma do tronco das árvores a idade de 32 meses, o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito para médias de parcelas por plantas, apresentou um incremento considerável do espaçamento menor (3,0 x 1,0 m) para o maior (3,0 x 2,0 m) com valores de 0,10 e 0,45, respectivamente.

É importante se considerar que as progênies foram selecionadas dentro do espaçamento 3,0 x 2,0 m e considerando-se as 42 melhores quanto à produção em volume nesse espaçamento. Portanto, as progênies assim selecionadas poderiam ser consideradas como progênies que se desenvolveram melhor no espaçamento mais amplo.

Esse fato sugere que as diferenças entre os coeficientes de herdabilidade face aos dois espaçamentos, e a presença de maior variabilidade genética entre progênies no espaçamento maior, sejam devidas a uma resposta diferencial das progênies ao espaçamento, verificando-se a influência, no crescimento e forma das árvores, do espaçamento e, consequentemente, da luz.

O coeficiente de herdabilidade para forma do tronco no espaçamento 3,0 x 2,0 m mostra claramente que a forma das árvores das progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, esteve sob maior controle genético que no espaçamento mais apertado. Por outro lado, a baixa variabilidade genética das progênies no espaçamento menor e o consequente menor coeficiente

de herdabilidade, demonstram que quando sob forte competição, as progênes da espécie mostram maior efeito do ambiente do que genético.

É importante salientar que, sendo o *E. saligna* Smith uma espécie exigente quanto a competição, o espaçamento mais apertado poderia estar disfarçando a expressão da variação para forma do tronco das árvores. Isso é reforçado observando-se o maior erro associado à variância entre progênes que ocorreu no espaçamento menor.

Considerando que a forma do tronco é citado como sendo de forte controle genético, e associando-se ao discutido anteriormente, devemos considerar que a herdabilidade real para a característica é provavelmente a apresentada pelo espaçamento maior, ou mais próxima desta.

As estimativas das herdabilidades para as características foram obtidas para cada espaçamento e idade, sem se separar a variância da interação de progênes x espaçamentos daquela devida a progênes, sendo, portanto, válidas somente para as condições da localidade onde as mesmas foram determinadas, conforme o colocado por ROBINSON e COCKERHAM (1965).

KAGEYAMA (1983) colocou o fato de que a alta variabilidade genética na idade juvenil seria importante para que as árvores mantivessem a posição competitiva da copa no dossel superior do povoamento, fenômeno que nas florestas temperadas acontece na idade entre 10 a 20 anos. Essa fase coincidiria com o início da preparação das árvores para a reprodu

ção da espécie, mantendo nessa fase um ritmo de crescimento menor mas suficiente para a sua sobrevivência, resultando num declínio da variação genética entre progênes ou ainda podendo-se apresentar como uma fase de estabilidade. O autor levanta a hipótese de que para o *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden a fase até 1 ano seria comparável à fase de 15 anos quando as espécies temperadas iniciam a sua reprodução. Nesse caso continua KAGEYAMA, a fase de aumento da variância genética aditiva com a idade poderia ter ocorrido antes da idade de 1 ano.

KAGEYAMA (1983) relata que a análise da evolução dos diferentes tipos de coeficientes de variação com o decorrer da idade permite discutir mais fundamentalmente o decréscimo da herdabilidade. O autor verificou, para o *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, que o decréscimo do coeficiente de herdabilidade poderia ser explicado pelo decréscimo mostrado pelo coeficiente de variação genética com a idade, apresentando a mesma tendência que a revelada para o coeficiente de herdabilidade. O autor salienta, ainda, que o coeficiente de variação da variância do erro, igualmente ao de variação genética, mostrou também um decréscimo com o decorrer da idade. Essa tendência similar verificada para todos os coeficientes de variação refletiu-se numa diminuição abrupta do coeficiente de variação fenotípica de 1 para 2 anos de idade, estabilizando-se esse parâmetro dos 2 para os 5 anos de idade.

O coeficiente de variação genética, que expressa em porcentagem da média geral a quantidade de variação ge-

nética existente entre as progênies (CV_g), para as características de altura, diâmetro, área basal, volume cilíndrico nos dois espaçamentos, e nas três idades estudadas, são fornecidos na Figura 9, envolvendo os delineamentos em blocos ao acaso em látice.

Quando se atenta para o coeficiente de variação genética (CV_g), verifica-se que esse parâmetro manteve a mesma tendência para todas as características de crescimento tanto entre as idades avaliadas como entre os dois espaçamentos considerados.

A evolução dos coeficientes de variação da variância do erro para as características de crescimento estudadas, envolvendo os dois espaçamentos e as três idades consideradas pode ser observada na Figura 10 para cada um dos delineamentos utilizados.

Para as características de altura, diâmetro e volume cilíndrico, o coeficiente de variação da variância do erro, apresentou-se muito estável, considerando-se a idade e ambos os delineamentos utilizados.

Quando considerada a área basal no espaçamento menor, o coeficiente de variação da variância do erro apresentou a tendência de se diminuir nos dois delineamentos utilizados. Para o espaçamento maior apresentou-se a tendência inversa de se incrementar ligeiramente o valor do coeficiente de variação da variância do erro com a idade.

O coeficiente de variação da variância dentro

Figura 9 - Evolução dos coeficientes de variação da variância genética (CV_g) em função da idade e dos espaçamentos avaliados, para as características de altura, diâmetro (DAP), área basal e volume cilíndrico, para os delineamentos em blocos ao acaso (A) e lâtiçe (B).

Figura 10 - Evolução do coeficiente de variação para a variância do erro (CV_e) em função dos espaçamentos testados nas três idades avaliadas, considerando os delineamentos em blocos ao acaso (A) e em lâtiçe (B).

de parcelas apresentou uma tendência generalizada de aumentar com a idade, tanto nos dois espaçamentos testados quanto nos dois delineamentos utilizados. Isso pode ser melhor observado na Figura 11.

Esse incremento dos coeficientes de variação da variância dentro de parcelas somada as outras variâncias do erro e genética entre progênies incrementou a variância fenotípica que por sua vez influenciou nos valores decrescentes da herdabilidade em função da idade.

O incremento abrupto do coeficiente de variação dentro para a área basal, no espaçamento 3,0 x 1,0 m, entre as idades de 26 e 32 meses, refletiu-se proporcionalmente na diminuição da herdabilidade dessa característica de 0,122 para 0,082 nesse período.

Esses fatos poderiam ser explicados, considerando a resposta de *Eucalyptus saligna* Smith à competição entre as plantas, e ao fato apontado por FRANKLIN (1979) de que, conforme a competição entre as plantas aumenta, o coeficiente de herdabilidade diminui, o que seria explicado pelo maior aumento da variância dentro de parcelas em ambos os espaçamentos, sendo mais flagrante no 3,0 x 1,0 m.

Para os delineamentos em blocos ao acaso e em látice, os coeficientes de variação dentro de parcelas são os mesmos, já que esses coeficientes são obtidos a partir da variância dentro de parcelas, parâmetro que é comum para ambos os delineamentos.

Figura 11 - Evolução do coeficiente de variação da variância dentro de parcelas (CV_d) em função da idade e aos espaçamentos para as características de crescimento estudadas.

O coeficiente de variação da variância fenotípica, para as características de crescimento estudadas, aumentou com a idade em ambos os espaçamentos, fato que foi verificado nos dois delineamentos utilizados. Quando comparados os valores obtidos nos dois delineamentos percebeu-se que foram sempre maiores no delineamento em blocos ao acaso do que o latice, quando comparadas as mesmas características e idades. Na Figura 12 pode ser melhor visualizado esse comportamento.

Esse comportamento dos coeficientes de variação da variância fenotípica, podem ser explicados considerando-se o comportamento dos coeficientes de variação da variância dentro de parcelas que foram muito semelhante daqueles apresentados pelos coeficientes de variação de variância fenotípica e que se incrementaram da mesma forma com a idade.

É importante ressaltar que o maior coeficiente de variação dentro, que influiu notadamente no comportamento da herdabilidade das progênies, pode ter sido originado pela competição dentro das parcelas, o qual foi maior no espaçamento 3,0 x 1,0 m, deturpando mais notadamente a expressão da herdabilidade nesse espaçamento.

Para o caso da forma do tronco das árvores, os coeficientes de variação da variância dentro de parcelas, da variância do erro e da variância fenotípica apresentaram-se semelhantes nos dois espaçamentos, enquanto que o coeficiente de variação para a variância entre progênies apresentou uma diferença flagrante entre os dois espaçamentos considerados, sen-

Figura 12 - Evolução dos coeficientes de variação da variância fenotípica (CV_f) envolvendo os dois espaçamentos testados e as três idades avaliadas para as características de crescimento, nos delineamentos em blocos ao acaso (A) e em látice (B).

do maior no 3,0 x 2,0 m. Esse comportamento reflete a diferença existente para os valores da variância entre progênies e consequentemente para a variância genética aditiva apresentada em ambos os espaçamentos.

Na Tabela 21, podem ser observadas as estimativas dos coeficientes de herdabilidade e de variação genética e não genética para as características de altura, diâmetro (DAP), área basal e volume cilíndrico, nas idades de 26 e 32 meses, obtidos nas análises da variância conjuntas.

Para as análises conjuntas envolvendo os dois espaçamentos para cada uma das idades de 26 e 32 meses, os coeficientes de herdabilidade apresentaram-se como intermediários entre aqueles obtidos para cada uma das características nas análises individuais para os dois espaçamentos na idade considerada, exceto para o volume cilíndrico e área basal nas idades de 32 e 26 meses, respectivamente.

Para altura de plantas, à idade de 26 meses, obteve-se na análise conjunta um valor para a herdabilidade de 0,28, enquanto que nas análises individuais a essa mesma idade, para os espaçamentos 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 2,0 m, os valores para a herdabilidade foram de 0,21 e 0,31, respectivamente. É importante salientar que os coeficientes de herdabilidade foram sempre mais próximos daqueles obtidos nas análises individuais para o espaçamento mais amplo.

Para o volume à idade de 32 meses e área basal à idade de 26 meses, os valores da herdabilidade foram i-

Tabela 21 - Estimativas de coeficientes de herdabilidade e de coeficientes de variação genética e não genética para as características estudadas, obtidas nas análises conjuntas para espaçamentos nas idades de 26 e 32 meses.

Característica	Parâmetros	Idades	
		26 meses	32 meses
Altura (m)	h^2	0,28	0,28
	CV_g	4,35	4,46
	CV_d	14,43	15,16
	CV_e	6,28	5,92
	CV_f	16,33	16,88
	CV_{exp}	14,88	15,10
	Média	9,98	10,62
Diâmetro (cm)	h^2	0,16	0,16
	CV_g	5,01	5,36
	CV_d	23,65	25,32
	CV_e	5,86	5,90
	CV_f	24,87	26,54
	CV_{exp}	17,81	18,97
	Média	6,86	7,65
Área basal ($m^3/\text{árvore}$)	h^2	0,16	0,13
	CV_g	8,34	8,57
	CV_d	39,74	45,54
	CV_e	12,94	11,64
	CV_f	42,61	47,78
	CV_{exp}	30,93	32,10
	Média	0,00394	0,00494
Volume ($m^3/\text{árvore}$)	h^2	0,13	0,14
	CV_g	10,89	10,76
	CV_d	50,65	52,78
	CV_e	17,67	17,51
	CV_f	54,74	56,64
	CV_{exp}	40,47	40,58
	Média	0,0419	0,0561
Forma do tronco (notas)	h^2	-	0,31
	CV_g	-	5,77
	CV_d	-	18,66
	CV_e	-	7,19
	CV_f	-	20,89
	CV_{exp}	-	10,22
	Média	-	3,59

h^2 = coeficiente de herdabilidade sentido restrito; CV_g = coeficiente de variação genética; CV_d = coeficiente de variação dentro de parcelas; CV_e = coeficiente de variação da variância do erro; CV_f = coeficiente de variação fenotípica; CV_{exp} = coeficiente de variação experimental.

guais do que os correspondentes valores nas análises individuais para a mesma idade.

Os coeficientes de herdabilidade praticamente não se alteraram da idade de 26 para a de 32 meses, não mostrando nenhuma tendência clara. A pequena diferença entre as idades, provavelmente, não permitiu essa detecção.

Na Figura 13 pode ser melhor observada a evolução desses coeficientes de herdabilidade envolvendo os espaçamentos testados e em função da idade.

A pequena queda no valor da herdabilidade com a idade apresentada pela característica área basal pode ser explicada pelo comportamento, nesse período, do coeficiente de variação da variância dentro de parcelas, o qual apresentou um incremento considerável dos 26 para os 32 meses de idade. Esse comportamento refletiu, em consequência, no incremento da variância dentro de parcelas e, na mesma proporção, no incremento da variância fenotípica.

Os coeficientes de variação estimados a partir das análises conjuntas, quando comparados com os respectivos coeficientes obtidos a partir das análises da variância individuais, mostraram uma tendência de acompanhar a evolução daqueles coeficientes de variação ao espaçamento 3,0 x 2,0 m. Esse comportamento foi verificado para todos os coeficientes de variação estimados, para as características de crescimento, exceto área basal. Para esta característica os coeficientes de variação genética e da variância do erro apresentaram um

Figura 13 - Evolução dos coeficientes de herdabilidade nas análises da variância conjuntas, envolvendo os dois espaçamentos testados, nas idades de 26 e 32 meses.

comportamento na análise conjunta inverso do apresentado pelas análises individuais, aumentando e diminuindo com a idade, respectivamente.

Na Figura 14, pode-se observar a evolução dos coeficientes de variação genéticas e não genéticas, estimadas a partir das análises da variância conjuntas, para as duas idades consideradas.

Para a forma do tronco das árvores, característica avaliada aos 32 meses de idade, os coeficientes de variação genéticas e não genéticas apresentaram-se muito semelhantes aos obtidos na análise da variância individual do espaçamento 3,0 x 2,0 m, refletindo assim a maior influência do espaçamento mais amplo no desenvolvimento das progênies, quanto a forma do tronco.

A herdabilidade ao nível de plantas, obtida a partir da análise conjunta envolvendo os dois espaçamentos, variou com as características consideradas, apresentando maiores valores para a altura, vindo a seguir o diâmetro, a área basal e o volume. Para as idades de 26 e 32 meses, os coeficientes de herdabilidade para a área basal e o volume cilíndrico tiveram uma inversão quanto a seu valor relativo.

O fato de terem sido verificados praticamente os mesmos valores de herdabilidade para altura, diâmetro e volume cilíndrico nas análises da variância conjuntas, nas idades de 26 e 32 meses, mostra que a seleção das progênies para essas características pode ser feita indistintamente em qual-

Figura 14 - Evolução dos coeficientes de variação genética e não genética nas análises da variância conjuntas, envolvendo os dois espaçamentos testados, entre as idades de 26 e 32 meses.

quer uma das duas idades consideradas.

A herdabilidade para forma do tronco das árvores à idade de 32 meses, apresentou-se intermediária entre aqueles valores obtidos para os espaçamentos nas análises individuais e, apresentando, à semelhança das características de crescimento, um valor mais próximo do valor obtido para o espaçamento 3,0 x 2,0 m, mostrando, a maior influência desse espaçamento sobre a característica avaliada.

4.6. RELAÇÕES ENTRE COEFICIENTES DE VARIAÇÃO GENÉTICA E EXPERIMENTAL, E ENTRE AS VARIÂNCIAS DENTRO E ENTRE PROGENIES, E ENTRE AS VARIÂNCIAS DENTRO E AMBIENTAL

A relação entre o coeficiente de variação genética e experimental é, segundo VENCOVSKY (1978), um importante indicador das possibilidades de sucesso na obtenção de ganhos genéticos através da seleção, mostrando que a situação é favorável para a obtenção de ganhos, em milho, quando os valores dessa relação tendem a se aproximar de 1,0 ou mais. Muitos autores (KAGEYAMA, 1980; PIRES, 1984; PINTO JR., 1984), têm utilizado essa relação em espécies florestais para identificar a condição mais favorável para a seleção dentro dos ensaios.

Considerando-se os valores encontrados, e que podem ser observados na Tabela 22, a condição mais favorável

para a seleção dentro do ensaio seria para altura de plantas seguida pelo volume cilíndrico, considerando-se a idade de 15 meses e o espaçamento 3,0 x 1,0 m, tanto em látice como em blocos ao acaso. Essa afirmativa pode ser confirmada considerando-se os respectivos valores do erro experimental que foram menores nesses casos, assim como os coeficientes de herdabilidade obtidos.

Considerando-se que a relação entre as variâncias se apresenta como um parâmetro indicador da estrutura genética das populações, segundo Crow e Kimura, 1970; Allard, 1971; Lindgreen, 1976 e Falconer, 1981, todos eles citados por PIRES (1984), tendo em vista a influência dos níveis de cruzamentos sobre as variâncias genéticas entre e dentro de famílias e, conseqüentemente, sobre a variância fenotípica total.

FONSECA (1982) sugeriu a relação entre a variância dentro de progênies e a variância genética entre progênies, para altura das plantas como um indicador do sistema reprodutivo, argumentando que nas plantas alógamas essa relação tenderia sempre para valores maiores do que dez, desde que a população não apresenta restrições na sua base genética.

Por sua vez, PIRES (1984) salienta que a relação entre a variância dentro e a variância ambiental entre parcelas (σ^2_d/σ^2_e), para as características de crescimento, parece proporcionar informação relativamente segura sobre o sistema reprodutivo e a base genética da população em todas as circunstâncias. Isso se deve, continua o autor, porque tal rela-

Tabela 22 - Relações entre coeficientes de variação genética e ambiental (CV_g/CV_{exp}); relações entre a variância dentro e variância genética entre progênies (σ^2_d/σ^2_p), e relações entre variância dentro e variância ambiental (σ^2_d/σ^2_e) para as características estudadas, referentes às análises da variância individual em látex e blocos ao acaso para as diversas idades e espaçamentos.

De limenento	Látice						Blocos ao acaso					
	3,0 x 1,0			3,0 x 2,0			3,0 x 1,0			3,0 x 2,0		
	15	26	32	26	32	15	26	32	26	32	26	32
Espacamento												
Idade (meses)												
Características	Relações											
Altura	CV _g /CV _{exp}	0,58	0,48	0,49	0,51	0,51	0,57	0,47	0,49	0,50	0,50	0,50
	σ ² d/σ ² p	11,80	15,14	16,97	10,0	10,69	12,31	15,42	17,42	10,49	11,22	11,22
	σ ² d/σ ² e	4,98	5,75	7,93	5,41	6,36	3,76	4,28	6,0	4,09	5,21	5,21
Diâmetro (cm)	CV _g /CV _{exp}	0,53	0,45	0,45	0,46	0,45	0,51	0,46	0,47	0,45	0,44	0,44
	σ ² d/σ ² p	25,88	32,16	33,63	18,39	19,55	26,18	29,87	31,05	19,41	19,98	19,98
	σ ² d/σ ² e	6,76	25,22	34,63	17,59	19,40	6,85	10,93	13,38	9,57	11,12	11,12
Área basal	CV _g /CV _{exp}	-	0,40	0,39	0,40	0,37	-	0,43	0,43	0,39	0,36	0,36
	σ ² d/σ ² p	-	28,83	46,36	22,15	26,14	-	24,69	39,49	23,58	26,88	26,88
	σ ² d/σ ² e	-	10,09	41,05	12,97	13,00	-	5,74	14,56	7,08	7,68	7,68
Volume cilíndrico	CV _g /CV _{exp}	0,53	0,38	0,39	0,36	0,35	0,52	0,41	0,41	0,36	0,35	0,35
	σ ² d/σ ² p	23,25	33,49	35,72	23,03	25,25	23,95	28,58	32,54	23,03	26,10	26,10
	σ ² d/σ ² e	9,64	11,40	14,86	7,92	8,59	5,00	6,54	8,46	4,74	5,60	5,60
Forma do tronco	CV _g /CV _{exp}	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	0,65	0,65
	σ ² d/σ ² p	-	-	-	-	-	-	-	35,41	-	6,9	6,9
	σ ² d/σ ² e	-	-	-	-	-	-	-	7,10	-	7,0	7,0

ção é formada por um componente genético ($\sigma^2 dg / \sigma^2 e$) que é função do sistema de cruzamento e um componente ambiental entre plantas ($\sigma^2 de / \sigma^2 e$), que guarda uma proporção com a variância ambiental entre parcelas ($\sigma^2 d / \sigma^2 e = (\sigma^2 dq + \sigma^2 de) / \sigma^2 e$). Finalmente PIRES ressalta que para espaçamentos quadrados, em espécies alógamas de base genética restrita, como também em espécies autógamas, a relação deverá ser $\sigma^2 d / \sigma^2 e = \sigma^2 de / \sigma^2 e$ apresentando valores iguais ou próximos de um, enquanto em espécies alógamas de base genética adequada a relação $\sigma^2 d / \sigma^2 e$ deverá apresentar valores mais elevados, devido a presença da variância genética dentro ($\sigma^2 dg$).

As relações entre as variâncias dentro e entre progênies ($\sigma^2 d / \sigma^2 p$) apresentaram valores variáveis entre os espaçamentos face a idade sendo todos eles superiores a 10, ou seja que os dados obtidos apresentam a mesma tendência daqueles observados para plantas alógamas.

É importante salientar o fato de que, no decorrente estudo, as relações entre a variância dentro e a variância entre progênies apresentaram valores para as características de área basal e volume cilíndrico, sempre maiores do que 20, e para o diâmetro valores acima de 20 no espaçamento 3,0 x 1,0 m em ambos os delineamentos, e valores menores a 20, embora, muito próximos a esse valor, para essa característica no espaçamento 3,0 x 2,0, ocorrendo também em ambos os delineamentos.

Os resultados das relações entre coeficientes de

variação e variâncias dentro e genética e dentro e ambiental, obtidos a partir das análises da variância individuais para as características estudadas podem ser observados na Tabela 22.

As relações entre a variância dentro e variância ambiental (σ^2_d/σ^2_e) apresentaram valores variando de 4,09 para altura de plantas no espaçamento 3,0 x 1,0 m, em blocos ao acaso, a 41,05 para área basal no mesmo espaçamento, e no delineamento em látice.

Os valores obtidos para as relações entre a variância dentro de progênies e entre progênies, e dentro de progênies e ambiental, confirmam que o *Eucalyptus saligna* Smith de Itatinga apresenta características próprias de alogamia.

4.7. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO GENÉTICA E FENOTÍPICA ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DE ALTURA, DIÂMETRO E VOLUME CILÍNDRICO PARA OS DOIS ESPAÇAMENTOS TESTADOS, NAS IDADES DE 26 E 32 MESES

As correlações genéticas aditivas (r_A) ao nível de plantas e as correlações fenotípicas (r_F) ao nível de médias de famílias entre as características altura de plantas, diâmetro (DAP) e volume cilíndrico, estimadas para os dois espaçamentos testados, são mostradas na Tabela 23.

Tabela 23 - Estimativas de correlações genéticas aditivas ao nível de plantas e fenotípicas ao nível de médias de famílias, entre altura, diâmetro e volume cilíndrico para os dois espaçamentos, para as idades de 26 e 32 meses, nos delineamentos em blocos ao acaso e látice.

Delimitamentos	Blocos ao acaso				Látice	
	26 meses		32 meses		26 meses	
Idades	3,0x1,0	3,0x2,0	3,0x1,0	3,0x2,0	3,0x1,0	3,0x2,0
Espaçamentos						
Características	Coeficientes					
Altura x Diâmetro	r_A	0,89**	0,99**	0,87**	0,92**	0,88**
	r_F	0,91**	0,91**	0,89**	0,91**	0,89**
Altura x Volume	r_A	0,94**	0,99**	0,83**	1,01**	0,90**
	r_F	0,90**	0,91**	0,86**	0,91**	0,87**
Diâmetro x Volume	r_A	0,95**	0,97**	0,86**	0,93**	0,93**
	r_F	0,96**	0,96**	0,93**	0,94**	0,95**

r_A = coeficiente de correlação genética aditiva ao nível de plantas; r_F = coeficiente de correlação fenotípica ao nível de médias de famílias;

** significativo ao nível de 1%.

As estimativas obtidas de correlações genéticas aditivas ao nível de plantas individuais apresentaram valores altos de correlação, mostrando em geral o reflexo de uma característica sobre a outra quando se pratica a seleção para uma delas. Essas correlações altas e positivas são coerentes com os resultados obtidos por grande número de autores em diferentes espécies florestais, destacando-se os trabalhos desenvolvidos por VAN WYK (1976), KAGEYAMA (1980), KAGEYAMA (1983), PINTO JR. (1984), entre outros.

As estimativas de correlações fenotípicas ao nível de médias de famílias mostraram a mesma tendência que as correlações genéticas aditivas e valores muito semelhantes em ambos os delineamentos, mostrando, pouca interferência ambiental na mudança dos dois tipos de correlações estudados.

As estimativas de correlações genéticas e fenotípicas não só diferiram substancialmente entre si, como apresentaram uma tendência semelhante para os espaçamentos e, ainda para os dois delineamentos utilizados.

A altura de plantas mostrou altas correlações genéticas aditivas e fenotípicas com o diâmetro e volume. Esse fato é da maior importância para definir uma estratégia de seleção, já que as características de altura e diâmetro, como salientado por KAGEYAMA (1980), são mais fáceis de se medir e a sua mensuração pode ser feita com maior precisão.

Considerando-se que a área basal é função direta do diâmetro, e que conseqüentemente as correlações dessas

características seriam muito semelhantes, optou-se por fazer correlações, tanto genéticas como fenotípicas somente para o diâmetro.

O volume cilíndrico, característica que é composta da altura e diâmetro e é grandemente influenciada pela sobrevivência, mostrou-se altamente correlacionado com a altura e o diâmetro.

Segundo KAGEYAMA (1980), quando atribuído maior peso na seleção a características altamente correlacionadas, a seleção de uma resultará em avanços significativos, também, na outra característica. Portanto, o conhecimento do grau de associação entre características, do ponto de vista genético, se constitui numa excelente ferramenta para o planejamento das estratégias a serem utilizadas num programa de melhoramento.

FALCONER (1983) salientou o fato de que a existência de alta correlação fenotípica entre características de baixa herdabilidade reflete, em suas expressões, as influências do ambiente.

As correlações genéticas e fenotípicas entre ambientes para um espaçamento para as características altura das plantas, diâmetro, área basal e volume cilíndrico são mostradas na Tabela 24.

As correlações genéticas aditivas entre espaçamentos para as duas idades revelaram valores muito altos e próximos a unidade, com valores maiores para 32 meses do que para 26 meses de idade. Essas correlações genéticas aditivas en

Tabela 24 - Correlações genéticas e fenotípicas entre espaçamentos para uma idade, e entre idades para um espaçamento.

Idades	Espaçamentos	Altura	Diâmetro	Área basal	Volume
32	(3,0x1,0) (3,0x2,0)				
	r_A	0,99**	0,92**	0,91**	0,95**
	r_F	0,66**	0,56**	0,51**	0,53**
26	(3,0x1,0) (3,0x2,0)				
	r_A	0,89**	0,82**	0,80**	0,89**
	r_F	0,60**	0,51**	0,48**	0,52**
26 e 32	(3,0x1,0)				
	r_A	0,99**	0,99**	0,99**	0,99**
	r_F	0,95**	0,97**	0,97**	0,98**
26 e 32	(3,0x2,0)				
	r_A	0,99*	0,99**	0,98**	0,98**
	r_F	0,96**	0,98**	0,97**	0,97**

r_A = coeficiente de correlação genética ao nível de plantas; r_F = coeficiente de correlação fenotípica ao nível de famílias; ** significativo ao nível de 1%.

tre idades foram igualmente próximas a unidade nos dois espaçamentos estudados.

Por outro lado, as correlações fenotípicas ao nível de médias de famílias mostraram valores bem mais baixos entre espaçamentos, nas duas idades estudadas, o que revelaria o efeito ambiental quando a associação é entre plantas de ambientes (parcelas) diferentes. Para as correlações fenotípicas entre idades, os valores foram muito próximos às correlações genéticas, ou um pequeno efeito ambiental.

BURDON (1977) relata que as correlações genéticas geralmente têm sido estimadas quando ambas as características foram avaliadas sobre a mesma planta. Essas correlações segundo o autor são denominadas de correlações genéticas tipo A; quando duas características são avaliadas sobre indivíduos diferentes dentro das entidades genéticas sob estudo, origina-se um caso especial de correlação genética entre ambientes, a qual o autor denominou como sendo correlações genéticas tipo B.

O conceito de correlações genéticas entre ambientes apresenta, segundo BURDON (1977), grandes vantagens para a pesquisa, já que essa correlação é direcionada para se conhecer o papel dos ambientes na geração das interações com o material genético sob estudo. Esse conceito alternativo para o estudo das interações deriva do comportamento observado para o material genético em cada um dos ambientes, sendo considerados como características diferentes. Assim sendo, esse

comportamento relativo dos genótipos para taxa de crescimento, por exemplo, em dois ambientes diferentes pode ser expresso como sendo a correlação genética entre as suas taxas de crescimento em cada um desses dois ambientes.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram as seguintes conclusões:

. O crescimento e sobrevivência das plantas dos ensaios foram considerados bons, confirmando o potencial da espécie para essas condições. O crescimento no espaçamento 3,0 x 2,0 m foi maior do que no 3,0 x 1,0 m para todas as características.

. A densidade básica da madeira mostrou um valor médio bastante expressivo para a idade de 17 meses ($0,411 \text{ g/cm}^3$). Ainda que a variação para essa característica ao nível de médias de progênies, tenha sido baixa, foram encontradas progênies com valores bastante expressivos para sua densidade.

. Ao nível das análises individuais foram detectadas variações genéticas significativas entre progênies, para todas as características de crescimento estudadas em todas as idades e espaçamentos avaliados. Essas variações genéticas detectadas mostraram uma certa homogeneidade entre espaçamentos e entre idades dentro dos espaçamentos.

. Para sobrevivência das plantas entre as progênies sob estudo, somente foram verificadas variações genéticas no espaçamento 3,0 x 1,0 m. Contrariamente, para forma do tronco essas variações só existiram no espaçamento 3,0 x 2,0m. O menor espaçamento aumentou as variações entre progênies quanto a sobrevivência e, por outro lado, mascarou as diferenças para a forma do tronco.

. Os dois delineamentos utilizados no presente caso, Látice e blocos ao acaso, foram igualmente eficientes para avaliar os testes de progênies, quando considerados os valores de F obtidos.

. As análises da variância conjuntas envolvendo os dois espaçamentos, revelaram variações genéticas entre progênies para todas as características e idades consideradas. O efeito do espaçamento teve um aumento expressivo dos 26 para os 32 meses de idade em todas as características, exceto para altura. A interação progênies x espaçamentos reve-

lou-se nao significativa para todas as características e idades estudadas.

. O desdobramento da interação de progênes x espaçamentos revelou maior expressividade para variação entre progênes dentro do espaçamento 3,0 x 2,0 m, do que no espaçamento menor, principalmente para volume cilíndrico, o que sugere a presença de interação progênes x espaçamento.

. Os coeficientes de correlação de Spearman, aplicados as médias das progênes entre espaçamentos, mostraram uma não concordância nas posições relativas das progênes nos dois espaçamentos, sendo mais acentuada para forma do tronco, reforçando a existência de algum tipo de interação. Esse fato tem grande influência na seleção das melhores progênes para os dois espaçamentos, não havendo coincidência das progênes.

. Analisando-se o crescimento diferencial das progênes em função do espaçamento, foi possível definir três tipos de comportamento das progênes: progênes que se desenvolveram melhor nos espaçamentos 3,0 x 1,0 e 3,0 x 2,0 m, e progênes que se desenvolveram igualmente em ambos os espaçamentos.

. Os coeficientes de variação genética e não

genética mostraram tendências diversas para as diferentes componentes: os coeficientes de variação genética e ambiental permaneceram quase que constantes dos 15 para os 32 meses de idade. O coeficiente de variação dentro de progênies, e em consequência o coeficiente de variação fenotípica, apresentaram uma tendência para aumentar com a idade.

. As estimativas de herdabilidade, no sentido restrito e ao nível de plantas nas análises da variância individuais, tiveram uma diminuição dos 15 para os 26 meses de idade e, permanecendo estáveis até os 32 meses de idade. Esses valores de herdabilidade mostraram a tendência para valores maiores no espaçamento mais amplo do que no mais apertado, sendo muito mais expressiva essa diferença para forma do tronco. Nas análises conjuntas observou-se a mesma tendência, com valores para as herdabilidades e coeficientes de variação genéticos e não genéticos, mais próximos daqueles obtidos para o espaçamento mais amplo, das análises individuais.

. Considerando que o espaçamento 3,0 x 2,0 m é o mais utilizado atualmente, é importante ressaltar que os valores de herdabilidade obtidos no mesmo, apresentaram os maiores valores para forma de tronco (0,45), vindo a seguir a altura (0,28), diâmetro (0,18), área basal (0,13) e volume cilíndrico (0,13).

. Os valores obtidos para as relações entre a variância dentro de progênies e entre progênies (σ^2_d/σ^2_p) e dentro de progênies e ambiental (σ^2_d/σ^2_e) confirmam que o *Eucalyptus saligna* Smith de Itatinga apresenta características próprias de alogamia. A relação entre os coeficientes de variação genético e experimental (CV_g/CV_{exp}) apresentaram-se muito estáveis para cada característica, com ligeira vantagem a idade de 15 meses. Esse coeficiente acompanhou a tendência dos coeficientes de herdabilidade para as características consideradas.

. As correlações genéticas e fenotípicas, entre as características de crescimento (altura, diâmetro e volume cilíndrico), mostraram valores positivos e próximos a unidade, tanto para os espaçamentos como para as idades estudadas, assim como para os dois delineamentos utilizados.

. As correlações genéticas entre espaçamentos para uma idade revelaram valores altos e positivos, sendo maiores para 32 do que para 26 meses de idade. Essas correlações genéticas aditivas entre idades, foram igualmente próximas à unidade nos dois espaçamentos. As correlações fenotípicas, ao nível de médias de progênies entre espaçamentos, mostraram uma diminuição expressiva para seus valores nas duas idades consideradas, o qual não ocorreu entre idades para um espaçamento.

6. LITERATURA CITADA

ASSIS, T.F. *et alii*, 1982a. Teste de progênies de *Eucalyptus paniculata* SM. Silvicultura, São Paulo, 8(28): 160-161.

ASSIS, T.F. *et alii*, 1982b. Teste de progênies de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Silvicultura, São Paulo, 8(28): 158-159.

BALLONI, E.A. *et alii*, 1980. Estudo comparativo de diferentes tipos de recipientes para a produção de mudas de *Eucalyptus saligna* (Itatinga). Boletim Informativo, IPEF, Piracicaba, 8(26): 1-7.

- BALLONI, E.A. e J.W. SIMÕES, 1980. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. Série Técnica. IPEF, Piracicaba, 1(3): 1-16.
- BARNES, R.D. *et alii*, 1984. Genotype-environment interactions in tropical pines and their effects on the structure of breeding populations. Silvae Genetica, Frankfurt, 33(6): 186-198.
- BARRICHELO, L.E.G. *et alii*, 1980. Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento em celulose de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Silvicultura, São Paulo, 8(32): 802-808.
- BOGYO, T.P., 1964. Coefficients of variation of heritability estimates obtained from variance analyses. Biometrics, Raleigh, 20: 123-129.
- BORGES, R. de C.G., 1980. Estimativas de herdabilidades e correlações entre caracteres de crescimento em *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden. Viçosa, 42p. (Tese de Mestrado - UFV).
- BURDON, R., 1971. Clonal repeatabilities and clone-site interactions in *Pinus radiata*. Silvae Genetica, Frankfurt, 20(1-2): 33-39.

- BURDON, R., 1977. Genetic correlation as a concept for studying genotype-environment interaction in forest tree breeding. Silvae Genetica, Frankfurt, 26(5-6): 168-175.
- BURLEY, J. e R.H. KEMP, 1973. Centralized planning and international cooperation in the introduction and improvement of tropical trees species. Commonwealth Forestry Review, London, 52(4): 335-343.
- BURLEY, J. e D.G. NIKLES (eds.), 1973. Tropical provenance and progeny research and international cooperation. Oxford, Comm. Forestry Institute. 597p.
- CAMPBELL, T.E. e MANN Jr., 1974. Growth in Loblolly pine spacing study in southwest Louisiana. In: SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF YOUNG PINES. Alexandria. 349p.
- CAMPBELL, R.K. e B.C. WILSON, 1973. Spacing-genotype interaction in Douglas-Fir. Silvae Genetica, Frankfurt, 22(1/2): 15-20.
- CARPIM, M.A. e L.E.G. BARRICHELO, 1983. Variabilidade da densidade da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3. São Paulo. v.1. 11p.

COCHRAN, W.G. e G.M. COX, 1965. Diseños experimentales. 2. ed. México, Editorial Trillas. 661p.

COCKERHAM, C.C., 1963. Estimation of genetic variances. In: HANSON, W.D. e H.F. ROBINSON (ed.). Statistical genetics and plant breeding. Washington, National Acad. Sci. National Research Council. p. 53-95.

COELHO, A.S.R.; H.A. MELLO e J.W. SIMÕES, 1970. Comportamento de espécies de eucalipto face ao espaçamento. IPEF, Piracicaba (1): 29-55.

COUTO, L., 1977. Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais. Viçosa. 54p. (Tese Mestrado - UFV).

DANIEL, P.W.; U.E. HELMS e F.S. EAKER, 1982. Princípios de Silvicultura. México, McGraw-Hill. 492p.

DANIELS, J.D., 1984. Role of tree improvement in intensive forest management. Forest Ecology and Management, Amsterdam, 8(3/4): 161-165.

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA ESALQ/USP, 1979. Processo para credenciamento das áreas de coleta de sementes do Horto de Itatinga, situado no município do mesmo nome, do Estado de São Paulo, pertencentes a USP. (não publicado).

DITLEVSEN, B., 1980. Genética cuantitativa: principios generales y su aplicación práctica en la mejora de árboles forestales. In: FAO/DANIDA. Mejora genética de árboles forestales: Informe sobre el curso de capacitación sobre la mejora genética de árboles forestales. Roma, FAO/DANIDA. p.177-188.

DUDLEY, J.W. e R.N. MOLL, 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. Crop Science. Madison, 9(3): 257-262.

ELDRIDGE, K.G., 1971. Genetically improved *Eucalyptus* seed for Australian Pulpwood Forest. Appita, 24: 105-109.

ELDRIDGE, K.G., 1972. Genetic variation in the growth of *Eucalyptus regnans* from altitudinal transect of mount Erica, Victoria. Canberra, Department of primary industry, Forestry and Timber Bureau. 71p. (Bulletin, 46).

ELDRIDGE, K.G., 1978. Genetic Improvement of *Eucalyptus*.

Sylvae Genetica. Frankfurt, 27(5): 205-209.

FALCONER, D.S., 1983. Introducción a la Genética Cuantitativa. México, Ed. CECSA. 430p.

FERREIRA, M. e P.Y. KAGEYAMA, 1978. Melhoramento genético da densidade da madeira de Eucalipto. Silvicultura. São Paulo, 4(14): 148-152.

FISHWICK, R.W., 1976. Estudos de Espaçamentos e Desbastes em Plantações Brasileiras. Brasil Florestal. Rio de Janeiro, 7(26): 13-26.

FONSECA, S.M. da, 1979. Estimação e interpretação dos componentes da variação total em experimentos de melhoramento florestal. In: Curso Práticas Experimentais em Silvicultura. Piracicaba, IPEF. p.H₁:H₂₀.

FONSECA, S.M., da, 1982. Variações fenotípicas e genéticas em Bracatinga *Mimosa scabrellæ* Benth. ESALQ/USP, Piracicaba, 86p. (Dissertação de Mestrado).

FRANKLIN, E.C., 1979. Model relating levels of genetic variance to stand development of North American Conifers. Silvae Genetica. Frankfurt, 28(5/6): 207-212.

- FRIES, A., 1984. Spacing interaction with genotype and with genetic variation for production and quality traits in a trial of seedlings and grafted clones of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Silvae Genetica. Frankfurt, 33(4-5): 145-152.
- GERALDI, I.O., 1977. Estimação de parâmetros genéticos para caracteres do pendão de milho (*Zea mays* L.) e perspectivas de melhoramento. ESALQ/USP, 103p. (Dissertação de Mestrado).
- GIBSON, G.L., 1982. Genotype-environment interaction in *Pinus caribaea*. Oxford, Com. For. Inst. 112p.
- GODDARD, R.E., 1977. Genotype by environment interaction in slash pine. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 3, Canberra, Proceedings. p.762-771.
- GUIMARÃES, R.F., 1960. Ensaio de espaçamentos em *Eucalyptus saligna* Smith para produção de lenha. 2.ed. Rio Claro, CPEF 42p. (Boletim nº 6).
- GUIMARÃES, R.F., 1965. Observações sobre diâmetros, alturas, sobrevivência e peso de madeira de *E. saligna* em vários espaçamentos. Anuário Brasileiro de Economia Florestal. Rio de Janeiro, 17(17): 31-45.

HARRIS, J.M., 1970. Breeding to improve wood quality. N.Z. For. Serv. Reprint nº 403: 32-36.

JAHRONI, S.; W. SMITH e R. GODDARD, 1976. Genotype x fertilizer interaction in slash pine: variation in phosphate (^{33}P) incorporation. Forest Science. Bethesda, 22: 21-30.

JOHNSON, H., 1974. Progeny testing. In: IUFRO GENETIC SABRAO JOINT SYMPOSIA, Tokio. 7p.

KAGEYAMA, P.Y. *et alii*, 1977. Variação genética entre e dentro de progênies de *Pinus patula* Schiedde e Deppe na região de Telêmaco Borba, PR. IPEF, Piracicaba, (15): 21-39.

KAGEYAMA, P.Y., 1979. Determinação de parâmetros genéticos em espécies florestais. Piracicaba, ESALQ/USP. 40p. (não publicado).

KAGEYAMA, P.Y., 1980. Variação genética em uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. ESALQ/USP, Piracicaba, 125p. (Tese de Doutorado).

KAGEYAMA, P.Y. *et alii*, 1982. Variação genética para densidade da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis*. Silvicultura. São Paulo, 8(28): 318-324.

- KAGEYAMA, P.Y., 1983. Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba, ESALQ/USP, 147p. (Tese Livre Docência).
- KAGEYAMA, P.Y. e F. PATIÑO-VALERA, 1985. Conservación y manejo de recursos forestales: factores que influyen en la estructura y diversidad de los ecosistemas tropicales. Documento Especial Enviado ao Congreso Forestal Mundial, 9, México. (no prelo).
- KAGEYAMA, P.Y., 1986. Plantação de espécies florestais nativas. In: Relatório do convênio ESALQ/FEALQ/DAEE, Piracicaba, ESALQ/DCF. (não publicado).
- KANG, H., 1980. Designing a tree breeding system. In: MEETING OF CANADIAN TREE IMPROVEMENT ASSOCIATION, 17. Proceedings. Part 2. p.51-66.
- KEDHARNATH, S. e R.K. VAKSHASYA, 1977. Estimatives of components of variance, hereditability and correlations among some growth parameters in *Eucalyptus tereticornis*. In: World Consultation of Forest Tree Breeding, 3, Canberra, Proceedings, Roma, FAO. 21-26.

- LA FARGE, T. e J.F. KRAUS, 1981. Genotype x Environment Interactions of Loblolly Pine Families in Georgia, U.S.A. Silvae Genetica. Frankfurt, 30(4/5): 156-162.
- MARQUEZ, S.F., 1985. Genotecnia Vegetal: Métodos, teoria, resultados. México, AGT Editor, v.1, 357p.
- MATHESON, A.C., 1978. Genotype-environment interaction. In: NIKLES, D.G. et alii. Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, p.227-236.
- MATHESON, A.C. e C.A. RAYMOND, 1984a. Effects of thinning in progeny tests on estimates of genetic parameters in *Pinus radiata*. Silvae Genetica. Frankfurt, 33(4/5): 125-128.
- MATHESON, A.C. e C.A. RAYMOND, 1984b. Provenance x Environment interaction, its detection, practical importance and use in tropical forestry. In: IUFRO JOINT MEETING OF WORKING PARTIES AND WORK CONFERENCE ON PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES, Mutare. 35p..

- MENCK, A.L. *et alii*, 1984. Programa de melhoramento genético com *Eucalyptus saligna* na Cia. Suzano de Papel e Celulose. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, Curitiba. Anais. Curitiba, U.F.P. p.40-50.
- MESKIMEN, G. e E.C. FRANKLIN, 1978. Spacing *Eucalyptus grandis* in Southern Florida. Southern Journal of Applied Forestry, Washington, 1(1): 3-6.
- MIRANDA FILHO, J.B., 1978. Princípios de experimentação e análise estatística. In: PATERNIANI, E. (coord.). Melhora-mento de Milho no Brasil. Piracicaba, Fundação Cargill, p.620-650.
- MORGENSTERN, E.K., 1982. Interactions between genotype site and silvicultural treatment. Information report PI-X. Chalk River, (14): 1-18.
- NAMKOONG, G., 1966. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. Forest Science. Washington, 12(1): 8-13.
- NAMKOONG, G. *et alii*, 1966. Heritability and gain concepts for evaluating breeding system such as seedling orchards. Silvae Genetica. Frankfurt, 15: 76-84.

NAMKOONG, G., 1979. Introduction to quantitative genetics in forestry. Washington, USDA. Forest Service. 341p.

NAMKOONG, G. *et alii*, 1980. A philosophy of breeding strategy for tropical forest trees. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. 67p.

OWINO, F., 1977. Genotype x Environment Interaction and Genotypic Stability in Loblolly Pine. IV. Correlation Studies. Silvae Genetica. Frankfurt, 26(5/6): 176-179.

PEREIRA, A.R. *et alii*, 1982. Implantação de florestas de ciclos curtos sob novos modelos de espaçamentos. Silvicultura. São Paulo, 8(28): 429-432.

PIMENTEL GOMES, F., 1982. Curso de Estatística Experimental. 10.ed. Piracicaba, Livraria Nobel. 430p.

PINTO JR., J.E., 1984. Variabilidade genética em progênes de uma população de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha Flores - Indonésia. ESALQ/USP, Piracicaba, 166p. (Dissertação de Mestrado).

- PIRES, I.E., 1984. Variabilidade genética em progênies de uma população de Algaroba, *Prosopis Juliflora* (SW.) DC - da região de Soledade, Paraíba. Piracicaba, 94p. (Tese- Mestrado - ESALQ).
- QUIJADA, R.M., 1980. Interacción genotipo-ambiente. In: FAO/DANIDA. Mejora genética de árboles forestales. Mérida. p. 231-235.
- REZENDE, G.C. *et alii*, 1980. Novas técnicas de espaçamentos para *Eucalyptus* spp. Águas de São Pedro, IUFRO. 11p.
- ROBINSON, H.F. e C.C. COCKERHAM, 1965. Estimación y significación de los parámetros genéticos. Fitotecnia Latinoamericana, Caracas, 2: 23-38.
- SHELBOURNE, C., 1972. Genotype environment interaction: its study and its implications in forest tree improvement. In: IUFRO GENETIC SABRAO JOINT SYMPOSIA, Tokio. 28p.
- SILVA, J. de C., 1984. Parâmetros da densidade na qualidade da madeira. Piracicaba, ESALQ/DS. 82p.
- SILVA, J. de C., 1984. Espaçamentos em povoamentos florestais: efeitos na produtividade, qualidade e na economicidade. Piracicaba, ESALQ/DS. 39p. (não publicado)

- SIMÕES, J.W.; R.M. BRANDI; N.B. LEITE e E.A. BALLONI, 1981. Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento. Brasília, IBDF. 131p.
- SIMÕES, J.W. e F. SPINA-FRANÇA, 1983. Produção de madeira em florestas energéticas sob diferentes práticas silviculturais. In: SIMPÓSIO ENERGIA DE BIOMASSA FLORESTAL. Relatório Final. São Paulo, CESP. p. 1-36.
- SMITH, D.M., 1962. The practice of silviculture. 7.ed. New York, John Wiley. 578p.
- SNYDER, E.B., 1966. Lattice and compact family block designs in forest genetics. U.S.A. For. Serv. Res. Pap. St. Paul, NC(6): 12-17.
- SQUILLACE, A.E.; R.T. BINGHAN; G. NAMKOONG e N.F. ROBINSON, 1967. Heritability of juvenile growth rate and expected gain from selection in western white pine. Silvae Genetica, Frankfurt, 16(1): 1-6.
- SQUILLACE, A.E., 1969. Genotype-environment interactions in forest trees. In: MEETING OF THE IUFRO WORKING GROUP ON QUANTITATIVE GENETICS, 2, Section, 22. New Orleans, USDA. Forest Service.

- TALBERT, J.T., 1980. Genotype environment interactions. In: Tropical tree improvement short course. Raleigh, School of forest resources.
- TEIXEIRA, M.B. e S.V. RAUEN, 1973. Ensaio de competição entre progênies de *Eucalyptus saligna*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2, Curitiba. Anais. Curitiba, FIEP, p. 97-99.
- TUSKAN, G.A. e C.R. McKINLEY, 1984. The use of competition indices in advanced-generation selection. Silvae Genetica, Frankfurt, 33(6): 209-215.
- VAN LAAR, A., 1961. *Eucalyptus saligna* in South Africa. An: Investigation into the Silviculture and Economics. Annale Universitatet Van Stellenbosh, Stellenbosh, 36(A): 1-110.
- VAN LAAR, A., 1978. The growth of unthinned *Pinus patula* in relation to spacing. South African Forestry Journal, Johannesburg, (107): 3-11.
- VAN WYK, G., 1976. Early growth results in a diallel progeny test of *Eucalyptus grandis*. Silvae Genetica, Frankfurt, 25: 126-132.

- VAN WYK, G., 1978. Progress with the *Eucalyptus grandis* breeding programm in the Republic of South Africa. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, e, Canberra, FO-FTB-77-3/13. 5p.
- VENCOVSKY, R., 1978. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (coord.). Melhoramento de milho no Brasil. Piracicaba, Fundação Cargill. p. 122-199.
- VITAL, B.R. e R.M. DELLA LUCIA, 1980. Procedência de sementes e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Revista Árvore, Viçosa, 4(2): 170-178.
- WILCOX, M.D., 1980. Genetic improvement of *Eucalyptus* in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science, Rotorua, 10(2): 342-459.
- WRIGHT, J.W., 1976. Introduction to forest genetics. New York, Academic Press. 463p.
- YEISER, J.L.; J.P. VAN BUIJTENEN e W. LOWE, 1981. Genotype x environment interactions and seed movements for loblolly pine in the western gulf region. Silvae Genetica, Frankfurt, 30(6): 196-200.
- ZOBEL, B. e J. TALBERT, 1984. Applied Forest tree improvement. New York, John Wiley & Sons. 505p.

7. APÊNDICE

1. Médias de temperatura (mínima, máxima e média) mensais e precipitação, no Parque Florestal "Guarujá", Município de Avaré, São Paulo.

Meses	Temperatura média (°C)			Precipitação (mm)
	Mínima	Máxima	Média	
1983				
Fevereiro	18	36	26	137
Março	14	35	24	195
Abril	14	32	24	160
Maio	14	33	25	333
Junho	04	36	18	238
Julho	09	32	22	07
Agosto	04	34	20	00
Setembro	09	35	21	194
Outubro	10	34	23	117
Novembro	13	35	26	128
Dezembro	18	36	26	231
1984				
Janeiro	25	39	27	261
Fevereiro	18	38	28	93
Março	14	38	26	65
Abril	10	32	22	125
Maio	11	41	25	81
Junho	06	33	20	00
Julho	06	32	20	05
Agosto	01	33	18	68
Setembro	05	33	20	92
Outubro	12	39	25	71
Novembro	13	38	25	08
Dezembro	14	35	25	127
1985				
Janeiro	20	31	25	145

Fonte: Estação Meteorológica do Parque Florestal "Guarujá", RIPASA;

2. Identificação das árvores matrizes utilizadas no teste de progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, conforme a numeração utilizada pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ.

Trat. nº	Nº da árvore IPEF/DCF/ ESALQ	Trat. nº	Nº da árvore IPEF/DCF/ ESALQ	Trat. nº	Nº da árvore IPEF/DCF/ ESALQ
1	134	58	3484	115	4480
2	153	59	3538	116	4483
3	204	60	3547	117	4551
4	208	61	3552	118	4809
5	211	62	3461	119	5095
6	213	63	3562	120	5098
7	214	64	3573	121	5099
8	1103	65	3586	122	5111
9	1106	66	3661	123	5113
10	1114	67	3664	124	5115
11	1115	68	3665	125	5116
12	1118	69	3676	126	5119
13	1122	70	3972	127	5120
14	1151	71	4081	128	5121
15	1187	72	4084	129	5125
16	1191	73	4087	130	5127
17	1196	74	4095	131	5128
18	1198	75	4099	132	5129
19	1254	76	4116	133	5131
20	1265	77	4121	134	5132
21	5199	78	4128	135	5208
22	1273	79	4152	136	5139
23	5200	80	4175	137	5143
24	1781	81	4182	138	5144
25	1795	82	4195	139	5145
26	5202	83	4229	140	5148
27	5203	84	4263	141	5149
28	1990	85	4284	142	5150
29	5205	86	4286	143	5151
30	1933	87	4289	144	5152
31	5206	88	4290	145	5154
32	1939	89	4307	146	5156
33	1967	90	4314	147	5161
34	5207	91	4317	148	5162
35	1989	92	4318	149	5163
36	1831	93	4320	150	5164
37	2112	94	4325	151	5166
38	2122	95	4331	152	5167
39	2171	96	4332	153	5170
40	2178	97	4336	154	5171
41	2181	98	4340	155	5172
42	2185	99	4342	156	5173
43	2300	100	4345	157	5176
44	2327	101	4347	158	5180
45	2361	102	4354	159	5181
46	2368	103	4357	160	5183
47	2459	104	4361	161	5186
48	2912	105	4378	162	5187
49	3444	106	4383	163	5189
50	3457	107	4389	164	5190
51	3458	108	4394	165	5191
52	3459	109	4398	166	5192
53	3561	110	4399	167	5193
54	3464	111	4401	168	5197
55	3470	112	4411	169	5198
56	3471	113	4412		
57	3482	114	4438		