**PLANTIOS CLONAIIS E MULTICLONAIIS EM RELAÇÃO
A OUTROS MATERIAIS GENÉTICOS DE
Eucalyptus grandis HILL ex MAIDEN NA REGIÃO
DE LENÇÓIS PAULISTA - SP**

Patricio Rojas Vergara
Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. Mario Ferreira

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo-Brasil
Dezembro - 1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Rojas Vergara, Patricio

R741p Plantios clonais e multiclonais em relação a outros
materiais genéticos de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden na região de Lençóis Paulista - SP. Piracicaba.
1989.

82p.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Clone de eucalipto - Interação genótipo-ambiente
2. Eucalipto - Clone - Variação genética 3. Eucalipto -
Melhoramento 4. Eucalipto - Plantio I. Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 634.9734

**PLANTIOS CLONAIIS E MULTICLONAIIS EM RELAÇÃO A OUTROS
MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden
NA REGIÃO DE LENÇÓIS PAULISTA - SP**

PATRICIO ROJAS VERGARA

APROVADA EM: 05.04.90

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Mario Ferreira

ESALQ/USP

Prof. Dr. Decio Barbin

ESALQ/USP

Prof. Dr. Hilton Thadeu Z. do Couto

ESALQ/USP

Mario Ferreira

ORIENTADOR

À meus pais

Manuel e Adriana

Ofereço

À minha esposa Fanny

e filhas: Patricia e

as gêmeas Carla e Pia

Dedico

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao International Development Research Centre (I.D.R.C.) do governo do Canadá pela bolsa outorgada para desenvolver o curso de pós-graduação no Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Meus agradecimentos em particular para o Dr. Dereck Webb, a Dra. Paz Buttedahl e a Srta. Nohora Olaya.
- Aos distintos professores da ESALQ/USP Dr. Mário Ferreira, meu orientador neste programa, e Dr. Hilton Thadeu Z. de Couto pelas valiosas sugestões.
- À empresa florestal DURATEX (Jundiaí - Estado de São Paulo) e em particular aos engenheiros florestais Senhor Raul Chaves e Senhora Rosiley Brigatti do Setor Melhoramento e Biotecnologia por terem fornecido a valiosa informação dos ensaios e facilitar a coleta dos dados de campo e o processamento da informação.

- Ao Senhor Patricio Valenzuela V., Diretor do Instituto Florestal do Chile, por liberar-me do meu trabalho durante o programa de mestrado.
- A Osmar Giulatti pelas análises de laboratório e Milton César Ribeiro pela ajuda no processamento de dados.
- Ao pessoal da biblioteca do IPEF pela valiosa ajuda na revisão bibliográfica.
- Aos professores do Departamento de Ciências Florestais e colegas do curso de pós-graduação.
- Ao povo brasileiro

Í N D I C E

Página

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Crescimento comparativo de genótipos propagados por via assexuada e sexuada.....	5
2.2 A silvicultura clonal.....	11
2.3 Variação intraclonal. Efeito da maturação pro- gressiva.....	17
2.4 Estratégias de melhoramento por via assexuada..	20
2.5 Variabilidade da densidade básica.....	24
2.6 Variação genética da densidade básica.....	28
2.7 Interação genótipo x ambiente	30
3. MATERIAL	34
3.1 Locais do ensaio.....	34
3.2 Características dos solos.....	35
3.3 Materiais genéticos ensaiados	36

	Página
4. METODOLOGIA	38
4.1 Delineamento Experimental	38
4.2 Tratamentos	38
4.3 Variáveis	40
4.4 Processamento da informação	42
4.4.1 Análise de Variância Conjunta	42
4.4.2 Análise de Variância entre materiais Genéticos	43
4.4.3 Análise de Variância entre clones	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1 Resultados da Análise de Variância Conjunta ...	47
5.2 Resultados da Análise de Variância entre mate- riais genéticos para cada local.....	53
5.3 Estimativa de componentes de variância e her- dabilidade.....	66
6. CONCLUSÕES.....	73
BIBLIOGRAFIA.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela N°.		Página
1	Características ecológicas dos locais de ensaio	34
2	Caracterização físico-química do solo Podzólico Vermelho Escuro (PVe). Fazenda Rio Claro.....	35
3	Caracterização físico-química do solo Areia Quartzosa (AQ). Fazenda Piracema.	
4	Características dos materiais genéticos <u>ensaia</u> dos e dos plantios experimentais.....	39
5	Resultados obtidos aos 4,5 anos com materiais genéticos de <u>Eucalyptus grandis</u> na Fazenda Rio Claro (RC) e Piracema (P).....	48
6	Resultados de Análise de Variância Conjunta....	48
7	Resultados de Análise de Variância entre Materiais Genéticos em Rio Claro (RC) e Piracema (P)	54
8	Potencialidade em volume de madeira (m^3/ha) dos melhores clones em relação a outros materiais genéticos.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura N°.		Página
1A	Respresentação gráfica da interação clone x sítio para a densidade básica da madeira (g/cm^3)	52
1B	Representação gráfica da interação clones x sítio para o volume sólido da madeira (m^3/ha).....	52
2	Diferenças entre materiais genéticos para as características avaliadas.....	55
2A	Diâmetro à altura do peito (DAP).....	55
2B	Altura total (H).....	55
2C	Área basal por hectare (AB).....	55
2D	Volume sólido (VOL).....	55
2E	Densidade básica da madeira (DB).....	55
2F	Biomassa (BIO).....	55
3A	Representação gráfica da densidade básica radial dos clones ensaiados em Piracema.....	67
3B	Representação gráfica da densidade básica radial de material propagado sexualmente em Piracema....	67
3C	Representação gráfica da densidade básica radial dos clones ensaiados em Rio Claro.....	67

Figura N°.**Página**

3D	Representação gráfica da densidade básica radial de material propagado sexualmente em Rio Claro...	70
4A	Representação gráfica da grandeza dos componentes de variância e de herdabilidade da altura dos clones em Rio Claro.....	69
4B	Representação gráfica da grandeza dos componentes de variância e de herdabilidade da altura dos clones em Piracema.....	69

PLANTIOS CLONAIIS E MULTICLONAIIS EM RELAÇÃO A OUTROS
MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden
NA REGIÃO DE LENÇÓIS PAULISTA - SP

Autor : Patricio Rojas Vergara

Orientador: Prof. Mário Ferreira

RESUMO

Para avaliar a resposta silvicultural e a interação genótipo x ambiente, vários materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* com diferentes graus de melhoramento foram testados em dois sítios e medidos aos 4,5 anos de idade.

Os materiais genéticos são constituídos por propágulos vegetativos (rametes) de 8 árvores matrizes (ortetes) plantados na forma pura (plantios monoclonais) e

misturados (plantios multiclonais). Os outros materiais correspondem a progênies das mesmas árvores matrizes, sementes de pomar clonal e sementes de áreas de produção de sementes.

Os ensaios foram instalados na região de Lençóis Paulista-SP em dois tipos de solos: Podzólico Vermelho (Rio Claro) e Areia Quartzosa (Piracema).

As variáveis analisadas aos 4,5 anos foram: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), área basal por hectare (AB), volume sólido com casca por hectare (VOL), densidade básica média (DBm) e radial da madeira (DBr) ao nível do DAP e biomassa por hectare (BIO).

Foi efetuada a Análise de Variância (ANAVA) com essas variáveis em diferentes níveis: a) ANAVA Conjunta, para detectar diferenças entre tratamentos e interação com o sítio, sem agrupar os materiais genéticos; b) ANAVA entre materiais genéticos, para comparar material propagado sexual e assexualmente e c) ANAVA entre clones com o fim de estimar os componentes de variância genética e ambiental, em diferentes idades, para a característica de altura total.

Em relação à análise de variância conjunta, foram detectadas diferenças significativas entre todos os tratamentos e variáveis analisadas nos dois sítios, sendo o de Rio Claro o melhor. Detectou-se a interação tratamentos x sítio, para as variáveis VOL e DB.

Para a produção de biomassa (base seca, madeira por ha) o clone G-0269 apresentou os melhores resultados em solo Podzólico (120,6 ton/ha). Na Areia Quartzosa a melhor resposta foi o clone G-0246 com uma biomassa média de 74 ton/ha.

Em relação à segunda análise o melhor material genético foi oriundo do pomar de semente clonal, com uma biomassa média de 108,3 ton/ha no solo Podzólico e 59,4 ton/ha no de Areia Quartzosa.

As árvores dos plantios clonais e multiclonais apresentaram madeira com densidade básica média inferior às árvores oriundas de matrizes e de semente de pomar clonal, indicando que não houve um efeito provocado pela maior idade fisiológica dos clones na densidade básica média da madeira. O gradiente radial da densidade básica da madeira

é maior no solo de Areia Quartzosa, tanto para o material propagado sexual como para o assexual.

Finalmente a estimativa dos componentes de variância genética dos clones em diferentes idades para a variável de altura das árvores foi influenciada pela variação intraclonal ou efeito de maturação progressiva (efeito "c").

**MONOCLONAL AND MULTICLONAL PLANTATIONS IN RELATION TO OTHER
GENETIC MATERIALS OF *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden
IN THE LENCOIS PAULISTA REGION**

Author : Patricio Rojas Vergara

Adviser : Dr. Mário Ferreira

SUMMARY

The present work is a study of genetic variation and genotype x environment interaction in clones of eight select trees of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, in which the characteristics of DBH, total height, basal area, solid wood volume with bark, wood basic density at DBH level and wood dry weight at the level of clone means were evaluated at 4.5 year-old.

For the clones two kinds of plots were included : monoclonal plots (single clone) and multiclonal plots (mixture of eight clones) and two commercial controls (seedlings from a clonal seed orchard and a seed production area).

The trial was established at Lencois Paulista SP in two main soil types: podzolic (Rio Claro Farm) and sandy soils (Piracema Farm).

The following variables were included in the analysis at 4,5 year-old: diameter at breast height (DAP), total height (H), basal area (AB), solid wood volume with bark (VOL), average wood basic density (DBm), gradient pith to bark basic density (DBr) and biomass (BIO).

The experimental design was the randomized block, with 16 treatments and 3 replications in each type of soil. An Analysis of Variance (ANOVA) was made with the characteristics at different degrees : a) Whole ANOVA which considered both sites and treatments in order to detect site x treatment interaction, b) ANOVA between genetic materials to compare sexual and asexual propagules and c) ANOVA within clones to calculate genetic and environment components of variance of tree height at different ages.

In relation to the first analysis, it was detected statistical differences among all treatments and variables in both sites.

Clone G - 0269 showed the best performance with a biomass dry weight production of 120.6 ton/ha in the podzolic soil (Rio Claro). In the sandy soil (Piracema) the best clone was G - 0246 with 74 ton/ha. It was also detected an interaction between treatments x soil type for the characteristics solid wood volume and wood basic density.

The best genetic material from sexual reproduction was the commercial control from the clonal seed orchard (biomass production: 108.3 ton/ha in podzolic soil and 59.4 ton/ha in sandy soil).

Trees from clonal and multiclonal plots had lower basic density than trees from clonal seed orchard. It was inferred that wood basic density was affected by the physiological age of clones. The gradient pith to bark density of wood was higher in sandy soil, for sexual and asexual genetic material.

Finally, it was concluded that the estimation of genetic variance of the tree height average between clones was biased by non-genetic effects or "c" effects.

1. INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Eucalyptus* introduzidas no Brasil, especialmente *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, apresentam boas características silviculturais como adaptação, rápido crescimento e boa forma. Apresentam também boas características tecnológicas da madeira como densidade básica e poder calorífico em relação às espécies nativas e exóticas. Isto tem permitido sua utilização intensiva como matéria prima para a produção de celulose e energia.

O desenvolvimento de estratégias de melhoramento em essências do gênero *Eucalyptus*, seja através de propagação por via sexuada (implantação de pomares de sementes) ou assexuada (macro e micropropagação vegetativa), permite aumentar significativamente a produtividade e a qualidade das florestas.

Um grande interesse mundial vem sendo detectado nesta última década com o desenvolvimento da

silvicultura clonal ("Clonal Forestry", "Foresterie Clonale"). A propagação massal de genótipos selecionados permite a obtenção de ganhos genéticos máximos numa geração, explorando-se todos os níveis de variabilidade genética inter e intraespecífica (FERREIRA, 1980). Além disso, a propagação vegetativa permite a multiplicação de híbridos e poliploides com baixa fertilidade sexual (BONGA, 1977).

As vantagens da propagação clonal foram resumidas segundo ZOBEL (1981), LIBBY(1983) e BURDON(1983) e incluem: a) um maior ganho genético ao explorar a variância genética total, aditiva e não aditiva, aspecto importante na maioria das características comerciais de controle poligênico nas espécies florestais, b) a obtenção mais rápida deste ganho e c) o desenvolvimento de florestas mais homogêneas em relação aos plantios feitos com mudas de sementes. Além disso, LIBBY(1983) inclui d) a utilização de material genético com boas características, as quais podem ser perdidas se forem propagadas sexualmente e, finalmente, e) a especificidade da interação clone x sítio, derivada da ausência de segregação gênica, que permite selecionar clones para sítios específicos.

As limitações associadas à silvicultura clonal estão relacionadas com a diminuição da diversidade genética, maturação progressiva (efeito "c", ciclófisis,

topófisis), mutação somática (variação somaclonal em cultivo "in vitro" e infecções virais). Além disso, existem problemas tróficos dos solos nas plantações clonais de alta produtividade em rotações curtas e problemas fitossanitários derivados da diminuição da diversidade genética dos plantios clonais.

Para minimizar esta dificuldade é possível o emprego de populações multiclonais, ou seja, uma mistura de clones em cada bloco, que simule a estrutura genética de uma floresta natural (ELDRIDGE, 1988), utilizando, no entanto, genótipos selecionados. Outra alternativa para aumentar a diversidade genética é o plantio de clones puros em mosaicos.

Discute-se, neste trabalho, os resultados de um ensaio no qual foram incluídos plantios clonais e multiclonais, na idade de 4,5 anos, além de diferentes materiais genéticos oriundos de sementes com diferentes graus de melhoramento de *Eucalyptus grandis*. Para este estudo foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- a. Avaliar a resposta silvicultural de plantios mono e multiclonais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos cinquenta e quatro meses de idade em comparação a

outros materiais genéticos em diferentes graus de melhoramento: sementes de árvores matrizes, semente comercial e sementes de pomar de semente clonal.

- b. Detectar o efeito da interação dos materiais genéticos empregados (clones e sementes) através da produtividade florestal e da qualidade da madeira (densidade básica) em dois sítios de características edáficas diferentes na região de Lençóis Paulista (Estado de São Paulo).
- c. Estimar a grandeza dos componentes da variância genética e ambiental e herdabilidade no sentido amplo dos clones de *Eucalyptus grandis* para a característica de altura total nas idades de 6,12,18,24,36 e 48 meses.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Crescimento comparativo de genótipos propagados por via assexuada (clones) e sexuada (sementes).

Teoricamente, a propagação vegetativa transfere toda a superioridade genética do "ortete" ao "ramete" através da utilização de toda a variância genética aditiva e não aditiva (TALVERT e STRUVE, 1984). Deste modo é possível obter um ganho genético superior e este ser rapidamente utilizado em reflorestamento (LINDGREN, 1977). A propagação sexuada através da recombinação e segregação gênica permite a utilização parcial da variabilidade genética. Tal fato torna extremamente atrativa a propagação vegetativa e a silvicultura clonal.

Na atualidade, os estudos em relação ao crescimento comparativo entre propágulos vegetativos e plantas de sementes são inadequados, ainda que, em alguns casos, sejam discutidas as semelhanças e diferenças entre

estacas e plantas originadas de sementes quando são estudadas as taxas de crescimento e forma das árvores (ZOBEL e TALBERT, 1984).

Assim, quando estacas e mudas de sementes de *Pinus spp* crescem numa mesma taxa, a forma das árvores pode ser bastante diferente. As estacas apresentam normalmente menor conicidade, menor espessura de casca e ramos pequenos, além de crescerem mais lentamente que as plantas de sementes. No entanto, tal característica depende muito da idade da árvore mãe (ortete), da formação do sistema radicular das estacas e de como elas são manipuladas antes da plantação definitiva (ZOBEL e TALBERT, 1984).

Em termos de método de propagação (sexuado ou assexuado) se tem verificado que plantas produzidas por estacas ("stecklings" ou "cuttings") apresentam menor crescimento que mudas produzidas por sementes, devido às qualidades e idades fisiológicas das mudas (SWEET e WELLS, 1974; ZOBEL e TALBERT, 1984; BERTOLOTTI, 1986; KIKUTI, 1988, MONTEUUIS, 1988).

SWEET e WELLS(1974) mostram a inferioridade das estacas de *Pinus radiata* em relação às plantas de sementes. ALAZARD e KADIO(1983) demonstraram que o crescimento inicial das estacas era menor que o das mudas de

sementes em *Pinus pinaster*, alertando que essa tendência se revertia depois de vários anos. Estacas de árvores idosas crescem mais lentamente que mudas de sementes, e são mais difíceis de enraizar.

Segundo WEST(1984), as mudas e as estacas de *Pinus radiata* tiveram um crescimento similar em altura; no entanto, as mudas de sementes apresentaram diâmetro superior às estacas.

FIELDING(1970) determinou que as diferenças entre estacas e plantas de sementes são basicamente o resultado da diferença no método de propagação e da idade do material propagado. As estacas utilizadas neste estudo eram de *Pinus radiata* e foram retiradas de árvores com menos de oito anos de idade. As estacas apresentaram casca mais delgada, menor conicidade e tendência a crescer verticalmente. Em relação ao sistema radicular, embora não tenha sido feita uma comparação mais detalhada, o trabalho conclui que as estacas, aos três anos, possuíam raízes mais grossas e um maior peso seco que as mudas de sementes. A não ser no caso das estacas retiradas das árvores mais velhas, nenhuma tendência foi encontrada no sentido de que o método tenha influenciado na taxa de crescimento dos plantios.

Estacas enraizadas, retiradas de árvores com mais de quinze anos, cresceram mais lentamente durante os primeiros anos.

FRAMPTON JR(1988), MACKEAND e WISNIEWSKY(1982), em estudos efetuados com *Pinus taeda*, demonstram que os clones propagados por microestaquia apresentam um crescimento lento em relação às progênes propagadas por sementes. Segundo estes autores, isso se deve à diferença no tamanho inicial das mudas e ao sistema radicular menos desenvolvido nas estacas, quando comparadas com as propagadas por sementes. O crescimento mais lento na propagação vegetativa poderia, também, ser atribuído à planta mãe que forneceu os propágulos.

NIXON(1985) realizou um estudo comparativo entre onze clones de *Acacia mearnsii*, com progênes de sementes obtidas de pomares de sementes em dois sítios. Concluiu que os clones são mais uniformes para a maioria das variáveis, sendo o diâmetro muito influenciado pelas características do sítio, pela mortalidade e pelo sistema radicular. Os clones foram tiveram um resultado pouco melhor que as plantas de sementes e neste estudo não se pode tirar conclusões definitivas para rejeitar o emprego de clones em favor das plantas de sementes e vice-versa.

ROUNLUND(1974), num estudo comparativo de plantas de sementes (seedlings) e propágulos vegetativos (cuttings) de *Picea* spp, concluiu que os clones não apresentaram maior uniformidade em altura, diâmetro e forma de fuste que as mudas de sementes.

TALVERT e STRUVE(1984) compararam o comportamento, em idades avançadas, de estacas e plantas de sementes de *Pinus strobus*. Foram avaliadas plantações experimentais, aos 40 anos de idade, em relação às variáveis: altura, diâmetro (DAP) e peso específico da madeira. Em geral, as estacas apresentaram um comportamento similar ou superior às plantas originadas de sementes, em termos de sobrevivência, altura e DAP. O número de raízes por estaca foi significativamente e positivamente correlacionado com o DAP aos 9 e 40 anos. As árvores provenientes de sementes tiveram um maior e significativo peso específico da madeira do que as estacas.

BERTOLOTI(1986), num estudo envolvendo diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* aos dois anos, com diferentes graus de melhoramento, ensaiados em dois tipos de solos, concluiu que os tratamentos propagados por sementes apresentavam um comportamento superior em volume da madeira quando comparados às parcelas monoclonais e multiclonaes. Foi levantada a hipótese de que

tal fato se deve ao maior equilíbrio e funcionamento do sistema radicular das mudas de sementes em relação às estacas.

CHAPERON(1987) assinala que é necessário "rustificar" as plantas propagadas por estacas para promover um bom crescimento do fuste e do sistema radicular. Além disso, afirma que as necessidades nutricionais das estacas são maiores que as das plantas de sementes e que o atrofiamento da raiz principal nas estacas pode ser problema para alguns clones.

KIKUTI(1988), num estudo de progênes de meios-irmãos e clonais de *Eucalyptus grandis*, concluiu o seguinte:

- a. as progênes de meios-irmãos apresentam melhor crescimento em relação às progênes clonais, aos 30 meses de idade, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas, com uma tendência para uma diminuição dessa diferença com o passar dos anos.
- b. os efeitos do método de propagação foram expressivos, dentro dos caracteres

avaliados, assim como a interação progênie x método de propagação.

c. algumas matrizes apresentam melhor desenvolvimento quando propagadas por sementes, enquanto outras foram melhores quando propagadas por estacas.

O menor crescimento detectado nos clones poderia ser explicado pela diferença na qualidade fisiológica das mudas produzidas por estacas em relação àquelas obtidas por sementes. Mesmo que as matrizes selecionadas possuam um bom potencial genético, as plantas propagadas por estacas poderiam apresentar um sistema radicular menos desenvolvido que as plantas propagadas por sementes.

2.2. A silvicultura clonal

LIBBY e RAUTER(1984) afirmam que a silvicultura clonal era praticada até recentemente com poucas espécies (*Cryptomeria japonica*, *Populus spp*), mas com o desenvolvimento da tecnologia de macro e micropropagação vegetativa, outras espécies (*Pinus spp*,

Eucalyptus spp) foram incorporadas constituindo uma alternativa à silvicultura convencional baseada em sementes.

A transferência das técnicas da horticultura aliada à tecnologia silvicultural intensiva (preparação do solo mecanizada, fertilização e nutrição, tratos culturais, aplicação de herbicidas) constitui a "silvicultura clonal". Os clones usados em plantios devem ser escolhidos entre cruzamentos de pais selecionados ou híbridos naturais.

A grande vantagem que explica a superioridade da propagação vegetativa é a multiplicação dos indivíduos sem modificar as características genéticas do ortete, capturando a variância genética total: aditiva e não aditiva. Este aspecto é muito importante, pois a maioria das características de interesse comercial nas essências florestais são de controle poligênico.

LIBBY(1984) assevera que a silvicultura clonal, além de incrementar o crescimento e a qualidade das florestas, permitirá predizer a época e oportunidade das intervenções silviculturais simplificando as operações industriais.

EINSPAHR(1982) prevê que a silvicultura clonal permitirá, em futuras plantações florestais para

fins industriais, estabelecer tanta diversidade genética quanto a desejada. O uso de clones de rápido crescimento, densidade básica da madeira apropriada e comprimento da fibra melhorada, permitirá estabelecer florestas de alta produtividade, aliado à alta homogeneidade das árvores e ao baixo custo de exploração e transporte.

LIBBY(1983) assinala que é possível selecionar um conjunto de clones adaptados a sítios específicos. No futuro será preciso elaborar zoneamentos de sítios e microssítios para a utilização da silvicultura clonal.

BURDON(1982) afirma que não há dúvidas sobre a existência de casos onde a concorrência pode causar variação indesejável no tamanho do fuste.

ZOBEL(1983) argumenta que existe homogeneidade dentro de clones produzidos por estacas, quando plantados como sistema monoclonal.

ZSUFFA(1983) desenvolveu dois conceitos principais na aplicação da silvicultura clonal: 1) o uso de blocos monoclonais de pequeno tamanho distribuídos em mosaicos e 2) o uso de misturas de clones em plantios multiclonaes, através de arranjos de linhas de árvores.

O conceito de mosaicos de blocos monoclonais implica numa seleção de clones específicos para cada sítio. Cada bloco de plantio tem como objetivo a produção de madeira para determinado fim (polpa, serraria, etc).

O uso de misturas de clones em arranjos de filas ou indivíduos, tem como propósito diminuir os riscos dos plantios monoclonais. KOLSTER(1978), misturando clones em filas (com uma densidade de 500 a 525 arv/ha), determinou que o crescimento de um clone era, algumas vezes, inibido por outro vizinho. Além disso, a perda em produção de madeira num clone não era compensada pelo incremento em crescimento do outro clone ("concorrência intergenotípica sub-compensatória").

Em relação à discussão sobre o estabelecimento de plantios mono e multiclonaes, CAMPINHOS e IKEMORI(1977, 1980) sugerem que a solução depende de vários fatores: período de rotação, nível de perdas admissíveis, requerimentos técnicos do uso da madeira, compatibilidade silvicultural entre os clones e das relações pouco conhecidas entre clones e patógenos (insetos, fungos), nos casos de doenças e pragas.

Segundo SCHIMIZU(1988), os clones não crescem exclusivamente em função de seu potencial genotípico;

dependem das características ambientais e da concorrência com outros genótipos por luz, água, nutrientes e espaço.

CANNELL(1978) propõe, para reduzir os riscos dos plantios monoclonais, a mistura de clones com baixa capacidade de concorrência e com boas características de crescimento em conjunto.

Ainda discutindo os plantios mono e multiclonais, ZOBEL e TALBERT(1984) descrevem as desvantagens dos plantios multiclonais que, ao seu ver, podem ser resumidas em:

- a. nos plantios multiclonais, cada clone pode ter seu próprio padrão de desenvolvimento e curva de crescimento. Alguns clones podem ser severamente suprimidos pela concorrência com outros clones de rápido crescimento; nesse caso, nunca serão capazes de expressar seu potencial adequadamente. Além disso, existem diferenças em tamanho e qualidade das árvores, afetando uma das grandes vantagens da propagação vegetativa: a maior homogeneidade nas florestas.

- b. a plantação e as operações do viveiro são muito mais simplificadas quando há opção por plantios monoclonais.
- c. a homogeneidade da madeira entre árvores é máxima dentro de um bloco monoclonal. Cada bloco pode ser usado para um objetivo de produção específico: chapas, celulose, serraria, etc.
- d. maiores possibilidades de substituir um bloco monoclonal no caso de um ataque de pragas ou doenças, ou de condição ambiental adversa. No caso de plantios multiclonaes uma operação de resgate de clones afetados é economicamente pouco factível.

Outro fator que limita a silvicultura clonal é o teste clonal. HUENHN et ali (1987) discutem a duração do teste e sua avaliação, no caso de *Picea abies*. Afirmam que é muito importante estudar a variação dos parâmetros em função da idade do teste.

CLARKE e SLEE(1984) afirmam também que, dada a especificidade dos clones, é muito importante avaliar: a) a

interação clone/sítio, variação clonal em sítios diferentes e b) a magnitude da variação somaclonal.

2.3. Variação Intraclonal. Efeito da maturação progressiva (efeito "c")

Os rametes de um mesmo clone apresentam diferenças importantes em aspecto, embora tenham idêntica constituição genética. A razão mais importante da variação intraclonal está relacionada com a idade fisiológica, resultado de diversos componentes do metabolismo endógeno (tróficos, hormonais) muito influenciados pelas variáveis de origem exógeno (climáticas, edáficas).

A interação desses componentes explica as variações do estado fisiológico de um mesmo indivíduo através do tempo. Esta heterogeneidade fisiológica explica-se em algumas espécies, pela existência de um gradiente de potencialidade morfogenética ligada à proximidade do sistema radicular (MONTEUUIS, 1988).

OLESEN (1978) assinala que o desenvolvimento dos rametes pode ser afetado pela ciclófisis (efeito da idade ontogenética), pelo efeito ambiental e clonal. CHAPERON (1983) acrescenta que a variação intraclonal pode

ser explicada, também, pela técnica da propagação deficiente empregada.

LIBBY e JUND (1962) afirmam que um problema fisiológico associado à clonagem é o efeito "c", sendo o responsável pelas variações existentes dentro dos rametes de um mesmo clone, derivadas das características morfo-fisiológicas do ortete onde foram obtidos os propágulos.

FOSTER (1984) afirma que o efeito "c" é a principal fonte de variação intraclonal; ele inclui a) o efeito da idade fisiológica (ciclófisis), b) o tamanho do ortete e c) o efeito da posição onde foram colectados os propágulos (topófisis).

Segundo SHELBOURNE (1974), o fenótipo de uma estaquia individual, considerando o efeito "c", corresponde à seguinte expressão:

$$P = G + m + M + E + Gm + GM + GE + mM + mE + ME$$

onde :

P = fenótipo

G = constituição genética

- m = efeito maternal específico do propágulo individual, tamanho da estaca, sua posição no ortete
- M = efeito maternal comum a todos os rametes de um clone, por exemplo: idade do ortete, seu vigor e particular estadio nutricional
- Gm = o efeito da interação entre o genótipo e o efeito maternal peculiar do propágulo e assim sucessivamente com as outras interações (GM, GE,.....ME)

Segundo FOSTER (1984), o efeito maternal comum a todos os rametes de um clone (M) corresponde ao verdadeiro efeito "c", afetando a estimativa dos valores genotípicos dos clones e aumentando as expectativas de ganho genético. O efeito "m" afeta o propágulo individual (estaca) e acrescenta-se a variância intraclonal e não a variância interclonal.

A superestimativa do ganho previsto pode causar expectativas excessivamente otimistas para a silvicultura clonal. A estimativa distorcida dos valores genotípicos dos clones resulta numa pobre correlação entre o desenvolvimento real e o esperado do clone.

2.4. Estratégias de melhoramento por via assexuada

LIBBY e RAUTER(1984) afirmam que a maioria dos métodos de melhoramento florestal começam com a seleção fenotípica das árvores para algumas características econômicas importantes.

Essas árvores são a base para o ciclo de seleção recorrente. Visando a recombinação gênica entre elas são instalados pomares de sementes clonais ou por mudas. A capacidade de combinação geral destes progenitores é a base para a produção de semente melhorada. No entanto, muitas características como, por exemplo, o crescimento volumétrico das árvores, tem um componente genético não aditivo substancial. Os testes de progênie utilizando sementes de polinização livre não são adequados para a estimativa dos efeitos genéticos não aditivos.

CHAPERON et al(1983) assinalam que a utilização de clones, em plantios operacionais, é a melhor maneira de se explorar totalmente o potencial genético, incluindo os efeitos genéticos não aditivos.

As vantagens da propagação clonal na estimativa dos efeitos genéticos não aditivos e sua

utilização, foram discutidos por ZOBEL(1981), LIBBY(1983) e BURDON(1983) e podem ser resumidas em:

- maior ganho genético. As sementes de polinização livre, produzidas em pomar de sementes, são uma mistura dos possíveis cruzamentos entre as árvores. As florestas resultantes representam a média desses cruzamentos. No entanto, os melhores cruzamentos, com maior capacidade específica de combinação, dão origem a progênies muito superiores a essa média e não são detectadas no teste.

Um exemplo é o do *Pinus radiata* na Austrália; após oito anos no campo, progênies de pomar clonal de sementes apresentaram 25% de superioridade volumétrica sobre o material não melhorado, mas os cinco melhores cruzamentos apresentaram 57% de superioridade. A propagação vegetativa massiva das árvores desses cruzamentos pode explorar essa superioridade convenientemente.

Assim, EINSPAHR(1982) estima que o ganho obtido com a utilização de sementes de pomares pode atingir até 35% em volume, enquanto que, pela utilização de clones, poder-se-ia atingir 45 a 50% de uma maneira geral.

IKEMORI(1982) assinala que, usando os métodos convencionais de melhoramento por sementes, é muito difícil prever o ganho genético real em relação à qualidade da madeira ou rendimento em polpa. Sabemos hoje que o ganho é relativamente pequeno e que os rendimentos em polpa são variáveis, quando comparados com plantios clonais estabelecidos com clones previamente selecionados (ZOBEL et al, 1983).

ZOBEL et ali (1983) acrescentam ainda os seguintes fatores importantes:

- uma realização mais rápida deste ganho.

O material melhorado pode ser utilizado no campo muito mais rapidamente usando propágulos vegetativos (5 anos) quando comparados com um programa tradicional de pomar de sementes, onde o período compreendido entre a seleção das árvores até a produção de semente melhorada é, no mínimo, de 8 a 10 anos.

- produção de florestas mais homogêneas

O material clonal pode produzir florestas uniformes afetando o custo e a eficiência das operações silviculturais.

- utilização de material com características altamente desejáveis que poderiam ser modificadas através da reprodução sexual.
- desenvolvimento de clones específicos para condições de sítios especiais. É possível, através da silvicultura clonal, encontrar indivíduos adaptados a condições específicas de solo, clima e, possivelmente, micro-sítios.

LIBBY e RAUTER(1984) afirmam que é possível obter uma maior diversidade genética através do uso de clones com "pedigree" conhecido do que através de mudas oriundas de sementes colectadas em populações naturais ou comerciais onde não se conhece a base genética.

Para compreender melhor essa afirmativa convém lembrar que a diversidade genética é pouco influenciada pelo número real de indivíduos geneticamente diferentes ou clones de uma população. As variáveis importantes na diversidade são o grau de diferença genética

entre os indivíduos ou clones na população e a frequência dos indivíduos que tem constituição genética diferente. Em populações alógamas, cada indivíduo tem um genótipo único, não existem dois indivíduos iguais. No entanto, esses indivíduos formam uma continuidade genética e as diferenças entre genótipos similares são normalmente muito pequenas. Na população sexuada a frequência dos indivíduos/genótipos se distribui normalmente, com a maioria dos indivíduos agrupados na parte central da distribuição.

Na propagação assexuada um conjunto de clones (por exemplo de 7 a 30) pode ser selecionado de uma população sexuada de tal forma que os clones sejam de genótipos bastante diferentes. Mesmo que todas as estacas sejam idênticas, as diferenças entre clones pode ser grande. Essa descontinuidade genética poderia simular a estrutura genética de uma floresta natural, desde que fosse feita com genótipos seletos formando uma barreira substancial a pragas e doenças.

2.5. Variabilidade da densidade básica

Segundo MALAN(1988), a densidade básica (ou gravidade específica) é uma medida da quantidade da substância madeira por unidade de volume.

Está relacionada com muitas características anatômicas da madeira como tamanho celular, espessura da parede, diâmetro do lúmen, proporção de vários tipos de células e tecido de suporte como traqueídeos e fibras.

Além disso, ZOBEL(1970) e EINSPAHR(1972) relacionam a densidade básica com ângulo das fibrilas, níveis de estrativos, conteúdo de lignina, relação madeira de primavera/madeira outonal, níveis de madeira de reação e proporção de madeira juvenil/adulta.

MALAN(1988) acrescenta que a densidade básica é correlacionada com as propriedades físicas e mecânicas da madeira serrada, facilidade de manuseio da madeira, colagem e preservação, e na indústria de polpa e papel.

ZOBEL(1964) cita que a densidade básica varia em função da a) espécie, b) procedência c) entre indivíduos da mesma espécie e d) dentro de cada indivíduo.

FERREIRA e KAGEYAMA(1978), num experimento com procedências de eucalipto, determinaram que a tendência predominante foi uma maior variabilidade entre árvores, dentro das procedências, do que a variação entre as procedências.

BRASIL(1983) analisou a variação da densidade básica entre e dentro de procedências de *Eucalyptus urophylla* em dois locais. Conclui que os melhores ganhos genéticos podem ser obtidos através da seleção entre procedências e a interação sítio x procedência, o que revela um grande controle genético da característica.

FERREIRA e KAGEYAMA(1978) destacam a alta variabilidade individual relativa à densidade básica da madeira. Citam que a densidade varia significativamente de árvore para árvore dentro de uma população. Essa variação é muito mais importante que as variações entre populações, dentro de um local ou entre populações em locais diferentes.

A densidade básica da madeira varia da medula à casca, da base do topo da árvore dentro do anel anual de crescimento e, às vezes, em diferentes partes da árvore relacionadas com a incidência da radiação solar e com a temperatura (CAMPINHOS e IKEMORI, 1983).

MALAN(1988) assinala que a densidade básica de *Eucalyptus grandis* aumenta rapidamente no sentido medula-casca, especialmente na zona de madeira juvenil, sendo este gradiente menor nas partes mais altas da árvore.

SARDINAH(1974) e MALAN(1988) afirmam que as variações da densidade entre árvores podem ser tão grandes como a variação dentro da árvore. Consideráveis diferenças podem ainda existir entre indivíduos vegetando num sítio uniforme, indicando um substancial efeito genético. Diferenças entre árvores podem explicar cerca de 30% da variação total para a densidade básica da madeira. O gradiente dentro das árvores também difere entre árvores.

MALAN(1988) acrescenta que árvores com altos níveis de "stress" de crescimento tendem a possuir maior densidade e também um maior gradiente medula-casca.

TOMAZELLO et al(1985) e MALAN(1988) afirmam que os efeitos das condições ecológicas na densidade básica da madeira são pouco estudados no gênero *Eucalyptus*.

BURDON e HARRIS(1971) afirmam que o stress hídrico conduz a um incremento na densidade.

TAYLOR(1973) e WILKES(1988) discutem que as propriedades da madeira aparentam não estar correlacionadas com fatores ambientais como temperatura, altitude, latitude, precipitação e propriedades de solo.

2.6 Variação genética da densidade básica

HILLIS(1978) e TAYLOR(1973) afirmam que as propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* são conhecidas por exibir considerável variação entre e dentro das árvores; e também entre árvores vegetando dentro do mesmo ambiente geral. Isto sugere que a variação é parcialmente devida a diferenças genéticas.

Estudos desenvolvidos por MALAN(1988) revelam variações genéticas significativas para densidade básica. As estimativas de herdabilidade no sentido restrito para esta característica variam entre 0,30 e 0,54, o que significa que ganhos substanciais podem ser obtidos através de seleção e melhoramento.

KAGEYAMA et alii (1983), num estudo de variação genética da densidade básica em progênes de polinização aberta de *Eucalyptus grandis*, determinaram a existência de diferenças significativas entre progênes e entre os três sítios estudados. A análise de variância conjunta para os três sítios mostrou valores significativos para locais e progênes e valores não significativos para a interação progênie x local. Os coeficientes de correlação linear entre a densidade da madeira das árvores selecionadas

e suas respectivas progênies foram muito variáveis para os sítios (0,11 a 0,48). Os coeficientes de correlação linear obtidos entre altura e densidade da madeira ao nível de progênies não foram significativos, revelando não existir relação entre essas características.

Num estudo desenvolvido por MORAES e ROCHA(1986) foram comparadas as densidades dos clones de *Eucalyptus grandis* aos 31 meses de idade, com as densidades das matrizes aos 7 anos de idade. Foram estudadas as variações inter e intraclonais.

A média da densidade básica dos clones foi de 0,39 g/cm³, enquanto que a média da densidade básica das matrizes foi de 0,48 g/cm³. O aumento da densidade das matrizes resultou num aumento da densidade dos clones, sendo o coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,56.

O coeficiente de variação intraclonal foi menor que o coeficiente de variação interclonal, refletindo apenas os efeitos ambientais, enquanto que o coeficiente de variação interclonal refletiu o efeito genético entre os clones em associação com efeitos ambientais.

MALAN(1988) afirma que não há indícios de correlação genética positiva ou negativa entre taxa de

crescimento e densidade básica, para o caso de *Eucalyptus grandis*, podendo-se afirmar que a seleção para taxa de crescimento não é prejudicial à densidade da madeira.

2.7. Interação genótipo x ambiente

BURDON e HARRIS(1971) assinalam que o sucesso da seleção da densidade básica da madeira numa região geográfica ampla não depende exclusivamente da herdabilidade determinada em um só local, mas também da magnitude da interação genótipo x ambiente. Ensaio clonais prévios tem sido feitos em um só local e poucos estudos nos fornecem estimativas da interação.

Segundo KAGEYAMA(1986), a interação do genótipo com o ambiente pode ser manifestada em diferentes níveis: a) espécies, b) procedências, c) progênies e d) clones. Os aspectos ambientais podem estar relacionados com características físicas e químicas do solo, níveis de tecnologia silvicultural (preparação de solos, fertilização, etc.). Pode também estar relacionado com diferentes formas de propagação dos genótipos.

SHELBOURNE (1972) afirma que a interação genótipo x ambiente é responsável pela resposta diferenciada

do genótipo em diferentes ambientes. Entre os fatores ambientais mais importantes se destacam as características do solo.

BARNES, GIBSON e BORDEY(s.d) concluíram que a produtividade florestal está intimamente ligada a uma resposta fisiológica em crescimento, e que está em função da atuação positiva ou negativa de multifatores como solo, clima, concorrência, patógenos e outros.

GRAHAM(1984) mostra que a interação genótipo x eficiência nutricional pode ser explicada pelos seguintes mecanismos: a) maior crescimento e geometria do sistema radicular, b) taxa de absorção específica mais rápida a baixas concentrações para maior solubilização dos nutrientes mais limitantes, c) modificação química da interfase solo-raiz para maior solubilização dos nutrientes mais limitantes, d) eficiente redistribuição interna de nutrientes e e) melhor utilização ou menor requerimento funcional de nutrientes.

Em relação à interação clone x sítio, MASSON e PELHAN(1976) demonstraram que quatro clones de *Platanus occidentalis* responderam diferentemente ao aumento de concentração de nutrientes de solo em cada local.

BURDON(1971), num estudo de clones de *Pinus radiata*, concluiu que existe uma considerável variação clonal em exigência ao fósforo. Considerou as interações clone x sítio pequenas em relação às taxas de crescimento.

IKEMORI(1982), num estudo para determinar a interação clone x sítio na densidade básica e outras características da madeira de *Eucalyptus* spp, efetuou um estudo comparativo de 17 ortetes e seus rametes, plantados em dois sítios diferentes. Encontraram-se diferenças significativas entre rametes e ortetes para densidade básica.

O estudo mostrou uma tendência dos rametes a uma menor densidade básica que os ortetes, embora dois clones tenham apresentado grandes diferenças em relação aos ortetes. Além disso, o estudo demonstrou a importância dos ensaios clonais na determinação da interação clone x solo, e como diferentes sítios podem afetar a produtividade e a qualidade da madeira. Tal fato indica a necessidade de se usar clones específicos para cada sítio.

BURDON (1982) discute que nos plantios multiclonais é possível reduzir o efeito da interação genótipo x sítio através de um maior equilíbrio de alguns clones em diferentes condições edafoclimáticas. O plantio

multiclonal simula o comportamento "buffer" das mudas de sementes, com respeito à interação com o sítio.

3. MATERIAL

3.1. Locais do ensaio

Os ensaios analisados foram estabelecidos em dois sítios com características edáficas opostas. A descrição dos sítios são apresentadas a seguir:

Tabela 1. Características ecológicas dos locais do ensaio

	Sítio 1	Sítio 2
LOCALIZAÇÃO		
1. Nome	Fazenda Rio Claro	Fazenda Piracema
2. Região	Lençóis Paulista	Lençóis Paulista
3. Estado	São Paulo	São Paulo
4. Latitude	22° 45'	22° 45'
5. Longitude	48° 49'	48° 49'
6. Altitude	600 m.s.n.m.	60° m.s.n.m.
CLIMA		
1. Precipitação média anual	1.200 mm	1.200 mm
2. Temperatura média máxima	27.3°C	27.3°C
3. Temperatura média mínima	13.0°C	13.0°C
SOLO		
1. Classificação	Podzólico Vermelho	Areia Quartzosa
2. Textura	Média	Leve
3. Material origem	Arenito Bauru	Arenito Bauru
4. Drenagem	Boa	Boa
FISIOGRAFIA		
1. Relevo Local	Plano	Plano
2. Relevo Regional	Suave Ondulado	Suave Ondulado

3.2. Características dos Solos

As características específicas de cada tipo de solo se descrevem nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Caracterização físico-química do solo Podzólico vermelho Escuro. (PVe) Fazenda Rio Claro.

HORIZONTE	PROF. (cms)	TEXTURA				MACRO E MICROELEMENTOS			
		AREIA (%)	LIMO (%)	ARGILA (%)	M.O. (%)	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
						me/cm ³	meq 100 ml	meq 100 ml	meq 100 ml
AP	0-16	61,7	18,5	19,8	3,44	35,74	0,13	2,81	1,14
A3	16-33	64,6	13,9	21,5	1,86	3,55	0,06	1,52	0,51
B21	33-85	59,2	12,6	26,2	1,30	0,73	0,05	2,09	0,43
B22	85-148	56,6	9,6	33,8	1,02	2,92	-	1,07	1,26
B3	148+	60,1	8,7	31,2	0,74	0,73	0,11	0,39	0,61

FONTE: Laboratório ICASA Campinas-SP, citado por BERTOLOTI (1986)

Tabela 3. Caracterização físico-química do solo Areia Quartzosa. Fazenda Piracema.

HORIZONTE	PROF. (cms)	TEXTURA				MACRO E MICROELEMENTOS			
		AREIA (%)	LIMO (%)	ARGILA (%)	M.O. (%)	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
						me/cm ³	meq 100 ml	meq 100 ml	meq 100 ml
AP	0-17	92,1	1,9	6,0	1,4	0,73	-	-	0,02
A3	17-42	88,8	1,8	9,4	1,02	0,73	-	-	0,02
C1	42-128	87,4	2,1	10,5	1,02	0,73	-	-	0,01
C2	128-140+	82,9	3,3	13,8	0,84	0,36	-	-	0,02

FONTE: Laboratório ICASA Campinas-SP, citado por BERTOLOTI (1986)

3.3 Materiais genéticos ensaiados

Os seguintes materiais genéticos foram empregados no estudo:

A. Plantios Monoclonais constituídos por oito clones propagados por estacas (G-0245, G-0246, G-0269, G-0250, G-0256, G-0258, G-0261, G-0251). Os ortetes foram selecionados em função do vigor, retidão do fuste, resistência a pragas e doenças, características favoráveis em relação à melhor desrama natural e volume da copa do que as plantações comerciais da Duratex Florestal.

No momento da seleção as árvores apresentavam idades de 7,9 a 8,4 anos, em plantios sob espaçamentos de 3,0 x 1,5 metros. A altura média dos talhões comerciais estava compreendida entre 17,5 a 23 m, o DAP entre 11,5 a 14,2 cm. e a produtividade entre 44,7 e 98,2 st/ha/ano.

B. Plantios Multiclonais constituídos por uma mistura ao acaso dos oito clones mencionados anteriormente.

C. Mudas originadas de sementes de pomares de sementes. A semente foi colhida na Fazenda Piracema, nas áreas da Duratex Florestal S.A., a partir de clones propagados por enxertia em espaçamento de 5,0 x 2,5 m.0

material propagado foi obtido das árvores selecionadas em povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis*, na região de Salto-SP, com uma intensidade de seleção de 1: 1.600.

D. Mudanças originadas de sementes colhidas das árvores matrizes que deram origem aos clones.

E. Mudanças originadas de semente comercial. A semente foi colhida aleatoriamente, em Junho de 1982, em povoamentos comerciais da Duratex Florestal. A procedência correspondia a *Eucalyptus grandis* ex África do Sul (base genética desconhecida). A semente foi colhida de 50 árvores ao acaso dentro da população.

O tipo de solo predominante na área é de Areia Quartzosa Aluvial. O espaçamento original foi de 3,0 x 1,5. Na época de corte, as árvores estavam com 6,5 anos, altura média de 22,9 m, DAP de 16,6 cms., 12,6% de falhas e uma produtividade média de 79,9 st/ha/ano.

4. METODOLOGIA

4.1. Delineamento Experimental

O delineamento inclui 16 tratamentos com 3 repetições distribuídas em blocos ao acaso nos dois sítios. A parcela experimental está constituída por 36 árvores (6 x 6), das quais foram medidas as 16 centrais (4 x 4). As mudas foram plantadas sob espaçamento de 3,0 x 3,0 m, ocupando uma superfície de 324 m² por parcela.

4.2. Tratamentos

Os tratamentos são formados por plantios experimentais, por clones e mudas de sementes com diferentes níveis de melhoramento, cujas características são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Características dos materiais genéticos ensaiados e dos plantios experimentais.

Tratamento No.	Material genético	No.rep/ Trat	No.rep/ Mat.Gen. (*)
1. Clone G 0245	A	3	
2. Clone G 0246	A	3	
3. Clone G 0269	A	3	
4. Clone G 0250	A	3	
5. Clone G 0256	A	3	
6. Clone G 0258	A	3	
7. Clone G 0261	A	3	
8. Clone G 0251	A	3	24
9. Parcela Multiclonal	B	3	
10. Parcela Multiclonal	B	3	
11. Parcela Multiclonal	B	3	18
12. Semente de Pomar de Sementes	C	3	
13. Semente de Pomar de Sementes	C	3	12
14. Semente de Árvores Matrizes	D	3	
15. Semente de Árvores Matrizes	D	3	12
16. Semente Comercial	E	3	3

A. Parcelas Monoclonais. Oito clones plantados separadamente

B. Parcelas Multiclonais. Oito clones misturados ao acaso

C. Mudanças originadas de pomares de sementes

D. Mudanças originadas de sementes das árvores matrizes

E. Mudanças originadas de sementes comerciais

(*) Número de repetições agrupadas por material genético

4.3. Variáveis

Os plantios experimentais foram avaliados aos 54 meses (4,5 anos). Foram selecionadas para análise estatística as seguintes variáveis:

- a) DAP. Valor médio do diâmetro à altura do peito das parcelas, expresso em cm.
- b) AB Valor médio da área basal da parcela, expresso em m²/ha
- c) H Valor médio da altura total das árvores por parcela, expresso em m.
- d) VOL. Volume médio sólido da madeira com casca da parcela, expresso em m³/ha, estimado segundo a seguinte fórmula:

$$VOL = [(0,043151 \text{ DAP}^2 \cdot H) 0,096169/1.000]$$

- e) DBm. Densidade básica média da madeira das árvores da parcela (expresso em g/cm³) ao nível do DAP.

Para a determinação da densidade básica média da madeira foram amostradas 5 árvores em cada parcela no caso de clones e 15 árvores no caso de árvores provenientes de sementes. De cada árvore foi extraída uma amostra, no raio leste a oeste, à altura do peito, mediante sonda Pressler de 5 mm.. A determinação da densidade básica foi feita através do método de máximo teor de umidade (SMITH, 1955).

f) DBr. Densidade básica radial da madeira no sentido medula-casca (g/cm^3)

As baguetas usadas na densidade básica média ao nível do DAP foram usadas também para determinar a variabilidade no sentido medula-casca. Para este propósito as amostras foram divididas em cinco segmentos iguais. Para cada material genético incluído nas análises (clones e sementes em diferentes níveis de melhoramento) se escolheu uma árvore representativa das 3 classes de taxas de crescimento (alta, média e baixa) por parcela, abrangendo as diferentes classes de diâmetro e altura das árvores. A determinação da densidade básica foi feita pelo método de máximo teor de umidade (SMITH, 1955).

- g) BIO. Biomassa média da parcela. A biomassa estimada a partir do volume e densidade básica média é expressa em ton/ha.

4.4. Processamento da informação

Os dados foram processados no pacote de computação SAS (Statistical Analysis System) usando a rotina GLM para análise de variância (ANOVA) em delineamentos estatísticos não balanceados. Para determinar as diferenças significativas entre tratamentos empregou-se o teste de Duncan (Duncan's Multiple Range Test) para um nível de significância de $\alpha = 0,05$.

4.4.1. Análise de Variância Conjunta

Para detectar as diferenças entre os tratamentos, (considerando os 8 clones como tratamentos diferentes, segundo Tabela 2) e a interação com os sítios, foi empregado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = U + S_i + B_j(S_i) + T_k + ST_{ik} + E_{ijk}$$

$$i = 1,2 \quad (\text{sítios})$$

$j = 1, 2, 3$ (blocos)

$k = 1, \dots, 16$ (tratamentos)

onde:

Y_{ijk} = valor observado parcela (DAP, H, AB, VOL, DB, BIO)

U = média geral

S_i = efeito do sítio i

$B_j(S_i)$ = efeito do bloco j no sítio i

T_k = efeito do tratamento k

ST_{ik} = efeito da interação sítio i x tratamento k

E_{ijk} = erro experimental

4.4.2. Análise de Variância entre materiais genéticos

Para comparar o material proveniente de propagação vegetativa (plantios clonais e multiclonais) com respeito ao material de sementes (com diferentes níveis de melhoramento), os tratamentos (16) foram agrupados em cinco tipos de materiais genéticos (plantios monoclonais,

plantios multiclonais, mudas de árvores matrizes, de pomar clonal e de semente comercial, segundo a Tabela 2). Para análise entre os materiais aplicou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = U + MG_i + E_j + E_{ijk}$$

$i = 1, \dots, 5$ (materiais genéticos)

$j = 1, 2, 3$ (blocos)

onde:

Y_{ijk} = valor médio observado na parcela (DAP, AB, H, VOL, DB, BIO) que recebeu o tratamento i no bloco j .

U = média geral

MG_i = efeito do material genético i

B_j = efeito do bloco j

E_{ijk} = erro experimental

4.4.3. Análise de Variância entre clones

Estimativas dos componentes de variância genética e herdabilidade no sentido amplo.

Para estimar as variâncias genéticas entre os 8 clones ensaiados aplicou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = U + C_i + CB_{ij} + B_j + E_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, 8 \text{ (clones)}$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ (blocos)}$$

onde:

Y_{ijk} = valor observado de cada indivíduo para as idades 6, 12, 18, 24, 36, 48 meses

U = média geral

C_i = efeito do clone i considerado aleatório de média zero e variância σ_c^2

B_j = efeito do bloco j considerado aleatório de média zero e variância σ_b^2

CB_{ij} = efeito da interação bloco $\times$ clone (microssítio).

E_{ijk} = erro experimental

A estimativa dos componentes de variância genética e ambiental, efeito da interação clone $\times$ bloco (variação do microssítio) e da herdabilidade para os 8 clones ensaiados em cada sítio foi obtido segundo o seguinte esquema de análise:

Fonte de Variação	g.l.	QM	Estimativa dos componentes de variância
Blocos	(b-1)	QMb	$\sigma_e^2 + n\sigma_c^2 + nc\sigma_b^2$
Clones	(c-1)	QMc	$\sigma_e^2 + n\sigma_c^2 + nr\sigma_e^2$
Blocos x clones	(b-1)(c-1)	QMbc	$\sigma_e^2 + n\sigma_c^2$
Erro	$N - [(b-1) + (c-1) + ((b-1)(c-1))]$	QMe	σ_e^2
Total	N		

A herdabilidade no sentido amplo foi calculado

como:

$$H^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_c^2 + \sigma_{cb}^2 + \sigma_e^2)$$

onde:

N = número total de observações

n = número de rametes por clone

c = número de clones

r = número de repetições

H² = herdabilidade no sentido amplo

σ_c^2 = variância genética devido a clones

σ_{cb}^2 = variância devido à interação clone x bloco

σ_e^2 = variância experimental ou devida ao ambiente

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Resultados da Análise de Variância Conjunta

A tabela 5 resume os resultados obtidos aos 4,5 anos com os diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* na Fazenda Rio Claro (RC) e Piracema (P), segundo as variáveis analisadas: diâmetro médio à altura do peito (DAP), altura total média (H), área basal média por hectare (AB), volume médio sólido da madeira com casca por hectare (VOL), densidade básica média (DB) e biomassa média por hectare (BIO).

A tabela 6 resume os quadrados médios e os valores de F encontrados na Análise de Variância Conjunta efetuada para os dois sítios, segundo as fontes de variação: a) entre sítios, b) bloco dentro de sítios, c) entre tratamentos e d) interação entre sítio e tratamentos.

Tabela 5. Resultados obtidos aos 4,5 anos com materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* na Fazenda Rio Claro (RC) e Piracema (P)

MATERIAIS GENÉTICOS	H (m)		DAP (cms)		AB (m ² /ha)		VOL (m ³ /ha)		DB (g/cm ³)		BIO (ton/ha)	
	RC	P	RC	P	RC	P	RC	P	RC	P	PC	P
A.CLONE G-0245	21,9	17,7	15,9	13,0	18,7	15,9	183,0	128,0	0,380	0,412	69,5	52,8
CLONE G-0246	24,2	20,0	17,6	14,7	25,1	18,6	259,5	159,8	0,406	0,464	105,2	74,0
CLONE G-0269	24,1	19,3	17,3	14,6	27,4	17,6	284,0	144,8	0,423	0,475	120,6	68,9
CLONE G-0250	25,5	20,6	18,7	14,3	16,0	17,4	278,3	153,4	0,376	0,420	104,7	64,5
CLONE G-0256	24,4	17,6	17,8	13,6	26,0	16,4	275,9	124,8	0,373	0,407	102,9	50,9
CLONE G-0258	24,5	17,2	17,4	13,2	23,9	14,4	251,3	108,9	0,388	0,433	97,6	47,1
CLONE G-0261	23,1	16,8	17,6	12,9	25,5	14,9	254,9	111,9	0,388	0,461	98,9	51,7
CLONE G-0251	21,6	17,8	16,0	13,6	20,9	14,1	194,7	111,0	0,422	0,450	82,3	49,9
MÉDIA CLONES	23,6	18,3	17,2	13,7	22,9	16,1	247,7	130,3	0,394	0,440	97,7	57,4
MELHOR CLONE	25,5	20,6	18,7	14,7	27,4	18,6	284,0	159,8	0,423	0,475	120,6	74,0
B.MULTICLONES	22,9	18,2	16,6	13,2	24,2	16,1	246,0	129,3	0,403	0,433	99,1	55,9
C.POMAR SEMENTES	23,5	18,7	16,5	13,1	24,3	15,6	254,8	131,5	0,425	0,452	108,3	59,4
D.ÁRVORE MATRIZ	22,5	17,5	16,0	13,5	24,3	17,0	245,5	134,0	0,415	0,437	101,9	58,4
E.SEMENTE COMERCIAL	21,7	16,4	16,0	12,8	25,6	15,4	256,1	115,2	0,391	0,434	99,9	50,0
MÉDIA SÍTIO	23,2	18,1	16,8	13,5	24,3	16,1	248,6	129,8	0,399	0,439	99,9	57,1

Tabela 6. Resultados da Análise de Variância Conjunta

V A R I Á V E L

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	H		DAP		AB		VOL		DB		BIO	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
SÍTIO	1	269,8	302,00**	630,6	443,97**	1.622,2	313,13**	338.591,8	527,85**	0,033	231,02**	44.118,3	423,25**
BLOCO (SÍTIO)	4	3,85	4,32**	3,1	2,24	29,7	5,74**	3.411,2	5,32**	0,0003	2,28	551,06	5,29**
TRATAMENTO	11	3,09	3,46**	7,6	5,37**	14,9	2,89**	2.456,9	3,83**	0,002	15,89**	550,08	5,28**
SÍTIO X TRATAMENTO	11	1,06	1,19**	1,8	1,28	7,0	1,36	1.223,8	1,91*	0,0004	2,84**	177,25	1,70**

* $\alpha = 0,01$

** $\alpha = 0,05$

Segundo os dados da análise conjunta houve diferenças altamente significativas entre os dois sítios para todas as variáveis analisadas, sendo Rio Claro o sítio de melhor produtividade para os materiais genéticos empregados (55,24 m³/ha/ano). Dentro deste ensaio todas as variáveis de crescimento (DAP, H, AB, VOL) apresentaram melhores resultados em Rio Claro do que em Piracema. A única característica que diminuiu com a qualidade do sítio foi a densidade básica, independente do material genético empregado (Tabela 5). A média da densidade básica em Rio Claro (0,439 g/cm³) foi um 10% superior à de Piracema (0,399 g/cm³).

Estes resultados são consistentes, pois Rio Claro apresenta características edáficas mais favoráveis para o desenvolvimento dos eucaliptos: melhor estrutura, textura, capacidade de retenção hídrica, níveis nutricionais e capacidade de troca catiônica (BERTOLOTTI, 1986). Além disso, as características de crescimento parecem estar negativamente correlacionadas com a densidade básica da madeira. BRASIL (1972) citada por MORAES(1987) encontrou uma relação entre o crescimento das árvores e a densidade básica da madeira, sendo que no local de maior crescimento foi obtida uma menor densidade, ocorrendo o inverso no local de menor crescimento.

O volume sólido médio de todos os tratamentos em conjunto foi de 248,6 m³/ha em Rio Claro, enquanto que em Piracema esse valor foi de 129,8 m³/ha. A biomassa média em Rio Claro foi de 99,9 ton/ha em relação à de Piracema, que foi de 57,1 ton/ha.

A análise de variância conjunta detectou também diferenças entre tratamentos para todas as variáveis analisadas.

A interação sítio x tratamentos foi significativa para as variáveis de densidade básica ($\alpha = 0,01$) e de volume cúbico ($\alpha: 0.05$), demonstrando que os genótipos comportaram-se diferentemente nos sítios para as duas variáveis.

Segundo MORAES (1987), as características de alta herdabilidade sofrem menos a influência da interação genótipo x ambiente quando comparadas às de baixa herdabilidade dentro de uma mesma população. Embora a densidade básica da madeira seja uma característica de alta herdabilidade, vários fatores ambientais (condições edafoclimáticas, manejo) e genéticos (variabilidade inter e intraespecífica, entre e dentro das árvores) têm uma participação importante na determinação da densidade básica.

Analizando graficamente a interação dos clones com o tipo de solo em relação à densidade básica (Figura 1A) pode-se concluir:

a) os clones G-0250 e G-0251, apresentam algum tipo de interação entre seu genótipo e alguma característica edáfica; b) a maioria dos clones não apresentou interação genótipo x ambiente para a densidade básica, confirmando a baixa interação dessa característica com o ambiente.

IKEMORI (1982), num estudo para determinar a interação clone x sítio na densidade básica e outras características da madeira de *Eucalyptus* spp, efetuou um ensaio comparativo de 17 clones em dois sítios. Encontraram-se y diferenças significativas entre rametes e ortetes. O estudo mostrou uma tendência dos rametes a apresentarem densidade básica menor que os ortetes, embora dois clones tenham apresentado grandes diferenças em relação aos ortetes.

Além disso, o estudo demonstrou a importância dos ensaios clonais na determinação da interação clone x solo, e como diferentes sítios podem afetar a produtividade e a qualidade da madeira. Tal fato indica a necessidade de se seleccionar clones específicos para cada sítio.

Figura 1 A Representação gráfica da interação clone x sítio para densidade básica da madeira (g/cm^3)

SOLO :

(*) Os valores entre parênteses são da densidade básica expressa em g/cm^3

Figura 1 B Representação gráfica da interação clone x sítio para volume sólido ($\text{m}^3/\text{ha.}$)

(*) Os valores entre parênteses são de volume sólido expresso em $\text{m}^3/\text{ha.}$

Para volume (Figura 1B), o clone G-0269 demonstrou ser específico para as características do solo Podzólico-Vermelho, sendo o genótipo de maior produtividade neste tipo de solo. Um comportamento similar foi apresentado pelo clone G-0246, em relação ao solo de Areia Quartzosa.

O clone G-0250 e o G-0269 aparentam ser muito estáveis em termos de rendimento em volume para os dois locais, não sendo afetado pelas características de solo em que foram testados.

5.2. Resultados da Análise de Variância entre materiais genéticos para cada local.

Na Tabela 7 são apresentados os valores F das análises estatísticas entre material genético propagado vegetativamente (plantios mono e multiclonais) e por sementes (pomar clonal, árvore matriz e comercial), das variáveis analisadas (DAP, H, VOL, DB, BIO).

abela 7. Resultado da Análise de Variância entre materiais Genéticos em Rio Claro (RC) e Piracema (P)

FONTE DE VARIAÇÃO	V A R I A V E I S											
	H		DAP		AB		VOL		DB		BIO	
	RC	P	RC	P	RC	P	RC	P	RC	P	RC	P
MATERIAL GENÉTICO	1,57	2,34	2,42	1,28	0,13	0,44	0,09	0,35	4,58*	0,76	0,62	0,44
BLOCO	0,78	2,83	0,85	7,07**	2,24	8,27	2,29	6,23*	1,55	0,33	2,21	5,01

* $\alpha = 0,05$ ** $\alpha = 0,01$

a) Diâmetro à altura do peito (DAP)

Em relação ao crescimento diametral não se detectou diferenças significativas entre os materiais genéticos ensaiados, sendo o plantio monoclonal ligeiramente superior ao material propagado por sementes. (Figura 2A)

Segundo KIKUTI (1988), as diferenças de crescimento diametral entre progênies de meios irmãos e clonais diminuíram com a idade, atingindo um valor de 2,73% em matrizes selecionadas e de 6,52% em testemunhas (progênies de árvores não selecionadas) aos 30 meses de idade. O lento crescimento inicial observado nos clones é devido, provavelmente, ao efeito da estaquia na qualidade fisiológica das mudas.

Figura 2. Diferenças entre materiais genéticos para as características avaliadas

Para ambos sítios pode-se concluir que os plantios multiclonais apresentaram resultados inferiores aos plantios monoclonais em relação ao DAP, embora essa diferença seja significativa.

SCHIMIZU(1988) assinala que os clones não crescem exclusivamente segundo seu potencial genotípico, senão também em função das características ambientais e a concorrência inter e intragenotípica por luz, água, nutrientes e espaço, o que explicaria o menor desenvolvimento das misturas de clones. No presente trabalho, embora os resultados dos plantios multiclonais tenham sido inferiores, não há suporte estatístico para inferir diferenças com respeito aos plantios monoclonais.

Uma tendência similar se observa na resposta em diâmetro nos dois sítios, isto é, o DAP está diretamente relacionado ao material genético com maior nível de melhoramento e especificidade, embora não tenham sido detectadas diferenças significativas entre eles.

b) Altura Total (H)

Para o crescimento em altura os plantios mono e multiclonais apresentaram médias similares ao material de sementes de pomar clonal nos dois sítios (Figura 2B). O pior crescimento correspondeu à parcela testemunha de semente comercial, sendo a diferença entre a testemunha e outros tratamentos significativos no pior sítio (Piracema).

Os plantios monoclonais superaram em altura as árvores dos plantios multiclonais, embora essa diferença não seja significativa. ZOBEL e TALBERT(1984) mostram que em plantios multiclonais cada clone pode ter seu próprio padrão de desenvolvimento e curva de crescimento. Alguns clones podem ser severamente suprimidos pela concorrência de outros genótipos de rápido crescimento nos plantios multiclonais e nunca poderão expressar-se adequadamente. Talvez, no presente estudo, o início da competição entre os clones no plantio multiclonal seja aos 4,5 anos de idade.

c) Área Basal por hectare (AB)

Não se detectou diferenças significativas entre as áreas basais médias, das parcelas dos materiais genéticos ensaiados nos dois sítios (Figura 2C). A área basal da parcela testemunha, no melhor solo podzólico vermelho escuro (25,6 m²/ha) é superior à média dos outros

materiais genéticos (24 m²/ha), não diferindo significativamente deles.

Pode-se observar, segundo os resultados da área basal dos materiais genéticos, que existe uma tendência das árvores oriundas de sementes ocuparem mais equilibradamente o solo mais fértil. No solo inferior essa tendência não foi nítida. Em geral as plantas propagadas vegetativamente apresentam um sistema radicular não balanceado e deficiente que impede uma melhor eficiência na absorção de nutrientes e, além disso, os clones, pela maior uniformidade, exploram exclusivamente os horizontes mais superficiais do solo. Essa afirmativa pode ser confirmada no solo fértil, mas na idade atual do teste não se confirma no solo mais pobre.

d) Volume sólido com casca por hectare (VOL)

O volume médio por hectare dos materiais genéticos não apresenta diferenças significativas nos dois sítios mas, do mesmo modo que para AB, o material de sementes tem maior equilíbrio na produtividade.

Esse equilíbrio manifesta-se desde os 24 meses de idade. Segundo BERTOLOTTI (1986), os materiais genéticos em estudo nos dois solos apresentaram ganhos reais (em

porcentagem) em relação à semente comercial, da seguinte ordem:

	PVe	AQ
P.S. Clonal	+ 4,4 %	+ 8,3 %
Matrizes	+ 3,9 %	+ 6,2 %
Multiclones	- 12,2 %	- 20,3 %
Monoclones	- 21,3 %	- 22,3 %
Melhor Clone	+ 5,0 %	+ 0,5 %

Nota-se que com o aumento da idade o efeito negativo dos clones foi sendo atenuado e os ganhos reais estimados aos 4,5 anos, são:

	PVe	AQ
P.S. Clonal	- 0,51 %	+ 14,15 %
Matrizes	- 4,14 %	+ 16,32 %
Multiclones	- 3,95 %	+ 12,24 %
Monoclones	- 3,28 %	+ 13,11 %
Melhor Clone	+ 10,89 %	+ 38,71 %

Pode-se concluir que as médias derivadas de sementes ocuparam mais equilibradamente o solo nos estágios iniciais sendo superiores às estacas. Esta superioridade perde sua significância com o aumento da idade.

Outro fator importante está relacionado com o grau de melhoramento do material genético empregado. A evidência, aos 24 meses de idade, de que o material oriundo de pomares de sementes e de árvores matrizes selecionadas era superior aos outros materiais, não foi confirmada aos 4,5 anos de idade, especificamente no caso de solo PVe. O pomar de sementes que deu origem às sementes do presente estudo é constituído por matrizes selecionadas em Salto-sp.

As sementes de árvores matrizes foram colhidas das mesmas que deram origem aos clones, (6 delas selecionadas em solos de tipo Areia Quartzosa e 2 em Latossolo).

A semente comercial foi obtida de um povoamento implantado em solo tipo Areia Quartzosa.

Aparentemente, o grau de melhoramento genético das sementes e clones não originou ganhos reais proporcionais à intensidade do trabalho, no solo PVe. Na Areia Quartzosa a resposta foi efetiva e está relacionada às condições edáficas em que o material genético foi selecionado.

O maior volume das parcelas de material genético oriundo de sementes de Pomar Clonal e de Árvores

Matrizes e da testemunha de semente comercial, pode ser explicado pelo maior equilíbrio na ocupação dos solos e do melhor sistema radicular desde a fase inicial do trabalho.

Em termos gerais os plantios clonais e multiclonais apresentam uma produtividade em volume inferior aos plantios derivados de sementes, de árvores matrizes e de pomar clonal, nos dois sítios ensaiados, mas essa inferioridade é função da idade de avaliação. Há tendência para que os plantios clonais superem os de sementes.

KIKUTI(1988) concluiu que progênes de meios irmãos de *Eucalyptus grandis* apresentavam melhor crescimento em relação às progênes clonais, aos 30 meses de idade, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas, com uma tendência a diminuir com os anos. Além disso, determinou que os efeitos do método de propagação eram expressivos para os caracteres avaliados, assim como a interação progênie método de propagação. Algumas matrizes apresentam melhor desenvolvimento quando propagadas por sementes, enquanto outras foram melhores quando propagadas por estacas.

As hipóteses apresentadas em relação ao crescimento inferior dos propágulos vegetativos (clones),

quando comparado às árvores originadas de sementes, nos estágios iniciais, poderiam ser resumidas da seguinte forma:

- Sistema radicular desbalanceado das estacas em relação às plantas de sementes, e uma menor qualidade fisiológica das mudas.

- Menor eficiência do sistema radicular das progênes de sementes. FRAMPTON JR(1987), num estudo comparativo de campo entre plantlets (plantas cultivadas im vitro) e mudas de sementes de Pinus taeda, concluiu que o sistema radicular dos plantlets apresenta menor superfície e menor eficiência de absorção de nutrientes, fundamentalmente N e P.

- Efeito da idade juvenil/adulta entre clones poderia afetar o desenvolvimento do clone numa fase juvenil ou adulta.

- Interação entre genótipo e idade juvenil/adulta dos clones (BURDON, 1982).

- Interação entre genótipo, ambiente e idade juvenil/adulta dos clones (BURDON, 1982)

- Efeito não genéticos ou efeito "c" (BURDON, 1982) relacionados aos métodos de propagação e à topófisis.

Considerando uma seleção entre os melhores clones ensaiados em cada sítio, é possível apreciar a potencialidade de ganho desses genótipos em volume com relação ao material de sementes. O clone G-0269 em Rio Claro e o clone G-0246 em Piracema superam significativamente os outros materiais genéticos, segundo a Tabela 8.

Tabela 8. Potencialidade e volume (m3/ha) dos melhores clones em relação a outros materiais genéticos.

	RIO CLARO			PIRACEMA		
	VOL	dif VOL	dif %	VOL	dif VOL	dif %
MELHOR CLONE (*)	284	-	-	159,8	-	-
A. Média Clones	247,7	36,3	12,8	130,3	29,5	18,4
B. Multiclone	246	38	13,4	129,3	30,5	19,1
C. Pomar Sementes	254,8	29,2	10,3	131,5	28,3	17,7
D. Árvore Matriz	245,5	38,5	13,6	134,0	25,8	16,1
E. Semente Comercial	256,1	27,9	9,8	115,2	44,6	27,9

(*) Clone G-0269 em Rio Claro e G-0246 em Piracema

No caso do solo PBVe o melhor clone (G-0269) apresentou 9,8% de superioridade em relação à semente comercial. Segundo BERTOLOTTI (1986), esse clone foi selecionado em solo tipo latossolo cujo povoamento apresentou uma produtividade de 98,2 st cc/ha/ano.

No caso do solo tipo AQ o melhor clone (G-0246) apresentou 27,9% de superioridade. Esse clone foi selecionado em solo tipo Areia Quartzosa num povoamento cuja produtividade era de 41,6 st cc/ha/ano. Em função dessas considerações fica evidente que a especificidade do material está diretamente condicionada às condições edafoclimáticas em que a seleção é efetuada.

e) Densidade Básica Média (DB)

Não se encontrou diferenças significativas entre as densidades básicas médias dos materiais genéticos ensaiados em Piracema. No ensaio em Rio Claro existem diferenças entre material clonal (mono e multiclonos) e de sementes (pomar clonal e árvores matrizes) (Figura 2E).

Sem considerar o sítio, as árvores oriundas de semente de pomar clonal tiveram maior densidade básica (0,452 gr/cc em Piracema e 0.425 gr/cc em Rio Claro). As árvores dos plantios clonais e multiclonais apresentaram

madeira com densidade básica média inferior às parcelas das árvores matrizes e de semente de pomares clonal, indicando que não houve um efeito da maior idade fisiológica dos clones na densidade básica média da madeira.

NICHOLLS (1974), num estudo comparativo entre madeira de propágulos sexuais e assexuais de *Pinus radiata*, concluiu que as diferenças são efeito da ciclófisis. A idade fisiológica do material colectado do ortete e o estadio nutricional podem modificar as características da madeira dos rametes quando crescem.

f) produção de biomassa por hectare (BIO)

A produção de biomassa por hectare entre os materiais genéticos não difere estatisticamente nos dois sítios ensaiados; pode-se, mesmo assim, notar que os plantios derivados de sementes tiveram uma produtividade superior aos plantios clonais e multiclonais nos dois sítios (Figura 2F), podendo essa tendência ser alterada com a idade do ensaio.

g) Densidade básica radial (DBr)

Observando o padrão de variabilidade radial da densidade básica da madeira, é possível concluir que para

os diferentes materiais genéticos (clones e sementes) a densidade aumenta no sentido medula casca. Além disso, o gradiente radial de densidade básica da madeira é maior no solo AQ, tanto para o material propagado sexual como para o assexual (Figuras 3A, 3B).

É possível selecionar dentro dos sítios clones com menor variabilidade no gradiente radial da densidade básica, como por exemplo os clones G-0246 em Piracema e G-0269 em Rio Claro. ZOBEL et Alii (1983) afirmam que o gradiente de densidade básica radial no sentido medula-casca pode ser reduzido pela seleção clonal. Em *Picea abies* "Norway Spruce", a amplitude de variação dentro dos clones foi muito pequena comparada com a amplitude entre clones. Desta forma o autor sugere o uso da propagação vegetativa para a obtenção de árvores com madeira mais homogênea, entre e dentro da árvore.

5.3. Estimativa de componentes da variância e herdabilidade para a característica altura dos clones em função da idade:

A análise de variância, envolvendo os 8 clones ensaiados, permitiu obter algumas estimativas dos

Figura 3A Representação gráfica da densidade básica radial dos clones em Piracema

Figura 3B Representação gráfica da variação da densidade básica radial de material propagado sexualmente em Piracema

Figura 3C Representação gráfica da densidade básica radial dos clones em Rio Claro

Figura 3D Representação gráfica da variação da densidade básica radial de material propagado sexualmente em Rio Claro

componentes de variância genética e ambiental e da relação variância genética/variância fenotípica (herdabilidade no sentido amplo), em diferentes idades do plantio até os 4 anos.

Para a característica altura total dos clones (H) no ensaio Rio Claro, é possível avaliar que nos dois primeiros anos os componentes de variância genética e de erro experimental são baixos. Existe, desde o terceiro ano, um aumento progressivo do componente de variância devido ao erro experimental (ambiental) em relação à variância genética (clones). A interação bloco clone é baixa, demonstrando não existir diferenças micro ambientais importantes dentro do ensaio. A estimativa da herdabilidade diminuiu com os anos, atingindo um valor de 0,10 aos 48 meses (Figura 4A).

No ensaio em Piracema o componente da variância ambiental aumenta progressivamente a partir do segundo ano. A variação genética entre clones também aumenta com a idade (Figura 4B). A estimativa de herdabilidade variou de 0,23 aos 12 meses, até 0,09 aos 24 meses. Além disso existe uma alta interação bloco x clone.

A excessiva proporção de variância não explicada e alta variação intraclonal nos dois ensaios

Figura 4 A Representação gráfica da grandeza dos componentes de variância e da herdabilidade da altura dos clones em Rio Claro

—□— H^2 □ σ_e^2 ▨ σ_{bc}^2 ■ σ_c^2

Figura 4 B Representação gráfica da grandeza dos componentes de variância e da herdabilidade da altura dos clones em Piracema

(Figura 4A, 4B) poderia ser explicada pelas seguintes hipóteses: efeito de condicionamento ambiental das estaquias ("efeito c"), microvariação ambiental, técnica de propagação.

Entre a primeira hipótese formulada, LIBBY e JUND (1962) mostram que o efeito "c" é responsável pelas variações existentes dentro dos rametes de um mesmo clone, derivadas das características únicas morfo-fisiológicas do ortete onde foram obtidos os propágulos.

Segundo FOSTER (1984), o efeito maternal comum a todos os rametes de um clone (M) corresponde ao verdadeiro efeito "c", afetando a estimativa dos valores genotípicos dos clones e aumentando a variância interclonal (genética), e o ganho esperado. Ao contrário do anterior, o efeito "m" afeta o propágulo individual (estaca) e acrescenta a variância intraclonal exclusivamente.

A alta variação intraclonal existente nos ensaios poderia ser explicada por este efeito fisiológico.

BURDON (1982) assinala que o material clonal é muito favorável para fornecer informação genética, mas há a necessidade de minimizar os efeitos não genéticos ou efeito "c" (diferenças não genéticas entre ortetes).

KLEINSCHMIDT (1977) afirma que o efeito "c" é devido à situação nutricional, maturação, desenvolvimento fisiológico e tamanho das estacas.

Estes fatores influenciam a estimativa dos parâmetros genéticos, tornando muito difícil a separação dos diferentes níveis de interação dos fatores genéticos, fisiológicos e ambientais e sua sobreposição ontogênica, dos outros fatores estritamente genéticos que controlam caracteres quantitativos como crescimento. LIBBY (1962) afirma que os componentes de variância clonais de caracteres como a altura das plantas, quando medidos logo após a clonagem, apresentam um grande efeito "c", diminuindo com a idade.

BURDON (1982) assinala que as possíveis fontes de distorção na estimativa de informação genética dos testes clonais seriam:

- a) confusão de efeitos genéticos não aditivos
- b) diferente estado de maturação dos clones
- c) interação genótipo, ambiente e estado de maturação dos clones

Como conclusão detectou-se a alta variabilidade intraclonal afetando drasticamente a estimativa dos componentes de variância e outros parâmetros genéticos (progresso na seleção clonal, correlação estado juvenil-adulto).

6. CONCLUSÕES

- a) Houve diferenças altamente significativas entre os dois sítios para todas as variáveis analisadas, sendo o sítio de Rio Claro (solo podsol-vermelho) de melhor produtividade para os materiais genéticos empregados.
- b) A única variável que diminuiu com a qualidade do sítio foi a densidade básica, independente do material genético empregado, seja propagado sexual o assexualmente.
- c) A interação sítio * material genético foi significativa para as variáveis densidade básica ($P < 0,01$) e volume cúbico ($P < 0,05$).
- d) O clone G-0256 resultou muito específico para as características de solo podzólico vermelho, sendo o genótipo de maior produtividade neste tipo de solo. Um comportamento similar apresentou o clone G-0246 em especificidade no solo de Areia Quartzosa.

- e) Agrupando os materiais genéticos em clones (plantios mono e multiclonais) e sementes (em diferentes níveis de melhoramento) estes apresentaram diferenças significativas em altura total (H) e densidade básica (DB).
- f) A gradiente radial da densidade básica da madeira é maior no sítio de menor qualidade (areia quartzosa) em clones e material propagado sexualmente.
- g) É possível selecionar dentro dos sítios clones específicos para cada solo (resposta em volume cúbico e densidade básica) e, além disso, com menor variabilidade na gradiente radial da densidade básica como o clone G-0246 em Rio Claro (podsol vermelho) e clone G-0269 em Piracema (areia quartzosa).
- h) O efeito "c" (precondicionamento ambiental das estaquias), devido a problemas relacionados com a maturação ontogenética dos propágulos (ciclófisis), origina a variação intraclonal, afetando a estimativa dos parâmetros genéticos (progresso na seleção clonal, correlação estado juvenil-adulto).

7. BIBLIOGRAFIA

BERTOLOTI, G. Comportamento genético e nutricional de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden em solo podzólico vermelho escuro e areia quartzosa álica em Lençóis Paulista, S.P., Piracicaba, 1986. 80p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BONGA, V. Tissue culture in forestry. Martinus Publishers. 1985

BURDON and HARRIS. Clonal repeatibilities and clone site interactions in *Pinus radiata*. *Silvae genética*. 20(1/2):33-9. 1971

BURDON R. D. The roles and optimal place of vegetative propagation on three breeding strategies. IUFRO meeting. Sensenstein. 1982

CHAPERON. Vegetative propagation of *Eucalyptus*. Simposio

sobre silvicultura y mejoramiento genético de espécies forestales. Buenos Aires. Argentina. 1987

CLARKE and SLEE, M.N. Prospects for clonal forestry with *Pinus radiata*. Aust. For. 47(4):266-71. 1984

EINSPAHR D. H. Impact of biotechnology on wood properties. IUFRO World Congress. Yugoslavia. 1982

ELDRIDGE et alii. Eucalypts breeding (in press). Oxford University. 1988

FERREIRA M. e KAGEYAMA, P. Melhoramento genético da densidade básica da madeira de Eucalipto. IPEF Bol Inf IPEF 6(20) , 1978

FIELDING. Trees grown from cuttings compared with trees grown from seed. Silvae genética 19(2/3):54-63

FOSTER G. et alii. Heritability, gain and "c" effects in rooting of Western Hemlock. Can. J. For. Res. 14:628-38. 1984

FRAMPTON L. J. Jr. et al. Juvenile wood specific gravity of Loblolly pine tissue culture plantlets and seedlings. Can J For Res 19:1347-50. 1989

HILLIS W. and BROWN. Eucalypts for wood production. CSIRO.

1978 HUEHN M et alii. Some experimental results concerning age dependency of diferent components of variance in testing Norway spruce (*Picea abies*) clones. *Silvae genética* 36(2). 1987

IKEMORI Y. et alii. The impact of accelerated breeding on wood properties. 18 th IUFRO World Congress. 1982

KAGEYAMA P. et alii. Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis*. *Silvicultura* 8(28):318-24. 1983

KAGEYAMA P. Interação de genótipos com ambientes. Em: Reunião sobre interação de genótipo com clima e solo. Piracicaba. IPEF.1986

KIKUTI P. Parâmetros genéticos em progênies de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* na região de Telemaco Borba-PR. Tese Mestrado ESALQ/USP. Piracicaba-SP. 1988.

LIBBY M.J. and RAUTER. Advantages of clonal forestry. *The Forestry Chronicle*. 1984

- LIBBY M.J. Potential of clonal forestry. 19th Conf. Can. tree Imp. Assoc. 1983
- LIBBY W. and JUND E. Variance associated with cloning. Heredity 17:533-40. 1962.
- LINDGREN D. Possible advantages and risks connected with vegetative propagation for reforestation. Vegetative propagation of forest trees. Physiology and practice (Lectures from a Symposium in Uppsala. Sweden 16-17 Feb) 1977.
- MALAN J. Wood density variation in four trees of South Af J For Number 144. 1988
- MONTEUUIS O. Meristemes, viellissement et clonage das arbres forestiers. AFOCEL. 1988
- MORAES e ROCHA. Comparação entre densidades de matrizes e de clones de E. grandis. Árvore 10(1):82-90 . 1986
- MORAES . Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de Eucalyptus grandis e relações com as características de crescimento. Tese Mestrado ESALQ/USP. 1987

NICHOLLS J. W. et alii. Wood characteristics of sexually and vegetatively reproduced *Pinus radiata*. Aust.J.Bot. 22:19-27. 1974

OLESEN P.O. On ciclophysis and topophysis. *Silvae genética* (17):173-8. 1978

ROUNLUND H. Comparative study of characteristics of seedlings and clonal cuttings. N.Z.For.Res. 4(2). 1974

SCHIMIZU J. Vegetative propagation for tree improvement and operational planting. *Actas Manejo Silvicola del género Eucalyptus*. INFOR-CORFO. 1988

SHELBOURNE. Genotype environment interaction study and its implications in forest tree improvement. In: IUFRO Genetics Sabrao Joint Simposia. Tokio . 1972

SHELBOURNE et al. The use of vegetative propagation for genetic and physiological information. NZJF Sci 4(2):418-25. 1974

SIMMONDS N. W. Principles of crop improvement. Longman. London. 408 pp.

SMITH D. M. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. USDA. Forest Product Laboratory. Rept. 2014. 1954

SWEET G. B. WELLS L. G. Comparison of the growth of vegetative propagules and seedlings of *Pinus radiata*. N.Z.J. For Sc 4(2):399-409. 1974

TALBERT and STRUVE. Growth of rooted cuttings and seedlings in a 40-year-old plantation of Eastern White Pine. Can.J.For.Res. Vol 14. 1984.

TAYLOR F.W. Variation in the anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. Appita 27(3):171-84

ZOBEL B. Propagation in *Eucalyptus*. In: Zsuffa and C.W. Yeatman (Ed.) Proceeding of 19th Meeting of the Canadian Tree Improvement Assoc. Part Two. Toronto. Canada. 1983.

ZOBEL B. Unasylva 18(2-3)(73-74):80. 1964

ZOBEL B. and TALBERT J. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons. 1984

ZSUFFA L. La foresterie clonale: Son impact sur

l'amélioration génétique des arbres et notre forêt future. Compte Rendus. Dix-Neuvième Conférence. 2e Partie. 1983

VAN WYK et alii. Growing Exotic Forest. John Wiley and Sons. 1987

APENDICE 1. Informações gerais sobre as sementes utilizadas nos ensaios.

N° DO TRATAMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	12 e 13	16
N° DA MATRIZ SELECIONADA	G-0245	G-0246	G-0269	G-0250	G-0256	G-0258	G-0261	G-0251	PSC	SEM COMERCIAL
QUADRA - PROJETO	179-D	179-D	260-E	180-D	182-D	183-D	174-D	182-D		231-E
ESPÉCIE	E.grandis	E.grandis	E.grandis	E.grandis	E.grandis	E.grandis	E.grandis	E.grandis	E.grandis	E.grandis
PROCEDÊNCIA	Natal	Natal	Natal	Natal	Natal	Natal	Natal	Natal	Coff's Harbour	Natal
ESPAÇAMENTO (M)	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5		3,0x1,5
ÁREA DA QUADRA (ha)	46,23	46,23	19,45	33,65	16,52	36,77	24,72	16,52		27,19
DATA DE PLANTIO (MÊS/ANO)	12/74	12/74	02/76	12/74	12/74	12/74	10/74	12/74		01/76
DATA DE CORTE (MÊS/ANO)	09/82	09/82	01/83	09/82	09/82	09/82	02/83	09/82	-	06/82
IDADE (ANOS, MESES)	7,9	7,9	6,11	7,9	7,9	7,9	8,4	7,9		6,5
ALTURA MÉDIA - QUADRA (M)	18,6	18,6	22,3	17,5	20,1	23,0	21,2	20,1	12,0	22,9
DAP MÉDIO - QUADRA (CM)	12,2	12,2	13,1	11,5	13,0	15,1	14,2	13,0	-	16,6
FALHAS - QUADRA (%)	13,9	13,9	3,8	15,3	15,9	21,0	24,2	15,9	10,0	12,6
PRODUTIVIDADE - IMA (STCC/ha/DME)	49,6	49,6	98,2	44,7	56,6	73,4	57,5	56,6	-	79,9
MÉDIA DE CASCA (%)	12,5	12,5	11,9	12,7	12,2	11,9	12,1	12,2	-	12,4
N° DE FUSTES PARA FORMAR 1 ESTÉREO	5,3	5,3	3,0	3,3	3,7	3,3	3,8	3,7	-	4,1
FATOR DE EMPILHAMENTO	1,74	1,74	1,72	1,75	1,71	1,70	1,71	1,71	-	1,72
ALTURA DA ÁRVORE MATRIZ (M)	28,0	29,2	34,2	33,7	32,0	36,6	35,0	31,2	-	-
DAP DA ÁRVORE MATRIZ (CM)	28,4	28,9	27,8	30,5	31,2	34,0	33,2	29,1	-	-
VOLUME DA ÁRVORE MATRIZ (STCC)	0,7153	0,7707	0,8332	0,9830	0,9769	1,3144	1,2020	0,8328	-	-
ÍNDICE DE SELEÇÃO	25,650	25,680	10,804	24,901	6,117	20,425	10,985	6,117	-	-
DENS.BÁSICA MÉDIA-ÁRVORE MATRIZ	0,392	0,485	0,380	0,407	0,410	0,429	0,376	0,478	-	-