RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS SILVICULTURAIS E
CONCENTRAÇÃO DE P, K, Ca E Mg EM ÁRVORES DE
Eucalyptus saligna Smith, EM BROTAS - SP.

LEUDIR CORBUCCI RODRIGUES

Orientador: ANTONIO NATAL GONÇALVES

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
Dezembro - 1986

A Alcina,
amiga e companheira de cada momento

A Paola,
nossa realização

AGRADECIMENTOS

- A Champion Papel e Celulose Ltda pela oportunidade e apoio na infra-estrutura física, econômica e recursos humanos oferecidos.

Ao IBDF, pelo apoio econômico nas análises químicas dos nutrientes minerais.

- Ao Prof.Dr. Antonio Natal Gonçalves pela amizade e orientação prestada no desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof.Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto pela irrestrita orientação e análises nos cálculos estatísticos.

Ao Prof.Dr. Fábio Poggiani pela execução das análises químicas dos nutrientes minerais e sugestões apresentadas.

Ao Prof.Dr. Joaquim Albenísio Gomes da Silveira pela orientação e bases oferecidas na área fisiológica.

A Bibliotecária Marialice Meltzquer Poggiani pelo apoio na revisão bibliográfica.

A Jornalista Ruth Rendeiro pela revisão final do texto.

A Srª Nelci Teixeira Maniero pela presteza oferecida dos trabalhos de datilografia.

A todos os colegas e amigos da Champion Papel e Celulose Ltda que colaboraram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	v
SUMMARY	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Exportação de nutrientes com a exploração florestal.....	4
3.2. Fatores envolvidos nas análises de nutrientes minerais	6
3.2.1. Amostragem	6
3.2.2. Sazonalidade	8
3.2.3. Ciclagem de nutrientes minerais dentro das árvores	10
3.3. Variações genéticas envolvidas na absorção e utilização dos nutrientes	13
3.3.1. A nível de espécies	14
3.3.2. A nível de procedências	17
3.3.3. A nível de progênies	19
3.3.4. A nível de clones	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. Material genético	23
4.2. O plantio	24

	Página
4.3. O delineamento	25
4.4. Caracterização do sítio	25
4.5. Avaliações	28
4.5.1. Parâmetros silviculturais	28
4.5.2. Densidade básica da madeira e conteúdo de nutrientes	28
4.6. A análise dos dados	29
4.6.1. Cálculo do índice de eficiência da utilização de nutrientes	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1. Variação entre procedências e entre progê- nies	31
5.2. Índices de eficiência da utilização dos nutrientes em árvores tipos I, II e III .	38
5.3. Perspectivas	41
6. CONCLUSÕES	43
7. LITERATURA CITADA	45
APÊNDICE	53

RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS SILVICULTURAIS E CONCENTRAÇÃO
DE P, K, Ca E Mg EM ÁRVORES DE *Eucalyptus saligna*
Smith, EM BROTAS - SP.

Autor: LEUDIR CORBUCCI RODRIGUES
Orientador: Antonio Natal Gonçalves

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a variação da altura, DAP, volume cilíndrico com a densidade básica e o conteúdo de P, K, Ca e Mg no tronco de árvores de procedências e progênies de *Eucalyptus saligna* Smith, aos sete anos de idade, plantadas em Brotas-SP.

O delineamento usado no ensaio foi lattice 9 x 9 (81 progênies - 2 perdas) parcelas lineares de dez plantas e seis repetições.

O espaçamento inicial foi 3,0 x 2,0 m e a adubação com N, P, K da formulação 10:20:10 foi 248 g/planta.

As 79 progênies de quatro procedências foram assim distribuídas: 33 progênies de Área de Coleta de Sementes - Itatinga/SP; 5 progênies de Pomar de Sementes Clonal - Guaíba / RS; 20 progênies de Pomar de Sementes Clonal - Salto/SP e 21 progênies de Pomar de Sementes Clonal - Areia Branca/SP.

Os nutrientes contidos no tronco das árvores foram determinados em discos de 3-4 cm de espessura coletados a 50% da altura total de três tipos de árvores por progênie em 3 repetições.

Dentro de cada progênie os três tipos de árvore representaram:

- árvore tipo I: maior crescimento em altura e DAP;
- árvore tipo II: crescimento intermediário entre árvore tipos I e III;
- árvore tipo III: menor crescimento em altura e DAP.

A análise dos resultados permitiu as seguintes conclusões:

1. As árvores com maior crescimento apresentaram maior densidade básica e menor conteúdo de nutrientes no tronco do que as árvores com menor crescimento.

2. O índice de eficiência de utilização de nutrientes das maiores árvores em relação às menores árvores apresentou uma superioridade de 22,99% para o P, 16,00% para o K, 11,84% para o Ca e 19,72% para o Mg.

3. A nível de procedências foram detectadas diferenças no conteúdo de P, K, Ca e Mg, enquanto que a nível de progênes dentro de procedências as diferenças estatísticas foram encontradas para volume cilíndrico, altura, DAP e para conteúdo de K no tronco das árvores:

4. As variações detectadas no tronco das procedências e progênes testadas mostram boas perspectivas na utilização deste parâmetro para aperfeiçoar a escolha de genótipos produtivos e eficientes do ponto de vista nutricional.

RELATIONSHIPS AMONG SILVICULTURAL PARAMETERS AND P, K, Ca, AND
Mg CONTENT IN *Eucalyptus saligna* Smith TREES IN
BROTAS-SP

Author: LEUDIR CORBUCCI RODRIGUES
Adviser: Antonio Natal Gonçalves

SUMMARY

The objective of this work was to study the relations of height, DBH and cylindric volume with wood basic density and bole content of P, K, Ca and Mg in 7 years old *Eucalyptus saligna* Smith provenances and progenies planted in Brotas-SP.

The trial was set up in a lattice design 9 x 9 (81 progenies - 2 losses) with 6 replicates. Each linear plot consisted of 10 trees in 3,0 x 2,0 m spacing. An initial pit fertilization was made with 248 g of N P K in the formulation 10:20:10.

The 79 progenies from 4 provenances were distributed as follows: 33 progenies from Itatinga - SP seed collection area; 5 progenies from Guaiba-RS clonal seed orchard; 20 progenies from Salto-SP clonal seed orchard and 21 progenies from Casa Branca-SP clonal seed orchard.

The bole mineral nutrient content was determined in discs with 3-4 cm thickness collected at 50% of the total tree height from three tree types by progeny in three replicates.

Each progeny had its trees rated as follows:

- Tree type I: greater height and DBH growth;
- Tree type II: intermediary height and DBH growth
and
- Tree type III: small height and DBH growth.

The efficiency of mineral nutrient utilization was determined by the ratio between bole dry matter (kg) and mineral nutrient content (kg).

The analysis of the results allowed the following conclusions to be drawn.

1. The greater growth trees showed higher wood basic density and lower bole content of mineral nutrients than those of small growth;

2. The efficiency for mineral nutrient utilization of greater growth trees was higher (22,99% for P, 16,00% for K; 11,84% for Ca and 19,72% for Mg) than those of the small growth trees;

3. Significant differences were detected in bole content of P, K, Ca and Mg among provenances. However, significant statistical differences were detected on cylindric volume, height, DBH and bole content of K among progenies.

4. The variation detected in bole content of mineral nutrients among progenies and provenances shows that this variable characteristic has a good perspective use in the improvement of tree selection criterion.

1. INTRODUÇÃO

A implantação de florestas homogêneas de rápido crescimento, com espécies do gênero Eucalyptus e Pinus foi predominantemente direcionada, nos últimos 20 anos, para sítios pouco produtivos às atividades agropastoris contrariamente à recomendação de WARING (1976), que preconiza o uso de solos férteis como fator preponderante ao sucesso de um empreendimento florestal.

Para que a atividade florestal seja otimizada e se perpetue, o conhecimento e a utilização de fatores genéticos, fisiológicos e ambientais, bem como suas interações nas diferentes espécies arbóreas, quando convenientemente manejadas podem aumentar a eficiência do uso do solo e das fontes de fertilizantes minerais.

Neste sentido, o melhoramento genético pode contribuir sobremaneira na escolha e utilização destes genótipos,

através de seleção, hibridação e propagação vegetativa de respostas diferenciadas para a absorção e uso de nutrientes encontrados a nível de espécies, procedências, progênes ou a nível de indivíduos.

As análises tradicionais das variáveis silviculturais - altura, DAP, volume cilíndrico, sobrevivência - juntamente com análises de densidade básica da madeira e seu conteúdo nutricional constituem importantes ferramentas na escolha de indivíduos produtivos e eficientes na utilização dos fatores de crescimento.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho, envolvendo as características silviculturais, análise de densidade e nutrientes no tronco das árvores de procedências e progênes de Eucalyptus saligna Smith, aos sete anos de idade, visa a:

- 2.1. Detectar a variação da espécie, das procedências e das progênes com relação aos parâmetros silviculturais, densidade básica da madeira com casca e conteúdo de nutrientes minerais.
- 2.2. Correlacionar a densidade e o conteúdo de nutrientes minerais com o desenvolvimento das árvores visando a determinar a eficiência na utilização destes elementos.
- 2.3. Classificar as procedências e progênes em relação à sua adaptabilidade, produtividade e conteúdo de nutrientes minerais no tronco e casca das árvores.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Exportação de nutrientes com a exploração florestal

Um dos aspectos mais importantes no que tange à manutenção de produtividade florestal, especialmente para florestas implantadas, é o balanço nutricional PRITCHETT (1979) chama a atenção para as técnicas de manejo e exploração adotadas em florestas, pois a exportação muito intensa do sítio pode acarretar a queda da produtividade dos ciclos futuros. Neste sentido, NORTON & YOUNG (1984) concordam que cada ecossistema é único e deve ser analisado como tal, pois dependendo do solo e do método de exploração, a aplicação de nutrientes poderá ser necessária para manter os níveis de produtividade futuros.

POGGIANI *et alii* (1979) assinalam que nos ecos sistemas florestais tropicais, extremamente frágeis, as práti cas de manejo e exploração podem ser pouco adequadas, especi- almente reduzindo-se as rotações. Os autores quantificam a ex portação de nutrientes minerais em função da biomassa em plan- tações florestais de *E. grandis* aos quatro anos de idade: 61% da biomassa é representada pelo fuste, enquanto a maior quan- tidade de nutrientes minerais está contida nas folhas, segui- da da casca, galhos e fuste. As folhas, porém, representam a- penas 14% da biomassa total, enquanto contêm, em média, 45% dos nutrientes.

WARING (1976) afirma que após a remoção das flo- restas nos trópicos, o estoque de nutrientes minerais está li- teralmente na camada orgânica do solo. FELLER (1983) concorda também que a quantidade de nutrientes nos solos tropicais é normalmente baixa, quando comparada às florestas de clima tem- perado.

KIMMINS & KRUMLIK (1974) discutem a possibili- dade de um solo pobre manter uma produção florestal com explo- ração total sendo que, neste aspecto, estão implícitos estu- dos sobre a quantidade de nutrientes removidos junto com a bi omassa, a magnitude das reservas do solo, as taxas de cicla- gem dos nutrientes minerais disponíveis, taxas desejadas de produção e possibilidades biológicas e econômicas de fertili-

zação onde os autores concluem que um pequeno estoque de nutrientes minerais altamente circulantes no ecossistema pode sustentar mais uma produtividade alta do que um grande estoque de nutrientes pouco circulante.

A quantificação das entradas atmosféricas em florestas é importante, no sentido de se prever se haverá ou não redução da fertilidade do solo e da produtividade florestal em função da exploração total ou parcial das árvores, segundo preconiza KIMMINS & KRUMLIK (1974). Estes autores ainda questionam aspectos relevantes no tocante à manutenção da produtividade, como: cálculos das reservas do solo são problemáticos, uma vez que as análises convencionais não refletem precisamente os níveis de nutrientes minerais utilizados pelas florestas, além da profundidade e volume de terra explorado pelas árvores serem difícil de calcular; sobre o intemperismo do solo pouco se sabe e freqüentemente ignora-se o papel do sub-bosque nos balanços nutricionais.

3.2. Fatores envolvidos nas análises de nutrientes minerais

3.2.1. Amostragem

As análises de nutrientes minerais, especialmente os nutrientes contidos nas folhas das árvores, podem apresentar variações devido ao sítio, clima, época de amostragem,

posição de amostra na copa, idade das folhas, procedimentos e técnicas de análises, segundo RAUPACK & NICHOLLS (1982) apresentam como sendo fatores importantes.

Van den DRIESSE (1974) em uma extensa revisão sobre o assunto considera, por outro lado, outros fatores como sendo os principais interferentes nas análises do teores foliares dos nutrientes minerais: classe de diâmetro da árvore, posição da amostra na copa, tipo de tecido, idade das folhas, época do ano, além de outros fatores externos como disponibilidade de nutrientes no solo, competição por umidade e luz, temperatura e, por fim, o efeito de procedência do material em estudo.

Estudando a variação de amostragem dentro e entre árvores de uma mesma espécie, YOUNG & CARPENTER (1976) determinaram para 12 nutrientes minerais os erros de amostragem e concluem que: a posição cardinal não foi significativamente diferente para as espécies **Pinus resinosa** e Red maple para os 12 nutrientes minerais, indicando que uma simples amostra, ao acaso, em alguma posição da copa é satisfatória; entre árvores maduras da mesma espécie há muito pouca diferença nas espécies testadas; a variação dentro da árvore apresenta pouca diferença entre si, sendo que um simples disco no meio da árvore a representa, assim como nas raízes; a estimativa da biomassa de cada componente vegetal pode ser determinada com precisão, assim como as análises químicas.

SNOWDON & WARING (1984) estudando amostras compostas para análises de nutrientes minerais, contrariamente ao preconizado por YOUNG & CARPENTER (1976), em *Pinus radiata* com três anos de idade, afirmam que amostras compostas baseadas em diferentes quantidades de acículas são mais variáveis entre si do que amostras compostas contendo mesma massa, conseqüentemente, é preciso alta intensidade de amostragem de quantidade de acículas para obter a mesma precisão do que o método de massa igual.

3.2.2. Sazonalidade

O peso da matéria seca e teores de nutrientes minerais de botões vegetativos foram determinados por PIETILAINEN (1984), que estudou se o boro afeta a atividade enzimática da 6 fosfogluconato desidrogenase nos botões vegetativos de *Pinus sylvestris*, tendo concluído que a atividade enzimática foi alta em setembro (verão), baixa em janeiro - fevereiro (inverno), aumentando notavelmente sua atividade em março (primavera).

SCHOUNAU (1981) acompanhou mensalmente as variações nas concentrações de seis macro e quatro micronutrientes minerais nas folhas de *Eucalyptus grandis*, em três sítios, por dois anos, encontrando: que houve íntima relação entre taxas de crescimento em altura e precipitação durante este período; mudanças nos níveis de N, P, K, Ca, Mg, S e Zn nas fo-

lhas correspondem muito intimamente a taxas de crescimento em altura; que para o Fe esta relação foi inversa; Cu e Mn aparentemente sofreram pequenas variações sazonais; os níveis N, Ca, S, Cu, Zn e Fe foram relacionados com as chuvas, enquanto o Fe mostrou relação inversa, novamente; um declínio dos níveis de N, P, S, Cu foliares durante os dois anos de observação; as diferenças mais pronunciadas nas concentrações de nutrientes minerais foliares durante o verão, tornam preferíveis que as rotinas para detecção de deficiências e as recomendações de adubação sejam feitas durante a estação de crescimento.

Van den DRIESSE & WEBBER (1977) detectaram que o N apresentou altas concentrações nas gemas novas após as chuvas de maio e decresceu rapidamente até agosto.

WILL (1957) analisando o teor de nutrientes minerais de amostras coletadas em várias posições na copa de Pinus radiata, separadamente, por grupos de idade, encontrou que o Ca e S aumentaram com a idade da árvore, enquanto o N e Mg decrescem e o K não varia.

Para avaliar se as variações no peso das folhas podem afetar a interpretação das análises dos teores dos nutrientes minerais, SMITH et alii (1981) coletaram amostras periódicas de acículas velhas e novas de Pseudotsuga menziesii em três sítios distintos, tendo encontrado que houve variações

sazonais e que houve diferenças entre sítios, durante a mesma estação do ano em mais de 100 %. Os autores concluem que as análises do conteúdo por unidade de área foliar são superiores e recomendáveis aos dados de amostras tomadas em peso, uma vez que as mudanças sazonais nas folhas refletem o balanço entre fotossíntese, respiração e exportação de carboidrato das folhas.

Trabalhando com *Pinus serotina*, BOWERSOX & WARD (1977a) e BOWERSOX & WARD (1977b) determinaram a variação dos teores de N, P, K, Ca e Mg em função das estações do ano, sendo que a concentração desses nutrientes variou também com a posição da copa, maturidade fisiológica e estágio fisiológico das folhas. Estes dados são concordantes com os demais apresentados, mostrando que existem e são significativas as mudanças devido às variações sazonais do clima.

3.2.3. Ciclagem de nutrientes minerais dentro das árvores

Os povoamentos florestais antes do fechamento das copas apresentam uma alta demanda de nutrientes, enquanto à medida em que as florestas se desenvolvem as quantidades de nutrientes minerais requeridos para seu desenvolvimento são menores, devido à eficiência da ciclagem interna dos nutrientes nas árvores MILLER (1981).

A determinação do P, entre outros elementos, em 5 espécies de eucaliptos, citados por SILVA (1983), mostra que este é um elemento relativamente móvel na planta e, quando ocorre uma deficiência, ele é rapidamente transferido dos tecidos mais velhos para os mais novos, onde a atividade meristemática é mais intensa. O autor encontrou que no lenho do *E. grandis* a concentração de P diminui com o aumento da altura das árvores. Isto mostra que, além dos fatores genéticos ligados à absorção de P, suas concentrações mais elevadas podem estar relacionadas a maior atividade metabólica e a capacidade de reciclagem interna.

Van den DRIESSE (1974) apresenta modelos de distribuição dos teores de nutrientes minerais foliares (Figura 1) que podem estar relacionados com os aspectos acima comentados.

Figura 1 - Tipos de distribuição de nutrientes na copa das árvores.

Fonte: Van den DRIESSE (1974).

WILL (1957) apresenta para *Pinus radiata* a seguinte variação da concentração de nutrientes minerais em função da posição da amostra da copa:

Tabela 1 - Variação dos nutrientes em função da variação topo-base da copa das árvores.

Nutriente	Variação dos nutrientes com a variação topo-base da copa
Ca	aumenta
Mg	não varia
K	aumenta
S	não varia
P	aumenta
N	não varia

Fonte: WILL (1957).

O fenômeno de ciclagem interna ou remobilização de nutrientes minerais pode armazenar nutrientes absorvidos em uma época de excesso (por exemplo fertilização) e ser mobilizado quando ocorrer um nível subótimo de nutrição MILLER (1981).

O suprimento do nitrogênio e potássio pode chegar a 40 % pela ciclagem interna da árvore, sendo que a maior

parte do fósforo seria também fornecida desta maneira, enquanto o cálcio é pouco ciclado e quase totalmente absorvido diretamente do solo, conforme citam SWITZER & NELSON (1972). Desta forma é possível explicar, com a ciclagem interna nas árvores, o efeito prolongado da adubação com N, P, K, feita geralmente por ocasião do plantio. Além disso, tem-se o fato de que na fase inicial do ciclo de vida as árvores necessitam de maiores quantidades de nutrientes, liberando-se posteriormente das folhas mais velhas para a região de maior crescimento. Entretanto, este processo varia com a idade, conforme afirma MILLER (1984), que apresenta um modelo para *Pinus nigra* que mostra a relação entre produção de folhas com a idade, onde as exigências de N para novas acículas na idade de dez e quarenta anos são muito diferentes, respectivamente, 27 e 57 kg/ha/ano e a quantidade de N requerido acima e abaixo da retranslocação de folhas velhas são idênticas nas duas idades: 18 kg/ha/ano.

3.3. Variações genéticas envolvidas na absorção e utilização dos nutrientes

A variação na taxa de crescimento das árvores tem sido relacionada com a variação nos processos de absorção e utilização de nutrientes minerais pela planta JAHROMI et alii (1976). Assim, genótipos com grande capacidade de absorção e eficiência na incorporação dos nutrientes minerais podem apresentar maior incremento volumétrico.

MEAD (1984) e GODDARD & HOLLIS (1984) sugerem indicações na existência de mecanismos genéticos ligados ao comportamento nutricional das árvores e o desenvolvimento do sistema radicular.

BOWEN (1984) cita que os aspectos fisiológicos nutricionais poderiam indicar os componentes mais importantes para o crescimento das árvores e a produção de madeira. Os aspectos genéticos, por sua vez, poderiam detectar as variações e estimar a herdabilidade destas propriedades.

Existem, porém, muitas variações envolvidas nestes estudos, dentre as quais destacam-se as variações genéticas que podem ser a nível de espécie, procedências, progênes e a nível de clones.

3.3.1. A nível de espécies

Antes de iniciar um estudo de nutrientes minerais e desenvolvimento de qualquer espécie florestal, é recomendável que se tenha pré-determinado o modelo de distribuição dos nutrientes minerais entre e dentro dos componentes das árvores. Van den DRIESCHE (1974) apresenta diversos modelos de distribuição de nutrientes minerais nas copas de coníferas (Tabela 2 e Figura 1).

Tabela 2 - Modelos de distribuição dos nutrientes minerais na copa de coníferas. (Vide Figura 1).

Espécie	Nutrientes foliares (tipos de distribuição)					
	N	P	K	Ca	Mg	Outros
<i>Pinus sylvestris</i>	II	II	II	II	II	NaI
<i>Pinus sylvestris</i>	II	II	II			
<i>Pinus nigra</i>	II	II	II	II	II	NaI
<i>Pinus strobus</i>			II			
<i>Pinus resinosa</i>			II			
<i>Pinus resinosa</i>	I	V	V	IV	I	
<i>Pinus taeda</i>	II					
<i>Pinus taeda</i>	III	II	II	III	III	
<i>Pinus radiata</i>	I	III	III	III	I	
<i>Pinus radiata</i>	II	II	II			
<i>Picea abies</i>	IV	I	V	I	I	
<i>Picea mariana</i>	II					
<i>Picea mariana</i>		II	III	II	III	FeIII
<i>Picea mariana</i>	II				II	
<i>Taxus baccta</i>			V	III		
<i>Pseudotsuga men-</i> <i>ziesii</i>	II	II	II	III	II	
<i>Pseudotsuga men</i> <i>ziesii</i>	II	I	I	II	II	

Como pode-se observar, dependendo do nutriente, da amostragem e da espécie, os resultados podem não representar convenientemente os nutrientes minerais contidos na biomassa florestal.

SILVA (1983), estudando cinco espécies de *Eucalyptus*, encontrou valores diferenciados na concentração dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn) nos componentes aéreos das árvores (folhas do ápice, folhas da parte intermediária da copa, ramos, casca e lenho). O *E. grandis* foi a espécie que apresentou maior eficiência na utilização dos nutrientes (kg de nutrientes/tonelada de biomassa produzida) seguidos, em ordem decrescente, pelo *E. saligna*, *E. dunnii*, *E. prostrata* e *E. robusta*.

Posteriormente, POGGIANI et alii (1984) confirmam que o *E. grandis*, dentre o *E. saligna* e o *E. urophylla* é a espécie menos exigente e a mais eficiente.

POGGIANI (1985) encontrou concentrações de nutrientes minerais nos tecidos dos eucaliptos (*E. saligna*) mais elevadas que as dos pinheiros (*Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*), principalmente na casca.

3.3.2. A nível de procedências

A interação genótipo x ambiente é definida por SQUILLACE (1969) como sendo dois ou mais grupos de árvores, com um certo grau de similaridade genética dentro de cada grupo, crescendo em dois ou mais ambientes, podendo apresentar performance diferente em cada condição. Como a atividade florestal normalmente transcende um único sítio, é de se esperar e essa interação genótipo x ambiente ocorra em alguma das espécies e procedências florestais utilizadas.

Quando se tem uma forte interação, por exemplo, de uma procedência por uma condição edafoclimática, existe a perspectiva de que a condução de um trabalho de melhoramento florestal proporcione ganho nas rotações seguintes, com o estabelecimento de subpopulações. Cada uma destas subpopulações, preconiza KAGEYAMA (1985), deverão ser altamente adaptadas a uma determinada localidade, o que propiciará ganhos superiores aos obtidos com uma única população generalista. Este fato é confirmado por CURLIN (1967) que estudando a resposta de *Populus deltoides* à adubação nitrogenada, encontrou uma forte interação genótipo x ambiente. O autor apresenta perspectivas de que a seleção de genótipos, raças locais, pode existir (ou ser desenvolvida) para cada condição de solo ou então responder excepcionalmente a adubações.

As taxas de crescimento freqüentemente têm sido associadas ao conteúdo de nutrientes na biomassa florestal; especialmente nas folhas ou acículas das árvores, ROBERDS *et alii* (1976), JAHROMI *et alii* (1976); SHEPPARD & CANNELL (1985); McGRATH & ROBSON (1984) e SCHOUNAU & HERBERT (1982), entre outros.

PRITCHETT & GODDARD (1967), além de terem encontrado variações na taxa de crescimento e na concentração dos nutrientes minerais contidos nas acículas, de *Pinus elliotii* afirmam que o maior ou menor desenvolvimento das árvores se deve ao efeito de procedência das sementes utilizadas.

Em mudas de *Pinus banksiana*, Van den DRIESCHE (1974) cita que outros autores encontraram variações de nutrientes minerais contidos em seus tecidos em função da procedência do material utilizado.

Em *Pinus sylvestris* Langlet (1936) e Steinbeck (1966) citados, respectivamente por Van den DRIESCHE (1974) e GODDARD & HOLLIS (1984), encontraram diferenças significativas entre procedências desta espécie, crescendo em um mesmo local e os nutrientes minerais contidos em suas acículas.

Respostas diferenciadas podem ser esperadas a nível de procedências dentro de espécie para o crescimento as

sociado ao conteúdo nutricional e, se as variações encontradas forem significativas, um mapeamento de várias populações pode ser favorável para o estabelecimento de níveis críticos e níveis de deficiência apropriados para cada população.

3.3.3. A nível de progênes

Os estudos direcionados à seleção de genótipos indicados para cada sítio, em função de suas respostas aos nutrientes contidos no solo e/ou aplicados artificialmente, mostram perspectivas promissoras de aumento de produtividade.

ROBERDS et alii (1976) detectaram respostas diferenciadas a nível de progênes, de Pinus taeda quando tratadas com cinco níveis de uréia, por ocasião do plantio. Determinaram por duas estações as curvas de resposta de crescimento de algumas famílias que cresceram bem em todos os níveis de uréia, enquanto outras cresceram pouco, tanto em altas ou baixas doses de fertilizantes aplicados, mas cresceram bem quando submetidas a doses intermediárias.

PRITCHETT & GODDARD (1967) estudando progênes de Pinus elliotii, encontraram variações na taxa de crescimento e concentração de nutrientes nas acículas em três ensaios envolvendo diferentes intensidades de manejo e adubação. Os autores mostram clara relação entre composição de nutrientes minerais das acículas e taxas de crescimento.

JAHROMI et alii (1976) determinaram forte indicação de que os tratamentos no Po, No, P50, N100 Po, N100 P50 (em ppm) influíram no desenvolvimento e conteúdo nutricional de mudas das progênes de *P. elliotii*, afirmando que houve uma forte interação entre genótipo e adubação. Outro estudo com *Pinus elliotii* conduzido por JAHROMI et alii (1976), onde foram testados diferentes tratamentos com N e P em três progênes, detectaram indicações de que algumas progênes acumularam o fósforo diferencialmente quando submetidas a diferentes regimes de adubação. Os autores concluem que é possível uma seleção precoce para incorporação do fósforo na planta, sendo possível, também, o estabelecimento de respostas correlacionadas para o crescimento e seleções de progênes mais eficientes no uso do fósforo, devido à constatação de que certas famílias translocam mais P para as gemas e outras acumulam mais P na raiz, apresentando alta atividade de P nas raízes terminais.

COTTERILL & NAMBIAR (1981) analisando três famílias de irmãos germados de *Pinus radiata* dentro e fora da casa de vegetação, envolvendo diferentes regimes de nutrientes, determinaram as inter-relações entre as características morfológicas, fisiológicas e nutricionais da espécie, onde progênes apresentam um potencial elevado, médio e baixo em termos de produtividade. As diferenças de progênes e progênes X interações com concentrações de nitrogênio no tronco, acícula

e raiz foram significativas. Para o fósforo não foram observadas diferenças significativas de progênies x interações com fósforo.

3.3.4. A nível de clones

SHEPPARD & CANNEL (1985) estudaram a eficiência do uso de nutrientes, definido como quantidade de biomassa produzida por quantidade dos elementos, em clones de *Pinus contorta* e *Picea sitchensis*, tendo encontrado variações, neste parâmetro da ordem de 20 a 30%. Em *Picea sitchensis* as diferenças clonais em eficiência do uso de N, foram similares às diferenças em P e K, enquanto em *Pinus contorta* dois clones apresentaram pouca diferença em termos de concentração de N, P e alta concentração de K em suas acículas. Os autores observaram ainda que as diferenças clonais no uso eficiente dos nutrientes minerais estão intimamente relacionadas à alta proporção de matéria seca no tronco e a baixa proporção nos ramos e acículas, dentre outros fatores.

RAUPACK & NICHOLLS (1982) analisaram seis clones de *Pinus radiata* plantados em vários sítios quanto ao conteúdo de nutrientes nas folhas e as características dendrométricas da madeira. Os autores encontraram consideráveis varia

ções entre sítio e entre clones, mas não foram bem definidas as inter-relações existentes entre os níveis de nutrientes minerais nas folhas e as características da madeira.

Assim, a propagação vegetativa apresenta uma perspectiva promissora na utilização de variância não aditiva, o que pode aumentar substancialmente as respostas de produtividade à adubação, segundo afirma GODDARD & HOLLIS (1984).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material genético

Sementes de progênies de meios irmãos de diferentes procedências de *Eucalyptus saligna* Smith, conforme relacionado na Tabela 3, foram utilizados para a produção das mudas do experimento.

O número de progênies dentro de cada procedência variou em função do número de árvores matrizes com sementes disponíveis, conforme Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Dados de latitude, longitude, altitude, precipitação, grau de melhoramento e número de progênes das procedências de *E.saligna* testadas no experimento.

Procedência	Latitu- de (Sul)	Longitu- de (Oeste)	Altitu- de (m)	Precipi- ção (mm)	Grau de Melhora- to*	Número de progênes
Itatinga-SP	23°10'	48°40'	857	1 296	ACS	33
Guaíba- RS	29°56'	51°52'	72	1 500	PSC	5
Salto - SP	23°03'	47°22'	564	1 200	PSC	20
Casa Branca-SP	21°46'	47°02'	654	1 200	PSC	21
TOTAL						79

* ACS: área de coleta de sementes

PSC: pomar de sementes clonal.

4.2. O plantio

As mudas produzidas a partir das sementes das procedências e progênes citadas foram plantadas em março de 1978 no espaçamento de 3 x 2 m, com bordadura simples apenas ao longo do ensaio. A adubação foi de 248 g por planta de N, P e K na formulação 10:20:10. A área total ocupada pelo ensaio foi de 3,6 ha.

4.3. O delineamento

O delineamento estatístico do ensaio foi Lattice 9 x 9 com 81 tratamentos (progênes) e parcelas lineares de dez plantas repetidas seis vezes, sendo que duas progênes foram descartadas deste estudo.

4.4. Caracterização do sítio

O ensaio foi conduzido no Horto Santa Fé, de propriedade da Champion Papel e Celulose Ltda, localizado no município paulista de Brotas, cuja latitude, longitude e altitude, são, respectivamente, 22°16'S, 48°02'O e 740 m.

A precipitação média anual é de 1 250 mm, distribuídas de novembro a março e a temperatura média anual é de 21°C, a média das máximas é 30°C e a média das mínimas é 9°C.

Na região predomina Latossol Vermelho - Amarelo, fase arenosa. A análise química e física do solo, onde foi conduzido o ensaio, encontra-se, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5.

Os dados apresentados indicam que os solos da região possuem um teor médio de areia de 89,2 % e uma acidez

Tabela 4 - Análise química do solo do sítio de Brotas-SP.

Identificação da amostra		pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺	S	T	V
Bloco	Prof. (cm)	CaCl ₂	%	resina µg/cm ³							%
I	0 - 20	3,6	0,65	2,1	0,02	-	0,02	2,77	0,04	2,81	1,0
I	20 - 40	3,6	0,65	1,3	0,02	-	0,02	3,08	0,04	3,12	1,0
I	40 - 60	3,6	0,93	17,1	0,02	-	0,05	3,81	0,07	3,88	2,0
II	0 - 20	3,4	1,95	5,5	0,04	0,06	0,09	7,16	0,19	7,35	3,0
II	20 - 40	3,6	0,84	8,1	0,03	-	0,02	3,81	0,05	3,86	1,0
II	40 - 60	3,5	0,93	2,6	0,03	-	0,02	4,23	0,05	4,28	1,0
III	0 - 20	3,6	2,14	9,8	0,03	0,04	0,09	7,16	0,16	7,32	2,0
III	20 - 40	3,6	0,74	5,5	0,04	-	0,02	3,08	0,06	3,14	2,0
III	40 - 60	3,4	1,67	8,1	0,03	-	0,08	5,80	0,11	5,91	2,0

Tabela 5 - Análise física de solo do sítio de Brotas - SP.

Identificação da amostra		Análise mecânica (mm), Pipeta				
Bloco	Prof. (cm)	Areia grossa (1:0,5)	Areia fina (0,25-0,10)	Areia (2-0,005)	Silte (0,05-0,002)	Argila Dispersa em água
I	0 - 20	29,7	55,2	84,9	1,1	14,0
I	20 - 40	29,9	58,3	88,2	1,2	10,6
I	40 - 60	28,7	60,1	88,8	1,5	9,7
II	0 - 20	36,2	55,9	92,1	1,9	6,0
II	20 - 40	31,2	58,5	89,7	1,3	9,0
II	40 - 60	28,5	61,6	90,2	1,0	8,8
III	0 - 20	33,9	54,4	88,3	2,9	8,8
III	20 - 40	36,0	53,4	89,4	1,3	9,3
III	40 - 60	36,5	54,7	91,2	1,4	7,4
						4,5
						3,8
						2,0

média de 3,5: a estruturação deste solo é baixa devido a alta porcentagem de areia e a baixa porcentagem de matéria orgânica.

4.5. Avaliações

Aos sete anos de idade o ensaio foi encerrado procedendo-se às seguintes avaliações:

4.5.1. Parâmetros silviculturais

Foram medidos a altura total da árvore, DAP (diâmetro a altura do peito = 1,30 m) e porcentagem de falhas de cada uma das 79 progênies das quatro procedências nas seis repetições. A partir desses dados se estimou o volume cilíndrico, expresso em m^3/ha .

4.5.2. Densidade básica da madeira e conteúdo de nutrientes

Após serem abatidas, foram retirados discos de mais ou menos 3 cm de espessura da base, DAP (1,30 m), 50 % e 100 % da altura total de três árvores, das 79 progênies e das quatro procedências, utilizando três repetições. Cada uma destas três árvores representaram os indivíduos mais altos, os mais baixos e os intermediários, dentro de cada progênie, denominados, respectivamente por árvore tipos I, III e II.

O total de amostras foi, portanto:

$3 \text{ árvores/progênie} \times 79 \text{ progênies} \times 3 \text{ repetições} = 711 \text{ árvores}$
 $711 \text{ árvores} \times 4 \text{ discos/árvores} = 2\,844 \text{ discos}.$

Em todos os discos foram analisados a densidade básica da árvore através do método da "super-norma", segundo SQCE (1984).

A análise do conteúdo de P, K, Ca e Mg foi feita no disco tomado a 50% da altura total, assumindo que este seja representativo de toda a biomassa do tronco, de acordo com estudos conduzidos por ZEN et alii (1981). Para isso, as amostras da casca e do lenho foram colocadas para secar em estufa com ventilação forçada a 70-75°C até atingirem peso constante. Em seguida, o material foi triturado em moinho tipo Wiley e peneirado em malha 20 "mesh". As dosagens dos nutrientes K, Ca e Mg foram efetuadas por espectrofotometria de absorção atômica e a de P através do método vanadato-molibdato de amônio, de acordo com SARRUGE e HAAG (1974).

4.6. A análise dos dados

Foi utilizada a análise de variância para os parâmetros silviculturais, o conteúdo de nutrientes minerais no tronco e a densidade da madeira, segundo o esquema estatístico:

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos	5
Progênies	3
Progênies (procedências)	78
Árvores tipo I, II e III (progênies)	304
Resíduo	<u>766</u>
TOTAL	1 170

4.6.1. Cálculo do índice de eficiência da utilização de nutrientes

Para a estimação do índice de eficiência de utilização dos nutrientes, definidos por SHEPARD e CANNEL (1985) como a quantidade de biomassa produzida por quantidade de um elemento mineral acumulado, utilizou-se o conteúdo de nutrientes (g de nutrientes/100 g de matéria seca — %) determinado no disco coletado a 50 % da altura total.

Os índices foram obtidos através do quociente:
 $100 \times \text{conteúdo do nutriente}^{-1}$ (kg/kg).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variação entre procedências e entre progênies

Os dados individuais de cada progênie dentro das progênies estudadas para volume cilíndrico, altura total, DAP, densidade básica da madeira e conteúdo de P, K, Ca e Mg no meio do tronco da árvore estão inseridos no Apêndice 1. Os dados médios de cada procedência destes mesmos parâmetros encontram -se inseridos na Tabela 6. Os resultados obtidos no desdobramento e análise de variância dos dados anteriores estão contidos na Tabela 7.

Os dados de volume cilíndrico, altura, DAP, densidade básica da árvore, inseridos na Tabela 6, não diferiram estatisticamente entre si, através do teste F (Tabela 7). Entre tanto, o conteúdo de nutrientes minerais apresentou diferença altamente significativa, ao nível de 1 % de probabilidade entre procedências para o K e Mg, enquanto para o P e Ca foi detecta-

Tabela 6 - Dados médios de volume cilíndrico, altura, DAP, densidade básica da árvore, teor de P, K, Ca e Mg no meio de árvores nas quatro procedências, aos sete anos de idade, em Brotas-SP.

Procedência	Nº de progênies	Volume cilíndrico (m³/ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Densidade (g/cm³)	Conteúdo de nutrientes (% x 1000) no meio da árvore			
						Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Itatinga	33	233,05a	21,55a	15,34a	0,489a	15,21a	104,65a	81,61a	23,48a
Guaíba	5	228,36a	21,90a	15,15a	0,521a	11,76a	85,71a	68,07a	18,51a
Salto Casa Branca	20	219,26a	21,90a	15,09a	0,493a	16,56a	101,72a	78,84a	23,95a
	21	234,67a	21,56a	15,41a	0,490a	20,61a	90,59a	73,29a	24,68a

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, através do teste Tukey.

Tabela 7 - Valores do teste F para volume cilíndrico, altura total, DAP, densidade básica da madeira, teor de nutrientes no meio das árvores tipos I, II e III de procedências e progênes.

Procedência	Volume cilíndrico	Altura	DAP	Densidade de no meio da árvore	Conteúdo de nutrientes (%x1000) no meio da árvore			
					Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Bloco	0,45	1,84	1,55	1,29	0,87	29,84**	4,37*	5,54
Procedência	0,84	0,63	1,72	0,83	2,67*	4,18**	2,12*	2,60*
Progênie (procedência)	2,05**	2,62**	2,24**	1,02	1,09	1,40*	0,97	1,10
Árvores tipos I, II e III (progênie)	6,21**	5,68**	6,17**	1,03	0,61	0,82	0,93	1,26*

* = significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

da diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade. A aplicação do teste Tukey não detectou diferenças entre as médias.

Isso implica que seleções ao nível de procedências são viáveis a partir de mensurações do conteúdo de P, K, Ca e Mg no tronco das árvores. Para os demais parâmetros estudados a seleção é ineficaz, uma vez que não há diferenças significativas entre as procedências.

Inversamente, a análise de variância de progênies agrupadas dentro de procedências (Tabela 7), mostra que a seleção será eficaz para volume cilíndrico, altura, DAP, cujas diferenças foram detectadas a nível de 1 % de probabilidade e para o K, dentre os nutrientes avaliados, que apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, apesar dos demais nutrientes terem apresentado valores do teste F praticamente iguais ao do K. Isso associado a grande amplitude de variação (Tabela 8) indica que são necessários estudos mais detalhados acerca do uso destes parâmetros para a seleção de árvores a nível de progênies.

A análise de variância entre as árvores tipo I, II e III de cada progênie, dentro de cada procedência (Tabela 7), detectou diferenças altamente significativas ao nível de 1 % de probabilidade para volume cilíndrico, altura e DAP e di

Tabela 8 - Média, amplitude de variação, coeficiente de variação experimental e número de dados avaliados de cada variável estudada.

Variável	Média	Amplitude de variação	Coeficiente de variação	Número de dados
Volume cilíndrico (m ³ /ha)	230,09	2,44 a 1.018,47	71,66	675
Altura (m)	21,65	0,80 a 30,00	19,83	687
DAP (cm)	15,30	1,20 a 29,00	28,06	688
Densidade básica no meio da árvore (g/cm ³)	0,493	0,240 a 0,841	15,12	367
Teor de P no meio da árvore (% x 1000)	16,71	1,00 a 249,00	95,64	650
Teor de K no meio da árvore (% x 1000)	98,61	4,00 a 240,00	41,00	650
Teor de Ca no meio da árvore (% x 1000)	77,40	4,00 a 551,00	49,44	650
Teor de Mg no meio da árvore (% x 1000)	23,51	1,00 a 125,00	48,85	650

ferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, apenas para o teor de Mg no meio da árvore, apesar da grande variação já observada (Tabela 8).

Os dados médios de volume cilíndrico, densidade básica da madeira, conteúdo de P, K, Ca e Mg, obtidos nas árvores tipo I, II e III, inseridos na Tabela 9, correspondem ao agrupamento de todas as progênies e procedências. Esse procedimento foi adotado visando a detectar o comportamento das árvores tipo I, II e III frente às demais características estudadas (densidade básica e conteúdo de nutrientes).

Pode-se observar que o desenvolvimento da árvore em altura, DAP e volume cilíndrico estão diretamente relacionados com a densidade básica e inversamente relacionados com o conteúdo de nutrientes no tronco (Tabela 9). As árvores com maior crescimento apresentaram, invariavelmente, maior densidade e menor conteúdo de nutrientes no tronco.

As seleções dentro de progênies, que geralmente são voltadas para árvores que apresentem um maior crescimento, neste caso trariam benefícios adicionais, aumentando a biomassa produzida por árvores, através da seleção indireta de árvore com maiores densidades e com um menor conteúdo de nutrientes no tronco.

Tabela 9 - Dados médios de volume cilíndrico, altura, DAP, densidade básica da madeira, conteúdo de P,K, Ca e Mg no meio das árvores tipos I, II e III. (Média entre todas as progênies).

Árvore Tipo	Volume (m ³ /ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Densidade (g/cm ³)	Conteúdo de nutrientes (% x1000) no meio da árvore			
					Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
I	388,31	25,02	19,23	0,504	15,06	91,81	74,19	21,70
II	197,03	21,78	14,82	0,493	16,71	98,24	75,46	23,06
III	92,72	17,86	11,55	0,485	18,52	106,50	82,97	25,98

Esses resultados devem indicar que as árvores tipo I foram capazes de otimizar a utilização dos recursos disponíveis, quer seja a nível de solo, quer seja a nível de atmosfera. Dessa forma, o maior crescimento (produção de biomassa) acarretou o "efeito diluição", já amplamente conhecido na nutrição vegetal, induzindo a diminuição no conteúdo dos nutrientes (%).

Existem diversos fatores ligados às variações observadas entre o conteúdo de nutrientes das árvores e a respectiva biomassa produzida, reflexos dos produtos fotossintetizados através da maior ou menor capacidade de absorção de água, CO_2 , nutrientes, eficiência de conversão da luz. Todos, naturalmente, sujeitos a influências ambientais (competição intra e interespecífica, pragas, doenças, clima, etc.).

Dada a complexidade existente entre estes fatores, bem como suas interações, o presente estudo foi restrito apenas aos seus efeitos, qual seja, a eficiência fisiológica das árvores tipos I, II e III, enfocando a biomassa do tronco e seu conteúdo de nutrientes minerais.

5.2. Índice de eficiência da utilização dos nutrientes em árvores tipos I, II e III

O índice de eficiência de utilização de nutrientes (kg de biomassa produzida pelas árvores por kg de nu-

trientes absorvidos) por árvores tipos I, II e III dos nutrientes P, K, Ca e Mg, estão contidos na Tabela 10.

Tabela 10 - Índice de eficiência de utilização de nutrientes para a produção de lenho nas árvores tipos I, II e III.

Árvore tipo	kg de biomass/kg de nutrientes contidos no tronco			
	P	K	Ca	Mg
I	6 641	1 089	1 348	4 608
II	5 984	1 018	1 325	4 337
III	5 400	939	1 205	3 849
Média	6 008	1 015	1 293	4 265

As árvores tipo I apresentam uma superioridade em relação às árvores do tipo III, para o conteúdo de P, K, Ca e Mg, com valores percentuais em torno de 23%, 16%, 12% e 20%, respectivamente (Tabela 10). A tendência desses dados é a mesma detectada por SHEPPARD e CANNEL (1985) que estudaram a variação inter e intra clonal em *Picea sitchensis* e *Pinus contorta*.

SILVA (1983) encontrou para *E. saligna* procedente de Coff's Harbour - Austrália, aos dez anos de idade, plantados em Itirapina-SP, índices de eficiência de utilização de $P = 26\ 318$; $K = 1\ 389$; $Ca = 532$ e $Mg = 2\ 326$. Esses dados, coletados em sítio e idade diferentes ao desse estudo, mostram a grande variabilidade que pode ser encontrada quando da utilização desses parâmetros.

Devido ao "efeito diluição" dos nutrientes, já comentados anteriormente, indicam que os meses do índice de eficiência de utilização dos nutrientes devem ser analisados com cautela, principalmente a nível de melhoramento genético (SILVEIRA, comunicação pessoal*).

Os valores obtidos no índice de eficiência de utilização dos nutrientes (Tabela 10), podem ser explicados através de um estudo conduzido por ATTIWILL (1980) com *E. obliqua*, onde o autor concluiu que a transição que ocorre nos tecidos do tronco, de alburno para cerne, envolve grande redistribuição interna dos nutrientes. No caso específico do fósforo, cerca de 46% da demanda anual é suprida através deste processo. Isso significa que as árvores menores (tipo III) não atingiram ainda o estágio de desenvolvimento das maiores árvores (tipo I) e concentram grandes quantidades de nutrientes, que provavelmente poderiam ser convertidos em biomassa caso as mesmas não

* SILVEIRA, J.A.G., comunicação pessoal.

fossem dominadas. Além disso, pode-se inferir que as árvores tipo III ainda não atingiram a idade ou ponto de exploração. Nesse sentido, POGGIANNI (1985) preconiza que as rotações silviculturais devem estar em consonância com as rotações ecológicas, que permitem a volta dos nutrientes ao sítio.

5.3. Perspectivas

A variação detectada para crescimento, densidade básica da madeira e conteúdo de nutrientes, apresenta boas perspectivas para a utilização desses critérios visando a aperfeiçoar o processo de seleção de genótipos desejáveis, tanto do ponto de vista produtivo como fisiologicamente eficientes. Não obstante, são necessários estudos mais detalhados acerca dos parâmetros genéticos e a herdabilidade de cada característica estudada.

A seleção de tais genótipos, implica na obtenção de uma população produtiva e adaptada ao sítio de Brotas que se enquadra dentro do conceito de multipopulações, preconizado por KAGEYAMA (1985) e pode ser conduzida, no teste em estudo, de duas formas distintas:

1ª) manejo da brotação das árvores desejadas de modo que venham constituir um pomar de sementes por muda de 2ª geração;

2º) propagar vegetativamente as árvores desejadas, segundo preconiza GODDARD e HOLLIS (1984), visando:

- a) ao estabelecimento de um pomar de sementes clonal de segunda geração ou
- b) a propagar massalmente tais árvores.

Do ponto de vista fisiológico há necessidade de maiores conhecimentos quanto aos processos envolvidos na absorção e utilização dos nutrientes e seus reflexos na biomassa produzida pelas árvores. Tais estudos poderiam, por exemplo, ser conduzidos através de fisiologia comparada de mudas, plantas jovens e árvores adultas, de genótipos conhecidos.

6. CONCLUSÕES

As variações detectadas permitem a seleção:

1. a nível de procedências para o conteúdo de P, K, Ca e Mg no tronco das árvores.
2. a nível de progênies dentro de procedências para volume cilíndrico, altura, DAP e para o conteúdo de K no tronco das árvores.

Apesar da análise estatística não ter detectado variações significativas no conteúdo de nutrientes entre progênies, exceto para o K e entre árvores tipos I, II e III para o Mg, os dados apresentam grandes variações o que permite inferir que:

1. A amostragem deveria ter sido ainda maior para detectar diferenças estatísticas significativas;

2. As variações existentes no conteúdo de nutrientes mostram boas perspectivas de utilização desta variável para aperfeiçoar a escolha de populações - ou até mesmo indivíduos - produtivos e eficientes do ponto de vista nutricional.

O fato de que as maiores árvores apresentam maior densidade e menor conteúdo de nutrientes no tronco contribui sobremaneira na seleção de genótipos produtivos e eficientes para o sítio de Brotas.

7. LITERATURA CITADA

ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua*. Forest:4
Nutrient uptake and nutrient return. Australian Journal
Botany. Melbourne, 28: 199-222, 1980.

ATTIWILL, P.M. Energy. Nutrient flow, and biomass. 2n: Aus-
tralian forest nutrition workshop on productivity in per -
petuity, Canberra, 1981. p. 131-144.

BOWEN, G.D. Nutrition of plantation forest. London, Academic
Press, 1984. p. 147-179.

BOWERSOX, T.W. & WARD, W.W. Seasonal variation on foliar nu-
trient concentrations of black cherry. Forest Science,
Washington, 23(4): 429-432, 1977a.

- BOWERSOX, T.W. & WARD, W.W. Temporal variation in nutrient levels of litter in black cherry stands. Forest Science, Washington, 23(4): 433-436, 1977b.
- BOWERSOX, T.W. & WARD, W.W. Soil fertility, growth and yield of young hybrid poplar plantations in Central Pennsylvania, Forest Science, Washington, 23(4): 463-469, 1977.
- COTTERILL, P.P. & NAMBIAR, E.K.S. Seedling physiology of Radiata pine families with parents of contrasting growth. Australian Forest Research, Melbourne, 11: 13-22, 1981.
- CURLIN, J.W. Clonal differences in yield response of "Populus deltoides" to nitrogen fertilization. Soil Science Society American Proceedings Madison, 31: 276-289, 1967.
- FELLER, M.C. Effects of an exotic conifer plantation on forest nutrient cycling in Southeastern Australia. Forest Ecology and Management, Amsterdam, 7(2): 77-102, dezembro, 1983.
- GODDARD, R.E. & HOLLIS, C.A. The genetic basis of forest tree nutrition. In: BOWEN, G.D., Nutrition of plantation forest. London, Academic Press, 1984, p. 237-257.

JAHROMI, S.T.; GODDARD, R.E. & SMITH, W.H. Genotype x fertilizer interactions in slash pine: growth and nutrient relation. Forest Science, Madison, 22(2): 211-219, 1976.

KAGEYAMA, P.Y. Relatório de viagem para participação em Congresso da IUFRO sobre "Procedências e estratégia de melhoramento genético em espécies florestais tropicais". Em Mutare-Zimbabwe. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 18 p., 1985.

KIMMINS, J.P. & KRUMLIK, G.J. On the question of nutrient losses accompanying whole tree logging. In: BOWEN, G. D., Nutrition of planting forests. London, Academic Press, 1974, p. 43-53.

MEAD, D.J. Diagnosis of nutrient deficiencies in plantations. In: BOWEN, G. D., Nutrition of plantation forests. London, Academic Press, 1984, p. 259-288.

McGRATH, J.F. & ROBSON, A.D. The distribution of zinc and diagnosis of zinc deficiency in seedling of *Pinus radiata*, p. Don. Australian Forest Research, Melbourne, 14: 175-186, 1984.

MILLER, H.G. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and the consequence for fertilizer practice. In: Australian Forest Nutrition Workshop on Productivity in Perpetuity, Canberra, 1981. p. 187-199.

MILLER, H.G. Dynamics of nutrient cyclings in plantation ecosystems. In: BOWEN, G.D. Nutrition of Plantation Forests. London, Academic Press, 1984. p. 53-78.

NORTON, S.A. & YOUNG, H.E. Forest biomass utilization and nutrient bridgets. In: BOWEN, G.D. Nutrition of Plantation Forests. London, Academic Press, 1984. p. 57-73.

PIETILAINEN, P. Foliar nutrient content and 6-Phosphoglucate Desidrogenase activity in vegative buds of scotts pine on a growth disturbance area. *Comunicaciones Instituti Florestalis Fenniae*, Helsinki, 123, 18 p. 1984.

POGGIANI, F. et alii. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. IPEF, Piracicaba, (27): 17-30, 1984.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z. & SIMÕES, J.W. Aspectos ecológicos das "mini-rotações" e do aproveitamento dos resíduos florestais. Circular Técnica IPEF, Piracicaba, (74): 1-7, 1974.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais. Piracicaba. 1985. 211p. (Tese de Livre-Docência, ESALQ).

PRITCHETT, W.L. & GODDARD, R.E. Diferencial responses of slash Pi ne progeny lines to some cultural practices. Soil Science Society American Proceedings. Madison, 31: 280, 1967.

PRITCHETT, W.L. Properties and management of forest soil. New York, John Willey, 1979, p. 191-211.

RAUPACH, M. & NICHOLS, J.W.P. Foliar nutrient levels and wood densiometric characteristics in clones of *Pinus radiata* D. Don. Australian Forest Research, Melbourne, 12: 93-103, 1982.

ROBERDS, J.H.; NAMKOONG, G. & DAVEY, C.B. Family variation in growth response of loblolly Pine to fertilizing with urea. Forest Science. Madison, 22(3): 291-299, 1976.

SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG. Análises químicas em plantas. Piracicaba. ESALQ/USP. 1974, 58 p.

SILVA, H.D. Biomassa e aspectos nutricionais de cinco espécies do gênero *Eucalyptus*, plantadas em solos de baixa fertilidade. Piracicaba, 1983. 84 p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).

SCHOUNAU, A.P.G. & HERBERT, M.A. Relationship between growth-rate and foliar concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium for *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal. Pretoria, (120): 19-23, março, 1982.

SCHOUNAU, A.P.G. Seasonal changes in foliar nutrient content of *E.grandis*. South Agrican Forestry Journal. Pretoria, (119): 1-4, 1981.

SHEPPARD, L.J. & CANNEL, M.G.R. Nutrient use efficiency of clones of *Picea sitchensis* and *Pinus contorta*. *Silvae Genética*, Frankfurt 34(4-5): 126-132 p., 1985.

SMITH, R.B.; WARING, R.H. & PERRY, D.A. Interpreting foliar analyses from Douglas-fir as weight per unit of leaf area. Canadian Journal of Forest Research. Ottawa, 11(3):593-598, 1981.

SNOWDON, P. & WARRING, H.D. Composite of samples for foliar analysis. Australian Forest Resarch, Melbourne, 14:253-242, 1984.

SQCE. Densidade básica da madeira-subsídios para determinação, 2ª parte. Informativo SQCE nº 9, 1-5p., julho de 1984. Piracicaba.

SQUILLACE, A.E. Genotype-environment interactions in forest trees. In: Meeting of the Working Group on Quantitative Genetics, 2, section 22. IUFRO, 1969. USDA, Forest Service, SO. p.49-61.

- SWITZER, G.L. & NELSON, L.E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus radiata*) plantations ecosystems: the first twenty years. Soil Science Society American Proceeding. Madison, 36(1): 14-17, 1972.
- Van den DRIESSE, R. & WEBBER, T.E. Variation in total and soluble nitrogen concentrations in response to fertilization of Douglas-fir. Forest Science, Madison, 23(2): 134-142, 1977.
- Van den DRIESSE, R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. The Botanical Review 40(3): 347-394, 1974.
- WARING, H.P. Forest nutrition problems in the tropics and subtropics. Australian Forest Research. Melbourne, 12 p. 1976. IUFRO, V. 1 p. 128-142.
- WILL, G. Variations in the mineral content of Radiata pine needles with age and position in the crown. New Zealand Journal of Science and Technology, Rotorua. New Zealand. 38 (7): 699-707 p. 1957.
- YOUNG, H.E. & CARPENTER, P. W. Sampling variation of nutrient element content within and between trees of the same species. In: Oslo biomass studies. Oslo, 1976.

ZEN, S.; POGGIANI, F. & COUTO, H.T. Z. do. Variação da concentração de nutrientes ao longo do caule de *Eucalyptus saligna*: implicações na utilização energética dos resíduos florestais. Circular Técnica IPEF. Piracicaba (136): 1-7 , 1981.

APÊNDICE

Apêndice 1 - Dados individuais das progênies dentro de procedência para volume cilíndrico, altura, DAP, densidade básica conteúdo de nutrientes no meio da árvore.

Procedência	Progênie (nº)	Volume cilíndrico (m³/ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Densidade básica (g/cm³)	Conteúdo de nutrientes (% x 1000) no meio da árvore			
						Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Itatinga	1	212,01	22,0	14,5	0,500	14,11	82,67	80,44	34,56
	2	215,34	21,2	15,2	0,465	16,44	88,00	77,56	26,11
	3	133,10	19,3	12,4	0,528	15,33	103,11	102,44	29,33
	4	247,91	22,3	16,1	0,519	17,89	127,55	82,11	25,33
	5	217,93	19,8	14,7	0,483	14,50	90,50	99,13	29,38
	6	155,57	20,2	13,3	0,493	17,22	91,11	77,78	25,00
	7	251,19	22,0	16,3	0,487	11,75	97,00	77,00	20,38
	8	254,88	22,7	16,1	0,473	13,22	115,56	74,67	22,00
	9	258,49	22,3	16,2	0,508	13,22	90,22	59,78	18,78
	10	275,86	22,0	15,0	0,540	13,89	75,11	59,33	17,34
	11	204,58	21,3	15,6	0,481	13,63	112,88	71,75	21,63
	12	237,93	21,7	15,4	0,416	21,50	103,50	89,25	19,75
	13	264,91	20,5	14,3	0,466	16,75	132,50	86,63	27,25
	14	345,66	22,4	16,1	0,478	15,71	128,00	150,14	23,29
	15	126,22	18,0	13,9	0,434	18,88	105,50	80,25	23,00
	16	261,40	24,2	16,8	0,508	16,43	100,29	69,43	21,14
	17	194,02	21,2	14,3	0,506	10,89	71,33	55,11	16,44

Continua

Apêndice 1 - Continuação.

Procedência	Progé- nie (nº)	Volume cilín- drico (m³/ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Densidade básica (g/cm³)	Conteúdo de nutrientes (% x 1000) no meio de árvores			
						Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Itatinga	18	273,66	23,2	15,9	0,517	12,89	94,67	73,56	21,11
	19	190,59	20,6	15,5	0,486	15,88	82,88	61,50	19,25
	20	210,81	20,8	14,4	0,502	14,75	92,38	73,63	19,88
	21	254,44	22,5	15,9	0,516	15,22	103,56	82,11	24,33
	22	276,27	22,7	17,0	0,460	11,71	110,87	78,57	22,71
	23	236,28	21,0	15,6	0,485	13,33	111,55	82,11	25,78
	24	259,37	21,6	15,7	0,455	25,33	147,55	104,67	27,22
	25	197,96	21,1	13,9	0,406	15,38	111,50	93,00	22,50
	26	288,62	22,6	17,3	0,504	11,40	82,40	66,60	20,20
	27	182,55	20,9	14,2	0,496	16,33	118,00	92,50	22,17
	28	248,64	22,1	15,9	0,480	13,33	121,78	84,89	28,56
	29	256,43	21,6	15,1	0,496	16,33	119,56	83,00	29,11
	30	265,01	22,7	16,3	0,499	13,25	102,00	67,63	19,12
	31	321,10	23,8	17,9	0,504	15,71	121,71	58,14	19,14
	32	261,84	21,5	16,3	0,469	17,66	137,33	92,67	25,33
	33	268,92	22,6	16,9	0,504	16,25	97,50	105,75	23,00
	34	168,31	19,8	13,5	0,485	12,22	76,44	73,11	17,44
	35	231,10	22,5	15,6	0,526	8,00	77,20	61,20	16,80
	36	377,10	23,3	19,0	0,520	12,50	95,33	81,77	18,00
Guaíba	37	255,19	21,8	15,6	0,515	14,10	92,89	60,67	20,44
	38	160,59	21,6	12,2	0,542	13,17	83,67	74,50	18,33

Continua

Apêndice 1 - Continuação.

Procedência	Progê nie (nº)	Volume cilín dríco (m³/ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Densidade básica (g/cm³)	Conteúdo de nutrientes (% x 1000) no meio de árvores			
						Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Salto	39	188,94	22,2	15,7	0,436	13,62	94,50	89,00	22,13
	40	178,48	20,9	14,9	0,394	13,14	117,14	60,14	34,00
	41	238,89	24,2	16,6	0,461	15,56	98,22	83,33	23,78
	42	221,30	21,4	14,6	0,514	11,00	79,50	60,63	17,88
	43	180,92	21,1	14,0	0,525	15,25	115,00	75,50	25,38
	44	271,88	23,5	16,1	0,546	11,88	92,00	84,00	23,63
	45	156,08	19,6	12,5	0,507	20,00	85,33	87,33	26,67
	46	206,08	21,8	14,1	0,509	27,25	129,13	86,50	35,00
	47	227,20	18,8	13,4	0,513	17,00	103,43	72,28	25,00
	48	180,53	21,5	14,1	0,518	16,88	99,00	80,13	25,75
	49	190,19	21,7	14,4	0,480	12,89	96,44	73,89	20,67
	50	328,14	24,6	18,2	0,482	11,50	83,00	72,33	17,33
	51	227,44	22,2	15,3	0,528	21,56	101,78	81,00	25,22
	52	224,57	21,3	15,7	0,500	26,13	102,00	76,00	20,38
	53	263,89	23,5	16,5	0,567	14,37	100,50	72,00	21,00
	54	160,31	20,9	13,2	0,472	15,83	98,00	82,50	20,17
	55	300,96	23,9	16,9	0,458	11,29	99,43	66,86	19,29
	56	229,51	22,7	15,8	0,439	18,00	110,86	99,57	25,71
57	277,84	22,9	16,6	0,442	15,71	122,86	80,00	25,14	
58	180,33	20,8	14,8	0,519	18,50	123,00	93,13	25,50	

Continua

Apêndice 1 - Continuação.

Procedência	Progê nie (nº)	Volume cilín- drico (m³/ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Densidade básica (g/cm³)	Conteúdo de nutrientes (% x 1000) no meio de árvores			
						Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Casa Branca	59	169,54	21,4	14,2	0,502	16,14	112,00	64,14	20,14
	60	177,47	20,0	13,5	0,485	60,55	82,20	78,11	18,56
	61	196,06	20,8	13,8	0,493	28,78	92,00	58,44	25,00
	62	203,73	21,3	15,9	0,481	15,67	112,89	68,67	25,78
	63	250,21	23,5	15,9	0,535	15,00	68,75	68,25	25,63
	64	238,10	20,3	15,3	0,485	24,50	97,25	77,88	23,75
	65	162,32	21,3	13,6	0,498	16,88	99,25	87,25	32,63
	66	345,23	24,3	18,3	0,454	13,12	54,38	74,75	19,00
	67	153,90	16,9	12,9	0,481	19,33	113,33	64,17	28,17
	68	239,22	21,8	15,3	0,371	16,00	87,00	80,13	27,25
	69	205,94	21,5	15,0	0,479	20,50	107,63	83,88	30,75
	70	317,95	22,9	17,3	0,484	14,22	70,78	63,33	23,78
	71	160,97	17,9	12,8	0,449	23,88	79,63	90,75	31,25
	72	249,48	21,0	15,9	0,512	10,00	82,67	56,50	17,00
	73	195,79	20,6	14,5	0,487	22,00	84,50	73,00	28,12
	74	261,53	21,7	15,3	0,557	17,63	81,50	80,38	22,38
	75	227,47	21,6	15,4	0,517	15,11	99,56	66,67	22,22
	76	278,67	22,6	16,9	0,511	16,25	104,00	57,00	19,00
	77	234,72	22,6	15,5	0,514	17,75	98,50	68,75	23,12
	78	308,90	24,7	17,6	0,512	17,11	79,11	67,11	21,33
	79	329,97	23,0	18,0	0,542	20,56	88,44	80,00	27,22