INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO MINERAL NAS
CARACTERÍSTICAS DOS ANEIS DE CRESCIMENTO DA
MADEIRA DE *Pinus caribaea* VAR. *bahamensis*

JOSÉ OTÁVIO BRITO

Orientador : Prof. Dr. EPAMINONDAS S. DE B. FERRAZ

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Doutor em Agronomia. Área
de concentração: Solos e Nutri-
ção de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1985

Aos meus pais, Otávio e Terezinha
minha eterna gratidão.

Homenagem especial às minhas tias
Nilva, Ivanilde e Neuza.

A minha esposa Adelina e
meus filhos
Juliana e Thiago,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Epaminondas Sansígolo de Barros Ferraz pela orientação e apoio.

- Aos Professores Dr. Luiz Ernesto George Barrichelo, Dr. Hilton Tadeu Zarate do Couto, Dr. Walter de Paula Lima e ao Engº Ftal. Edson Antonio Balloni, pelos auxílios, críticas e sugestões.

- Aos colegas Professores do Departamento de Silvicultura - ESALQ - USP, pelo apoio.

- A Champion Papel e Celulose S/A pela cessão de material e informações.

- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA e ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais-IPEF, pelas facilidades nas análises de materiais e resultados.

- Aos atuais e ex-funcionários e estagiários do Departamento de Silvicultura - ESALQ - USP, do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais e do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, que colaboraram durante a execução desse trabalho.

- A todos aqueles que nos auxiliaram e que involuntariamente tenhamos omitido seus nomes.

ÍNDICE

	<u>página</u>
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiii
SUMMARY	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Formação da madeira - qualidade e influências	5
2.2. Qualidade da madeira em função da adubação mi- neral	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Material	27
3.1.1. Origens das sementes	27
3.1.2. Local e instalação	28
3.1.3. Solo e clima	28
3.1.4. Plantio e tratos culturais	29
3.2. Delineamento experimental e amostragem	29
3.3. Preparo de amostras	32
3.4. Identificação ano-anel de crescimento (data- ção)	33
3.5. Determinação dos volumes dos lenhos inicial e tardio, volume de cada anel de crescimento a- nual e volume total de madeira do disco	36
3.6. Determinação da densidade dos lenhos tardio e inicial	37

3.7. Cálculo da massa dos lenhos tardio e inicial, do anel de crescimento anual e do disco	39
3.8. Cálculo da densidade do anel de crescimento e do disco	40
3.9. Delineamento estatístico	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Volumes dos lenhos, do anel de crescimento e volume total de madeira no disco	44
4.2. Densidade dos lenhos inicial e tardio, do a- nel de crescimento anual e do disco	55
4.3. Massa dos lenhos inicial e tardio, do anel de crescimento anual e do disco	64
5. CONCLUSÕES	73
5.1. Produção volumétrica	73
5.2. Densidade da madeira	74
5.3. Produção de massa	75
6. LITERATURA CITADA	76
APÊNDICE I - Raios e volumes dos lenhos inicial e tardio e do anel de crescimento por disco individual. Análise estatística	85
APÊNDICE II - Densidades dos lenhos inicial e tardio e do anel de crescimento por disco in- dividual. Análise estatística	96
APÊNDICE III - Massas dos lenhos inicial e tardio e do anel de crescimento do disco individual. Análise estatística	106

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>página</u>
1. Crescimento médio em altura, diâmetro à altura do peito (DAP), volume cilíndrico e percentagem de falhas aos 11,5 anos de idade (madeira com casca)	31
2. Histórico do povoamento em função da datação.	35
3. Quadro geral de análise de variância aplicada (sem QM, SQ e F)	42
4. Quadro de análise de variância aplicado no desdobramento da interação tratamentos e anos	43
5. Valor médio do volume anual de lenho inicial e de lenho tardio (DAP, espessura = 1 cm) ...	45
6. Valor médio do volume do anel de crescimento anual	50
7. Proporção volumétrica de lenhos e volume total de madeira do disco ao nível do DAP - disco de 1 cm de espessura	54
8. Valor médio de densidade do lenho inicial e do lenho tardio	56
9. Valor médio da densidade do anel de crescimento anual	60

Tabela

10.	Densidade média da madeira do disco ao nível do DAP - 1 cm de espessura	63
11.	Valor médio de massa do lenho inicial e do lenho tardio	65
12.	Valor médio da massa do anel de crescimento anual	68
13.	Massa total de madeira do disco ao nível do DAP - 1 cm de espessura	72
14.	Valores individuais dos raios correspondentes ao final do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento adubado (DAP) (cm)...	86
15.	Valores individuais dos raios correspondentes ao final do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento não-adubado (DAP) (cm).	87
16.	Valores individuais dos volumes do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm ³).....	88
17.	Valores individuais dos volumes do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento não-adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm ³).	89

Tabelapágina

18. Análise de variância para volume de lenho inicial anual	90
19. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para volume de lenho inicial anual	90
20. Análise de variância para volume de lenho tardio anual	91
21. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para volume de lenho tardio anual	91
22. Valores individuais dos volumes do anel de crescimento por disco do tratamento adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm ³)	92
23. Valores individuais dos volumes do anel de crescimento por disco do tratamento não adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm ³)	93
24. Análise de variância para volume do anel de crescimento anual	94
25. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para volume do anel de crescimento anual	94

Tabelapágina

26.	Valores originais de precipitação mensal do ano de 1976 em comparação com os valores médios do período de 1969 a 1978	95
27.	Volumes individuais das densidades do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento adubado (g/cm ³)	97
28.	Valores individuais das densidades do lenho inicial e lenho tardio e por disco do tratamento não-adubado (g/cm ³)	98
29.	Análise de variância para densidade do lenho inicial anual	99
30.	Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para densidade de lenho inicial anual	99
31.	Análise de variância para densidade do lenho tardio anual	100
32.	Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para densidade do lenho tardio anual	100
33.	Valores individuais das densidades dos anéis de crescimento por disco do tratamento adubado (g/cm ³)	101

Tabelapágina

34.	Valores individuais das densidades dos anéis de crescimento por disco do tratamento não-adubado (g/cm^3)	102
35.	Análise de variância para densidade do anel de crescimento anual	103
36.	Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para densidade do anel de crescimento anual	103
37.	Exemplo do perfil de densidade para um disco ao nível do DAP, com valores apresentados de milímetro a milímetro - disco adubado e não-adubado	104
38.	Valores individuais das massas de lenho inicial e de lenho tardio por disco do tratamento adubado - DAP (g)	107
39.	Valores individuais das massas de lenho inicial e de lenho tardio por disco do tratamento não-adubado - DAP (g)	108
40.	Análise de variância para massa de lenho inicial anual	109
41.	Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para massa de lenho inicial anual	109

Tabelapágina

42.	Análise de variância para massa de lenho tardio anual	110
43.	Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para massa do lenho tardio anual	110
44.	Valores individuais das massas do anel de crescimento anual por disco do tratamento adubado (DAP; espessura = 1 cm) (g)	111
45.	Valores individuais das massas do anel de crescimento anual por disco do tratamento não-adubado (DAP; espessura = 1 cm) (g)	112
46.	Análise de variância para massa do anel de crescimento anual	113
47.	Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para massa do anel de crescimento anual	113

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>página</u>
1. Volume do lenho inicial e tardio formados anualmente (DAP; espessura = 1 cm)	46
2. Volume do anel de crescimento anual (DAP; espessura = 1 cm)	51
3. Densidade dos lenhos inicial e tardio formados anualmente (DAP; espessura = 1 cm)	57
4. Densidade do anel de crescimento anual (DAP; espessura = 1 cm)	61
5. Massa de lenho inicial e tardio formados anualmente (DAP; espessura = 1 cm)	66
6. Massa do anel de crescimento anual (DAP; espessura = 1 cm)	69
7. Perfil original de densidade - disco não-adubado	105
8. Perfil original de densidade - disco adubado.	105

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO MINERAL NAS CARACTERÍSTICAS
DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DA MADEIRA DE
Pinus caribaea var. *bahamensis*

Autor: JOSÉ OTÁVIO BRITO

Orientador: Prof. Dr. EPAMINONDAS S.B. FERRAZ

RESUMO

O objetivo deste estudo foi o da averiguação das possíveis influências da adubação mineral efetuada no momento do plantio, sobre caracteres dos anéis de crescimento da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

As amostras foram coletadas em povoamento implantado em 1968 na região de Casa Branca-SP, onde o clima é do tipo Cwa segundo a classificação de Köppen e o solo do tipo Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa. Foram ensaiados discos tomados ao nível do DAP (1,30 m do solo) de 10 árvores adubadas e 10 árvores não-adubadas, as quais tinham os seus DAP em torno da média das 36 árvores úteis que compunham individualmente cada tratamento.

Na adubação as doses de fertilizantes usadas foram: 60 kg/ha de N aplicado na forma de sulfato de amônio,

100 kg/ha de P_2O_5 aplicado na forma de superfosfato simples, 40 kg/ha de K_2O aplicado na forma de cloreto de potássio e calcário dolomítico na base de 3 t/ha.

Os lenhos e os anéis de crescimento das madeiras dos discos foram analisados do 2º ao 11º ano de vida das árvores, tendo sido determinados volumes, densidades e massas produzidas.

As conclusões mais importantes que se pode obter do estudo são relatadas a seguir:

a. A adubação mineral induziu a uma maior produção volumétrica de madeira no lenho inicial ao nível do DAP até o 6º ano de vida da árvore, não tendo sido observado nenhum efeito sobre o volume de madeira do lenho tardio. O efeito causado sobre o lenho inicial foi suficiente para induzir também aumento na produção volumétrica de cada anel de crescimento até o 5º ano de vida da árvore. O resultado final do efeito da adubação no volume total de madeira do disco do DAP foi o de um aumento de 25% no crescimento em relação ao tratamento não-adubado. Por outro lado, a adubação proporcionou uma queda de 8,6%, na proporção volumétrica de lenho tardio da madeira do disco do DAP.

b. Com relação à densidade da madeira ao nível do DAP, a adubação proporcionou redução nos valores correspondentes aos lenhos individuais, mas de modo mais acen-

tuado sobre o lenho tardio. O resultado disso foi também uma redução na densidade da madeira dos anéis de crescimento em praticamente todos os anos de vida das árvores; consequentemente, a densidade da madeira total ao nível do DAP reduziu-se em 27% quando comparada com aquela obtida de árvores que não sofreram adubação.

c. O tratamento com adubação mineral contribuiu para que houvesse um sensível aumento na produção de massa anual do lenho inicial somente até o 3º ano de vida das árvores. Contrariamente, para o lenho tardio a influência foi no sentido da diminuição dessa produção. A consequência foi que as produções de massa dos anéis de crescimento se mostraram superiores somente também nos três primeiros anos de vida da árvore. A tendência daí por diante foi no sentido de que as produções individuais dos anéis fossem inferiores nesse tratamento. Consequentemente, houve uma redução de cerca de 5% na produção de massa de madeira do disco total ao nível do DAP.

INFLUENCE OF FERTILIZER APPLICATION ON THE
TREE RINGS CHARACTERISTICS OF
Pinus caribaea var. *bahamensis*

Author: JOSÉ OTAVIO BRITO

Adviser: Prof. Dr. EPAMINONDAS S.B. FERRAZ

SUMMARY

The purpose of this work was to study the effects of the fertilization on tree rings formation of *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

Data were collected from a trial installed in 1968 in the region of Casa Branca, state of São Paulo, Brazil, climate Cwa according to Köppen classification and red-yellow latosol sandy-phase soil.

Two plots containing 36 sampling trees each were used. The first plot was fertilized at planting with 60 kg/ha of N in the form of ammonium sulphate, 100 kg/ha of P_2O_5 in the form of simple superphosphate, 40 kg/ha of K_2O in the form of potassium chloride, and 3 t of dolomitic lime/ha. The second plot was installed without fertilization. The disc ring study at the DBH level was conducted between

the 2nd and the 11th year, with the analyses of the volume and mass production and wood density.

From the analyses of the results the following conclusions could be drawn:

a. The treatment with fertilization showed higher earlywood volumetrical production at DBH level up to the 6th year of age. It was not observed any effect on the latewood volumetrical production. As a reflexion of the effect on the earlywood, the ring volumetrical production at DBH level was higher up to the 5th year. The final result was a higher total volumetrical production (25%) of the wood at DBH level from the fertilized trees. The fertilization resulted in the decrease of 8.6% in the volumetrical latewood in relation to the total volumetrical wood at DBH level.

b. A decrease in the early and latewood density was observed in the treatments with fertilization. The higher decrease was observed in the latewood. The result was the decrease of 27% in the wood density of the total disc at DBH level.

c. An increase in the mass production of the earlywood at the DBH level was the result observed up to the 3rd year of the life of the tree in the fertilized treatment. Opposite result was obtained in the mass production of late-

wood. Consequently the ring mass production in the fertilized trees was higher only in the three first years. After, these years, the production was smaller in this treatment in relation to the non-fertilized treatment. Thus it was observed a decrease of 5% in the mass production of the total disc at DBH level.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem se destacado pelas grandes transformações por que tem passado nos últimos tempos com o surgimento de novos conceitos e técnicas, os quais permitem colocá-lo entre os mais importantes do mundo.

Essas transformações são frutos da crescente demanda da sociedade sobre o setor, para obtenção de produtos baseados na madeira. Paralelamente, a cada dia que passa aumentam os custos das operações florestais, exercendo também a sua influência para a mudança dos métodos e práticas.

Tudo isso tem criado expectativas muito grandes em torno da questão do aumento quantitativo e, sobretudo, qualitativo da produção florestal. Um dos caminhos que se

tem preconizado para se chegar a tal objetivo é o da fertilização mineral dos plantios para a obtenção de madeira como matéria-prima industrial.

No Brasil a área florestal plantada está atualmente situada em torno de 3,7 milhões de hectares, conforme dados do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1984). A maior parte dessa área está concentrada na região do cerrado, onde os solos normalmente apresentam baixa fertilidade. Sob tais condições, o emprego de fertilizantes minerais torna-se importante fator para se poder alcançar as produtividades florestais almejadas. Esse conceito já se encontra devidamente bem estabelecido para o caso de espécies de *Eucalyptus*, conforme relatam BARROS *et alii* (1984).

No caso específico do gênero *Pinus*, a introdução de suas espécies no Brasil trouxe várias questões a serem equacionadas, dentre as quais inclui-se a necessidade ou não da fertilização mineral das plantações.

A existência de poucos estudos sobre a fertilização mineral de *Pinus*, que trouxessem respostas seguras para as nossas condições, segundo BALLONI (1984), fez com que a maioria das empresas não adotasse tal prática em seus plantios comerciais. No entanto, ainda segundo este autor, apesar do gênero ser considerado pouco exigente quanto à fertilidade do solo, níveis diferenciados de produção têm sido observados

quando se plantam algumas espécies em condições edáficas distintas.

Se a questão do emprego da fertilização mineral nos plantios de *Pinus* instalados sob as nossas condições de solo e clima não está ainda totalmente elucidada, a parte referente à influência dessa mesma fertilização sobre as propriedades da madeira encontra-se num estágio ainda menos adiantado. Isso justificou a idéia da realização do presente trabalho.

O objetivo em questão foi o da averiguação das possíveis influências da fertilização mineral de um plantio de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* sobre alguns caracteres dos anéis de crescimento de sua madeira.

O estudo dos caracteres dos anéis de crescimento e dos lenhos inicial e tardio dos *Pinus* tem sido considerado uma importante fonte de informações sobre qualidade da madeira. Isso é justificado pelo fato de que os lenhos que compõem o anel de crescimento sofrem variações profundas em suas características em função das diferentes condições de crescimento anual, e que quase sempre ocorrem também marcadas diferenças nas propriedades de suas madeiras. É em razão disso que o presente trabalho concentrou-se no estudo dos lenhos e anéis de crescimento. Trata-se de um estudo complementar de análise da formação e qualidade de madeira,

efetuado sobre parte do material florestal já estudado em seus aspectos silviculturais, por SIMÕES *et alii* (1970) e por BALLONI (1984).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Formação da madeira - qualidade e influências

Nas últimas décadas, concomitantemente com o rápido desenvolvimento dos conhecimentos florestais, numerosos estudos tem sido executados para correlacionar as condições a que a madeira é submetida durante sua formação com a sua qualidade.

Sabe-se que as propriedades da madeira são resultantes da interação entre o potencial hereditário da árvore e das condições ambientais sob as quais ela cresce. No que diz respeito ao ambiente, a influência de alguns de seus fatores sobre as propriedades da madeira tem sido alvo de muitas avaliações.

A preocupação com os efeitos ambientais interagindo sobre a formação da madeira data de muito tempo. Há mais

de meio século PAUL e MARTS (1931) já realizavam averiguações dos efeitos da fertilização mineral e irrigação sobre o crescimento e composição dos anéis de crescimento de *Pinus palustris*.

FIELDING (1967) faz um amplo relato sobre a influência das práticas culturais empregadas na formação de uma floresta sobre as propriedades da madeira. A densidade, o comprimento de fibras, a grã e outras propriedades da madeira formada a diferentes idades são discutidas tanto para coníferas como para folhosas. As influências exercidas sobre as propriedades da madeira pelo ritmo de crescimento, irrigação, redução de umidade do solo, sistemas silviculturais, desbastes, podas, ação de incêndios e insetos, também são abordados. O autor sugere que possíveis transformações nas propriedades da madeira possam ser instrumentos para a determinação dos níveis de fertilização a serem empregados numa floresta.

Citando o caso específico do Brasil, FERREIRA *et alii* (1978) consideram que, em geral, ainda há uma grande tendência nos nossos estudos sobre adaptabilidade e utilização das espécies florestais, de se dar maior atenção ao crescimento mais rápido sem se analisar as qualidades da madeira produzida. Os autores ressaltam, no entanto, que existem na literatura muitos exemplos em que as espécies introduzidas em áreas fora de sua ocorrência natural produzem madeira com qualidades inferiores, e pouco adequadas às principais finalida-

des da introdução.

Dentre as propriedades da madeira que têm sido estudadas em relação às influências das condições ambientais, sem dúvida alguma a densidade e as características dos lenhos dos anéis de crescimento se destacam sobremaneira.

A densidade, segundo BROWN (1970), é uma medida grosseira de qualidade, sendo em verdade o somatório de numerosas variáveis dentro da madeira. Ela varia significativamente com a altura da árvore, na posição radial, da medula para a casca, bem como com a idade. O autor cita o trabalho executado por Zobel e Rhodes (1955) sobre o efeito de fatores ambientais sobre a densidade da madeira de *Pinus taeda*, tendo sido diagnosticadas fortes correlações entre os mesmos. Nessas correlações estiveram incluídas a taxa de crescimento, características do solo e densidade populacional de plantio. Um dos importantes resultados encontrados foi a forte correlação mostrada pela densidade em relação à percentagem de lenho tardio. BROWN cita também o trabalho de LARSON (1957) que, num estudo de efeitos ambientais sobre a densidade da madeira de *Pinus elliottii*, encontrou essencialmente o mesmo resultado, ou seja, a percentagem de lenho tardio esteve fortemente correlacionada com a densidade da madeira.

BARRICHELO e BRITO (1977), estudando duas das principais espécies de *Pinus* plantadas em nosso meio (*P. taeda* e *P. caribaea* var. *hondurensis*), também obtiveram resulta-

dos indicando correlação positiva entre o teor de lenho tardio e a densidade da madeira. Os autores concluíram que se o objetivo for o de se obter madeira mais densa, o corte da madeira de *P. taeda* deveria ser retardado o tempo suficiente para a formação do maior teor possível de lenho tardio, o que é mais facilmente conseguido com o *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Em se abordando a questão do lenho tardio, merece ser ressaltado que a produção anual de zonas distintas de lenhos na madeira das árvores é uma característica das mais destacadas que pode ser encontrada na maioria das espécies florestais.

Segundo KRAMER e KOZLOWSKI (1960), a formação diferenciada desses lenhos é o resultado de alterações de condições fisiológicas internas da árvore, em geral, reflexo de variações ambientais ocorridas nas diferentes estações de crescimento a que está submetida.

Com base em MOREY (1980) pode-se dizer que geralmente em coníferas, onde a ocorrência dessas zonas distintas é mais frequente, as primeiras células do xilema formadas no início da estação de crescimento são grandes, com parede celular de espessura fina. O resultado é uma camada de madeira de menor densidade, que é então denominada de lenho inicial ou primaveril. No decorrer da marcha da estação de crescimento, gradualmente vão ocorrendo alterações fisiológicas internas na árvore. Essas alterações levam à formação de

células mais estreitas e com parede celular mais espessa que aquelas formadas no início da estação. Tem-se então o surgimento de uma camada de madeira mais densa e mais escura chamada de lenho tardio ou outonal. O resultado é que, ao final de cada ano ou estação de crescimento, tem-se formadas as duas zonas distintas de lenhos. Juntas, essas duas zonas compõem o chamado anel de crescimento anual.

HARRIS (1969) afirma que estudos sobre anatomia, densidade, propriedades físicas e mecânicas, características de absorção, composição química e teor de umidade dos lenhos inicial e tardio têm proporcionado importantes contribuições acerca dos conhecimentos da madeira e seus usos. Por outro lado, a determinação da percentagem de lenho tardio produzido sob diferentes condições de crescimento tem sido importante auxílio para o entendimento da influência do ambiente sobre as propriedades da madeira.

Tecendo comentários sobre formação e propriedades dos lenhos inicial e tardio, TROVATI (1982) afirma que as variações de densidade, que indiretamente refletem as dimensões das células, podem ser comparadas a uma função "dente de serra", com uma transição lenta e gradual do lenho inicial para o tardio e uma abrupta mudança do lenho tardio para o inicial. A cada ciclo de onda poder-se-ia associar um período de crescimento anual e as variações de amplitude estariam relacionadas aos fatores ambientais e fisiológicos.

A medida da largura dos anéis de crescimento com a ajuda de um microscópio binocular e a medida de suas densidades por métodos de raios-X podem aumentar a precisão das estimativas dos efeitos de vários fatores sobre o crescimento das árvores, afirma SMITH (1977). O autor apresenta algumas fontes de informações acerca do assunto, bem como discussões acerca de exemplos de utilização do método da análise dos anéis de crescimento da árvore. Medições efetuadas sobre lenho inicial e tardio de anéis de crescimento da árvore são usadas para ilustrar as tendências e variações anuais que se podem encontrar na madeira. O trabalho recomenda que os profissionais da área florestal lancem mão dos estudos sobre largura e densidade dos componentes do anel de crescimento anual da árvore para obterem maiores informações sobre a manipulação do seu crescimento.

2.2. Qualidade da madeira em função da adubação mineral

No mundo inteiro o uso da fertilização mineral em florestas tem despertado o interesse para avaliação de sua influência sobre a qualidade da madeira.

Larson (1968), citado por RESLER *et alii* (1975), afirma que os efeitos da fertilização mineral sobre a formação da madeira são indiretos, sendo na verdade expressos a-

través da influência do fertilizante sobre o desenvolvimento da copa da árvore. A qualidade da madeira pode se alterar e seu ritmo de formação aumentar na proporção da resposta da copa da árvore à fertilização. Os estudos realizados por Maki (1966), Kawana *et alii* (1969) e Windsor e Reines (1973), todos citados por LARSON, tem demonstrado que a resposta da árvore à adubação depende das condições de crescimento anteriores ao tratamento, bem como da classe de dominância em relação à população.

FIELDING (1967) afirma que os efeitos característicos da aplicação de um fertilizante para o estímulo do crescimento, são um acréscimo na quantidade de folhas e uma melhoria na sua cor. São efeitos que, do ponto de vista da correlação da copa e dos níveis de auxinas com as propriedades da madeira, podem estar associados com o aumento na produção de células características de lenho inicial e, portanto, de menor densidade. Segundo o autor há vários pesquisadores que já demonstraram tais transformações nas propriedades da madeira, em particular para o caso da fertilização nitrogenada, a qual caracteristicamente estimula o desenvolvimento foliar.

Na literatura podem ser encontradas várias conclusões ou pontos de vista acerca da influência da fertilização sobre a qualidade da madeira. A maioria indica a existência de correlações entre a adubação mineral e a densi-

dade e entre a adubação e características dos lenhos inicial e tardio e anel de crescimento. Nos trabalhos há também uma quase que total concordância na conclusão de que a adubação aumenta a taxa de crescimento da árvore.

Na linha de raciocínio ou de conclusões de que a fertilização mineral diminuiu a densidade da madeira pode-se iniciar citando o trabalho efetuado por BISSET *et alii* (1951). Os autores realizaram um estudo envolvendo a análise de traqueídeos de *Pinus pinaster*. Naqueles anéis que estiveram associados a um grande aumento da taxa de crescimento das árvores após uma fertilização fosfatada houve uma redução de cerca de 1/3 no comprimento dos traqueídeos. Esse decréscimo foi temporário, estendendo-se por cerca de somente três anéis de crescimento anual.

ERICKSON e LAMBER (1958) estudaram os efeitos de vários procedimentos de manejo sobre a composição química, o crescimento e a densidade de árvores de *Pseudotsuga taxifolia*. Tais procedimentos incluíram fertilização mineral, desbastes, fertilização associada ao desbaste e testemunha sem nenhum tratamento. As árvores foram analisadas 4 anos antes e 4 anos após os tratamentos. O estudo permite concluir que para a maioria dos casos não houve diferença entre a madeira formada antes e após os tratamentos no que diz respeito à composição química. O teor de celulose e a densidade da madeira sofreram a maior redução para a combinação entre a fertiliza

ção e o desbaste. Este tratamento foi o que resultou na maior taxa de crescimento, mostrando também a única significativa redução na percentagem de lenho tardio. O aumento no incremento volumétrico desse tratamento resultou num maior peso total de fibras que o tratamento testemunha, mesmo após levar-se em conta a diminuição da densidade da madeira.

Na mesma época, PECHMANN (1958) apresentou um trabalho em que foi medido o efeito da taxa de crescimento sobre a estrutura e propriedades da madeira de espécies florestais. O autor faz comentários sobre os efeitos da taxa de crescimento sobre a densidade, resistência físico-mecânica, estrutura, homogeneidade da madeira, etc., incluindo medições silviculturais que afetaram tais fatores. As espécies testadas foram *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Larix leptolepis*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* e *Fagus silvatica*. É citado um caso em que a fertilização de árvores de *Pinus sylvestris*, com baixo ritmo de crescimento, proporcionou um aumento na espessura total do anel de crescimento e na percentagem de lenho tardio, e um outro caso onde a fertilização mineral de árvores de *Picea abies* estimulou principalmente o crescimento do lenho inicial.

Realizando estudos sobre a madeira de *Pinus taeda*, ZOBEL *et alii* (1961) obtiveram resultados que permitiram concluir que, embora não significativamente, o teor de celulose e o comprimento das fibras diminuíram de acordo com o

aumento nas concentrações das doses de uma composição de adubo mineral à base de NPK.

WILLIAMS e HAMILTON (1961) analisaram as condições de crescimento de *Pinus elliottii* aos 8 anos de idade, em povoamento implantado em terreno arenoso profundo, e que foi submetido a quatro tratamentos, quais sejam: a. aplicação de sulfato de amônio; b. aplicação de superfosfato; c. aplicação de sulfato de amônio mais superfosfato e d. testemunha sem fertilização. Os resultados mostraram que, comparados com a testemunha, a espessura média dos anéis de crescimento foi 26% superior para os tratamentos fertilizados. Da mesma forma, ocorreu uma formação 2,8% menor de lenho tardio bem como o valor da densidade foi 6,7% menor. Nenhuma diferença significativa foi encontrada na espessura da parede dos traqueídeos do lenho inicial. O tratamento que resultou no anel de crescimento mais largo e na menor percentagem de lenho tardio foi o da fertilização com N + P, seguido pelo N e depois o P. A maior redução de densidade ocorreu para o N, seguido pelo N + P e depois o P.

SEIBT (1963) realizou estudos sobre a madeira de *Pinus sylvestris*, *Larix leptolepis* e *Picea excelsa*, obtidas de povoamentos com 30 anos de idade crescendo em condições de solo de baixa fertilidade. Encontrou resultados que demonstraram que o emprego de fertilizantes contendo Ca, N, P e K aplicados conjuntamente no momento de plantio reduziu a densidade

básica média da madeira de 2 a 7%. No entanto, o volume e o peso total de matéria seca aumentaram com a fertilização, am os tendo mais que duplicado em relação à testemunha nos casos do *Larix leptolepis* e *Picea excelsa*.

Uma plantação de *Picea abies* com árvores na idade entre 25 e 35 anos, e tratadas com fertilização mineral 4 anos antes de serem cortadas, foram analisadas por KLEM (1964). Foram usadas 56 árvores para a determinação de espes sura de anel de crescimento, espessura e percentagem de lenho tardio e densidade da madeira. Nesse estudo concluiu-se que o anel de crescimento anual aumentou após a fertilização em quase todos os tratamentos; a densidade da madeira nesses tratamentos diminuiu em média $0,020 \text{ t/m}^3$. A espessura dos lenhos tardios permaneceu aproximadamente constante (0,3-0,4 mm) mas a percentagem desse lenho diminuiu em valores girando entre 1 e 7%.

Cryptomeria japonica foi a espécie escolhida por KUROYANAGI e NISHIDA (1964) para averiguação dos efeitos da fertilização mineral sobre a qualidade de sua madeira. Foram analisados discos tomados ao nível do DAP (1,30 m do solo) de 5 árvores fertilizadas e 5 árvores não-fertilizadas. Os maiores valores (significativamente diferentes a nível de 1%), foram encontrados nas árvores fertilizadas para: diâmetro ao nível do peito (DAP), altura, volume, espessura dos anéis, número de fibras e número de anéis falsos. Diferenças

significativas a nível de 5%, com os maiores valores sendo apresentados pela madeira fertilizada foram encontradas para: espessura de lenho tardio e espessura do lenho inicial.

Um trabalho anônimo publicado em 1964, e citado por CLEAVELAND *et alii* (1974), foi realizado com árvores de *Pinus taeda* no norte dos EUA, onde foram aplicados isoladamente ou em combinações os fertilizantes N, P e K durante 3 anos consecutivos. Os resultados indicaram que o volume total de madeira aumentou significativamente com a fertilização enquanto que a densidade da madeira produzida pela maioria das árvores diminuiu quando foram intensamente fertilizadas com N. Três árvores responderam à fertilização com N, com o aumento no crescimento em diâmetro e altura, mas não produziram madeira de menor densidade, indicando a existência de um fator genético influenciando nessa qualidade.

BORSODORF (1965) efetuou análises sobre efeito da adubação mineral no crescimento e qualidade da madeira de várias espécies de *Populus*, crescendo em solo pobre arenoso. Os tratamentos de adubação compreenderam a aplicação de NPK em diferentes doses. No final do segundo ano após a aplicação, houve um maior crescimento na altura e peso de madeira verde para os tratamentos adubados. A adubação, particularmente a composição NPK, diminuiu a densidade da madeira mas essa redução no entanto foi quase sempre mais que contrabalançada pelo aumento no rendimento em peso total de madeira verde.

PEGG (1966) descreve um estudo sobre o efeito de fertilizantes à base de NPK, sobre plantios de *Pinus taeda*, a 4 níveis de idade (18, 23, 25 e 29 anos). Um dos principais resultados obtidos foi o de que a fertilização diminuiu a densidade da madeira devido a um maior crescimento das árvores no sentido radial.

Um aumento bastante expressivo na taxa de crescimento foi um dos resultados alcançados por Harris (1966), citado por CLEAVELAND (1974), num estudo sobre fertilização mineral fosfatada de *Pinus radiata*. No que diz respeito às propriedades da madeira o autor observou uma redução de densidade após a fertilização. Com análises sendo executadas através de densitometria por raios beta, o autor observou também uma diminuição da percentagem de lenho tardio e na densidade do lenho inicial após a aplicação dos fertilizantes. A densidade do lenho tardio diminuiu durante 1 ou 2 anos após a fertilização mas rapidamente aumentou chegando ao ponto de que 5 anos após a aplicação do fertilizante, a densidade do lenho tardio era maior do que a de 5 anos antes do tratamento.

Resultados tabulados de um estudo de amostras de 5 árvores de *Pinus sylvestris* plantados em terreno turfoso, drenado e submetido a tratamento de fertilização são apresentados por KLEM e HALVORSEN (1967). Uma das conclusões a que chegaram foi a de que a drenagem e a fertilização causaram um aumento de 21% no teor de lenho tardio.

Um dos primeiros ou talvez o primeiro trabalho realizado no Brasil referente à qualidade da madeira correlacionada com fertilização foi o de SANTOS *et alii* (1967). Os autores demonstraram que, para o *Pinus elliottii* plantado em vasos, uma alta concentração de N reduziu o comprimento e espessura da parede das fibras e fibro-traqueídeos. Os efeitos de P e K não ficaram bem definidos.

O efeito de dois adubos fosfatados sobre o rendimento e a qualidade da madeira de *Pinus radiata* foi o trabalho que GENTLE *et alii* (1968) realizaram no sul dos EUA em plantios sob condições de solo pobre. Respostas significativas foram obtidas como por exemplo um marcante aumento no rendimento de produção de madeira para as árvores tratadas com adubo fosfatado. Nenhuma diferença prática significativa foi encontrada entre os tratamentos com relação a densidade básica, percentagem de lenho tardio e comprimento médio dos traqueídeos.

O trabalho de Larson (1969) citado por CLEAVELAND (1974) dá uma explanação sobre a formação de madeira e o conceito de qualidade. Este autor afirma que a adubação afeta o desenvolvimento da copa e das raízes, criando um importante efeito sobre a qualidade da madeira, ou seja, o acréscimo na taxa de formação de lenho inicial. As fortes adubações de árvores jovens são prejudiciais para a qualidade da madeira porque há um aumento da quantidade de madeira juve

nil, retardando a transição para madeira adulta, além de aumentar o tamanho dos galhos e da copa e retardar a desrama natural. A adubação moderada de árvores de idades mais avançadas usualmente aumenta o crescimento tanto do tenho tardio como do lenho inicial sem grandes transformações na qualidade de madeira.

A partir de diversos estudos POLGE (1969) demonstrou que a fertilização fosfatada permite um marcado aumento no grau de crescimento radial e um generalizado e significante decréscimo na densidade da madeira. O exame das variações da densidade dentro dos anéis mostrou uma maior redução nos valores de densidade máxima do que nos valores de densidade mínima, com a consequente diminuição da heterogeneidade da madeira nos tratamentos fertilizados. Da mesma forma, em geral, a percentagem de madeira densa dentro dos anéis foi significativamente menor nas árvores de áreas tratadas com P.

Broerman (1970), citado por CLEAVELAND (1974), trabalhou com o *Pinus elliottii* para detectar os efeitos do tratamento fertilizante sobre as características da madeira. Em árvores com 20 anos de idade foram aplicados 3 níveis de fertilizantes em 4 vezes consecutivas. Os resultados indicaram um significativo aumento do incremento volumétrico, e leves reduções no teor de umidade e densidade da madeira para os tratamentos submetidos à fertilização.

CLEAVELAND (1974) cita também diversos outros autores tais como Prichett e Smith (1970), Rudman e McKinnell (1970), Siddioui (1970), os quais relatam experimentos onde puderam ser observadas reduções na densidade da madeira de coníferas, quando submetidas a condições de tratamento com fertilizantes minerais.

A combinação de tratamentos de desbaste e fertilização mineral foi estudada por NICHOLLS (1971) em árvores de *Pinus pinaster* na Austrália. De uma população inicial de 2500 árvores, o desbaste reduziu-a para 250 árvores. A aplicação de superfosfato 3,5 anos após o desbaste foi o passo seguinte dos tratamentos. Os resultados demonstraram haver um aumento na taxa de crescimento da árvore em diâmetro como resultado do desbaste, que foi ampliado ainda mais mediante a aplicação de fertilizantes. O desbaste generalizadamente reduziu o comprimento médio dos traqueídeos e a subsequente fertilização produziu ainda uma maior redução. O efeito dos dois tratamentos sobre a largura dos lenhos, inicial e tardio, foram similares. A densidade média da madeira foi levemente reduzida como resultado de um tratamento mais intensivo de desbaste e fertilização.

Exemplos interessantes para mostrar a importância de se saber as condições de qualidade e a sua interação com o uso final são os dois trabalhos relatados a seguir.

Siddioui *et alii* (1972), citado por CLEAVELAND (1974), concluíram que a adubação de árvores de *Pseudotsuga taxifolia* com uréia, resultou num aumento de 74% no crescimento em volume de madeira, acompanhado por decréscimo de 10% na densidade da mesma. Contudo, o impacto dessa redução na densidade, foi compensado por um substancial aumento no rendimento de pasta celulósica por unidade de peso da madeira. Esse aumento para o caso da madeira adubada foi atribuído à diminuição no teor de extrativos e um aumento na proporção da camada S_2 rica em celulose da parede dos traqueídeos de lenho inicial. Um pequeno decréscimo na percentagem de lenho tardio e uma redução na espessura da parede das fibras desse lenho foram considerados como sendo provavelmente os responsáveis pela menor densidade da madeira do tratamento adubado.

GLADSTONE e GRAY (1973) relatam também que a fertilização mineral quase sempre resulta na diminuição da densidade da madeira devido a um aumento nas proporções de fibras com paredes finas do lenho inicial, bem como uma diminuição de espessura da parede das fibras do lenho tardio de um determinado incremento anual. Tais autores julgam que essas transformações na qualidade da madeira resultam, por exemplo, em uma substancial diminuição de rendimento de produção de pasta celulósica por unidade de volume de madeira mas, somente numa moderada perda nesse rendimento por unidade de peso de madeira. Outras modificações são citadas, como a diminuição da resistência ao rasgo, acompanhada pelo aumento da re-

sistência à tração e estouro da celulose obtida. Essas últimas alterações poderão ser favoráveis para alguns usos da pasta celulósica e para outros não.

SCHIMIDTLING e AMBURGEY (1977) afirmam que de um modo geral a adubação mineral tem proporcionado aumento no ritmo de crescimento das espécies de *Pinus* do sul dos EUA. Relatam no entanto, também, que os pesquisadores têm sugerido que o aumento na taxa de crescimento pode ser acompanhado por um declínio na densidade da madeira.

A influência da fertilização sobre a taxa de crescimento e distribuição da densidade dentro e através dos anéis de crescimento foi analisada através de metodologia de raios-X por OHTA (1981), para madeira de *Pinus pinaster* plantado na França. Seis tratamentos à base de N, P e K foram analisados sendo que as árvores fertilizadas tiveram aumento na taxa de crescimento girando entre 25 e 56%, enquanto que a densidade média reduziu-se de 4 a 6% em relação à testemunha. O maior efeito sobre a taxa de crescimento ocorreu para a aplicação das composições N P, merecendo esclarecer que a combinação NK não foi usada. Por outro lado, as árvores que receberam o fertilizante fosfatado não tiveram a densidade média de suas madeiras reduzida, em que pese ter havido resposta positiva para o ritmo de crescimento. O autor sugere haver diferentes respostas da árvore quanto ao tipo de fertilizante não só para crescimento, mas também para as característi-

cas da madeira.

Em que pese a maioria dos trabalhos relatarem que a fertilização mineral ou o ritmo de crescimento em geral altera a qualidade da madeira, principalmente a densidade da madeira, há estudos em que os resultados não demonstram tais fatos. CORE e THOR (1977) afirmam por exemplo que para o *Liriodendron tulipifera* o ritmo de crescimento e as propriedades da madeira tais como a densidade e o comprimento da fibra não se apresentam fortemente relacionados. Neste caso os autores afirmam que pelo fato da espécie estar crescendo sob condições naturais, os "stands" de coleta das árvores estiveram irregularmente espaçados, o que fez com que houvesse influência de um maior número de variações ambientais não associados com as características mensuráveis do sítio. Citam no entanto, Einspahr *et alii* (1971) e Mitchel (1971) que estudos com madeiras de *Platanus occidentalis*, *Populus tremuloides* e *Liriodendron tulipifera* também indicaram não haver grandes transformações na qualidade da madeira, motivados por maiores taxas de crescimento do diâmetro das árvores.

SAUCIER e IKE (1969) examinaram a densidade, o comprimento das fibras e os volumes proporcionais de fibras, vasos e raios para a madeira de um plantio de 7 anos de *Platanus occidentalis*, que foi submetido a vários tratamentos de fertilização à base de N, P e K, num total de 27 tratamentos. Duas árvores de cada tratamento dessa folhosa foram usadas no

estudo. A análise de variância para os principais efeitos de N, P e K, indicaram mínimas transformações nas propriedades da madeira como resultado dos tratamentos. Somente o volume de raios foi significativamente influenciado pelos tratamentos de N, e N + P. A medição das taxas de crescimento indicaram significativos aumentos no volume de madeira devido a aplicação de N, P e K. Os autores acreditam que, em razão da espécie ser anatomicamente muito uniforme, as diferenças de crescimento não se refletiram em larga escala nas propriedades de sua madeira.

Convém mencionar que, no caso dos quatro últimos estudos citados anteriormente, as espécies usadas eram folhosas.

BALLONI (1984) fez a primeira análise do efeito da fertilização mineral sobre a qualidade da madeira do material usado no presente trabalho, ou seja, *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 13 anos de idade. Em seu estudo foram genericamente determinadas as densidades básicas das madeiras de 54 tratamentos de doses isoladas ou combinadas de N, P, K e Ca mais a testemunha sem fertilização. As principais conclusões foram que o calcário e o potássio apresentaram efeitos altamente significativos sobre a densidade da madeira, sendo que os demais elementos não promoveram qualquer alteração na referida característica. O nitrogênio, citado por diversos autores como um elemento que influi negativamente na den

sidade da madeira de coníferas, neste caso não proporcionou qualquer alteração. O autor ressalta que, nos dados de literatura, os trabalhos foram conduzidos em coníferas de clima temperado, onde o nitrogênio normalmente tem proporcionado ganhos significativos no crescimento.

Continuando suas conclusões, BALLONI (1981) afirma que no caso do fósforo, apesar do mesmo promover ganhos em volume da ordem 12%, a densidade básica da madeira não foi praticamente afetada. O potássio, por sua vez, promoveu ganhos em volume da ordem de 9%, porém, teve a densidade básica da madeira diminuída em aproximadamente 4,5%. Sugere o autor que talvez o K atue diretamente sobre a densidade básica da madeira, independentemente da influência do ritmo de crescimento da árvore.

A redução da densidade da madeira motivada pela aplicação de calcário é justificada pelo autor como sendo motivada pelo aumento do ritmo de crescimento proporcionado à floresta, haja visto que o diferencial de volume proporcionado pelo fertilizante foi da ordem de 34%.

Finalmente, o autor sugere que, face as dúvidas proporcionadas pelos resultados da aplicação de K e P, as causas reais das alterações promovidas na densidade da madeira, talvez, pudessem ser esclarecidos com um estudo mais aprofundado a nível de anéis de crescimento, proporção madeira ju

venil/ adulta e, principalmente, em função das alterações promovidas nas dimensões da copa, pois, segundo LARSON (1962), a copa viva exerce um papel primordial no crescimento da árvore e, conseqüentemente, na densidade da madeira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O material usado neste trabalho constou de madeira de um povoamento experimental de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* (Griseb) Barret e Golfari, com 13,4 anos de idade. Originalmente, o experimento de campo foi instalado para o atendimento das propostas de estudos realizados por SIMÕES *et alii* (1970) e por BALLONI (1984). Dentro dos objetivos do presente estudo, foi utilizado somente parte do material que se encontrava disponível daquele experimento original.

3.1.1. Origens das sementes

As mudas para implantação do povoamento experimental foram originadas de sementes provenientes das Ilhas Ba

hamas (New Province e Abaco).

3.1.2. Local e instalação

O povoamento experimental foi instalado em área da empresa Champion Papel e Celulose S.A. situada no Município de Casa Branca - SP a $21^{\circ}54'$ de latitude, $47^{\circ}02'$ de longitude e a uma altitude de 670 m.

3.1.3. Solo e clima

O solo da área foi caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, conforme RANZANI *et alii* (1972), profundo, bem drenado, de classe textural barro argiloso-arenosa, ácido e de baixa fertilidade.

Segundo GODOY e ORTOLANI (s/d), baseados na classificação de Köppen, o clima do local de implantação do experimento é do tipo Cwa. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C . A precipitação média anual é de 1232 mm, concentrando-se nos meses de outubro a março. O déficit hídrico é de 50 a 80 mm anuais, ocorrendo entre abril e setembro.

Para o plantio das mudas no campo, o solo sofreu um preparo que consistiu de uma aração e posteriormente

de uma gradagem.

3.1.4. Plantio e tratos culturais

O plantio foi realizado no decorrer do mês de janeiro de 1968. Como medida preventiva contra a ação predadora de cupins subterrâneos, foi feita uma aplicação de 4-5 g de Aldrin 5% por planta, em polvilhamento no local do plantio.

A partir da instalação do experimento foi mantida uma vigilância contra o ataque de formigas cortadeiras e os tratos culturais realizados quando a situação exigia. O povoamento não sofreu nenhum desbaste até o seu corte final conforme as informações coletadas junto aos responsáveis pela condução do experimento.

3.2. Delineamento experimental e amostragem

O delineamento experimental original, conforme estudado por SIMÕES *et alii* (1970) e por BALLONI (1984), obedecia a um esquema fatorial $3 \times 3 \times 3 \times 2$, para N, P, K e calcário com 2 repetições dos 54 tratamentos e distribuídos em blocos de 18 parcelas.

Para o atendimento dos objetivos do presente estudo, foram analisados somente dois tratamentos dos 54 exis

tentes. Dessa forma foi escolhida uma repetição do tratamento que havia recebido adubação mineral completa na sua maior dosagem e, uma repetição do tratamento testemunha sem adubação.

Cada tratamento era constituído por 100 plantas (10 x 10) plantadas em espaçamento 3,0 x 2,0 m, das quais somente as 36 centrais foram consideradas para avaliações, deixando-se uma bordadura dupla.

No tratamento adubado, escolhido para este estudo, foram usados fertilizantes minerais baseados no Sulfato de Amônio (20% de N), Superfosfato Simples (18% de P_2O_5) e Cloreto de Potássio (60% de K_2O). Empregou-se também calcário dolomítico (33% de CaO e 8% de MgO).

O nitrogênio foi fornecido na dose de 60 kg por hectare de N, correspondendo a 36 g por planta. O Fósforo foi fornecido na dose de 100 kg por hectare de P_2O_5 , correspondendo a 60 g por planta. O potássio foi aplicado na dose de 40 kg por hectare de K_2O ou seja, 24 g por planta.

Todos os nutrientes foram aplicados em sulcos, na época de plantio, distribuindo-se a cada 2 m de sulco a dose correspondente a uma planta. Por outro lado, o calcário foi aplicado a lãço e incorporado ao solo por uma gradagem, na dose de 3 toneladas por hectare antes da sulcagem.

Segundo a última medição efetuada em outubro de 1979, os dados médios de inventário indicavam a seguinte situação para as parcelas dos tratamentos usados nesse estudo, conforme a Tabela 1.

TABELA 1. Crescimento médio em altura, diâmetro à altura do peito (DAP), volume cilíndrico e percentagem de falhas aos 11,5 anos de idade (madeira com casca).

Tratamento	Altura m	DAP cm	VC m ³ /ha	Falhas %
não-adubado	15,86	14,53	466,53	0,00
adubado	18,35	19,03	882,11	2,77

Fonte: BALLONI (1984).

Para a coleta de amostras, que foi efetuada em maio de 1981, foram selecionadas dentro das 36 árvores centrais um total de 10 árvores por tratamento. Essa seleção foi feita tomando-se árvores que apresentassem o DAP com casca, próximo ao diâmetro médio da população ($\pm 10\%$ ao redor da média), desprezando-se aquelas que por ventura se apresentavam bifurcadas ou com outros defeitos.

As 10 árvores selecionadas foram abatidas e de cada uma delas retirou-se um disco ao nível do DAP, com aproximadamente 6 cm de espessura.

3.3. Preparo das amostras

Os discos foram, de início, secos ao ar até atingirem massa constante. Foram em seguida manipulados em torno mecânico quando procurou-se deixar as duas faces rigorosamente paralelas e planas. Nessa operação a espessura dos discos foi reduzida para 4,5 cm.

A seguir, as amostras foram levadas para estufa à temperatura de $55 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante o período necessário para complementação da secagem. Procedeu-se a seguir uma operação de lixamento até que a espessura dos discos ficasse reduzida para 3,5 cm, mantendo-se o critério de faces homogeneamente planas e paralelas. Após o lixamento procedeu-se a um exame visual minucioso de cada disco, no qual pode-se constatar a sua uniformidade e boa formação dos anéis de crescimento, não havendo portanto necessidade de se descartar nenhuma amostra.

A seguir procedeu-se a marcação com grafite de 0,7 mm de espessura, de um raio básico sobre o disco, na região que visualmente apresentava as melhores condições para a identificação dos anéis de crescimento e, aonde estes se apresentassem com a melhor formação possível. Esse raio básico foi usado para a obtenção de todos os resultados referentes aos lenhos e anéis de crescimento deste trabalho.

O acondicionamento final dos discos foi realizado deixando-os em condições de laboratório com umidade relativa e temperatura constantes de $55 \pm 5\%$ e $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Os discos permaneceram sob tais condições durante quatro semanas quando não mais se observou variações significativas de massa. Estudos realizados por AGUIAR (1980) sob condições semelhantes de condicionamento indicaram que o teor de umidade da madeira de *Pinus oocarpa* atinge valores em torno de 10% de umidade de equilíbrio. Tal valor foi o adotado no presente estudo.

3.4. Identificação ano-anel de crescimento (datação)

Durante o período de condicionamento, realizou-se a datação dos lenhos visualmente distintos. Adotou-se o critério de se associar a formação do anel com a correspondente estação de crescimento anual a que ele pertenceu conforme procedimento empregado largamente em estudos sobre cortes transversais de troncos de madeira.

A partir da casca, em direção à medula e, sobre o raio básico previamente marcado, pode-se datar um total de 12 anéis anuais de crescimento. Como o corte das árvores foi realizado em maio de 1981, o último lenho tardio formado foi datado como sendo de 1980. Vestígios do lenho inicial do anel de crescimento que se formaria no ano de 1981 eram visí-

veis em alguns discos.

Convém destacar que, pelo fato das amostras terem sido coletadas ao nível do DAP ou seja, a 1,30 m da altura da árvore, não foi possível a datação do anel correspondente ao 1º ano de vida da árvore. É que, segundo SIMÕES *et alii* (1970), os tratamentos em questão ainda não possuíam na época, árvores com altura superior a 1,30 m. Diante de tal situação, considerou-se neste trabalho como primeiro anel para efetiva análise, a região compreendida entre a medula e o final da ocorrência do lenho tardio do ano de 1969 ou seja o período referente ao 2º ano de vida da árvore. O período de crescimento correspondente ao ano de 1968 ou o 1º ano de vida não foi portanto aqui analisado.

Convém salientar também que, apesar da datação ter sido realizada até o ano de 1980, considerou-se como limite para as determinações deste estudo o mês de janeiro do ano de 1979, ou seja, o final do 11º anel de crescimento. Fez-se esta opção pelo fato de que em alguns discos as proximidades dos dois últimos anéis era tão grande que não permitia a consequente medição dos raios de seus lenhos conforme procedimento que é relatado no próximo item.

O histórico do povoamento em função da datação é fornecido na Tabela 2.

TABELA 2. Histórico do povoamento em função da datação.

Data	Período de crescimento e identificação do anel de crescimento	Evento
janeiro-1968		- plantio
janeiro-1969	1º ano/1º anel/anel de 68	- data base para início da faixa de estudo
janeiro-1970	2º ano/2º anel/anel de 69	
janeiro-1971	3º ano/3º anel/anel de 70	
janeiro-1972	4º ano/4º anel/anel de 71	
janeiro-1973	5º ano/5º anel/anel de 72	- data base final da faixa de es- tudo
janeiro-1974	6º ano/6º anel/anel de 73	
janeiro-1975	7º ano/7º anel/anel de 74	
janeiro-1976	8º ano/8º anel/anel de 75	
janeiro-1977	9º ano/9º anel/anel de 76	
janeiro-1978	10º ano/10º anel/anel de 77	
janeiro-1979	11º ano/11º anel/anel de 78	
janeiro-1980	12º ano/12º anel/anel de 79	
janeiro-1981	13º ano/13º anel/anel de 80	
maio -1981	14º ano/14º anel/anel de 81	
		- corte

3.5. Determinação dos volumes dos lenhos inicial e tardio, volume de cada anel de crescimento anual e volume total de madeira do disco

Essa determinação foi realizada individualmente para cada disco mediante o uso de paquímetro com precisão de 2×10^{-2} cm e lupa binocular de aumento de 7 vezes. Determinou-se sobre o raio básico marcado no disco, os respectivos raios inicial e final de cada lenho individual. Tais valores foram aplicados na equação (1) obtendo-se assim o valor individual do volume de cada um dos lenhos do 2º ao 11º ano, no disco com uma espessura de 1 cm, tomado ao nível do DAP.

$$V_i = 3,14 (R_f^2 - R_i^2) \times 1 \dots\dots\dots (1)$$

onde:

V_i = volume de lenho tardio ou inicial do anel de crescimento para disco de 1 cm de espessura tomado ao nível do DAP (cm^3);

R_f = raio equivalente ao limite final do lenho (cm);

R_i = raio equivalente ao limite inicial do lenho (cm).

O volume de cada anel de crescimento anual ao nível do DAP (V_A) foi calculado somando-se o volume do lenho tardio mais o volume de lenho inicial correspondente. O volume total de madeira para o disco com 1 cm de espessura e

ao nível do DAP (V_D), considerando-se somente o material formado entre o 2º e o 11º ano de vida da árvore, foi calculado pela somatória do volume de cada anel de crescimento anual.

Foram calculados também os percentuais de participação volumétrica dos lenhos no volume total do disco com 1 cm de espessura ao nível do DAP.

3.6. Determinação da densidade dos lenhos tardio e inicial

Nas determinações das densidades das madeiras do presente estudo foi utilizado o método de atenuação de radiação gama.

As determinações foram realizadas em aparelhagem existente no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, em Piracicaba-SP. Foi usado o ^{241}Am como fonte de radiação, segundo a técnica experimental preconizada naquele Centro e já destacada em diversos trabalhos tais como os de FERRAZ (1976), AGUIAR (1980) e TROVATI (1982).

A técnica de atenuação de radiação gama pela madeira é regida pela Lei de Lambert - Beer, representada pela equação (2)

$$I = I_0 e^{-\mu \rho x} \dots\dots\dots (2)$$

onde:

I_0 = intensidade do feixe de radiação gama na ausência do absorvedor (no caso a madeira), I = a intensidade do feixe de radiação após passar pelo absorvedor de espessura x (cm) e densidade ρ (g.cm^{-3}). O termo μ é o coeficiente de atenuação de massa ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) para a espécie em estudo.

Cada amostra foi levada ao feixe de radiação gama para determinação de I da equação (2), sendo que as determinações foram feitas de milímetro em milímetro ao longo do raio básico previamente marcado no disco. Os resultados foram levados para computador de modo a se fazer a determinação de densidade em cada ponto, obtendo-se portanto condições de se traçar o perfil de densidade de cada amostra no sentido medula casca, com pontos de milímetro em milímetro, inclusive com os valores transformados para madeira absolutamente seca.

Uma análise comparada entre o gráfico do perfil de densidade e as posições dos lenhos no disco permitiu que se destacasse com bastante precisão os valores de densidade máxima da madeira do lenho tardio e de densidade mínima da madeira do lenho inicial.

Finalmente, quando o número de valores permitiu, tomaram-se até dois pontos antes e mais dois pontos a-

pós o valor de densidade máxima ou mínima, conforme o caso, para a determinação da densidade do lenho. Nesse caso a densidade do lenho correspondeu à média de tais pontos. Tal procedimento foi possível para os casos dos lenhos dos primeiros anéis de crescimento. Para os demais lenhos, em razão da pouca espessura dos mesmos, somente houve condições de se tomar os valores únicos e individuais de densidades máximas e mínimas.

3.7. Cálculo da massa dos lenhos tardio e inicial, do anel de crescimento anual e do disco inteiro

Para o cálculo da massa de cada lenho foi empregada a fórmula da equação (3), a seguir:

$$m_1 = V_1 \times d_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

onde:

m_1 = massa do lenho tardio ou inicial do anel de crescimento para disco de 1 cm de espessura tomado ao nível do DAP (g);

V_1 = volume do lenho tardio ou inicial do anel de crescimento para disco de 1 cm de espessura tomado ao nível do DAP (cm^3);

d_1 = densidade do lenho tardio ou inicial do anel de crescimento para disco de 1 cm de espessura tomado ao nível do DAP (g/cm^3).

A massa total produzida em cada anel de crescimento anual (m_A) foi calculada pela soma das massas dos lenhos inicial e tardio correspondentes.

A massa total de madeira do disco de 1 cm de espessura, ao nível do DAP (m_D), e compreendida entre o 2º e 11º ano foi calculada mediante a soma das massas de cada anel de crescimento anual.

3.8. Cálculo da densidade do anel de crescimento e do disco inteiro

Para o cálculo da densidade do anel de crescimento foi empregada a fórmula da equação (4):

$$d_A = \frac{m_A}{V_A} \dots\dots\dots (4)$$

onde:

d_A = densidade do lenho total do anel de crescimento (g/cm^3);

m_A = massa de lenho total do anel de crescimento (g);

V_A = volume do lenho total do anel de crescimento (cm^3).

Para o cálculo da densidade média da madeira do disco de 1 cm de espessura, ao nível do DAP (d_D) e compreendida entre o 2º e o 11º ano foi empregada a equação (5):

$$d_D = \frac{m_D}{V_D} \dots\dots\dots (5)$$

onde:

d_D = densidade média do disco (g/cm^3);

m_D = massa total do disco (g);

V_D = volume total do disco (cm^3).

3.9. Delineamento estatístico

O delineamento estatístico aplicado a esse estudo baseou-se no esquema de análises de parcelas sub-divididas com 10 repetições onde a parcela correspondeu ao tratamento e as sub-parcelas aos anos, conforme STEEL e TORRIE (1980). As Tabelas 3 e 4 apresentam os quadros de análise de variância aplicados neste estudo.

TABELA 3. Quadro geral de análise de variância aplicada (sem QM, SQ e F).

Causa de variação	G.L.
Tratamento (T)	1
Resíduo (a)	18
Parcelas	19
Anos (A)	9
(T) x (A)	9
Resíduo (b)	162
Total	199

Procedeu-se a seguir ao desdobramento dos graus de liberdade da interação tratamentos e anos de avaliação.

TABELA 4. Quadro de análise de variância aplicado no desdobramento da interação tratamentos e anos.

Causa de variação	G.L.
Tratamentos dentro do 1º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 2º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 3º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 4º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 5º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 6º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 7º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 8º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 9º ano de avaliação	1
Tratamentos dentro do 10º ano de avaliação	1
Resíduo (composto)	179

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Volumes dos lenhos, do anel de crescimento e volume total de madeira do disco

A Tabela 5 e a Figura 1 apresenta os resultados médios alcançados nas determinações e análises, no que diz respeito aos volumes anuais dos lenhos inicial e tardio, formados do 2º ao 11º ano de vida da planta, para um disco de 1 cm de espessura ao nível do DAP.

Os valores dos raios usados para cálculo, os respectivos volumes individuais de cada lenho por disco de cada tratamento, bem como as respectivas análises estatísticas estão contidos nas tabelas de 14 a 25 do Apêndice I.

TABELA 5. Valor médio do volume anual de lenho inicial e de lenho tardio (DAP; espessura = 1 cm).

Ano (anel)	Tratamento							
	adubado				não-adubado			
	V_i		V_t		V_i		V_t	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
69	19,56	22,40	1,49	30,52	7,86	36,63	0,89	35,76
70	18,77	22,37	2,00	41,49	8,84	32,67	1,51	23,15
71	20,41	12,41	2,25	9,77	13,84	33,83	2,26	30,90
72	15,56	6,59	3,52	31,64	11,89	19,92	4,13	40,95
73	10,13	12,18	3,71	21,70	7,23	34,99	4,16	45,64
74	7,34	28,96	3,56	9,94	6,86	12,55	4,16	44,67
75	8,86	34,69	3,75	24,41	6,52	38,42	4,70	52,59
76	14,10	45,01	5,47	21,80	11,41	22,08	4,97	39,59
77	5,00	19,43	3,64	35,68	4,47	56,06	4,97	36,49
78	4,73	30,98	4,46	41,18	5,52	26,53	4,39	21,03

$\bar{x}$ = média de 10 discos (cm^3)

CV = coef. de variação (%)

V_i = volume do lenho inicial (cm^3)

V_t = volume do lenho tardio (cm^3)

FIGURA 1. Volume do [lenho inicial] e tardio formados anualmente (DAP; espessura = 1 cm).

Os resultados da Tabela 5 e Figura 1, indicando o volume anual dos lenhos ao nível do DAP, mostram que os efeitos da adubação mineral se concentraram nos primeiros anos de vida das árvores. Mostram ainda que tais efeitos ocorreram fundamentalmente sobre o lenho inicial. O lenho tardio praticamente não sofreu nenhuma influência em seu volume anual, motivado pela adubação. As análises das Tabelas de 18 a 21 contidas no Apêndice I demonstram estatísticamente tais fatos.

Ao longo do tempo houve diferença significativa entre tratamentos para as médias de volume de lenho inicial, desde os primeiros anos até o 6º ano de vida da árvore.

Até essa idade, os volumes anuais de lenho inicial das árvores que haviam sido adubadas mostraram-se sempre estatisticamente superiores aos volumes de lenho inicial das árvores que não sofreram adubação mineral. As diferencias foram inicialmente maiores nos primeiros anos, reduzindo-se paulatinamente, até tornarem-se estatisticamente não significativas a partir do 7º ano.

No 9º ano houve uma reversão de tendências, e as diferenças entre os volumes de lenho inicial entre os tratamentos adubado e não adubado voltaram a ser estatisticamente distintas. Essa diferença não pode ser atribuída aos efeitos dos tratamentos em si, mas sim talvez a algum outro

fator de acentuada manifestação ocorrido na época de formação desse lenho. Isto é especialmente justificado em função de que o efeito foi bastante acentuado nos lenhos iniciais dos dois tratamentos. Atribuiu-se o fato às condições climáticas ocorridas no ano de 1976, particularmente com relação à precipitação pluviométrica.

Conforme pode ser visto na Tabela 26 do Apêndice I houve no ano de 1976 uma precipitação total anual superior a média de ocorrência normal do período aqui estudado. Além disto, merece destaque a ocorrência de precipitação pluviométrica 100% superior ao normal entre os meses de maio e setembro, ou seja, entre o Outono e o Inverno.

TROVATI (1982) faz várias citações de trabalhos que demonstram haver correlação bastante positiva entre os níveis de precipitação pluviométrica e a largura de lenhos e anéis de crescimento formados num determinado ano. À luz desse fato, pode-se justificar o aumento volumétrico de madeira ocorrido no presente trabalho no ano de 1976.

Outro detalhe que merece ser destacado da Tabela 5 e Figura 1 é o de que houve, para os tratamentos, uma tendência geral para que as produções volumétricas anuais do lenho inicial após atingirem um máximo no 4º ano de vida da planta, decrescessem a partir daí, resguardado o fato ocorrido no 9º ano. Em função desse aspecto, no final do período, a tendência foi a da aproximação quantitativa das produções

volumétricas anuais dos lenhos iniciais e tardios. Ressalte-se que essa aproximação foi praticamente motivada pela acentuada queda na expansão volumétrica anual dos lenhos iniciais, do que pelo crescimento na produção anual volumétrica dos lenhos tardios.

A Tabela 6 e a Figura 2 apresentam resultados obtidos para o volume do anel de crescimento. Os valores individuais de volume calculado para o anel de crescimento para cada disco e a análise estatística encontram-se nas Tabelas 22 a 25 do Apêndice I.

O comportamento do volume anual dos anéis de crescimento evidentemente sô poderia ser consequência do comportamento dos volumes anuais dos lenhos inicial e tardio que os formaram.

Como não houve efeito significativo da adubação mineral sobre o volume de lenho tardio, mas sim sobre o volume de lenho inicial, fundamentalmente o anel de crescimento refletiu o comportamento desse último.

Assim é que as análises estatísticas dos resultados conforme as Tabelas 24 e 25 do Apêndice I mostram que, ao longo do tempo, houve diferenças significativas entre tratamentos para as médias de volume desde os primeiros anéis de crescimento até o anel correspondente ao 50º ano de vida da árvore. Até essa idade, os volumes dos anéis de

TABELA 6. Valor médio do volume do anel de crescimento anual.

Ano (anel)	Tratamento			
	adubado		não-adubado	
	V_A	CV	V_A	CV
69	21,05	20,27	8,75	28,05
70	20,77	23,21	10,35	30,70
71	22,66	12,09	16,10	31,13
72	19,08	11,05	16,03	21,79
73	13,84	13,91	13,39	29,46
74	10,90	17,97	11,02	21,24
75	12,61	31,49	11,21	27,62
76	19,57	37,60	16,36	21,15
77	8,64	19,55	9,32	22,03
78	9,19	24,38	9,96	21,45

V_A = volume médio de 10 discos, para o anel de crescimento (cm^3)

CV = coeficiente de variação (%)

FIGURA 2. Volume do anel de crescimento anual (DAP; espessura = 1 cm).

crescimento formados em cada ano, nas árvores que haviam sido adubadas, foram estatisticamente superiores àqueles das árvores que não sofreram adubação. Semelhantemente ao que ocorreu para o volume de lenho inicial, as diferenças foram inicialmente maiores nos primeiros anos, atingiram um máximo no 4º ano de vida da árvore e reduziram-se daí até tornarem-se estatisticamente não-significativas, com exceção do 9º ano, conforme já anteriormente explicado.

Tal qual ocorreu para o lenho inicial, houve uma tendência para que a produção volumétrica anual sofresse um decréscimo paulatino a partir do 4º ano. Esse decréscimo poderia estar ocorrendo em resposta ao aumento da competição por luz e nutriente entre as árvores com o decorrer do tempo. Por outro lado, mostra a grande influência que o lenho inicial sozinho exerce sobre o volume do anel de crescimento.

Conforme pode ser visto até aqui, a resposta da árvore aos efeitos da adubação mineral ocorreram mais intensamente somente em alguns anéis de crescimento, no caso, os primeiros anéis. Tais resultados estão concordantes inclusive com aqueles citados por BISSET *et alii* (1951).

O efeito da adubação mineral influenciando numa maior produção volumétrica de madeira, mesmo que ocorrendo somente nos primeiros anéis, foi suficiente para que no final as árvores fertilizadas produzissem um maior volume de

madeira ao nível do DAP. Conforme pode ser visto na Tabela 7, a seguir, o volume de madeira dos discos de árvores adubadas foi na média cerca de 25% superior ao de árvores não-adubadas, considerando-se o período entre o 2º e o 11º ano de vida.

Os resultados mostrados na Tabela 7 indicam também que a adubação alterou a percentagem de participação volumétrica de cada lenho em relação ao volume total de madeira formada no disco.

Na madeira obtida de árvores não-adubadas a média das proporções de lenho inicial e lenho tardio formados durante todo o período analisado foi de 69,6% e 30,4%, respectivamente. Para o caso de árvores adubadas essas proporções alteraram-se, respectivamente, para 78,2% e 21,8%. Verificou-se portanto que a adubação diminuiu a proporção de lenho tardio no total de madeira produzida. Tal fato tem importância fundamental em termos de qualidade da madeira. É o que pode ser esperado em termos de densidade, pois segundo LARSON (1957) por exemplo, para o caso de *Pinus elliottii*, mais de 60% da variação total da densidade é devida à percentagem de lenho tardio da madeira. KLEM (1958) afirma também que mais de 50% da variação na densidade da madeira está ligada às variações na percentagem de lenho tardio. Resultados semelhantes foram encontrados por MILLER (1959), SCHINIEWIND (1961), ZOBEL (1961), BARRICHELO e BRITO (1978) e BARRICHELO (1979).

TABELA 7. Proporção volumétrica de lenhos e volume total de madeira do disco ao nível do DAP - disco de 1 cm de espessura.

Árvore	Tratamento					
	adubado			não-adubado		
	%V _i	%V _t	V _D	%V _i	%V _t	V _D
1	77,2	22,8	153,4	75,9	24,1	95,7
2	80,9	19,1	132,8	64,0	36,0	135,5
3	77,5	22,5	158,8	72,5	27,5	149,8
4	77,3	22,7	155,3	76,0	24,0	93,8
5	77,4	22,6	157,2	71,2	28,8	94,8
6	77,4	22,6	161,0	76,0	24,0	99,0
7	82,4	17,6	139,8	62,4	37,6	138,4
8	77,7	22,3	162,9	70,3	29,7	92,1
9	77,5	22,5	158,9	63,4	36,6	131,6
10	77,0	23,0	166,9	64,6	35,4	132,9
Média	78,2	21,8	154,7	69,6	30,4	116,4
C.V.	3,8	3,9	6,8	8,6	7,3	19,6

%V_i = percentagem volumétrica de lenho inicial do disco total;

%V_t = percentagem volumétrica de lenho tardio do disco total;

V_D = volume total de madeira do disco ao nível do DAP - 1 cm espessura - não inclui madeira do 1º ano de vida da árvore (cm³);

CV = coeficiente de variação (%).

Uma mudança na proporção de lenho inicial e tardio, além de poder provocar alteração na qualidade da madeira, pode dar também como consequência, alterações nas propriedades dos produtos industriais produzidos a partir da mesma. Tal fato deve ser esperado se analisado por exemplo à luz dos trabalhos de BYRD (1965), GLADSTONE e IFJU (1974), os quais estudando a produção de celulose a partir da madeira de lenho inicial e tardio de *Pinus*, observaram um maior rendimento do produto quando obtido à partir do lenho tardio. Na mesma linha de raciocínio, SMITH e BIRD (1972) afirmaram que a diferença básica no comportamento dos diferentes lenhos responde pela maioria das diferenças nas propriedades da celulose.

4.2. Densidade dos lenhos inicial e tardio, do anel de crescimento anual e do disco inteiro

A Tabela 8 e a Figura 3 apresenta os resultados obtidos nas determinações e análises no que diz respeito às densidades do lenho inicial e do lenho tardio. Os valores individuais dos lenhos inicial e tardio, obtidos dos perfis, de cada disco, e a análise estatística, encontram-se nas Tabelas de 27 a 32 do Apêndice II.

A título de ilustração na Tabela 37 e nas Figuras 7 e 8 do Apêndice II são mostrados exemplos de perfis

TABELA 8 . Valor médio de densidade do lenho inicial e do lenho tardio.

Ano (anel)	Tratamento							
	adubado				não-adubado			
	d _i		d _t		d _i		d _t	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
69	0,24	15,88	0,32	8,44	0,27	6,41	0,39	7,69
70	0,25	9,56	0,30	12,30	0,33	4,27	0,42	10,90
71	0,26	7,46	0,34	11,30	0,34	4,15	0,44	0,09
72	0,26	13,21	0,42	6,05	0,37	3,81	0,63	8,08
73	0,31	12,19	0,46	8,15	0,41	6,88	0,71	4,87
74	0,33	13,96	0,47	8,63	0,42	3,46	0,72	4,17
75	0,35	12,69	0,57	9,17	0,42	12,60	0,74	5,05
76	0,44	11,36	0,62	10,12	0,43	6,14	0,71	3,14
77	0,45	6,09	0,64	8,29	0,50	4,46	0,73	2,37
78	0,50	12,03	0,65	12,33	0,66	6,42	0,76	2,63

$\bar{x}$ = média de 10 discos (g/cm³);

d_i = densidade do lenho inicial;

d_t = densidade do lenho tardio;

CV = coeficiente de variação (%).

FIGURA 3. Densidade dos lenhos inicial e tardio formados anualmente (DAP; espessura = 1 cm).

de densidade de um disco do tratamento adubado e um disco do tratamento não-adubado com valores obtidos a partir da metodologia de radiação gama.

Os resultados da Tabela 8 e Figura 3, indicando os valores de densidades dos lenhos ao nível do DAP, mostram claramente que os efeitos da adubação recaíram tanto sobre o lenho inicial como sobre o lenho tardio. No entanto, tais reflexos foram mais expressivos em se tratando do lenho tardio. As análises estatísticas das Tabelas de 29 a 32 do Apêndice II ressaltam que, praticamente ao longo de todos os anos averiguados, tanto para o lenho inicial como para o lenho tardio, houve diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos para os valores de densidade. Tais valores apresentaram-se mais elevados nos lenhos de árvores não-adubadas que os correspondentes lenhos das árvores adubadas.

Principalmente nos 7 primeiros anos, os valores de densidade do lenho tardio das árvores adubadas estiveram muito próximos aos valores de densidade do lenho inicial das árvores não-adubadas, conforme pode ser visto na Figura 3. Isto mostra a sensível diminuição de densidade sofrida pelo lenho tardio no tratamento com adubação mineral. Essa sensível diminuição da densidade do lenho inicial, em razão da adubação, já fora observada por POLGE (1969) e por Harris (1966), citado por CLEVELAND *et alii* (1974).

A Tabela 9 e a Figura 4, apresentam resultados obtidos para densidade do anel de crescimento. Os valores individuais de densidade calculada para o anel de crescimento para cada disco e a análise estatística encontram-se nas Tabelas de 33 a 36 do Apêndice II.

Tal qual foi observado para o volume, aqui também para o caso de densidade do anel de crescimento, o comportamento das árvores foi reflexo do comportamento das densidades dos lenhos que formaram esse anel.

Como o efeito genérico da adubação sobre as árvores foi o da diminuição das densidades de ambos os lenhos, inicial e tardio, o anel de crescimento das árvores desse tratamento praticamente ao longo de todos os anos apresentou valores de densidade inferiores ao das árvores não-adubadas.

Por outro lado, o aumento da densidade do anel de crescimento no decorrer dos anos procedeu-se de forma mais suave nas árvores adubadas que nas árvores não-adubadas. Em termos de qualidade de madeira, tal fato pode ser importante, pois indica que a adubação mineral reduz o gradiente de variação de densidade medula-casca. Tal fato poderá conduzir a uma menor incidência de tensões internas da madeira, o que é altamente desejado, por exemplo, em termos de suas propriedades físicas e mecânicas.

TABELA 9. Valor médio da densidade do anel de crescimento a
nual.

Ano (anel)	Tratamento			
	adubado		não-adubado	
	d_A	CV	d_A	CV
69	0,24	14,80	0,29	7,59
70	0,26	8,12	0,34	4,64
71	0,27	7,77	0,35	4,70
72	0,29	9,99	0,44	5,50
73	0,35	9,62	0,52	8,25
74	0,36	10,96	0,53	5,93
75	0,42	10,62	0,53	14,05
76	0,49	10,00	0,52	10,34
77	0,53	7,21	0,63	8,70
78	0,57	10,64	0,70	2,28

d_A = densidade média de 10 discos, para o anel de crescimento
(g/cm³);

CV = coeficiente de variação (%).

FIGURA 4. Densidade do anel de crescimento anual (DAP; espessura = 1 cm).

A Tabela 10 apresenta resultados da densidade média da madeira do disco ao nível do DAP. Tais resultados indicam que a adubação refletiu-se num valor médio de densidade do disco ao nível do DAP inferior em cerca de 27% para as árvores adubadas, em relação ao mesmo valor médio das árvores não-adubadas e no período entre o 2º e 11º ano de crescimento.

Tal situação está concordante com várias citações de literatura como as de BISSET *et alii* (1951) trabalhando com *Pinus pinaster*; SEIBT (1963), trabalhando com *Pinus sylvestris*, *Larix leptolepis* e *Picea excelsa*, PEGG (1966) com *Pinus taeda*, bem como as citações de POLGE (1969) e de GLADSTONE e GRAY (1973).

À luz dos resultados da Tabela 10 deve ser ressaltado ainda que segundo GLADSTONE e GRAY (1973), uma menor densidade pode significar uma substancial diminuição no rendimento de produção de pasta celulósica por unidade de volume de madeira mas, somente uma moderada perda nesse rendimento por unidade de peso. Há no entanto, outras consequências, como diminuição da resistência ao rasgo, acompanhada pelo aumento da resistência à tração e estouro da celulose obtida.

A Tabela 10 mostra também, como aspecto importante, o fato de que a adubação mineral proporcionou um au-

TABELA 10. Densidade média da madeira do disco ao nível do DAP - 1 cm de espessura.

Árvore	Tratamento	
	adubado	não-adubado
1	0,33	0,44
2	0,32	0,50
3	0,39	0,47
4	0,34	0,48
5	0,38	0,47
6	0,36	0,48
7	0,35	0,50
8	0,36	0,49
9	0,35	0,48
10	0,36	0,49
d_D	0,35	0,48
CV	5,71%	3,67%

d_D = densidade média do disco de 1 cm de espessura, no DAP - não inclui madeira do 1º ano de vida da árvore (g/cm³);

CV = coeficiente de variação (%).

mento no grau de variação da densidade média da madeira entre árvores ao nível do DAP.

4.3. Massa dos lenhos inicial e tardio, do anel de crescimento anual e do disco inteiro

A Tabela 11 e a Figura 5 apresenta os resultados obtidos nas determinações e análises no que diz respeito às massas do lenho inicial e do lenho tardio. Os valores individuais de massa dos lenhos inicial e tardio por disco de cada tratamento, bem como a análise estatística, estão contidos nas Tabelas de 38 a 43 do Apêndice III.

Os resultados da Tabela 11 e Figura 5 mostram que tal qual ocorreu para o volume, os efeitos da adubação sobre a produção de massa de madeira se concentraram nos primeiros anos de vida da árvore, especialmente em se tratando do lenho inicial. Neste caso, a adubação induziu a uma maior produção de massa até o 3º ano de vida da árvore. A partir daí as diferenças entre os valores das massas dos lenhos iniciais entre os tratamentos não mais se mostraram significativos, exceção feita ao 9º e 11º anos, cujas diferenças já não podem mais ser atribuídas à adubação em si. Essa maior produção de massa no lenho inicial dos primeiros anos de vida das árvores adubadas refletiu muito mais a diferença acentuada ocorrida para o volume, do que para a densidade de ma-

TABELA 11. Valor médio de massa do lenho inicial e do lenho tardio.

Ano (anel)	Tratamento							
	adubado				não-adubado			
	m_i		m_t		m_i		m_t	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
69	4,56	21,06	0,48	32,81	2,11	30,19	0,39	18,13
70	4,98	28,52	0,59	35,76	2,90	33,10	0,62	19,35
71	5,31	16,54	0,76	15,78	4,67	34,48	0,97	25,77
72	4,09	14,99	1,45	29,65	4,40	23,86	3,05	38,20
73	3,09	16,87	1,62	24,69	2,78	43,53	2,95	47,12
74	2,43	37,03	1,63	20,85	2,89	16,61	2,95	42,71
75	3,11	30,19	2,12	21,69	2,67	33,33	3,41	35,43
76	6,05	32,31	3,52	25,00	4,83	18,43	3,53	39,66
77	2,25	21,33	2,31	36,36	2,22	33,60	3,61	37,40
78	2,30	23,91	2,90	44,13	3,66	27,60	3,34	21,86

$\bar{x}$ = média de 10 discos (g);

CV = coeficiente de variação (%);

m_i = massa do lenho inicial;

m_t = massa do lenho tardio.

FIGURA 5. Massa de lenho inicial e tardio formados anualmente (DAP; espessura = 1 cm).

deira produzida, conforme pode ser visto no comportamento desses parâmetros, anteriormente analisados.

Em se tratando do lenho tardio, os resultados mostraram que a massa anualmente formada em árvores adubadas no máximo se igualaram estatisticamente, em alguns anos, aos valores comparativos aos de árvores não-adubadas. Na maioria dos anos eles foram inferiores, daí pode-se afirmar que a adubação mineral tendeu a diminuir a produção de massa de madeira do lenho tardio.

Outro fato a ser destacado é o de que houve uma tendência para que, a partir do 5º ano de vida das árvores, os valores das produções anuais de massa se aproximassem entre si, indistintamente para todos os lenhos.

A Tabela 12 e a Figura 6 apresentam os resultados obtidos nas determinações das massas dos anéis de crescimento. Os valores individuais de massa dos anéis por disco de cada tratamento, bem como a análise estatística, estão contidos nas Tabelas de 44 a 47 do Apêndice III.

O comportamento da produção de massa anual dos anéis de crescimento conforme pode ser observado na Tabela 12 e Figura 6 indicam duas situações distintas. A primeira, que vai até o 4º ano de vida das árvores, indica a superioridade de valores de produção de massa anual para o tratamento com adubação mineral. Tem-se aí, praticamente, so-

TABELA 12. Valor médio da massa do anel de crescimento anual.

Ano (anel)	Tratamento			
	adubado		não-adubado	
	m_A	CV	m_A	CV
69	5,04	20,12	2,58	22,15
70	5,57	28,72	3,52	29,26
71	6,07	15,98	5,65	29,73
72	5,54	16,25	7,45	34,50
73	4,71	17,20	5,74	31,36
74	4,10	20,49	5,84	25,34
75	5,23	32,12	6,11	27,99
76	9,57	34,27	8,36	22,37
77	4,36	27,98	5,84	20,72
78	5,21	25,53	7,01	21,40

m_A = média de 10 discos para massa do anel de crescimento
(g);

CV = coeficiente de variação (%).

FIGURA 6 . Massa do anel de crescimento anual (DAP; espessura = 1 cm).

mente o reflexo da maior produção volumétrica dos anéis das árvores desse tratamento. Isso porque nesses anos de crescimento, os valores de densidade da madeira de cada anel individual do tratamento com adubação mineral sempre estiveram a baixo dos valores do tratamento sem adubação mineral. Tem-se nessa primeira situação a demonstração do efeito da adubação sobre a produção de massa de madeira, também somente sobre os primeiros anos de vida da árvore. Pode-se verificar que esse comportamento é, fundamentalmente, o reflexo do comportamento da produção de massa do lenho inicial.

A segunda situação se apresenta após o 4º ano, em que há praticamente o predomínio da produção de massa dos anéis de crescimento do tratamento não-adubado. Exceção ocorreu somente para o 8º e 9º anos, valendo aqui também as mesmas considerações já mencionadas anteriormente para o caso do volume. Pode-se afirmar que essa superioridade de produção de massa à partir do 4º ano se deu fundamentalmente devido à sensível queda de produção volumétrica de madeira dos anéis de crescimento, além do que as densidades da madeira dos anéis de crescimento das árvores do tratamento com adubação permaneceram com valores inferiores aos das árvores do tratamento sem adubação.

Os resultados alcançados na produção de massa dos lenhos e anel de crescimento quando analisados de uma forma global para todo o disco ao nível do DAP no período do

2º ao 11º ano de crescimento são apresentados na Tabela 13. Nela pode-se observar que a produção de massa de madeira ao nível do DAP no tratamento com árvores não-adubadas foi cerca de 5% superior à produção das árvores adubadas. Isso pode ser explicado pelo fato de que, enquanto em árvores com adubação o aumento de volume de madeira ao nível do DAP foi cerca de 25%, o valor da densidade média da madeira reduziu-se em cerca de 27%. Dessa forma, a queda na densidade da madeira influenciou alguns percentuais a mais para a redução, do que contribuiu o maior volume, para o aumento de massa ao nível do DAP.

Outro resultado mostrado pela Tabela 13 é o de que a adubação mineral uniformizou a produção de massa de madeira entre as árvores. Este fato é refletido na análise de que o coeficiente de variação dessa produção média para os discos de árvores não-adubadas foi de 21,56% enquanto que para os discos de árvores adubadas esse valor foi de somente 10,98%.

TABELA 13. Massa total de madeira do disco ao nível do DAP -
1 cm de espessura.

Árvore	Tratamento	
	adubado	não-adubado
1	50,23	45,14
2	43,52	68,80
3	61,52	71,69
4	53,67	47,07
5	61,75	45,38
6	57,81	49,31
7	49,53	70,96
8	56,77	45,38
9	58,41	64,82
10	61,29	72,73
m_D	55,45	58,13
CV	10,98	21,56

m_D = massa total do disco de 1 cm de espessura, no DAP (g) -
não inclui o 1º ano de vida da árvore;

CV = coeficiente de variação (%).

5. CONCLUSÕES

5.1. Produção volumétrica

A adubação mineral induziu a uma maior produção volumétrica de madeira no lenho inicial ao nível do DAP, mas que perdurou somente nos primeiros seis anos de vida das árvores. Por outro lado, nenhum efeito foi causado sobre a produção volumétrica do lenho tardio.

A adubação proporcionou aumento na produção volumétrica individual de madeira dos anéis de crescimento das árvores ao nível do DAP. Como fundamentalmente essa influência foi reflexo daquela exercida sobre o lenho inicial, a mesma perdurou também somente nos primeiros anos de vida das árvores, ou mais precisamente até o 5º ano. Mesmo assim essa influência foi suficiente para que a produção volumétrica total de madeira ao nível do DAP fosse superior em cerca

de 25% daquela obtida nas árvores do tratamento sem adubação.

Houve alteração na proporção volumétrica de lenho tardio e inicial no total de madeira produzida ao nível de DAP em função da adubação. Esse tratamento fez com que houvesse uma queda de 8,6% na proporção volumétrica de lenho tardio.

5.2. Densidade da madeira

A adubação mineral induziu a reduções nas densidades das madeiras ao nível do DAP de ambos os lenhos, inicial e tardio. A redução, no entanto, foi mais acentuada para o lenho tardio. Nos primeiros anos de vida das árvores, inclusive, os valores de densidade do lenho tardio do tratamento adubado foram semelhantes aos dos lenho inicial do tratamento sem adubação. O resultado dessa diminuição implicou na diminuição da densidade da madeira dos anéis de crescimento em praticamente todos os anos de vida das árvores. Com tudo isso, a densidade média da madeira total ao nível do DAP se reduziu em cerca de 27%, quando comparada àquela obtida de árvores que não sofreram adubação.

5.3. Produção de massa

O tratamento das árvores com adubação mineral contribuiu para que ocorressem alterações no comportamento das produções de massa de ambos os lenhos, inicial e tardio. No caso do lenho inicial houve um sensível aumento na produção de massa, mas que perdurou somente nos primeiros três anos de vida da árvore; daí em diante as produções se igualaram às do tratamento não-adubado. No caso do lenho tardio a influência foi no sentido da diminuição dessa produção.

Somente nos três primeiros anos de vida das árvores as produções de massa dos anéis de crescimento do tratamento adubado foram superiores aos dos tratamentos não-adubados. A tendência, daí por diante, foi no sentido de que as produções individuais dos anéis fossem inferiores nas árvores adubadas.

A adubação mineral fez com que houvesse uma redução de cerca de 5% na produção de massa de madeira total ao nível do DAP; por outro lado, proporcionou uma diminuição do grau de variação dessa mesma produção entre árvores.

6. LITERATURA CITADA

AGUIAR, O., 1980. Determinação de umidade em madeira por atenuação de radiação gama do ^{241}Am . Piracicaba, 84 p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).

BALLONI, E.A., 1984. Efeitos da fertilização mineral sobre o desenvolvimento do *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* (Griseb) Barret e Golfari em solo de cerrado do Estado de São Paulo. Piracicaba, 110 p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).

BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, 1977. Correlações entre teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. *Circular Técnica do IPEF* nº 30. Piracicaba, 6 p.

- BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, 1978. A madeira de *Pinus taeda* como matéria-prima para celulose kraft. I. Influência dos teores de lenhos. *IV Congresso Florestal Brasileiro*, Manaus, (3): 1-18.
- BARRICHELO, L.E.G., 1979. Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barret e Golfari para a produção de celulose kraft. Piracicaba, 167 p. (Tese de Livre Docência).
- BARROS *et alii*, 1984. Análise de crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N, P e K no Vale do Jequitinhonha, MG. *IPEF*, Piracicaba (26): 13-17.
- BISSET, I.J.W., H.E. DADSWELL e A.B. WARDROP, 1951. Factors influencing tracheid length in conifer stems. *Australian Forest*, Sidney, (15): 17-30.
- BORSDORF, W., 1965. The effect of mineral fertilizers on growth and ovendry density of young poplars. *Arch Forestry*. 14(1): 61-78. Apurado do Forestru Abstr, 26: 5133-1965.
- BROWN, C.L., 1970. Physiology of wood formation in conifers. *Wood Science*, Madison, 3(1): 8-22.

- BYRD, V.L., 1965. Wood characteristics and kraft papers properties of four selectes loblolly pines. Part II. Wood chemical constituents and their relationship to fiber morphology. *Forest Products Journal*, Madison, 15(8): 313-20.
- CLEVELAND, M.K., T.E. WOOTEN e J.R. SAUCIER, 1974. Annotated bibliography on the effects of fertilization on wood quality. *Forest Research Series Nº 29*. Clemson University-Department of Forestry. January. 53 p.
- CORE, H.A. e E. THOR, 1977. Fertilization, irrigation and site factor relationship with growth and wood properties of yellow-poplar. *Wood Science*, Madison 9(3); 130-35.
- ERICKSON, H.D. e G.M.G. LAMBERT, 1958. Effects of fertilization and thinning on chemical composition, growth and specific gravity of young Douglas-fir. *Forest Science*, Washington, 4(4): 307-315.
- FERRAZ, E.S.B., 1976. Determinação da densidade de madeiras por atenuação de radiação gama de baixa energia. *IPEF*, Piracicaba, (12): 61-8.
- FERREIRA, M. *et alii*, 1978. Rendimento em peso seco de madeira de plantações de pinheiros. *IPEF*, Piracicaba (17): 78-79.

- FIELDING, J.M., 1967. The influence of silvicultural practices on wood properties. *International Review of Forestry Research*, Vol. 2. Academic Press, N. York, London. p. 95-126.
- GENTLE, S.W., R.K. BAMBER e F.R. HUMPHREYS, 1968. Effect of two fosfate fertilizers on yield, financial yeld, and wood quality of radiata pine. *Forest Science*, Washington, 14(3): 282-286.
- GLADSTONE, W.T. e R.L. GRAY, 1973. Effects of forest fertilization on wood quality. *Forest Fertilization Symposium Proceedings USDA*. Forest Service General Technical Report NE-3, pg. 167-73.
- GLADSTONE, W.T. e G. IFJU, 1974. Some influences of wood morphology on kraft pulping of loblolly pine. *TAPPI Forest Biology Conference*, Seattle, 13-19.
- GODOY, H. e A.A. ORTOLANI, s/d. *Carta climática do Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agronômico.
- HARRIS, J.M., 1969. The use of beta rays in determining wood properties - Part 2 - Measuring earlywood and latewood. *New Zealand Journal of Sciences*, New Zeland, 12(2): 409-418.

- KLEM, G.S., 1958. Quality of wood from fertilized forests. *TAPPI*, Atlanta, 51(11): 99A-103A.
- KLEM, G.S., 1964. The effect of fertilizer application on three properties affecting wood quality of Norway spruce. *Norks Skogbr.* 10(18): 491-494. Apurado do Forestry Abstr. 26: 2819-1965.
- KLEM, G.S. e B. HALVORSEN, 1967. The effect of a rapid increase in growth rate on some strenght properties of wood from Scots pine. *Norsk Skogind* 21(4): 127-132. Apurado do Forestry Abstr. 28: 6404-1967.
- KRAMER, P.J. e T.T. KOZLOWSKI, 1960. *Fisiologia das Árvores*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 745 p.
- KUROYANAGI, S. e T. NISHIDA, 1964. Studies on the wood properties of the forest fertilized sugi (*Cryptomerica japonica* D. Don) IV. On the difference in the width of growth rings between fertilized trees and non-fertilized trees. *Science Rept. Faculty Agric. Nº 23*. Okayama Univ., Okayama, Japan. pp. 7-11. Apurado do Forestry Abstr. 26: 2821-1965.
- LARSON, P.R., 1957. Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of slash pine. *Yale University School of Forestry Bulletin*, (63): 1-89.
- LARSON, P.R., 1962. A biological approach to the wood quality. *Tappi*, Atlanta, 45(6): 443-8.

- MILLER, S.R., 1959. Variation in inherent wood characteristics in slash pine. *Proc. 5th Sth. Conf. For Tree Improv.*, Raleigh (97-106). Apurado do: Forestry Abstracts. 21:3.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1984. *Proposta de utilização energética de florestas e resíduos agrícolas*. Coordenadoria de Agroenergia, Brasília. 166 p.
- MOREY, P.R., 1980. *O crescimento das árvores*. Coleção Temas de Biologia. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, Vol. 19, 72 p.
- NICHOLLS, J.W.P., 1971. The effect of environmental factors on wood characteristics. *Silvaea Genetica*, Frankfurt, 20 (3): 67-73.
- OHTA, S., 1981. X-ray densitometry of wood at the F.F.P.R.I. *Proceedings of the XVII International Union of Forestry Research Organizations World Congress*, Kyoto. 6 p.
- PAUL, B.H. e R.O. MARTS, 1931. Controlling the proportion of summerwood in longleaf pine. *J. Forestry*, Washington, (29): 784-796.
- PECHMANN, H. VON, 1958. The effect of growth rate on the structure and properties of the wood of some tree species. *Schweiz. Z. Forstw.* 109(11): 615-647. Apurado do Forestry Abstr. 20:3742-1959.

- PEGG, R.E., 1966. Stem form of fertilized loblolly pine. *J. Forestry*, Washington, 64(1): 19-20.
- POLGE, H., 1969. Influence of fertilizer application on the wood propertiers of *Pinus pinaster*. *Ann. Science Forestieres* 26(1): 45-64. Apurado do Forestry Abstr. 31:3373-1970.
- RANZANI, G. *et alii*, 1972. *Carta de solos dos hortos de propriedade da Champion Celulose S/A*. Piracicaba, ESALQ.
- RESLER, P.W., W.T. GLADSTONE e R. MARTON, 1975. Effect of fertilization on papermaking properties of Douglas-fir. *TAPPI*, Atlanta, 58(2): 99-102.
- SANTOS, C.F.O., E. MALAVOLTA e H.P. HAAG, 1967. The effect of concentrations of the majors nutrients N, P and K on the oncrease in thickness of the tracheid walls of *Pinus elliottii* (pot plants). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 24:317-322.
- SAUCIER, J.R. e A.F. IKE, 1969. Effect of fertilization on selected wood properties of sycamore. *Forest Prod. Journal*, Madison, 19(9): 93-96.
- SCHNIEWIND, A.P., 1961. The effect of site and others factors on specific gravity and bending strenght of California red fir. *Forest Science*, Madison, 7(2): 106-115.

- SCHMIDTLING, R.C. e T.L. AMBURGEY, 1977. Growth and wood quality of slash pines after early cultivation and fertilization. *Wood Science*, Madison, 9 (4): 154-59.
- SEIBT, G., 1963. The effect of fertilizers on wood density in Scots pine, Japanese larch and Norway spruce. *Aus dem walde*, Hannover Número 6:51-82. Apurado do Forestry Abstr. 24: 4977-1963.
- SMITH, W.E. e V.L. BYRD, 1972. Fiber bonding and tensile stress-strain properties of early-wood and late-wood handsheets. *USDA Forest Service Research. Forest Products Laboratory*, Madison, (193): 1-9.
- SMITH, J.H.G., 1977. Tree-ring analyses can be improved by measurement of component widths and densities. *The Forestry Chronicle*, Vancouver 53(2): 91-95.
- SIMÕES, J.W. *et alii*, 1970. A adubação acelera o desenvolvimento inicial de plantações de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *IPEF*, Piracicaba (1): 59-80.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1980. *Principles and Procedures of Statistics - A Biometrical Approach*, Tokyo. McGraw-Hill Kogakusha, Ltda., 633 p.

TROVATI, L.R., 1982. Resposta da densidade dos anéis de crescimento de *Pinus oocarpa* Schied aos fatores climáticos. Piracicaba, 120 p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).

WILLIAMS, R.F. e J.R. HAMILTON, 1961. The effect of fertilization on four wood properties of slash pine. *J. Forestry* 59(9): 662-5. Apurado do *Forestry Abstr.* 23: 2728-1962.

ZOBEL, B.J., J.F. GOGGANS, T.E. MAKI e F. HENSON, 1961. Some effects of fertilizers on wood properties of loblolly pine. *TAPPI*, Atlanta (44): 186-192.

ZOBEL, B.J., 1961. Inheritance of wood properties in conifers. *Silvae Genetica*. Frankfurt, 10(3): 65-96.

APÊNDICE I - Raios e volumes dos lenhos inicial e tardio e
do anel de crescimento por disco individual.
Análise estatística.

TABELA 14. Valores individuais dos raios correspondentes ao final do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento adubado (DAP) (cm).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	2,53	2,91	2,05	2,34	2,63	2,72	3,01	2,15	2,44	2,25
-t	2,64	2,96	2,15	2,44	2,74	2,85	3,05	2,25	2,54	2,35
70-i	3,74	3,95	2,95	3,40	3,84	3,95	4,05	3,05	3,50	3,15
-t	3,83	4,08	3,00	3,47	3,93	4,03	4,18	3,10	3,57	3,25
71-i	4,64	4,90	3,80	4,27	4,74	4,84	5,00	3,90	4,37	4,00
-t	4,72	4,98	3,88	4,35	4,82	4,92	5,08	3,98	4,45	4,08
72-i	5,17	5,45	4,50	4,89	5,27	5,37	5,55	4,60	4,99	4,70
-t	5,24	5,54	4,67	5,00	5,34	5,44	5,64	4,77	5,10	4,87
73-i	5,51	5,78	5,04	5,33	5,61	5,71	5,88	5,14	5,43	5,24
-t	5,62	5,84	5,17	5,45	5,72	5,82	5,94	5,27	5,55	5,37
74-i	5,76	5,96	5,46	5,68	5,89	5,99	6,06	5,56	5,78	5,66
-t	5,88	6,07	5,56	5,77	5,98	6,08	6,17	5,66	5,87	5,76
75-i	6,07	6,19	5,90	6,04	6,17	6,27	6,29	6,00	6,14	6,10
-t	6,15	6,26	6,03	6,14	6,25	6,35	6,36	6,13	6,24	6,23
76-i	6,47	6,35	6,54	6,56	6,57	6,67	6,45	6,64	6,66	6,74
-t	6,62	6,43	6,68	6,70	6,72	6,82	6,53	6,78	6,80	6,88
77-i	6,75	6,50	6,79	6,82	6,85	6,95	6,60	6,89	6,92	6,98
-t	6,84	6,53	6,89	6,92	6,94	7,04	6,63	6,99	7,02	7,09
78-i	6,92	6,60	7,04	7,03	7,02	7,12	6,73	7,14	7,13	7,24
-t	7,06	6,65	7,13	7,15	7,16	7,26	6,75	7,23	7,25	7,33

i = lenho inicial

t = lenho tardio

TABELA 15. Valores individuais dos raios correspondentes ao final do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento não-adubado (DAP) (cm).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	2,00	1,38	1,70	1,90	1,22	2,11	1,40	1,15	1,23	1,28
-t	2,08	1,46	1,78	1,98	1,40	2,18	1,53	1,30	1,36	1,37
70-i	2,50	2,42	2,58	2,40	2,00	2,61	2,53	1,90	2,32	2,33
-t	2,58	2,53	2,67	2,48	2,10	2,68	2,64	2,00	2,43	2,48
71-i	3,02	3,51	3,47	2,92	2,94	3,13	3,62	2,84	3,41	3,43
-t	3,14	3,65	3,57	3,04	3,00	3,24	3,75	2,91	3,55	3,52
72-i	3,63	4,14	4,30	3,53	3,50	3,74	4,24	3,43	4,04	4,06
-t	3,76	4,37	4,47	3,66	3,60	3,86	4,46	3,52	4,27	4,27
73-i	4,06	4,63	4,92	3,96	3,78	4,16	4,72	3,69	4,53	4,52
-t	4,15	4,83	5,05	4,05	3,92	4,23	4,95	3,81	4,73	4,73
74-i	4,43	5,06	5,27	4,33	4,13	4,52	5,16	4,03	4,96	4,96
-t	4,52	5,24	5,45	4,42	4,20	4,65	5,34	4,10	5,14	5,14
75-i	4,71	5,40	5,83	4,61	4,43	4,87	5,50	4,35	5,30	5,30
-t	4,80	5,61	5,94	4,70	4,53	4,91	5,73	4,49	5,51	5,51
76-i	5,15	5,89	6,40	5,05	4,98	5,23	5,99	4,87	5,79	5,79
-t	5,22	6,05	6,57	5,12	5,13	5,32	6,20	5,02	5,95	5,95
77-i	5,44	6,15	6,69	5,34	5,17	5,55	6,25	5,07	6,05	6,05
-t	5,52	6,32	6,83	5,42	5,30	5,64	6,43	5,20	6,22	6,22
78-i	5,66	6,50	6,94	5,56	5,43	5,73	6,61	5,33	6,40	6,40
-t	5,74	6,63	7,05	5,64	5,55	5,85	6,72	5,46	6,53	6,53

i = lenho inicial
t = lenho tardio

TABELA 16. Valores individuais dos volumes do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm³).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	20,09	26,58	13,19	17,19	21,72	23,23	24,45	14,51	18,69	15,89
-t	1,79	0,92	1,32	1,50	1,86	2,27	0,95	1,38	1,56	1,44
70-i	22,05	21,49	12,82	17,61	22,74	23,50	22,11	13,32	18,22	13,82
-t	2,14	3,28	0,93	1,51	2,20	2,00	3,36	0,97	1,55	2,01
71-i	21,55	23,13	17,09	19,45	22,06	22,51	13,65	17,59	19,95	17,08
-t	2,39	2,48	1,93	2,17	2,40	2,45	2,53	1,98	2,22	2,03
72-i	13,98	15,40	16,72	15,67	14,26	14,55	15,70	16,71	16,01	11,01
-t	2,29	3,11	4,90	3,42	2,33	2,38	3,16	5,00	3,49	5,11
73-i	9,12	8,53	11,29	10,71	9,29	9,46	8,68	11,52	10,92	11,75
-t	3,85	2,19	4,17	4,06	3,92	3,98	2,23	4,25	4,14	4,33
74-i	6,09	4,45	9,69	8,04	6,20	6,71	4,52	9,87	8,19	10,05
-t	3,30	4,16	3,46	3,24	3,36	3,41	4,23	3,53	3,29	3,59
75-i	7,13	4,62	12,24	10,02	7,25	7,37	4,70	12,45	10,19	12,67
-t	3,07	2,74	4,87	3,83	3,12	3,17	2,78	4,95	3,89	5,04
76-i	12,69	3,56	20,14	16,76	12,89	13,09	3,62	20,46	17,02	20,78
-t	6,17	3,21	5,81	5,83	6,26	6,36	3,26	5,90	5,92	5,99
77-i	5,46	2,84	4,65	5,10	5,54	5,62	6,21	4,72	5,17	4,35
-t	3,84	1,23	4,30	4,32	3,90	3,96	1,25	4,36	4,38	4,86
78-i	3,46	2,89	6,56	4,82	3,51	3,56	4,20	6,66	4,89	6,75
-t	6,15	2,08	4,01	5,34	6,24	6,32	0,85	4,06	5,42	4,12

i = lenho inicial
t = lenho tardio

TABELA 17. Valores individuais dos volumes do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento não-adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm³).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	12,56	5,98	9,07	11,34	4,67	13,98	6,97	4,15	4,75	5,14
-t	1,02	0,71	0,87	0,98	1,48	0,53	0,38	1,15	1,06	0,75
70-i	6,04	11,70	10,96	5,78	6,41	6,47	12,75	6,03	11,10	11,16
-t	1,28	1,71	1,48	1,23	1,29	1,16	1,99	1,22	1,64	2,27
71-i	7,74	11,60	15,43	7,46	13,30	8,21	19,27	12,77	17,98	17,64
-t	2,32	3,15	2,21	2,25	1,12	2,20	3,01	1,26	3,06	1,97
72-i	10,42	11,99	18,05	10,11	10,21	10,96	12,30	10,36	11,68	12,86
-t	3,02	6,15	4,68	2,94	2,23	2,86	6,01	1,96	6,00	5,50
73-i	7,37	7,35	13,27	7,18	4,17	7,56	7,50	3,85	7,19	6,90
-t	2,32	5,94	4,07	2,26	3,39	1,84	6,99	2,83	5,82	6,10
74-i	7,55	7,14	7,13	7,37	5,31	7,97	6,67	5,42	7,00	7,00
-t	2,53	5,82	6,06	2,47	1,83	3,74	5,94	1,79	5,71	5,71
75-i	5,51	5,35	13,46	5,37	6,24	6,58	5,45	6,64	5,25	5,25
-t	2,69	7,26	4,07	2,63	2,81	1,23	8,11	3,89	7,13	7,13
76-i	10,94	10,12	17,83	10,72	13,44	10,19	9,57	11,17	9,94	9,94
-t	2,28	6,00	6,93	2,24	4,76	2,98	8,04	4,66	5,90	5,89
77-i	7,37	3,83	5,00	7,23	1,29	7,85	1,96	1,58	3,77	3,77
-t	2,75	6,66	5,95	2,70	4,28	2,81	4,17	4,19	6,53	6,57
78-i	4,92	7,25	4,76	4,83	4,38	3,57	7,37	4,30	7,14	7,14
-t	2,86	5,36	4,83	2,81	4,14	4,36	4,61	4,41	5,18	5,28

i = lenho inicial
t = lenho tardio

TABELA 18. Análise de variância para volume de lenho inicial anual.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	822,7909	81,68**
Resíduo (a)	18	10,0736	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	341,2397	43,27**
(T) x (A)	09	91,1722	11,56**
Resíduo (b)	162	7,8870	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

** = significativo ao nível de 1%.

TABELA 19. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para volume de lenho inicial anual.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	756,0795	93,28**
Tratamentos dentro do ano 70	1	492,8288	60,80**
Tratamentos dentro do ano 71	1	215,9613	26,64**
Tratamentos dentro do ano 72	1	67,2384	8,30**
Tratamentos dentro do ano 73	1	41,8461	5,16*
Tratamentos dentro do ano 74	1	1,1317	0,14ns
Tratamentos dentro do ano 75	1	27,3309	3,37ns
Tratamentos dentro do ano 76	1	36,1522	4,46*
Tratamentos dentro do ano 77	1	1,3939	0,17ns
Tratamentos dentro do ano 78	1	3,3782	0,42ns
Resíduo (composto)	179	8,1057	

G.L. = grau de liberdade

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F

ns = não significativo

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

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

TABELA 20. Análise de variância para volume de lenho tardio anual.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	2,5625	0,29n
Resíduo (a)	18	8,7305	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	34,0010	34,92**
(T) x (A)	09	2,2079	2,27*
Resíduo (b)	162	0,9736	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

ns = não significativo;

* = significativo ao nível de 5%;

** = significativo ao nível de 1%.

TABELA 21. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para volume de lenho tardio anual.

Causa de Variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	1,8362	1,05ns
Tratamentos dentro do ano 70	1	1,1907	0,68ns
Tratamentos dentro do ano 71	1	0,0001	0,00ns
Tratamentos dentro do ano 72	1	1,8362	1,08ns
Tratamentos dentro do ano 73	1	0,9857	0,56ns
Tratamentos dentro do ano 74	1	1,8244	1,04ns
Tratamentos dentro do ano 75	1	4,5029	2,57ns
Tratamentos dentro do ano 76	1	1,3107	0,75ns
Tratamentos dentro do ano 77	1	0,8579	5,06*
Tratamentos dentro do ano 78	1	0,0283	0,02ns
Resíduo (composto)	179	1,7493	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

ns = não significativo;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 22. Valores individuais dos volumes do anel de crescimento por disco do tra-
tamento adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm³).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69	21,88	27,50	14,51	18,69	23,58	25,50	25,40	15,89	20,25	17,33
70	24,19	24,77	13,75	19,12	24,94	25,50	25,47	14,19	19,77	15,83
71	23,90	25,61	19,02	21,62	24,46	25,02	26,18	19,57	22,17	19,11
72	16,27	18,51	21,22	19,09	16,59	16,93	18,86	21,71	19,50	22,12
73	12,97	10,72	15,46	14,77	13,21	13,44	10,91	15,77	15,06	16,08
74	9,39	8,61	13,14	11,28	9,56	9,72	8,75	13,39	11,48	13,64
75	10,20	7,36	17,11	13,85	10,37	10,54	7,48	17,40	14,08	17,71
76	18,86	6,77	25,95	22,59	19,15	19,45	6,88	26,36	22,94	26,77
77	9,30	4,07	8,95	9,42	9,44	9,58	7,76	9,08	9,55	9,21
78	9,61	4,97	10,57	10,16	9,75	9,88	5,05	10,72	10,31	10,87

TABELA 23. Valores individuais dos volumes do anel de crescimento por disco do tratamento não adubado (DAP; espessura = 1 cm) (cm³).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69	13,58	6,69	9,94	12,32	6,15	14,51	7,35	5,30	5,81	5,89
70	7,32	13,41	12,44	7,01	7,70	7,63	14,54	7,25	12,74	13,43
71	10,06	21,75	17,64	9,71	14,42	10,41	22,28	14,03	21,04	19,61
72	13,44	18,14	22,73	13,05	12,44	13,82	18,31	12,32	17,68	18,36
73	9,69	13,29	17,34	9,44	7,56	9,40	14,49	6,68	13,01	13,00
74	10,08	12,96	13,19	9,84	7,14	11,71	12,61	7,21	12,71	12,79
75	8,20	12,61	17,53	8,02	9,05	7,81	13,56	10,53	12,38	12,52
76	13,22	16,12	24,76	12,96	18,20	13,17	17,61	15,83	15,84	16,00
77	10,12	10,49	10,95	9,93	5,57	10,66	9,13	5,77	10,32	11,45
78	7,78	12,61	9,59	7,64	8,52	7,93	11,98	8,71	12,42	12,18

TABELA 24. Análise de variância para volume do anel de crescimento anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	733,5460	23,05**
Resíduo (a)	18	31,8222	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	281,2733	30,62**
(T) x (A)	09	111,1948	12,11**
Resíduo (b)	162	9,1851	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

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

TABELA 25. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para volume do anel de crescimento anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	832,4363	72,71**
Tratamentos dentro do ano 70	1	542,4645	47,38**
Tratamentos dentro do ano 71	1	215,8934	18,86**
Tratamentos dentro do ano 72	1	46,5400	4,07**
Tratamentos dentro do ano 73	1	29,9904	2,62ns
Tratamentos dentro do ano 74	1	0,0810	0,01ns
Tratamentos dentro do ano 75	1	9,6474	0,84ns
Tratamentos dentro do ano 76	1	51,2328	4,47*
Tratamentos dentro do ano 77	1	3,2242	0,28ns
Tratamentos dentro do ano 78	1	2,7889	0,24ns
Resíduo (composto)	179	11,4488	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

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

ns = não-significativo.

TABELA 26. Valores originais de precipitação mensal do ano de 1976 em comparação com os valores médios do período de 1969 a 1978.

Mês	Precipitação média mensal de 1969/1978 (mm)	Precipitação mensal do ano de 1976 (mm)
janeiro	220,9	285,9
fevereiro	173,7	260,6
março	190,7	216,1
abril	71,1	71,9
maio	60,6	125,1
junho	51,4	67,9
julho	55,0	84,4
agosto	26,9	99,5
setembro	60,9	130,2
outubro	134,7	117,7
novembro	125,6	120,1
dezembro	224,8	200,9
Precipitação anual (mm)	1388,4	1780,1

APÊNDICE II - Densidades dos lenhos inicial e tardio e do
anel de crescimento por disco individual.. Análise estatística.

TABELA 27. Volumes individuais das densidades do lenho inicial e do lenho tardio por disco do tratamento adubado (g/cm³).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	0,28	0,24	0,22	0,18	0,27	0,19	0,20	0,29	0,23	0,25
-t	0,31	0,31	0,30	0,35	0,32	0,28	0,29	0,37	0,32	0,33
70-i	0,26	0,25	0,22	0,25	0,25	0,29	0,29	0,24	0,22	0,25
-t	0,27	0,30	0,31	0,34	0,35	0,26	0,32	0,23	0,29	0,28
71-i	0,24	0,24	0,26	0,47	0,28	0,26	0,30	0,26	0,24	0,25
-t	0,28	0,33	0,37	0,32	0,41	0,32	0,37	0,30	0,33	0,36
72-i	0,23	0,28	0,28	0,20	0,28	0,27	0,32	0,23	0,26	0,28
-t	0,41	0,43	0,41	0,43	0,45	0,38	0,46	0,39	0,40	0,41
73-i	0,26	0,28	0,35	0,28	0,37	0,28	0,35	0,28	0,30	0,31
-t	0,43	0,51	0,50	0,42	0,50	0,45	0,43	0,42	0,42	0,48
74-i	0,28	0,32	0,45	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,29	0,32
-t	0,39	0,50	0,48	0,45	0,52	0,46	0,53	0,45	0,46	0,49
75-i	0,28	0,33	0,43	0,32	0,35	0,38	0,38	0,38	0,32	0,31
-t	0,57	0,60	0,57	0,48	0,60	0,57	0,68	0,58	0,56	0,52
76-i	0,46	0,39	0,43	0,40	0,48	0,45	0,55	0,39	0,40	0,44
-t	0,55	0,67	0,68	0,52	0,78	0,63	0,64	0,69	0,67	0,63
77-i	0,41	0,44	0,44	0,50	0,49	0,47	0,45	0,43	0,45	0,44
-t	0,58	0,68	0,64	0,65	0,76	0,58	0,60	0,64	0,63	0,62
78-i	0,53	0,46	0,46	0,42	0,55	0,59	0,57	0,42	0,49	0,49
-t	0,58	0,69	0,74	0,69	0,71	0,70	0,69	0,47	0,66	0,61

i = lenho inicial

t = lenho tardio

TABELA 28. Valores individuais das densidades do lenho inicial e lenho tardio e por disco do tratamento não-adubado (g/cm³).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	0,27	0,29	0,24	0,29	0,28	0,28	0,24	0,27	0,25	0,26
-t	0,40	0,39	0,38	0,42	0,38	0,41	0,41	0,43	0,32	0,38
70-i	0,30	0,35	0,33	0,34	0,35	0,33	0,32	0,32	0,33	0,32
-t	0,43	0,42	0,39	0,49	0,37	0,46	0,35	0,48	0,39	0,41
71-i	0,31	0,36	0,34	0,35	0,36	0,33	0,32	0,33	0,34	0,33
-t	0,44	0,39	0,46	0,51	0,42	0,45	0,42	0,50	0,39	0,44
72-i	0,37	0,35	0,40	0,37	0,36	0,35	0,38	0,38	0,36	0,37
-t	0,54	0,57	0,63	0,69	0,58	0,62	0,65	0,70	0,65	0,64
73-i	0,38	0,36	0,42	0,40	0,39	0,45	0,41	0,45	0,39	0,43
-t	0,69	0,66	0,75	0,68	0,76	0,67	0,74	0,69	0,73	0,71
74-i	0,40	0,46	0,39	0,46	0,39	0,45	0,40	0,41	0,42	0,43
-t	0,79	0,68	0,69	0,72	0,73	0,75	0,73	0,78	0,70	0,70
75-i	0,39	0,48	0,37	0,49	0,39	0,50	0,37	0,36	0,40	0,41
-t	0,72	0,69	0,60	0,76	0,70	0,78	0,78	0,77	0,71	0,76
76-i	0,38	0,45	0,40	0,44	0,40	0,42	0,47	0,45	0,42	0,44
-t	0,70	0,70	0,68	0,70	0,71	0,73	0,73	0,74	0,69	0,75
77-i	0,49	0,48	0,49	0,49	0,48	0,50	0,53	0,52	0,55	0,49
-t	0,72	0,76	0,72	0,70	0,74	0,72	0,73	0,73	0,70	0,74
78-i	0,70	0,73	0,61	0,68	0,69	0,62	0,63	0,66	0,68	0,60
-t	0,72	0,77	0,78	0,76	0,75	0,78	0,79	0,75	0,75	0,77

i = lenho inicial
t = lenho tardio

TABELA 29. Análise de variância para densidade do lenho inicial anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	0,2835	98,05**
Resíduo (a)	18	0,0028	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	0,1947	185,44**
(T) x (A)	09	0,0109	10,41**
Resíduo (b)	162	0,0010	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

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

TABELA 30. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para densidade do lenho inicial anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	0,0051	4,15*
Tratamentos dentro do ano 70	1	0,0296	24,02**
Tratamentos dentro do ano 71	1	0,0296	24,02**
Tratamentos dentro do ano 72	1	0,0562	45,53**
Tratamentos dentro do ano 73	1	0,0520	42,16**
Tratamentos dentro do ano 74	1	0,0423	34,30**
Tratamentos dentro do ano 75	1	0,0224	18,19**
Tratamentos dentro do ano 76	1	0,0007	0,58ns
Tratamentos dentro do ano 77	1	0,0125	10,13**
Tratamentos dentro do ano 78	1	0,1312	106,34**
Resíduo (composto)	179	0,0012	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

ns = não significativo;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

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

TABELA 31. Análise de variância para densidade do lenho tardio anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	1,0295	167,01**
Resíduo (a)	18	0,0061	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	0,3881	285,83**
(T) x (A)	09	0,0245	18,06**
Resíduo (b)	162	0,0014	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

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

TABELA 32. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para densidade do lenho tardio anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	0,0273	14,89**
Tratamentos dentro do ano 70	1	0,0768	41,82**
Tratamentos dentro do ano 71	1	0,0530	28,85**
Tratamentos dentro do ano 72	1	0,2205	119,94**
Tratamentos dentro do ano 73	1	0,3175	172,71**
Tratamentos dentro do ano 74	1	0,3026	164,68**
Tratamentos dentro do ano 75	1	0,1328	72,26**
Tratamentos dentro do ano 76	1	0,0225	12,21**
Tratamentos dentro do ano 77	1	0,0387	21,06**
Tratamentos dentro do ano 78	1	0,0583	31,72**
Resíduo (composto)	179	0,0018	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

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

TABELA 33. Valores individuais das densidades dos anéis de crescimento por disco do tratamento adubado (g/cm^3).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69	0,28	0,24	0,23	0,20	0,27	0,20	0,20	0,30	0,24	0,26
70	0,26	0,26	0,23	0,26	0,26	0,29	0,29	0,24	0,23	0,25
71	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,27	0,31	0,26	0,25	0,26
72	0,26	0,31	0,31	0,24	0,30	0,29	0,34	0,27	0,29	0,31
73	0,31	0,33	0,39	0,32	0,41	0,33	0,37	0,32	0,33	0,36
74	0,32	0,41	0,45	0,36	0,40	0,38	0,43	0,35	0,34	0,36
75	0,37	0,43	0,47	0,36	0,43	0,44	0,49	0,44	0,39	0,37
76	0,49	0,52	0,48	0,43	0,58	0,51	0,59	0,46	0,47	0,48
77	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,52	0,47	0,53	0,53	0,53
78	0,56	0,56	0,57	0,56	0,65	0,66	0,59	0,44	0,58	0,54

TABELA 34. Valores individuais das densidades dos anéis de crescimento por disco do tratamento não-adubado (g/cm^3).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69	0,28	0,30	0,25	0,30	0,30	0,28	0,25	0,30	0,33	0,41
70	0,32	0,36	0,34	0,37	0,35	0,35	0,32	0,35	0,34	0,34
71	0,34	0,36	0,36	0,39	0,36	0,36	0,33	0,35	0,35	0,34
72	0,41	0,42	0,45	0,44	0,40	0,41	0,47	0,43	0,46	0,45
73	0,45	0,49	0,50	0,47	0,56	0,49	0,57	0,55	0,54	0,56
74	0,48	0,56	0,53	0,53	0,48	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55
75	0,50	0,60	0,44	0,58	0,49	0,54	0,62	0,51	0,40	0,61
76	0,40	0,54	0,48	0,48	0,48	0,49	0,59	0,54	0,52	0,55
77	0,55	0,66	0,62	0,55	0,68	0,56	0,69	0,67	0,65	0,64
78	0,71	0,75	0,70	0,71	0,72	0,71	0,69	0,71	0,71	0,67

TABELA 35. Análise de variância para densidade do anel de crescimento anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	0,5367	127,89**
Resíduo (a)	18	0,0042	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	0,3010	232,40**
(T) x (A)	09	0,0123	9,54**
Resíduo (b)	162	0,0013	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

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

TABELA 36. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para densidade do anel de crescimento anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	0,0125	7,88**
Tratamentos dentro do ano 70	1	0,0378	23,87**
Tratamentos dentro do ano 71	1	0,0370	23,33**
Tratamentos dentro do ano 72	1	0,1008	63,60**
Tratamentos dentro do ano 73	1	0,1462	92,23**
Tratamentos dentro do ano 74	1	0,1110	70,02**
Tratamentos dentro do ano 75	1	0,0605	38,16**
Tratamentos dentro do ano 76	1	0,0002	0,12ns
Tratamentos dentro do ano 77	1	0,0480	30,29**
Tratamentos dentro do ano 78	1	0,0938	59,20**
Resíduo (composto)	179	0,016	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

ns = não significativo;

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

TABELA 37. Exemplo de um perfil de densidade para um disco ao nível do DAP, com valores apresentados de milímetro a milímetro - disco adubado e não-adubado.

Disco adubado				Disco não-adubado			
Distância do centro (mm)	Dens. (g/cm ³)	Distância do centro (mm)	Dens. (g/cm ³)	Distância do centro (mm)	Dens. (g/cm ³)	Distância do centro (mm)	Dens. (g/cm ³)
1	0,502	36	0,358	1	0,328	36	0,571
2	0,548	37	0,418	2	0,314	37	0,551
3	0,491	38	0,388	3	0,310	38	0,497
4	0,408	39	0,318	4	0,316	39	0,417
5	0,385	40	0,322	5	0,261	40	0,467
6	0,365	41	0,326	6	0,312	41	0,555
7	0,355	42	0,336	7	0,279	42	0,474
8	0,315	43	0,352	8	0,311	43	0,380
9	0,319	44	0,335	9	0,323	44	0,428
10	0,365	45	0,410	10	0,357	45	0,518
11	0,384	46	0,411	11	0,369	46	0,664
12	0,330	47	0,408	12	0,357	47	0,770
13	0,349	48	0,426	13	0,353	48	0,751
14	0,314	49	0,539	14	0,399	49	0,734
15	0,348	50	0,595	15	0,372	50	0,664
16	0,336	51	0,482	16	0,331	51	0,665
17	0,328	52	0,469	17	0,318	52	0,717
18	0,332	53	0,538	18	0,283	53	0,703
19	0,327	54	0,595	19	0,314	54	0,746
20	0,326	55	0,573	20	0,297	55	0,674
21	0,336	56	0,605	21	0,288	56	0,536
22	0,321	57	0,501	22	0,311	57	0,256
23	0,356	58	0,460	23	0,379		
24	0,382	59	0,532	24	0,435		
25	0,326	60	0,495	25	0,471		
26	0,377	61	0,585	26	0,370		
27	0,282	62	0,741	27	0,357		
28	0,269	63	0,724	28	0,366		
29	0,301	64	0,802	29	0,366		
30	0,324	65	0,635	30	0,491		
31	0,318	66	0,621	31	0,593		
32	0,301	67	0,686	32	0,547		
33	0,289	68	0,777	33	0,485		
34	0,365	69	0,587	34	0,630		
35	0,325	70	0,127	35	0,677		

Densidade (g/cm^3)

.105.

FIGURA 7. Perfil original de densidade - disco não-adubado

Densidade (g/cm^3)

FIGURA 8. Perfil original de densidade - disco adubado

APÊNDICE III—Massas dos lenhos inicial e tardio e do anel de crescimento por disco individual. Análise Estatística.

TABELA 38. Valores individuais das massas de lenho inicial e de lenho tardio por disco do tratamento adubado - DAP (g).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	5,63	6,38	2,90	3,09	5,86	4,41	4,89	4,21	4,30	3,97
-t	0,55	0,20	0,40	0,53	0,60	0,64	0,28	0,51	0,50	0,48
70-i	5,73	5,37	2,82	4,40	5,68	6,81	6,41	3,19	6,01	3,45
-t	0,57	0,98	0,28	0,51	0,77	0,52	1,07	0,22	0,44	0,56
71-i	5,17	5,55	4,44	5,25	6,17	5,86	7,09	4,57	4,78	4,27
-t	0,65	0,81	0,71	0,69	0,98	0,78	0,93	0,59	0,73	0,73
72-i	3,21	4,31	4,56	3,13	3,99	3,92	5,02	3,84	4,16	4,76
-t	0,93	1,33	2,00	1,47	1,04	0,90	1,45	1,95	1,39	2,09
73-i	2,37	2,38	3,95	2,99	3,43	2,64	3,03	3,22	3,27	3,64
-t	1,65	1,11	2,08	1,70	1,96	1,79	0,95	1,19	1,73	2,07
74-i	1,70	1,42	4,35	2,65	2,04	2,08	1,49	3,05	2,37	3,21
-t	1,28	2,08	1,66	1,45	1,74	1,56	2,24	1,09	1,51	1,75
75-i	1,99	1,52	5,26	3,20	2,53	2,80	1,78	4,73	3,26	4,05
-t	1,74	1,64	2,77	1,83	1,87	1,80	1,89	2,87	2,17	2,62
76-i	5,83	1,38	8,66	6,70	6,18	5,89	1,99	7,97	6,80	9,14
-t	3,39	2,15	3,75	3,03	4,88	4,00	2,08	4,07	3,96	3,77
77-i	2,23	1,24	2,04	2,55	2,71	2,64	2,92	2,02	2,32	1,91
-t	2,22	0,88	2,75	2,80	2,96	2,23	0,75	2,79	2,75	3,01
78-i	1,83	1,32	3,01	2,02	1,93	2,10	2,39	2,79	2,39	3,30
-t	3,56	1,43	2,96	3,68	4,43	4,42	0,58	1,90	3,57	2,51

i = lenho inicial
t = lenho tardio

TABELA 39. Valores individuais das massas de lenho inicial e de lenho tardio por disco do tratamento não-adubado - DAP (g).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69-i	3,39	1,73	2,18	3,29	1,30	3,91	1,67	1,12	1,19	1,34
-t	0,40	0,27	0,33	0,41	0,56	0,21	0,15	0,49	0,75	0,29
70-i	1,81	4,09	3,61	1,96	2,24	2,13	4,08	1,92	3,66	3,57
-t	0,55	0,71	0,57	0,60	0,47	0,53	0,62	0,53	0,63	0,93
71-i	2,39	6,69	5,24	2,61	4,78	2,70	6,16	4,21	6,11	5,82
-t	1,02	1,22	1,01	1,14	0,47	0,99	1,26	0,63	1,19	0,86
72-i	3,83	4,19	7,22	3,74	3,67	3,83	4,67	3,93	4,20	4,75
-t	1,63	3,50	2,94	2,02	1,29	1,77	3,90	1,37	3,90	8,23
73-i	2,80	2,64	5,57	2,87	1,62	3,40	3,07	1,73	1,16	2,96
-t	1,60	3,92	3,05	1,53	2,57	1,23	5,17	1,95	4,24	4,33
74-i	3,02	3,28	2,78	3,39	2,07	3,58	2,66	2,22	2,94	3,04
-t	1,79	3,95	4,18	1,77	1,32	2,80	4,33	1,39	3,99	3,99
75-i	2,14	2,56	4,98	2,64	2,43	3,29	2,01	2,39	2,10	2,20
-t	1,93	5,00	2,80	1,99	1,96	0,95	6,32	2,99	5,06	5,42
76-i	4,15	4,55	7,13	4,71	5,37	4,27	4,49	5,02	4,17	4,48
-t	1,39	4,20	4,71	1,56	3,37	2,17	5,86	3,44	4,07	4,35
77-i	3,61	1,83	2,45	3,54	0,61	3,92	1,03	0,82	2,07	2,35
-t	1,98	5,06	4,28	1,86	3,16	2,02	5,23	3,05	4,58	4,92
78-i	3,44	5,29	2,90	3,28	3,02	3,02	2,21	2,83	4,35	4,20
-t	2,05	4,12	3,76	2,13	3,10	3,40	3,64	3,30	3,96	3,98

i = lenho inicial
t = lenho tardio

TABELA 40. Análise de variância para massa de lenho inicial anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	14,3113	7,62*
Resíduo (a)	18	1,8791	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	25,0577	21,69**
(T) x (A)	09	7,4554	6,45**
Resíduo (b)	162	1,1553	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

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

TABELA 41. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para massa de lenho inicial anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	38,0328	30,98**
Tratamentos dentro do ano 70	1	21,6319	17,62**
Tratamentos dentro do ano 71	1	2,0736	1,69ns
Tratamentos dentro do ano 72	1	0,4960	0,40ns
Tratamentos dentro do ano 73	1	0,4804	0,39ns
Tratamentos dentro do ano 74	1	1,0672	0,87ns
Tratamentos dentro do ano 75	1	0,9592	0,78ns
Tratamentos dentro do ano 76	1	7,4419	6,06*
Tratamentos dentro do ano 77	1	0,0061	0,00ns
Tratamentos dentro do ano 78	1	0,9221	7,51**
Resíduo (composto)	179	1,2277	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

ns = não-significativo;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

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

TABELA 42. Análise de variância para massa de lenho tardio anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamento (T)	01	28,5316	5,98*
Resíduo (a)	18	4,7678	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	23,9974	42,37**
(T) x (A)	09	2,2532	3,98**
Resíduo (b)	162		
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

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

TABELA 43. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para massa do lenho tardio anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	0,0007	0,00ns
Tratamentos dentro do ano 70	1	0,0036	0,00ns
Tratamentos dentro do ano 71	1	0,2398	0,24ns
Tratamentos dentro do ano 72	1	12,8000	12,97**
Tratamentos dentro do ano 73	1	8,9244	9,05**
Tratamentos dentro do ano 74	1	8,6461	8,76**
Tratamentos dentro do ano 75	1	8,7382	8,86**
Tratamentos dentro do ano 76	1	0,0002	0,00ns
Tratamentos dentro do ano 77	1	8,4889	8,60**
Tratamentos dentro do ano 78	1	0,9679	0,98ns
Resíduo (composto)	179	0,9865	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

ns = não significativo;

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

TABELA 44. Valores individuais das massas do anel de crescimento anual por disco do tratamento adubado (DAP; espessura = 1 cm) (g).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69	6,18	6,67	3,30	3,62	6,46	5,05	5,17	4,72	4,80	4,45
70	6,30	6,35	3,10	4,91	6,45	7,33	7,48	3,41	6,45	4,01
71	5,82	6,36	5,15	5,94	7,15	6,64	8,02	5,16	5,51	5,00
72	4,14	5,64	6,56	4,60	5,03	4,82	6,47	5,79	5,55	6,85
73	4,02	3,49	6,03	4,69	5,39	4,43	3,98	4,41	5,00	5,71
74	2,98	3,50	6,01	4,10	3,78	3,64	4,03	4,14	3,88	4,96
75	3,73	3,16	8,03	5,03	4,40	4,60	3,67	7,60	5,43	6,67
76	9,22	3,53	12,61	9,73	11,06	9,86	4,07	12,04	10,76	12,91
77	2,45	2,07	4,76	5,35	5,67	4,92	3,67	4,81	5,07	4,92
78	5,39	2,75	5,97	5,70	6,36	6,52	2,97	4,69	5,96	5,81

TABELA 45. Valores individuais das massas do anel de crescimento anual por disco do tratamento não adubado (DAP; espessura = 1 cm) (g).

Ano (Anel)	Disco									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69	3,79	2,00	2,51	3,70	1,86	4,12	1,82	1,61	1,94	2,43
70	2,36	4,80	4,18	2,56	2,71	2,66	4,70	2,50	4,29	4,50
71	3,41	7,91	6,25	3,75	5,25	3,69	7,42	4,84	7,30	6,68
72	5,48	7,69	10,16	5,76	4,96	5,60	8,57	5,30	8,10	12,90
73	4,40	6,56	8,62	4,40	4,19	4,63	8,24	3,68	5,40	7,29
74	4,81	7,23	6,96	5,16	3,39	6,38	6,99	3,61	6,93	7,03
75	4,07	7,56	7,78	4,63	4,39	4,24	8,33	5,38	7,16	7,62
76	5,74	8,75	11,84	6,27	8,74	6,44	10,35	8,46	8,24	8,83
77	5,59	6,89	6,73	5,43	3,77	5,94	6,26	3,87	6,65	7,27
78	5,49	9,41	6,66	5,41	6,12	5,61	8,28	6,13	8,81	8,18

TABELA 46. Análise de variância para massa do anel de crescimento anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos (T)	01	2,8184	0,28ns
Resíduo (a)	18	10,1243	
Parcelas	19		
Anos (A)	09	48,9712	29,71**
(T) x (A)	09	14,9368	9,06**
Resíduo (b)	162	1,6485	
Total	199		

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

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

ns = não significativo.

TABELA 47. Análise de variância para comparação de tratamentos dentro de anos para massa do anel de crescimento anual.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Tratamentos dentro do ano 69	1	38,2814	15,34**
Tratamentos dentro do ano 70	1	21,0739	8,44**
Tratamentos dentro do ano 71	1	0,9033	0,36ns
Tratamentos dentro do ano 72	1	18,1840	7,28**
Tratamentos dentro do ano 73	1	5,2636	2,11ns
Tratamentos dentro do ano 74	1	15,2599	6,11*
Tratamentos dentro do ano 75	1	3,9075	1,57ns
Tratamentos dentro do ano 76	1	7,3932	2,96ns
Tratamentos dentro do ano 77	1	10,8190	4,33*
Tratamentos dentro do ano 78	1	16,1636	6,48*
Resíduo (composto)	179	2,4961	

G.L. = grau de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

F = teste F;

ns = não-significativo;

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

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