

A INFLUÊNCIA DO RITMO DE CRESCIMENTO NA DENSIDADE DA  
MADEIRA DE *Pinus elliottii* ENGELM VAR. *elliottii*

JOSE CARLOS DUARTE PEREIRA

ORIENTADOR: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

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

Piracicaba  
Estado de São Paulo-Brasil  
abril, 1982

.ii.

Aos meus pais e irmã,  
A minha esposa e filhos,  
dedico.

## AGRADECIMENTOS

- Luiz Ernesto George Barrichelo (Departamento de Silvicultura - ESALQ/USP).
- Hilton Thadeu Zarate do Couto (Departamento de Silvicultura - ESALQ/URP);
- Epaminondas Sansigolo de Barros Ferraz (Departamento de Física e Meteorologia - ESALQ/USP);
- José Nivaldo Garcia (Departamento de Silvicultura - ESALQ/USP);
- Luciano Lisboa Junior (URPFCS - EMBRAPA);
- Jefferson Mortatti (CENA/USP);
- Mário Tomazello Filho (Departamento de Silvicultura - ESALQ/USP);
- Marialice Metzker Poggiani (IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais);
- Auxiliares de Laboratório do Departamento de Silvicultura - ESALQ/USP);
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
- CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura;
- Instituto Florestal de São Paulo;
- FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos;
- Agro-Territorial da Cidreira Ltda.

## ÍNDICE

	<u>página</u>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. A densidade da madeira .....	3
2.2. Aspectos fisiológicos ligados à densidade da madeira .....	5
2.3. Estrutura do povoamento .....	9
2.4. A qualidade da madeira e o ritmo de crescimen- to .....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1. Material .....	17
3.1.1. Ensaio I .....	17
3.1.2. Ensaio II .....	19
3.2. Métodos .....	20
3.2.1. Métodos analíticos .....	21
3.2.1.1. Determinação da densidade bási- ca .....	21
3.2.1.2. Levantamento do perfil radial de densidade .....	21
3.2.1.3. Determinação da densidade mé- dia dos anéis de crescimento .	22
3.2.1.4. Determinação da espessura e da tação dos anéis de crescimento	25

3.2.2. Métodos estatísticos .....	25
3.2.2.1. Ensaio I .....	27
3.2.2.2. Ensaio II .....	28
4. RESULTADOS .....	30
4.1. Ensaio I .....	30
4.2. Ensaio II .....	33
4.2.1. Densidade básica .....	33
4.2.2. Espessura dos anéis de crescimento ....	36
4.2.3. Densidade dos anéis de crescimento ....	43
5. DISCUSSÃO .....	60
5.1. Ensaio I .....	60
5.2. Ensaio II .....	62
5.2.1. Densidade básica .....	62
5.2.2. Espessura e datação dos anéis de cresci <u>me</u> <u>nto</u> .....	63
5.2.3. Identificação de padrões de comportamen <u>to</u> a partir dos perfis radiais de densi <u>da</u> <u>de</u> .....	65
5.2.4. Densidade dos anéis de crescimento ....	72
6. CONCLUSÕES .....	82
7. LITERATURA CITADA .....	86

RESUMO

A INFLUÊNCIA DO RITMO DE CRESCIMENTO NA DENSIDADE DA  
MADEIRA DE *Pinus elliottii* ENGELM VAR. *elliottii*

Autor: JOSÉ CARLOS DUARTE PEREIRA

Orientador: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de investigar-se as variações na densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* como decorrência da diferenciação do ritmo de crescimento entre os indivíduos de uma mesma população, gerando subsídios para o aprimoramento da metodologia científica e das práticas silviculturais voltadas ao melhoramento da qualidade da madeira.

Compreende dois ensaios. No primeiro deles estudaram-se as correlações entre a densidade básica da madeira a 1,30m do solo e as variáveis altura e DAP de indivíduos abatidos em um talhão de 15 anos localizado em Mogi-Guaçu - SP.

O segundo ensaio foi desenvolvido a partir de material coletado, também à altura do peito, de indivíduos de um talhão de 11 anos localizado em Cidreira - RS. Em adição aos procedimentos anteriores, mediram-se as espessuras dos anéis de crescimento e efetuaram-se os levantamentos dos perfís radiais de densidade através da técnica de atenuação de

raios gama de baixa energia. A partir desses perfis, determinaram-se as densidades médias relativas a cada anel de crescimento.

A análise dos dados relativos ao primeiro ensaio revelou uma alta correlação entre a densidade básica e o ritmo de crescimento, com regressões parciais negativa com o diâmetro e positiva com a altura.

Com relação ao segundo ensaio, através de regressões lineares simples entre a densidade e a espessura dos anéis de crescimento formados a uma mesma idade, pôde-se constatar que a influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira é função e tende a se acentuar com a idade de formação dos anéis.

Embora as correlações entre densidade e espessura dos anéis de crescimento tenham-se revelado significativas para todos aqueles formados a partir do 5º ano, e densidade básica dos discos do segundo ensaio não se correlacionou com as variáveis altura e DAP. Tal fato pode ser explicado pela presença da madeira formada nos primeiros anos de vida da planta, em que o efeito do ritmo de crescimento foi inexpressivo, e pela diluição posterior desse efeito, uma vez que as árvores que produzem os anéis mais espessos em determinado ano nem sempre o fazem nos anos seguintes.

Ainda no segundo ensaio, como resposta ao des

baste, a maioria das árvores da classe de altura inferior mostraram um aumento na densidade máxima do lenho tardio. Embora a maioria das árvores das classes de altura intermediária e superior não evidenciassem um padrão de comportamento diferenciado, algumas — especialmente da classe superior — apresentaram uma redução na densidade máxima do lenho tardio.



SUMMARY

THE EFFECT OF GROWTH RATE ON WOOD DENSITY OF  
*Pinus elliottii* ENGELM VAR. *elliottii*

Author: JOSÉ CARLOS DUARTE PEREIRA

Adviser: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

This paper consists of two experiments. In the first one, 24 trees were cut from a fifteen-year old stand located in Mogi-Guaçu-SP. From each tree a disc was collected at breast height for basic density determinations.

In the second experiment, 49 eleven-year old trees were cut from a stand located in Cidreira-RS. From each of them, two discs were collected at breast height. A series of 49 discs was used for basic density determinations. In the average ray position of discs from the other series, growth ring widths were measured and wood density was determined all over their extension by gamma-ray attenuation procedure. Wood density of each ring was then calculated.

In both experiments, correlation between basic density of discs and height, and DBH were investigated.

In the second one, trees were grouped into three height classes. Average values for ring width were compared between the classes by Duncan test. The same was

done for growth ring density values. In addition, growth ring densities and widths were analyzed by linear regression procedure. All the analysis were restricted to rings formed at the same age. This was done for every year after the third one. The first rings were not considered because many trees had not reached the breast height at one or two years of age.

In the first experiment, basic density was closely related to growth rate ( $R^2 = 0.5706$ ) with negative partial regression on diameter and positive partial regression on height.

In the second experiment, ring width decreased and density increased from pith to bark. Summerwood density increased more than that of springwood.

As a response to thinning, most trees of lower height class showed an increase in maximum density of summerwood. Although most medium and upper class trees did not show any response to thinning, some of them - especially in the upper height class - showed a decrease in maximum density of summerwood.

Average ring width by height class differed statistically after the sixth year, and average growth ring density after the eighth.

Nevertheless, negative correlation between growth ring width and density became progressively stronger

as age increased. Determination coefficients ( $R^2$ ) and interception (parameter a) increased and angular coefficients (parameter b) decreased as age increased. These variations were analyzed by linear regression procedure, the independent variable was the age of growth ring formation. Determination coefficients obtained in these analysis were: 0.93 and 0.99 for parameters a and b, and 0.98 for  $R^2$ .

Although rings density and width correlations were significant for all rings formed after the fifth year, equivalent to 80% of discs volume, basic density of discs and height and DBH correlations were not significant.

This fact was explained by the presence of the wood in the first growth rings in which growth rate did not affect it considerably, and by the dilution of this effect through the following rings; since the trees which form the largest rings in a year may not do this in the following years.

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da estrutura dos povoamentos, compreendendo os aspectos relativos a crescimento e a qualidade da madeira, é imprescindível para os técnicos ligados às atividades florestais - científicas ou não - cujos horizontes devem abranger a maximização da produtividade e da qualidade do produto final.

A diferenciação do ritmo de crescimento entre os indivíduos de uma mesma população condiciona uma diversificação a nível de microambiente ao estabelecer no povoamento uma estrutura social definida.

A hipótese na qual se fundamentou o presente trabalho constitui-se na heterogeneidade com que os fatores de crescimento são oferecidos aos indivíduos pertencentes a estratos sociais distintos, assumindo-se a qualidade da madeira como consequência do seu processo de formação.

As investigações de possíveis diferenças na qualidade da madeira como decorrência do ritmo de crescimento, têm-se sucedido através dos anos. Contudo, os resultados disponíveis na literatura são bastante conflitantes para que possam permitir e justificar a elaboração de métodos e técnicas florestais específicos.

As razões para tal diversidade de respostas encontradas parecem assentar-se especialmente nos critérios de amostragem e nos métodos empregados pelos pesquisadores que nem sempre enfocaram o problema com prioridade, mas como informação adicional. Concomitantemente, a caracterização do material, compreendendo a espécie estudada, o ambiente em que se desenvolve e o estágio de desenvolvimento, também tem sido apontada dentre essas razões.

Envolvendo, portanto, um tema controvertido, abordado através de métodos próprios, este trabalho tem por objetivo a obtenção de subsídios que possibilitem o aprimoramento da metodologia científica e das práticas silviculturais voltadas ao melhoramento da qualidade da madeira.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A densidade da madeira

Dentre os parâmetros empregados na avaliação da qualidade da madeira, a densidade tem merecido atenção especial por parte dos pesquisadores, como decorrência de sua íntima relação com algumas importantes características tecnológicas e econômicas. Citam-se, como exemplos, a retratibilidade e o inchamento (YAO, 1972; NYLINDER, 1973; JANKOWSKY, 1979), a resistência mecânica das peças (TOMASELLI, s.d.; MITCHELL, 1956; PANSHIN e ZEEUW, 1970; HARRIS *et alii*, 1976), a produção e a qualidade da polpa (BARRICHELO e BRITO, s.d.; VAN BUIJTENEN, 1963; VAN BUIJTENEN, 1969; FOELKEL e BARRICHELO, 1975; BARRICHELO e BRITO, 1978; BARRICHELO, 1980; FOELKEL *et alii*, 1980), a produção e a qualidade do carvão vegetal (MOREIRA, 1964; JUVILLAR, 1979; BRITO e BARRICHELO, 1979; BRITO e BARRICHELO, 1980), bem como os custos operacionais li

gados ao transporte e armazenamento da madeira (VAN DER SLOOTEN, 1977; BARRICHELO e BRITO, 1979).

Embora a densidade constitua-se numa medida que reflete a somatória de inúmeras variáveis através dos anéis de crescimento (KOCH, 1972), vários estudos têm demonstrado sua relação direta com o teor de lenho tardio (ZOBEL e RHODES, 1955; RISI e ZELLER, 1960; SCHNIEWIND, 1961; SCARAMUZZI, 1965; NYLINDER, 1973; TATARANU, 1973; GUTH, 1973/74). Valores da ordem de 0,87, 0,94 (BARRICHELO e BRITO, s.d.), 0,60 (LARSON, 1957), 0,50 (KLEM, 1968), 0,36 (GILMORE, 1970) e 0,78 (BARRICHELO, 1979), são relatados para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dessa relação, demonstrando a alta dependência entre ambos os caracteres.

KOLLMANN e COTÊ JUNIOR (1968) afirmam que, como regra geral, a grande variabilidade na densidade das coníferas depende mais da variabilidade da porcentagem de lenho tardio do que da variabilidade nas densidades individuais dos lenhos inicial e tardio.

Tal variabilidade ocorre entre indivíduos e dentro de um mesmo indivíduo, nos sentidos longitudinal e radial. As variações que ocorrem dentro das árvores, segundo VAN BUIJTENEN (1969) e BARRICHELO (1979), são geralmente as mais significativas.

Das informações disponíveis na literatura con-

clui-se que, para as espécies do gênero *Pinus*, o modelo de variação mais comum - quer para a densidade, quer para o teor de lenho tardio - é decrescente com a altura (WAHLGREN e FASSNACHT, 1959; JOHNSTONE, 1970; PEARSON e GILMORE, 1971; HEGER, 1974) e crescente com a idade, no sentido da medula para a casca (SELLERS, 1962; EDLIN, 1965; FERREIRA e FERREIRA, 1969; LARSON, 1969; UPRICHARD, 1970; HIGA *et alii*, 1973; FOELKEL et alii, 1975a; FOELKEL *et alii*, 1975b; LEMA *et alii*, 1978; KALINKOV e GEORGIEV, 1979).

## 2.2. Aspectos fisiológicos ligados à densidade da madeira

A densidade da madeira pode ser explicada em termos fisiológicos através da teorização descrita por LARSON (1973), assumindo-se a existência de uma alta correlação entre este parâmetro e o teor de lenho tardio.

Segundo o autor, as células típicas de lenho inicial são consequência de um estímulo hormonal produzido na copa durante o período de atividade dos meristemas apicais e de alongação das acículas.

Este hormônio, presumivelmente do grupo das auxinas, confere plasticidade à parede celular que se expande rapidamente pela pressão de turgescência. Os traqueóides então formados apresentam diâmetros grandes. As paredes, contudo, permanecem finas uma vez que a competição por alimentos



entre os diferentes meristemas da árvore é intensa, especialmente enquanto os ramos novos encontram-se alongando.

Quando cessa o crescimento apical e a alongação das acículas decresce, ocorre uma redução na síntese de auxinas e na demanda de substâncias fotossintéticas. Reduz-se, então, o diâmetro dos traqueóides uma vez que a auxina não é suficiente para plasticizar a parede celular e, com uma disponibilidade maior de assimilados, ocorre um espessamento da mesma. O traqueóide adquire, assim, características de le ño tardio.

À luz dessa teoria, as variações que ocorrem na densidade da madeira refletem aquelas que se verificam na estrutura dos traqueóides. Os processos que regulam tal estrutura têm origem no desenvolvimento e maturação das acículas e são independentes, podendo alcançar picos de eficiência em tempos distintos. A produção de auxina, que controla o diâmetro do traqueóide, ocorre durante o período de rápida alongação das acículas e as elevadas produções fotossintéticas, que contribuem para o espessamento da parede, ocorrem após aquela fase.

Ambos os processos encontram-se sob rígido con trole dos fatores do meio, dentre os quais destacam-se luz, água e nutrientes.

A luz interfere diretamente na intensidade fo-

tossintética (MEYER e ANDERSON, 1952; MATTHEWS, 1963; ASSMANN, 1970; KRAMER e KOZLOWSKI, 1972; KRAMER e KOZLOWSKI, 1979); na produção de auxinas (LARSON, 1969) e provoca importantes alterações morfológicas e anatômicas nos indivíduos. Ao sombreamento atribuem-se reduções no crescimento radicular, na relação raiz/caule, no peso de matéria seca, no crescimento em altura (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972), no crescimento diamétrico (KOZLOWSKI, 1971), no tamanho da copa (LARSON, 1969), bem como na quantidade, nas dimensões, na estrutura e na intensidade fotossintética das acículas (ASSMANN, 1970; KOZLOWSKI, 1971).

A influência do fator água na atividade dos meristemas apicais e na produção de auxinas foi demonstrada através de experimentos descritos por LARSON (1969), que relata uma redução no diâmetro dos traqueóides como consequência da deficiência de água no solo. Segundo KRAMER e KOZLOWSKI (1979), nessas condições, o crescimento cambial é afetado de duas formas. A influência indireta consiste na redução da atividade cambial decorrente da inibição da síntese e translocação de hormônios reguladores de crescimento produzidos na copa. A influência direta refere-se à pressão de turgescência necessária para a expansão celular.

Além de participar diretamente das suas reações, a água afeta ainda a fotossíntese de maneira indireta. Desta forma, a deficiência hídrica do solo induz a uma defi-

ciência de água nas folhas. Como consequência há uma redução da superfície fotossintética decorrente do declínio da expansão foliar e da senescência prematura. Esses eventos se refletem na taxa fotossintética com o consequente decréscimo na produção de matéria seca (KRAMER e KOZLOWSKI, 1979).

Com relação aos nutrientes, ELLIOTT (1970); BALLONI (1978) e JACOB e BALLONI (1978), afirmam que o efeito mais comum da fertilização consiste na redução da densidade básica. ELLIOTT (1970) cita alguns ensaios em que a densidade aumentou como decorrência de um espessamento da parede celular e outros em que houve uma redução, quando a fertilização reduziu a espessura da parede do traqueóide.

O efeito da fertilização nas propriedades da madeira difere de indivíduo para indivíduo (Zobel *et alii*, 1961, citados por NICHOLLS, 1971). A aceleração do ritmo de crescimento, decorrente da aplicação de nutrientes, associa-se uma redução do peso específico em algumas árvores e um aumento do mesmo em outras (Posey, 1964, citado por FIELDING, 1967).

Resler *et alii* (1975), citados por BRAZIER (1976), sugerem que as respostas podem diferir entre as árvores dominantes e codominantes.

O peso específico pode ser aumentado através da fertilização quando a nutrição torna-se limitante (Harris,

1965, citado por FIELDING, 1967). Para árvores com ritmo de crescimento extremamente baixo, a fertilização provoca um aumento no peso específico enquanto que, naquelas de crescimento médio ou rápido, pode-se constatar uma redução ou nenhuma resposta ao tratamento (KLEM, 1968).

LARSON (1969) afirma que o efeito principal da fertilização relaciona-se ao desenvolvimento da copa e das raízes e que o efeito na formação da madeira é secundário. Ressalta, ainda, como consequência de tal prática, um aumento da superfície foliar e possivelmente um acréscimo na eficiência fotossintética das folhas.

Evidentemente o panorama fisiológico associado ao crescimento e à qualidade da madeira reveste-se de uma complexidade que transcende os objetivos deste trabalho. Consideraram-se superficialmente apenas alguns dos fatores ambientais que se refletem na qualidade da madeira e que se encontram à disposição das plantas de uma forma diferenciada conforme o estrato social a que essas plantas pertencem.

### 2.3. Estrutura do povoamento

Após a implantação de um povoamento, os indivíduos passam por uma fase de crescimento livre com plena disponibilidade dos fatores do sítio. Já nessa fase verifica-se uma diferenciação no ritmo de crescimento das plantas que se

reflete em suas características dendrométricas. A medida que o povoamento se desenvolve, as copas se fecham, inicia-se a competição e os fatores do meio tornam-se progressivamente mais escassos.

A luz se faz disponível mediante um gradiente de intensidade decrescente, em que os indivíduos dos estratos superiores recebem plena luz em grande parte da copa enquanto os indivíduos dos estratos inferiores recebem apenas uma pequena fração. Assim, embora algumas espécies do gênero *Pinus* necessitem de um mínimo de 20% para desenvolverem-se satisfatoriamente (Shirley, 1945, citado por KRAMER e KOZLOWSKI, 1972), a intensidade de luz sob o copado das coníferas situa-se por volta de 5% da plena luz do dia (Shirley, 1929; Buell *et alii*, 1945; Oosting *et alii*, 1946, citados por KRAMER e KOZLOWSKI, 1972).

Concomitantemente, os indivíduos dos estratos inferiores, que recebem luz difusa de baixa intensidade, sofrem uma redução no crescimento radicular que lhes diminui a oportunidade de absorção de nutrientes e, especialmente, água.

Desta forma, cada planta passa a dispor de um microambiente específico para se desenvolver e produzir madeira. Ainda que ocorram diferenças, em termos de microambiente, entre os indivíduos de um mesmo estrato, as diferenças mais acentuadas verificam-se entre as classes de copa.

Considerando a madeira como produto do processo de crescimento e assumindo-se que qualquer fator que afete o crescimento normalmente afeta a madeira produzida (ZOBEL, 1978), espera-se que a diferenciação do ritmo de crescimento venha a refletir-se na qualidade da madeira mediante padrões passíveis de mensuração.

#### 2.4. A qualidade da madeira e o ritmo de crescimento

Durante muitos anos os pesquisadores vêm estudando o ritmo de crescimento, o peso específico e a porcentagem de lenho tardio com o propósito de relacionar os fatores de crescimento e as propriedades da madeira. Muitos resultados têm sido publicados mas há poucas conclusões bem definidas que permitam estabelecer procedimentos para o manejo da floresta (DADSWELL, 1957).

Segundo LARSON (1963), num povoamento fechado, a porcentagem de lenho tardio varia conforme a classe e o desenvolvimento da copa. Uma árvore dominante, com copa vigorosa, deverá produzir faixas relativamente largas de lenho inicial no fuste. Por outro lado, as árvores dominantes com copa vigorosa e uma porção do fuste, isenta de galhos, relativamente longa, produzem também largas faixas de lenho tardio. Um decréscimo na classe social geralmente é acompanhada por alterações na qualidade da madeira em conformidade com as al-

terações no desenvolvimento da copa e forma do fuste. Com exceção da supressão extrema, as árvores dos estratos inferiores normalmente possuem uma porcentagem de lenho tardio mais elevada e, conseqüentemente, uma madeira mais densa do que aquelas dos estratos superiores do mesmo povoamento.

De acordo com PANSHIN e ZEEUW (1970), a maioria dos estudos indicam que o peso específico das árvores que ocupam os estratos superiores do povoamento tende a ser levemente inferior ao peso específico daquelas que ocupam os estratos inferiores, embora esta generalização não seja aceita totalmente uma vez que outros estudos não mostraram diferença alguma ou ainda revelaram uma tendência inversa.

Trabalhando com *P. banksiana*, SPURR e HSIUNG (1954) não encontraram correlação entre peso específico e (a) espessura do anel de crescimento; (b) diâmetro à altura do peito e (c) classe de copa.

HARRIS (1963) relata uma tendência decrescente na densidade da madeira de *P. radiata* com o aumento do ritmo de crescimento diamétrico. Contudo, a variabilidade da regressão obtida foi tal, que a torna pouco útil na seleção de indivíduos com base no ritmo de crescimento. A variação da densidade da madeira se deve, segundo o autor, mais às variações que ocorrem na espessura da parede celular através dos anéis de crescimento do que às quantidades relativas ou densidades dos lenhos inicial e tardio.

FIELDING (1967) relata que embora o ritmo de crescimento afete apreciavelmente o peso específico, mediante uma correlação negativa, em alguns casos os efeitos não são relevantes, especialmente quando em comparação com as variações que ocorrem dentro da árvore.

Segundo KLEM (1968), a existência de uma correlação negativa entre o ritmo de crescimento e a percentagem de lenho tardio explica a redução de peso específico da madeira formada sob condições de rápido crescimento.

Revisando o assunto, RECK (1969) cita Coggans (1961), o qual conclui que o ritmo de crescimento tem um efeito quase insignificante no peso específico. Neste trabalho, RECK ressalta o papel predominante dos fatores do meio no ritmo de crescimento enquanto as variações da densidade da madeira seriam controladas por fatores genéticos.

VAN BUIJTENEN (1969) afirma que, para algumas espécies do gênero *Pinus*, o ritmo de crescimento e o peso específico encontram-se forte e negativamente correlacionados.

Trabalhando com *Pinus ponderosa*, VOORHIES (1969) concluiu que o ritmo de crescimento, expresso em número de anéis por polegada, apresenta uma correlação muito fraca com o peso específico. Resultados semelhantes foram relatados por COWN (1971) para *Pinus nigra* e por HENDERSON e PETTY (1972) para *Pinus contorta*. Este último, trabalhando com



duas procedências obteve coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de 0,054 e 0,17 para a relação entre densidade e vigor das árvores, expresso pela espessura média do anel de crescimento.

BURDON e HARRIS (1973) encontraram, para *Pinus radiata* de 12 anos, uma alta correlação entre ritmo de crescimento e densidade da madeira, com regressões parciais negativa com o diâmetro e positiva com a altura. Segundo os autores, essa tendência é mais acentuada quando se considera a madeira mais externa, constituinte dos últimos anéis de crescimento.

Para *Pinus taeda*, MATZIRIS e ZOBEL (1973) relatam correlações fenotípicas significativas ao nível de 0,01 de probabilidade entre o peso específico e (a) volume ( $r = 0,242$ ), (b) altura ( $r = 0,271$ ) e (c) diâmetro ( $r = 0,231$ ). Todavia, segundo os autores, em termos práticos, a relação pode ser considerada inexistente à vista dos baixos valores de  $r$ .

TATARANU (1973), trabalhando com *Pinus nigra*, encontrou uma correlação positiva entre a densidade da madeira e a espessura do anel de crescimento.

THOR e BATES (1973) constataram, para *Pinus strobus*, uma correlação fraca entre peso específico e ritmo de crescimento radial ou longitudinal.

Larson (1972), citado por BRAZIER (1976), compara o crescimento juvenil em árvores com vigor acima e abai-

xo da média. A porcentagem de lenho tardio para indivíduos de crescimento lento é maior do que para aqueles de crescimento vigoroso. Quando o crescimento é lento, segundo o autor, não apenas a largura do anel é reduzida, mas também a espessura da zona de transição. Com o aumento da competição, a porcentagem de lenho inicial decresce e a taxa pela qual a porcentagem de lenho tardio aumenta é maior para as árvores de crescimento lento.

VAN DER SIJDE (1976), trabalhando com indivíduos de 11 anos das espécies *Pinus elliotti* e *Pinus taeda*, não encontrou correlação entre a densidade da madeira e o ritmo de crescimento diamétrico. Igualmente, para *Pinus patula*, LEMA *et alii* (1978) não encontraram qualquer correlação entre a densidade básica e o DAP.

VAN BUIJTENEN (1963) conclui que, em trabalhos de melhoramento, não se pode selecionar independentemente para altura, diâmetro e peso específico em decorrência da correlação negativa existente entre ritmo de crescimento e peso específico. A essa conclusão também chegaram STONECYPHER *et alii* (1964), que encontraram uma correlação genética negativa entre o diâmetro e o peso específico da madeira de *P. taeda* com 2 e 3 anos de idade. Acrescentam que, se a seleção for baseada somente no peso específico, deve-se esperar uma leve redução no incremento diamétrico.

HARRIS *et alii* (1976) ponderam que a existên-

cia das correlações fenotípicas e genéticas entre ritmo de crescimento e densidade da madeira torna difícil, mas não impossível, otimizar a produção volumétrica e a densidade simultaneamente. STONECYPHER *et alii* (1964) recomendam o uso de índices de seleção quando o propósito do programa de melhoramento for a obtenção de ganhos simultâneos em peso específico e em diâmetro.

ELLIOTT (1970) relata uma série de trabalhos em que se encontrou uma correlação negativa entre o ritmo de crescimento e a densidade da madeira e outros em que tal correlação revelou-se inexpressiva. Cita que tais divergências têm sido atribuídas a: (a) padrões de amostragem; (b) idade das árvores amostradas em associação com o grau de competição entre árvores; (c) disponibilidade de água, também associada ao grau de competição e (d) influência das características da copa na época da amostragem. Das informações disponíveis, o autor conclui que os valores médios de densidade básica, em plantios de coníferas sob manejo regular, tendem a aumentar dos estratos superiores para os inferiores. Ressalta, ainda, que as correlações negativas entre ritmo de crescimento e densidade da madeira, embora frequentemente significativas do ponto de vista estatístico, raramente mostram um coeficiente de determinação superior a 20 por cento.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

O presente trabalho compreende dois ensaios, ambos desenvolvidos a partir de material coletado em talhões de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*.

##### 3.1.1. Ensaio I

O talhão empregado neste ensaio situa-se na Estação Experimental de Mogi-Guaçu, de propriedade do Instituto Florestal de São Paulo.

Segundo VEIGA (1975), as coordenadas geográficas são 22°18' de latitude Sul e 47°13' de longitude Oeste. A altitude é de 600 m e a topografia, suavemente ondulada. A temperatura média anual é de 20,3°C e a precipitação anual,

de 1163 mm. O clima, segundo Köppen, é do tipo Cwa e o solo caracteriza-se como latossol vermelho amarelo (LVA).

O plantio foi executado sob um espaçamento de 2,80 por 1,45 m. Aos 11 anos o talhão foi desbastado sistematicamente, removendo-se 50% dos indivíduos. O espaçamento alterou-se, após o desbaste, para 2,80 por 2,90 m.

Aos 15 anos demarcou-se, nesse talhão, uma parcela retangular de 16,80 por 30,45 m, contendo 58 indivíduos e 5 falhas. Os critérios adotados para a seleção do talhão e demarcação da parcela foram especialmente a homogeneidade e a minimização da ocorrência de falhas.

Uma vez demarcada a parcela, mediram-se a altura e o DAP de todos os indivíduos que a compunham.

De posse desses elementos, definiram-se 3 classes de altura e, para cada classe de altura, 4 classes diamétricas, num total de 12 tratamentos.

Evitando-se aquelas bifurcadas, tomaram-se aleatoriamente 2 árvores por tratamento, totalizando 24 indivíduos. Depois de abatidas, mediram-se as alturas totais, os DAP e coletaram-se discos de cerca de 5 cm de espessura, à altura do peito (1,30 m do solo) para as determinações de densidade básica.

### 3.1.2. Ensaio II

Este ensaio foi desenvolvido a partir de material coletado em um talhão com 11 anos, localizado no município de Tramandaí, Estado do Rio Grande do Sul, de propriedade da Agro-Territorial da Cidreira Ltda.

As coordenadas geográficas são  $29^{\circ}56'22''$  de latitude Sul e  $50^{\circ}30'12''$  de longitude Oeste. A altitude é de 3 m e a topografia, plana.

Os valores relativos a temperatura média e precipitação anuais são  $19,6^{\circ}\text{C}$  e 1246,5 mm, respectivamente. O clima, segundo Köppen, é do tipo Cfa.

O solo, pobre e excessivamente drenado, foi classificado como Areias Quartzosas Distróficas pelo Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O plantio foi executado obedecendo a um espaçamento inicial de 2,00 por 2,00 m. Oito anos após, desbastaram-se sistematicamente 50% dos indivíduos, removendo-se linhas alternadas no sentido diagonal. O espaçamento remanescente alterou-se para 2,80 por 2,80 m.

No talhão assim caracterizado, demarcou-se uma parcela retangular de 33,60 por 42,00 m, compreendendo 166 indivíduos e 14 falhas. Os critérios adotados para a eleição

do talhão e demarcação da parcela foram os mesmos observados no ensaio I, como também o foram aqueles empregados para a de finição dos 12 tratamentos e para a seleção das árvores a serem abatidas.

Abateram-se, então, 4 indivíduos por tratamento e uma árvore que, por apresentar o DAP bastante superior aos das demais, foi considerada excepcional. Para cada uma dessas 49 árvores, tomaram-se os valores relativos a altura total, DAP e coletaram-se, à altura do peito, 2 discos com aproximadamente 5 cm de espessura.

### 3.2. Métodos

Os discos coletados no ensaio I foram utilizados para determinações de densidade básica.

No ensaio II, uma das séries de 49 discos também foi utilizada em determinações de densidade básica. A outra série deste ensaio foi destinada ao levantamento do per fil radial de densidade através da técnica de atenuação de raios gama de baixa energia.

### 3.2.1. Métodos analíticos

#### 3.2.1.1. Determinação da densidade básica

De cada disco, retiraram-se 2 cunhas opostas com ângulo interno de  $30^{\circ}$ , evitando-se, tanto quanto possível, a presença de defeitos na madeira.

Após a eliminação da casca, as cunhas foram lixadas com o propósito de tornar as faces transversais perfeitamente planas e paralelas.

Posteriormente, os valores relativos a densidade básica foram determinados através do método da balança hidrostática (Norma ABCP M 14/70).

As densidades básicas dos discos foram representadas pelas médias aritméticas dos valores correspondentes às respectivas cunhas.

#### 3.2.1.2. Levantamento do perfil radial de densidade

Eliminadas as cascas, os discos foram manipulados em torno mecânico e lixados para que as faces transversais se tornassem planas e paralelas. Nesse processamento reduziram-se as espessuras dos mesmos para 2,50 cm.



Posteriormente, o material foi acondicionado em sala climatizada, em cujo ambiente a umidade de equilíbrio da madeira é de 10%, até que atingisse peso constante.

Mediram-se, então, o comprimento da circunferência de cada disco e, a partir desses valores, calcularam-se os respectivos raios médios.

Na posição do raio médio, foram feitos os levantamentos dos perfis radiais de densidade segundo a técnica de atenuação de raios gama de baixa energia, descrita por FERRAZ (1976) com modificações propostas por FERRAZ (1981).

Os perfis, assim conseguidos, foram examinados visualmente para a identificação de padrões distintos de comportamento.

### 3.2.1.3. Determinação da densidade média dos anéis de crescimento

Em papel de gramatura e espessura uniformes, obtiveram-se cópias xerográficas dos perfis radiais de densidade nas quais delimitaram-se os anéis de crescimento. Assumiu-se, como anel de crescimento, o intervalo compreendido entre o início de 2 lenhos iniciais consecutivos, conforme ilustra a Figura 1.

Segundo a técnica utilizada, em cada ponto do

S = área achuriada, em  $\text{mm}^2$ .

B = base correspondente à área achuriada, em mm.

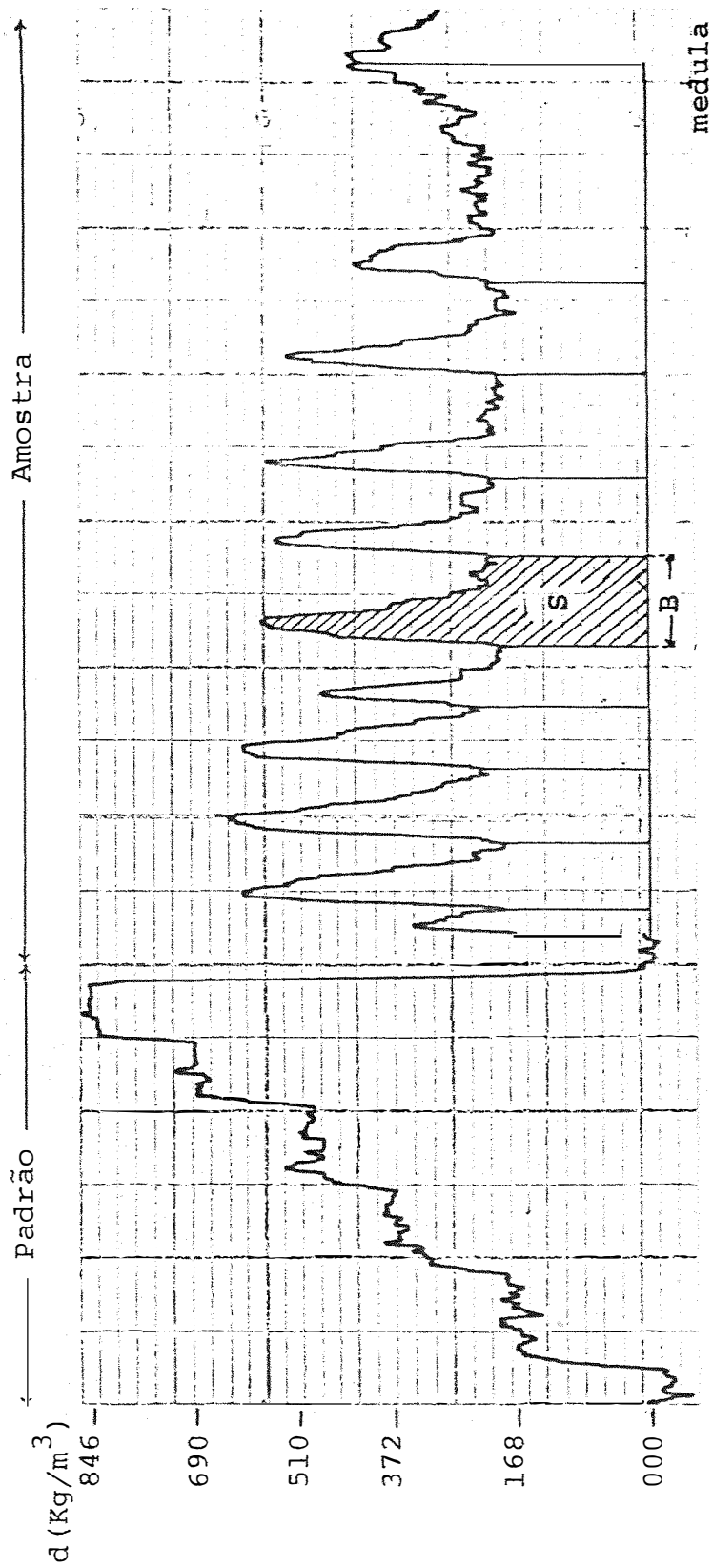


Figura 1. Delimitação dos anéis de crescimento em um perfil radial de densidade (árvore 2)

perfil, a densidade  $\bar{e}$  é proporcional à respectiva altura, tomada com relação a uma linha de base, mediante uma equação pré-determinada. Conseqüentemente, a densidade média do anel pode ser conhecida a partir da altura média dos pontos existentes no respectivo intervalo do perfil radial de densidade. Essa altura foi obtida conforme se descreve e ilustra a seguir.

Após a medição da base, isolou-se, à tesoura, a região correspondente à área achuriada da Figura 1. O peso da fração de papel isolada foi, então, determinado em balança analítica.

Conhecendo-se a relação entre uma determinada área e o seu respectivo peso, determinados antecipadamente para o papel empregado na obtenção das cópias xerográficas, calcularam-se:

$$S = P_F \cdot A/P$$

e

$$\bar{h} = S/B$$

onde,

$S$  = área achuriada, em  $\text{mm}^2$ ;

$P_F$  = peso relativo à área  $S$  com precisão de  $10^{-4}$ g;

$A$  = área conhecida antecipadamente, em  $\text{mm}^2$ ;

$P$  = peso correspondente à área  $A$ , com precisão de  $10^{-4}$ g;

$B$  = base correspondente à área  $S$ , em mm;

$\bar{h}$  = altura média correspondente à área S, em mm.

Esse procedimento foi adotado para todos os anéis de crescimento de um total de 39 árvores. Por não se conseguir uma delimitação segura em alguns de seus anéis, os perfis radiais de densidade das 10 árvores restantes não foram utilizados.

#### 3.2.1.4. Determinação da espessura e datação dos anéis de crescimento

Nos 39 discos, cujos perfis de densidade foram trabalhados conforme descreve o item anterior, mediram-se, na posição do raio médio, as espessuras de todos os anéis de crescimento.

O desbaste realizado aos 8 anos favoreceu a identificação cronológica dos anéis e a datação dos mesmos, conforme ilustra a Figura 2.

#### 3.2.2. Métodos estatísticos

A definição das classes de altura e de diâmetro descritas no item 3.1.1., tiveram o propósito de permitir a eleição de árvores que representassem toda a variabilidade

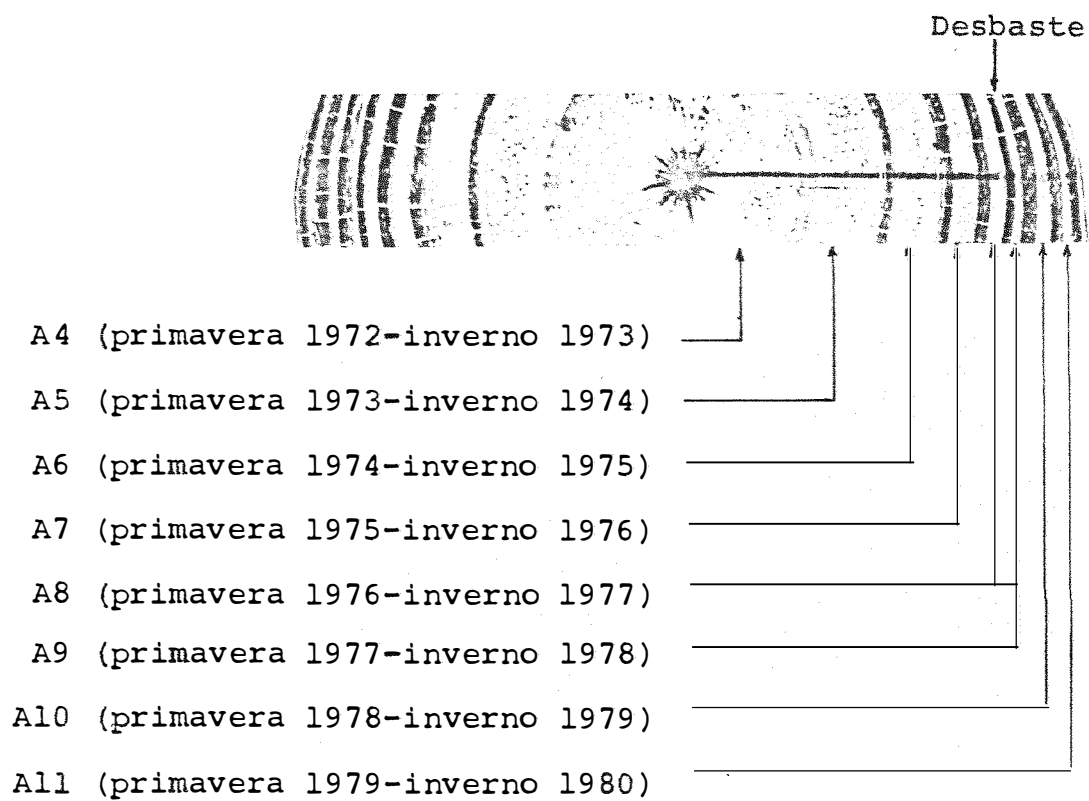


Figura 2. Datação dos anéis de crescimento.

dendrométrica da população. Desta forma, nas análises descritas a seguir, os tratamentos não foram considerados.

Todavia, as 39 árvores do ensaio II que tiveram os perfis de densidade trabalhados, foram reclassificadas nas seguintes classes de altura:

$h_1$  - compreendendo indivíduos entre 12,5 e 13,6 m;

$h_2$  - compreendendo indivíduos entre 13,7 e 14,8 m;

$h_3$  - compreendendo indivíduos entre 14,9 e 16,0 m.

### 3.2.2.1. Ensaio I

Os dados relativos a esse ensaio foram analisados através da técnica de regressão linear, segundo os modelos:

$$db = a + b \text{ DAP},$$

$$db = a + b h,$$

e

$$db = a + b \text{ DAP} + c h,$$

sendo:

$db$  = densidade básica média do disco, à altura do peito, em  $\text{g/cm}^3$ ;

DAP = diâmetro à altura do peito, em cm;

h = altura total, em m.

Concomitantemente, adotou-se o procedimento de seleção de variáveis independentes, chamado passo-a-passo (stepwise regression), com seleção para a frente (forward selection). Testaram-se, como variáveis dependentes, db e ln (db). Como variáveis independentes, foram consideradas: DAP, h, ln (DAP), ln (h),  $DAP^2$  h,  $DAP^2$ ,  $h^2$  e ln ( $DAP^2$  h). Os critérios empregados na escolha do melhor modelo foram a simplicidade do mesmo e os valores obtidos para o coeficiente de determinação e para o desvio padrão.

### 3.2.2.2. Ensaio II

#### a. Densidade básica

Empregou-se a técnica de regressão passo-a-passo com seleção para a frente, testando-se, como variáveis dependentes, db e ln (db). Como variáveis independentes, testaram-se: h, ln (h),  $h^2$ , DAP, ln (DAP),  $DAP^2$ ,  $DAP^2$  h,  $DAP^2 h^2$ ,  $DAP^3 h^2$  e  $DAP^3$ . Os critérios empregados na eleição do melhor modelo foram aqueles já citados no ensaio I.

#### b. Espessura dos anéis de crescimento

A espessura média dos anéis de crescimento, por classe de altura, foi analisada, ano a ano, através do teste

Duncan.

A datação dos mesmos permitiu que se comparassem somente as espessuras dos anéis formados em um mesmo período cronológico evitando-se, desta forma, como fontes de erro, a influência dos fatores idade e condições ambientais distintos.

À vista do número reduzido de dados correspondentes ao período compreendido entre a primavera de 1970 e o inverno de 1971 (EA2), os mesmos não foram analisados.

*c. Densidade média dos anéis de crescimento*

A cada ano, a densidade média dos anéis de crescimento formados em um mesmo período cronológico foi analisada de duas formas.

Os valores médios por classe de altura foram comparados através do teste Duncan. Concomitantemente, ano a ano, as relações entre as densidades dos anéis e as respectivas espessuras, foram analisadas através de regressão linear simples.

As densidades dos anéis de crescimento formados no período compreendido entre a primavera de 1970 e o inverno de 1971 (d2) não foram analisadas uma vez que se dispunha de um pequeno número de dados.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Ensaio I

Os resultados referentes ao ensaio I, compreendendo altura e DAP das árvores, densidade básica dos discos e análises estatísticas, encontram-se nas Tabelas 1 a 4.

Tabela 1. Valores relativos a altura (h) e DAP das árvores e densidade básica (db) dos respectivos discos.

Árvore	h (m)	DAP (cm)	db (g/cm <sup>3</sup> )
1	11,0	17,9	0,481
2	16,0	23,2	0,507
3	11,4	10,0	0,541
4	14,5	15,0	0,548
5	14,5	19,5	0,502
6	12,0	14,0	0,492
7	12,4	12,0	0,592
8	15,0	24,0	0,579
9	13,1	15,0	0,578
10	14,5	15,8	0,540
11	16,1	21,0	0,551
12	15,8	21,2	0,589
13	12,7	16,0	0,515
14	12,9	18,0	0,492
15	10,8	12,5	0,470
16	13,8	20,0	0,516
17	13,9	18,5	0,527
18	15,4	17,0	0,606
19	13,7	19,0	0,504
20	16,0	19,0	0,631
21	12,3	18,7	0,470
22	12,2	10,2	0,539
23	12,7	18,7	0,482
24	12,2	14,8	0,525
Média	13,5	17,5	0,532
Desvio padrão	1,64	3,72	0,045

Tabela 2. Equações testadas para explicar a variação da densidade básica.

Regressão linear	F	R <sup>2</sup>	Desvio padrão
$db = a + b \text{ DAP}$	0,0176 ns	0,0008	0,0467
$db = a + b h$	10,57 **	0,3244	0,0377
$db = a + b \text{ DAP} + c h$	13,95 **	0,5706	0,0307
Regressão passo-a-passo			
$db = a + b \ln (\text{DAP}) + c h^2$	14,36**	0,5776	0,0305

ns - não significativo

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3. Análise de variância para o modelo  $db = a + b \text{ DAP} + c h$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	2	0,013175	13,95**
Resíduo	21	0,000944	
Total	23		

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

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros para o modelo  $db = a + b \text{ DAP} + c h$ .

Parâmetro	Estimativa	F	Erro padrão
a	0,289020		
b	-0,008200	12,04**	0,002363
c	0,028349	27,87**	0,005370

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

#### 4.2. Ensaio II

##### 4.2.1. Densidade básica

Os valores relativos a altura e DAP das árvores e à densidade básica média dos discos, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Valores relativos a altura (h) e DAP das árvores e densidade básica (db) dos respectivos discos.

Árvore	h (m)	DAP (cm)	db (g/cm <sup>3</sup> )
1	11,2	9,7	0,386
2	12,7	12,9	0,464
3	16,9	27,0	0,427
4	13,2	18,3	0,394
5	16,0	24,3	0,363
6	12,2	10,5	0,371
7	12,5	15,0	0,381
8	15,6	26,0	0,378
9	12,8	11,8	0,399
10	15,0	24,6	0,378
11	14,8	21,7	0,384
12	14,4	24,5	0,415
13	12,9	13,0	0,377
14	15,2	22,0	0,435
15	13,8	18,5	0,417
16	15,8	24,0	0,409
17	14,0	15,8	0,426
18	12,5	13,0	0,366
19	15,0	22,2	0,392
20	14,2	20,7	0,399
21	13,0	16,8	0,384

Tabela 5. (continuação)

Árvore	h (m)	DAP (cm)	db (g/cm <sup>3</sup> )
22	11,8	10,7	0,393
23	12,5	14,3	0,442
24	15,5	23,0	0,346
25	13,6	14,6	0,368
26	14,8	23,0	0,353
27	12,8	13,1	0,402
28	14,5	20,4	0,425
29	14,2	15,5	0,388
30	11,9	10,0	0,342
31	15,0	19,6	0,403
32	14,5	20,0	0,430
33	15,0	20,5	0,374
34	13,6	15,0	0,442
35	14,2	20,3	0,370
36	14,8	21,2	0,399
37	15,2	19,0	0,439
38	15,0	18,9	0,384
39	14,8	11,4	0,422
40	15,0	18,0	0,395
41	15,4	26,5	0,390
42	16,0	28,8	0,319
43	13,4	13,5	0,433
44	13,0	14,5	0,317
45	13,5	17,4	0,366
46	13,5	18,4	0,373
47	15,8	22,8	0,367
48	14,9	18,2	0,389
49	15,8	22,3	0,382
Média	14,2	19,1	0,392
Desvio padrão	1,30	4,96	0,031

#### 4.2.2. Espessura dos anéis de crescimento

Nas Tabelas 6 a 15 encontram-se as espessuras dos anéis de crescimento, suas médias por classe de altura e por ano e os resultados das análises de variância e teste Duncan

Tabela 6. Espessura dos anéis de crescimento (EA), em mm, ano a ano, das árvores e suas respectivas classes de altura.

Árvore	Classe de altura	1971 (EA2)	1972 (EA3)	1973 (EA4)	1974 (EA5)	1975 (EA6)	1976 (EA7)	1977 (EA8)	1978 (EA9)	1979 (EA10)	1980 (EA11)
1	h <sub>1</sub>	-	15,0	10,5	7,3	6,5	4,0	1,3	4,0	4,0	2,8
2	h <sub>3</sub>	9,5	16,7	12,0	12,3	9,3	11,2	7,7	7,2	8,6	8,3
3	h <sub>1</sub>	-	-	26,5	13,0	9,7	5,5	1,0	3,0	2,7	1,3
4	h <sub>3</sub>	9,7	18,5	15,0	13,0	8,0	8,0	7,0	9,2	8,0	8,2
5	h <sub>1</sub>	-	-	-	19,0	10,3	8,2	3,3	2,5	2,2	1,3
6	h <sub>3</sub>	10,5	20,5	16,5	11,8	8,2	7,4	7,3	9,1	8,0	6,1
7	h <sub>2</sub>	-	23,0	12,3	10,1	8,1	6,4	6,9	5,9	6,2	6,2
8	h <sub>2</sub>	11,3	18,2	15,4	11,3	7,3	7,2	5,7	7,0	8,1	6,7
9	h <sub>1</sub>	-	14,3	12,2	10,3	5,5	3,7	2,0	3,2	4,0	2,5
10	h <sub>3</sub>	9,0	16,3	14,4	10,5	8,2	7,6	6,0	9,2	8,4	6,2
11	h <sub>2</sub>	-	22,0	15,0	13,8	8,0	3,6	1,3	4,0	6,2	5,5
12	h <sub>3</sub>	9,5	21,7	14,4	12,3	9,7	9,3	7,6	8,0	7,2	4,0
13	h <sub>3</sub>	10,5	18,0	13,0	11,3	8,2	6,2	5,2	5,2	5,8	6,3
14	h <sub>2</sub>	13,2	15,0	17,2	12,0	5,8	4,8	4,0	6,0	6,5	5,7
15	h <sub>1</sub>	-	17,0	14,3	11,4	6,2	2,8	2,3	5,0	8,8	5,0
16	h <sub>1</sub>	-	17,5	11,2	9,9	5,8	4,0	2,2	2,3	3,7	4,0
17	h <sub>3</sub>	9,0	20,5	14,0	11,2	9,2	7,5	5,9	8,2	9,2	7,0
18	h <sub>1</sub>	-	18,2	13,2	9,2	4,4	2,7	2,0	3,2	5,3	3,5
19	h <sub>2</sub>	8,0	20,2	14,0	12,4	7,6	7,0	6,2	11,2	7,1	5,7

- continua -



Tabela 6. (continuação)

Árvore	Classe de altura	1971 (EA2)	1972 (EA3)	1973 (EA4)	1974 (EA5)	1975 (EA6)	1976 (EA7)	1977 (EA8)	1978 (EA9)	1979 (EA10)	1980 (EA11)
20	h <sub>1</sub>	-	-	17,0	12,9	7,8	3,7	2,0	4,0	4,2	3,7
21	h <sub>2</sub>	9,8	19,7	14,2	12,5	7,2	7,2	5,2	5,7	5,7	4,2
22	h <sub>2</sub>	-	20,0	13,0	9,7	5,3	3,0	1,8	5,2	7,2	4,3
23	h <sub>3</sub>	-	21,5	14,3	9,8	7,0	6,0	4,5	6,2	5,3	3,8
24	h <sub>2</sub>	9,0	18,0	14,7	11,7	8,1	5,8	4,0	5,0	5,8	5,0
25	h <sub>3</sub>	6,0	14,5	11,5	10,0	7,3	5,4	7,0	8,2	8,4	6,6
26	h <sub>1</sub>	8,0	12,9	9,6	7,8	5,7	3,0	2,8	2,8	4,0	2,8
27	h <sub>2</sub>	9,0	18,5	16,2	15,6	9,2	6,0	3,5	5,7	3,8	3,6
28	h <sub>2</sub>	-	26,0	13,0	13,2	9,2	7,8	6,0	6,2	7,1	4,2
29	h <sub>3</sub>	-	21,5	12,0	9,3	7,7	6,7	5,6	7,3	7,6	6,0
30	h <sub>3</sub>	-	20,6	14,8	11,7	8,5	5,7	3,6	4,7	5,5	5,4
31	h <sub>2</sub>	-	-	17,0	10,0	7,7	4,7	3,2	2,8	3,2	2,0
32	h <sub>3</sub>	-	22,0	12,0	11,0	8,0	6,4	3,7	5,5	5,0	3,5
33	h <sub>3</sub>	-	27,0	15,2	14,2	11,0	9,7	7,4	8,8	10,3	8,2
34	h <sub>3</sub>	14,0	21,8	16,0	15,0	12,2	14,8	10,2	10,2	11,5	6,3
35	h <sub>1</sub>	-	16,0	12,8	10,7	6,0	2,7	1,8	2,7	3,0	2,2
36	h <sub>1</sub>	-	21,5	12,5	10,2	7,0	4,8	3,7	5,3	6,2	5,0
37	h <sub>3</sub>	8,0	16,5	13,0	12,5	10,4	9,3	7,0	9,2	9,2	6,7
38	h <sub>3</sub>	-	23,0	13,0	12,0	7,8	6,0	5,2	4,2	3,2	3,3
39	h <sub>3</sub>	9,0	15,5	14,3	11,3	11,6	10,2	5,0	6,8	6,2	5,8

Tabela 7. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA3) formados no período compreendido entre a primavera de 1971 e o inverno de 1972.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	34,43521	3,68*	h <sub>2</sub>	20,1	A
Resíduo	32	9,349353		h <sub>3</sub>	19,8	A
Total	34			h <sub>1</sub>	16,6	B

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 8. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA4) formados no período compreendido entre a primavera de 1972 e o inverno de 1973.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	2,754125	0,35ns	h <sub>2</sub>	14,7	A
Resíduo	35	7,819433		h <sub>1</sub>	14,0	A
Total	37			h <sub>3</sub>	13,8	A

ns - não significativo

Tabela 9. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA5) formados no período compreendido entre a primavera de 1973 e o inverno de 1974.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	2,695806	0,58ns	h <sub>2</sub>	12,0	A
Resíduo	36	4,663666		h <sub>3</sub>	11,7	A
Total	38			h <sub>1</sub>	11,1	A

ns - não significativo

Tabela 10. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA6) formados no período compreendido entre a primavera de 1974 e o inverno de 1975.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	16,51365	7,01**	h <sub>3</sub>	9,0	A
Resíduo	36	2,354427		h <sub>2</sub>	7,6	B
Total	38			h <sub>1</sub>	6,8	B

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 11. Análise da variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA7) formados no período compreendido entre a primavera de 1975 e o inverno de 1976.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	55,150580	13,52**	h <sub>3</sub>	8,1	A
Resíduo	36	4,079070		h <sub>2</sub>	5,8	B
Total	38			h <sub>1</sub>	4,1	B

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 12. Análise da variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA8) formados no período compreendido entre a primavera de 1976 e o inverno de 1977.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	54,103860	23,12**	h <sub>3</sub>	6,2	A
Resíduo	36	2,339970		h <sub>2</sub>	4,4	B
Total	38			h <sub>1</sub>	2,2	C

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 13. Análise da variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA9) formados no período compreendido entre a primavera de 1977 e o inverno de 1978.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	54,175320	18,45**	h <sub>3</sub>	7,5	A
Resíduo	36	2,936898		h <sub>2</sub>	5,9	B
Total	38			h <sub>1</sub>	3,5	C

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 14. Análise da variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EA10) formados no período compreendido entre a primavera de 1978 e o inverno de 1979.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	32,671580	9,29**	h <sub>3</sub>	7,5	A
Resíduo	36	3,517989		h <sub>2</sub>	6,1	A
Total	38			h <sub>1</sub>	4,4	B

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 15. Análise da variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das espessuras dos anéis de crescimento (EAll) formados no período compreendido entre a primavera de 1979 e o inverno de 1980.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	27,744680	13,47**	h <sub>3</sub>	6,0	A
Resíduo	36	2,060181		h <sub>2</sub>	4,8	B
Total	38			h <sub>1</sub>	3,1	C

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

#### 4.2.3. Densidade dos anéis de crescimento

As densidades dos anéis de crescimento, em  $\text{kg/m}^3$ , encontram-se na Tabela 16. Os resultados correspondentes a análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura e por ano, encontram-se nas Tabelas 17 a 25.

As Tabelas 26 a 43 mostram, ano a ano, as relações encontradas entre a densidade e a espessura dos anéis de crescimento através de regressão linear.

Tabela 16. Densidade média dos anéis de crescimento (d), em kg/m<sup>3</sup>, ano a ano, das árvores e suas respectivas classes de altura.

Árvore	Classe de altura	1971 (d2)	1972 (d3)	1973 (d4)	1974 (d5)	1975 (d6)	1976 (d7)	1977 (d8)	1978 (d9)	1979 (d10)	1980 (d11)
1	h <sub>1</sub>	-	264	343	363	493	524	581	704	661	630
2	h <sub>3</sub>	295	295	311	303	346	370	314	439	439	409
3	h <sub>1</sub>	-	-	276	361	357	327	527	650	647	769
4	h <sub>3</sub>	327	327	312	347	352	395	389	399	467	521
5	h <sub>1</sub>	-	-	-	290	292	298	506	789	778	661
6	h <sub>3</sub>	379	326	302	321	385	446	395	514	509	470
7	h <sub>2</sub>	-	380	342	327	338	407	388	582	560	448
8	h <sub>2</sub>	362	311	344	383	402	427	410	506	523	539
9	h <sub>1</sub>	-	278	316	348	354	474	389	568	525	454
10	h <sub>3</sub>	325	375	385	388	478	466	459	474	450	530
11	h <sub>2</sub>	-	293	319	362	357	357	564	679	576	576
12	h <sub>3</sub>	658	341	366	256	398	430	438	568	502	603
13	h <sub>3</sub>	372	328	358	327	370	445	388	566	517	502
14	h <sub>2</sub>	359	362	381	394	437	582	456	540	566	526
15	h <sub>1</sub>	-	306	367	350	424	506	530	610	426	449
16	h <sub>1</sub>	-	322	406	371	404	455	531	730	854	598
17	h <sub>3</sub>	310	331	304	315	359	337	341	481	388	382
18	h <sub>1</sub>	-	234	278	278	382	434	342	509	495	475
19	h <sub>2</sub>	710	350	364	321	319	369	475	448	505	471

- continua -

Tabela 16. (continuação)

Árvores	Classe de altura	1971 (d2)	1972 (d3)	1973 (d4)	1974 (d5)	1975 (d6)	1976 (d7)	1977 (d8)	1978 (d9)	1979 (d10)	1980 (d11)
20	h <sub>1</sub>	-	-	267	289	291	696	480	529	480	400
21	h <sub>2</sub>	446	438	424	455	465	465	538	636	529	595
22	h <sub>2</sub>	-	254	317	337	356	539	511	552	456	484
23	h <sub>3</sub>	-	348	326	370	379	481	438	516	488	594
24	h <sub>2</sub>	386	378	425	396	436	448	541	586	564	695
25	h <sub>3</sub>	426	347	326	325	399	487	384	454	452	415
26	h <sub>1</sub>	353	391	374	419	472	503	580	671	600	715
27	h <sub>2</sub>	403	268	293	291	335	403	517	616	586	653
28	h <sub>2</sub>	-	297	274	310	387	434	380	579	534	570
29	h <sub>3</sub>	-	373	395	408	507	485	456	547	539	543
30	h <sub>3</sub>	-	325	319	317	389	437	335	580	520	574
31	h <sub>2</sub>	-	-	285	333	394	479	476	611	589	725
32	h <sub>3</sub>	-	335	309	328	426	453	459	596	599	557
33	h <sub>3</sub>	-	361	356	341	339	360	360	439	431	476
34	h <sub>3</sub>	494	274	278	256	306	345	358	377	367	451
35	h <sub>1</sub>	-	283	377	387	371	566	606	715	652	770
36	h <sub>1</sub>	-	327	298	346	396	451	387	533	490	510
37	h <sub>3</sub>	403	323	239	344	327	400	371	460	444	408
38	h <sub>3</sub>	-	335	311	325	383	494	452	673	660	614
39	h <sub>3</sub>	307	295	312	251	344	409	305	553	542	469



Tabela 17. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d3) formados no período compreendido entre a primavera de 1971 e o inverno de 1972.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	3086,848	1,72ns	h <sub>2</sub>	333	A
Resíduo	32	1795,197		h <sub>3</sub>	331	A
Total	34			h <sub>1</sub>	301	A

ns - não significativo

Tabela 18. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d4) formados no período compreendido entre a primavera de 1972 e o inverno de 1973.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	916,0879	0,43ns	h <sub>2</sub>	343	A
Resíduo	35	2128,251		h <sub>1</sub>	330	A
Total	37			h <sub>3</sub>	326	A

ns - nao significativo.

Tabela 19. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d5) formados no período compreendido entre a primavera de 1973 e o inverno de 1974.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	3421,373	1,72ns	h <sub>2</sub>	355	A
Resíduo	36	1992,710		h <sub>1</sub>	346	A
Total	38			h <sub>3</sub>	325	A

ns - não significativo

Tabela 20. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d6) formados no período compreendido entre a primavera de 1974 e o inverno de 1975.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	46,82229	0,02ns	h <sub>1</sub>	385	A
Resíduo	36	2938,407		h <sub>2</sub>	384	A
Total	38			h <sub>3</sub>	382	A

ns - não significativo.

Tabela 21. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d7) formados no período compreendido entre a primavera de 1975 e o inverno de 1976.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	8329,744	1,46ns	h <sub>1</sub>	476	A
Resíduo	36	5706,998		h <sub>2</sub>	446	A
Total	38			h <sub>3</sub>	426	A

ns - não significativo

Tabela 22. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d6) formados no período compreendido entre a primavera de 1976 e o inverno de 1977.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	45439,27	10,18**	h <sub>1</sub>	496	A
Resíduo	36	4461,759		h <sub>2</sub>	478	A
Total	38			h <sub>3</sub>	391	B

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

Tabela 23. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d9) formados no período compreendido entre a primavera de 1977 e o inverno de 1978.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	56814,88	9,10**	h <sub>1</sub>	637	A
Resíduo	36	6243,661		h <sub>2</sub>	576	A
Total	38			h <sub>3</sub>	508	B

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

Tabela 24. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (d10) formados no período compreendido entre a primavera de 1978 e o inverno de 1979.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	42156,70	5,43**	h <sub>1</sub>	601	A
Resíduo	36	7765,268		h <sub>2</sub>	544	AB
Total	38			h <sub>3</sub>	489	B

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

Tabela 25. Análise de variância e teste Duncan para as médias, por classe de altura, das densidades dos anéis de crescimento (dll) formados no período compreendido entre a primavera de 1979 e o inverno de 1980.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F	Classe de altura	Média	Duncan
Tratamento	2	28683,11	2,96ns	h <sub>1</sub>	585	A
Resíduo	36	9689,379		h <sub>2</sub>	571	AB
Total	38			h <sub>3</sub>	501	B

ns - não significativo.

.51.

Tabela 26. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d_3 = a + b \text{ EA}_3$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	681,4314	0,36 ns
Resíduo	33	1907,229	
Total corrigido	34	$R^2 = 0,0107$	

ns - não significativo

Tabela 27. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d_3 = a + b \text{ EA}_3$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	298,9875	6,77**	44,13987
b	1,360686	0,60 ns	2,276398

ns - não significativo

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 28. Análise de variância correspondente à regressão

$$d4 = a + b \text{ EA4.}$$

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	6577,877	3,40 ns
Resíduo	36	1937,308	
Total corrigido	37		$R^2 = 0,0862$

ns - não significativo

Tabela 29. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d4 = a + b \text{ EA4.}$ 

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	400,5930	10,56**	37,91776
b	-4,853938	1,84 ns	2,634212

ns - não significativo

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 30. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d_5 = a + b \text{ EA5}$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	11099,39	6,09 *
Resíduo	37	1823,808	
Total corrigido	38	$R^2 = 0,1412$	

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d_5 = a + b \text{ EA5}$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	432,3105	11,28**	38,21475
b	-8,003332	2,47*	3,244225

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.



.54.

Tabela 32. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d_6 = a + b \text{ EA}_6$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	21679,90	9,53**
Resíduo	37	2275,578	
Total corrigido	38	$R^2 = 0,2048$	

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

Tabela 33. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d_6 = a + b \text{ EA}_6$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	491,3906	13,71**	35,84010
b	-13,56690	3,09**	4,395394

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

Tabela 34. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d7 = a + b \text{ EA7}$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	74455,56	18,66**
Resíduo	37	3990,699	
Total corrigido	38		$R^2 = 0,3352$

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

Tabela 35. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d7 = a +$   
 $+ b \text{ EA7}$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	553,0752	20,61**	26,82878
b	-17,01599	4,32**	3,939428

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

Tabela 36. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d8 = a + b \text{ EA8}$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	96241,00	22,94**
Resíduo	37	4196,240	
Total corrigido	38		$R^2 = 0,3827$

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

Tabela 37. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d8 = a +$   
 $+ b \text{ EA8}$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	547,1744	23,07**	23,71330
b	-22,36273	4,79**	4,669550

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

Tabela 38. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d9 = a + b \text{ EA9}$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	226577,4	74,97**
Resíduo	37	3022,273	
Total corrigido	38		$R^2 = 0,6696$

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 39. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d9 = a + b \text{ EA9}$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	755,3407	31,69**	23,83427
b	-32,53279	8,66**	3,757334

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

Tabela 40. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d_{10} = a + b EA_{10}$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	234147,9	66,79**
Resíduo	37	3505,814	
Total corrigido	38		$R^2 = 0,6435$

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

Tabela 41. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d_{10} = a + b EA_{10}$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	753,2104	26,71**	28,20119
b	-34,92247	8,17**	4,273211

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

Tabela 42. Análise de variância correspondente à regressão  
 $d_{11} = a + b E_{All}$ .

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Regressão	1	190149,4	32,57**
Resíduo	37	5838,768	
Total corrigido	38	$R^2 = 0,4681$	

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

Tabela 43. Estimativa dos parâmetros da regressão  $d_{11} = a + b E_{All}$ .

Parâmetro	Valor estimado	t	Erro padrão
a	729,7713	21,01**	34,73035
b	-38,29582	5,71**	6,710648

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

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Ensaio I

A análise dos dados obtidos no ensaio I (Tabela 2) revelou uma correlação não significativa entre a densidade básica e o DAP. Tal correlação melhorou sensivelmente quando, ao invés da expressão do DAP, a densidade foi analisada em função da altura. O valor de F mostrou-se significativo ao nível de 1% de probabilidade e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,3244.

As melhores equações, todavia, foram aquelas que consideraram as variáveis conjuntamente ( $db = a + b \text{ DAP} + c h$  e  $db = a + b \ln (\text{DAP}) + c h^2$ ). Como ambos os modelos apresentaram valores muito próximos tanto para o coeficiente de determinação quanto para o desvio padrão, optou-se pelo mais simples.

Assim, cerca de 57% da variabilidade da densidade básica - valor sensivelmente superior aos 20% citados por ELLIOTT (1970)- pode ser explicada pela equação:

$$db = 0,289020 - 0,008200 \text{ DAP} + 0,028349 \text{ h},$$

sendo,

$db$  = densidade básica, em  $\text{g/cm}^3$ ;

DAP = diâmetro à altura do peito, em cm;

$h$  = altura, em m.

Esses resultados reforçam aqueles obtidos por BURDON e HARRIS (1973) que, estudando as relações entre ritmo de crescimento e densidade da madeira de *Pinus radiata*, também encontraram regressões parciais negativa com o diâmetro e positiva com a altura.

À luz da equação eleita para exprimir a densidade básica, conclui-se que as árvores que produzem madeira mais densa, à altura do peito, são as mais altas e finas. Tal observação está em conformidade com os trabalhos de LARSON (1969), segundo o qual, entre os fatores que influenciam na densidade da madeira, incluem-se aqueles que controlam a forma do fuste; os indivíduos mais cilíndricos produziram madeira mais densa. A conclusão semelhante também chegaram KANO e SAITO (1970) que, trabalhando com *Pinus densiflora*, encontraram uma correlação positiva entre a densidade, à altura do peito, e a forma do fuste expressa pela relação entre a al



tura e o DAP.

## 5.2. Ensaio II

### 5.2.1. Densidade básica

A análise dos dados relativos ao ensaio II não confirmou os resultados obtidos no ensaio I. Nenhum dos modelos de regressão testados mostrou-se significativo quando analisados através do teste F.

Formulou-se, então, a hipótese de que tal divergência poderia ser atribuída ao fator competição. Desta forma, embora ambos os povoamentos tenham sido estabelecidos observando um espaçamento correspondente a 4,00 metros quadrados por planta, no ensaio I o desbaste foi executado aos 11 anos e, no ensaio II, aos 8 anos. Considerando, como aproximação, que a competição se inicia por volta do 6º ano (GURGEL FILHO e GURGEL, 1970), os discos do ensaio I conteriam uma quantidade maior de madeira formada sob competição do que aqueles do ensaio II.

As análises e considerações que se seguem, tiveram como objetivo a avaliação dessa hipótese.

### 5.2.2. Espessura e datação dos anéis de crescimento




Da datação dos anéis de crescimento (Tabela 6) pôde-se depreender que, no ano de 1971, apenas 18 árvores haviam atingido a altura do peito. Dentre elas, 11 pertencem à maior classe de altura ( $h_3$ ), 6 pertencem à classe intermediária ( $h_2$ ) e apenas 1, à menor classe de altura ( $h_1$ ).

Essas observações permitem deduzir que, como classe, as árvores maiores - assim como as menores - aos 11 anos, já o eram nos primeiros anos de idade do povoamento. Em outras palavras, a posição relativa das classes de altura já havia sido estabelecida aos 2 anos de idade. Essa afirmação está em conformidade com os trabalhos de GURGEL FILHO (1953), GURGEL FILHO e GURGEL (1970) e GURGEL FILHO (1980).

Nessas condições, foi possível analisarem-se, ano a ano, as médias por classe de altura relativas a espessura e densidade dos anéis de crescimento.

A Figura 3 resume e ilustra as informações contidas nas Tabelas 7 a 15 correspondentes às análises das espessuras dos anéis em termos médios por classe de altura.

Embora o teste Duncan acuse diferença significativa para a média das espessuras dos anéis de crescimento formados no período compreendido entre a primavera de 1971 e o inverno de 1972 (EA3) relativa a classe  $h_1$ , tal diferença pode ser atribuída a erros experimentais decorrentes da dificuldade

-  espessura média para a classe  $h_1$ .
-  espessura média para a classe  $h_2$ .
-  espessura média para a classe  $h_3$ .

ns - diferenças não significativas segundo o teste F  
 \* - diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste F  
 \*\* - diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, segundo o teste F

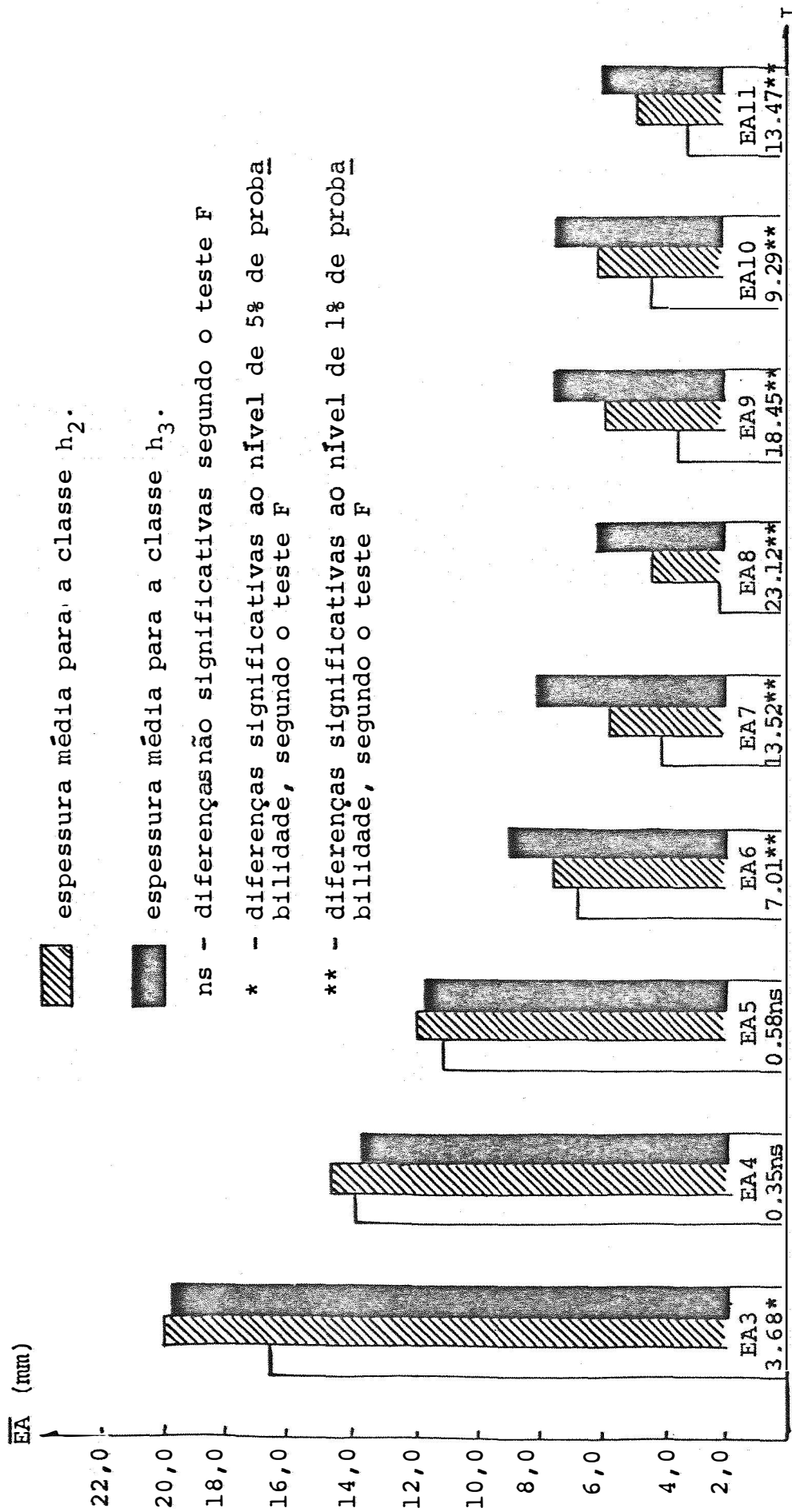


Figura 3. Espessura média dos anéis de crescimento, por classe de altura, em função da idade (I).

dade de se diferenciar o anel de crescimento próximo à medula. Pode-se, portanto, considerar que as diferenças começam a tornar-se significativas a partir do anel formado ao 6º ano (EA6).

Sabe-se que a competição tende a reduzir os incrementos diamétricos e que o faz de uma forma diferenciada entre as classes de copa (GURGEL FILHO, 1964; GURGEL FILHO e GURGEL, 1970). Observando-se a Figura 3, verifica-se um aumento na espessura dos anéis como resposta ao desbaste. Isso significa que o anel de crescimento correspondente ao 8º ano de idade (EA8), foi formado sob competição.

Considerando-se que até o 5º ano as diferenças no incremento diamétrico - expresso através da espessura dos anéis de crescimento - entre as classes de copa não eram significativas e que, ao 8º ano, o povoamento já estava sob competição, conclui-se que esta iniciou-se entre o 6º e o 8º anos. Pode-se, assim, com boa margem de segurança, estimar que o início da competição ocorreu no 7º ano.

### 5.2.3. Identificação de padrões de comportamento a partir dos perfis radiais de densidade

Os perfis radiais de densidade revelam uma tendência de acrêscimo no sentido da medula para a casca, tendência essa sensivelmente mais acentuada para a densidade do le-

lenho tardio do que para a do lenho inicial (Figura 4). Tais observações estão em conformidade com os trabalhos de FOELKEL *et alii* (1975a).

Na maioria das árvores, o lenho tardio do anel de crescimento formado entre a primavera de 1976 e o inverno de 1977 apresentou uma densidade muito baixa (Figura 5). Esse fato pode, provavelmente, ser explicado pelos baixos índices de pluviosidade correspondentes ao final do verão e início do outono (TROVATI, 1982). Assim, segundo dados fornecidos pela Agro-Territorial da Cidreira Ltda., os índices pluviométricos relativos a janeiro e fevereiro de 1977 foram de 74,2 e 30,0 mm enquanto as médias dos quatro anos anteriores, relativos ao mesmo período, foram de 126,5 e 94,5 mm, respectivamente.

Como resposta ao desbaste, puderam-se detectar 3 padrões distintos de comportamento. O primeiro deles refere-se a um aumento na densidade máxima do lenho tardio dos anéis formados após o desbaste (Figura 6) e ocorreu em 67% das árvores da classe  $h_1$  e em 17% das árvores da classe  $h_2$ . O segundo modelo de comportamento corresponde a uma redução na densidade máxima do lenho tardio (Figura 7) e ocorreu em 8% das plantas da classe  $h_2$  e em 30% daquelas da classe  $h_3$ . Todas as demais não evidenciaram um comportamento diferenciado em função do desbaste (Figura 8).

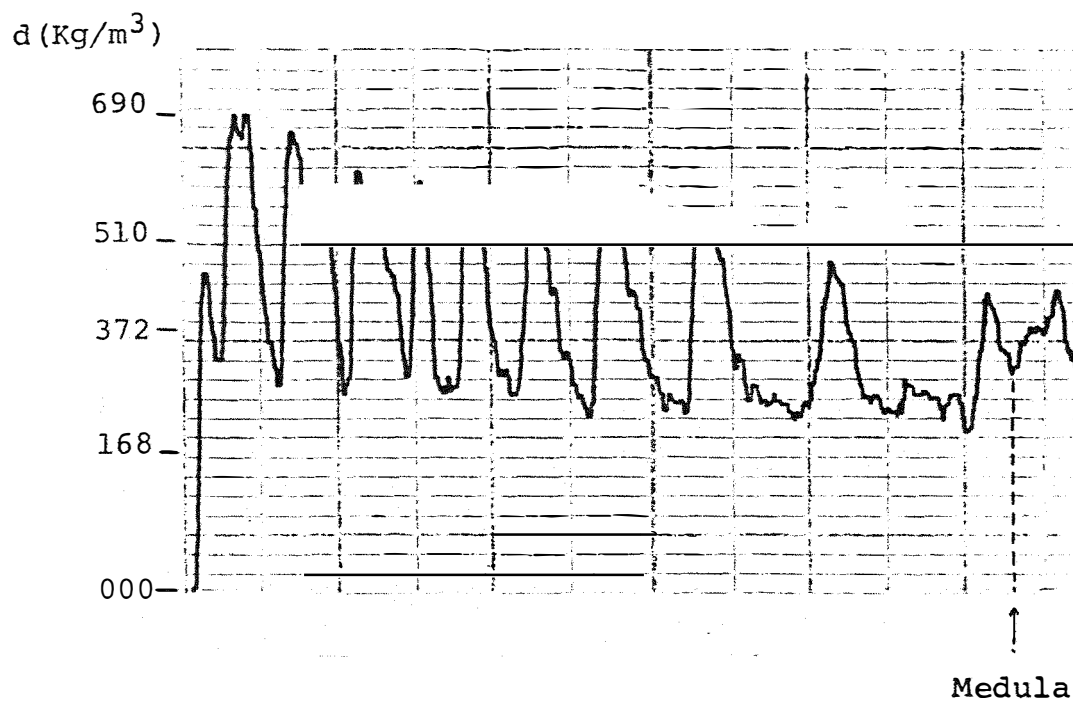


Figura 4. Perfil radial de densidade relativo a árvore 8  
(h<sub>2</sub>).

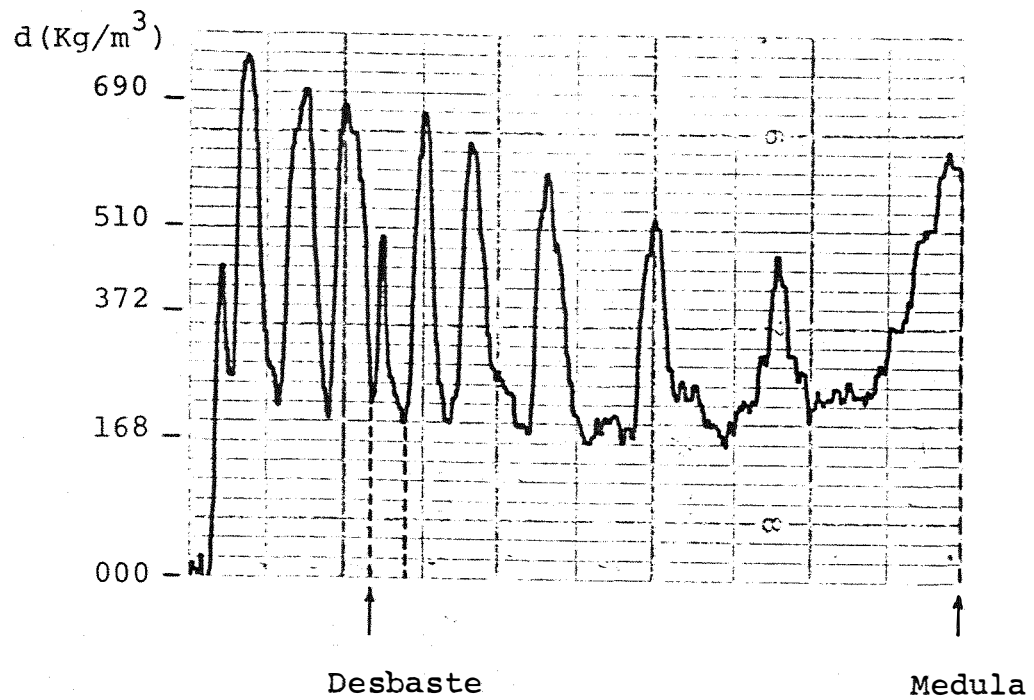


Figura 5. Perfil radial de densidade, relativo à árvore 30 (h<sub>3</sub>), mostrando a baixa densidade do lenho tardio do anel formado no período compreendido entre a primavera de 1976 e o inverno de 1977.

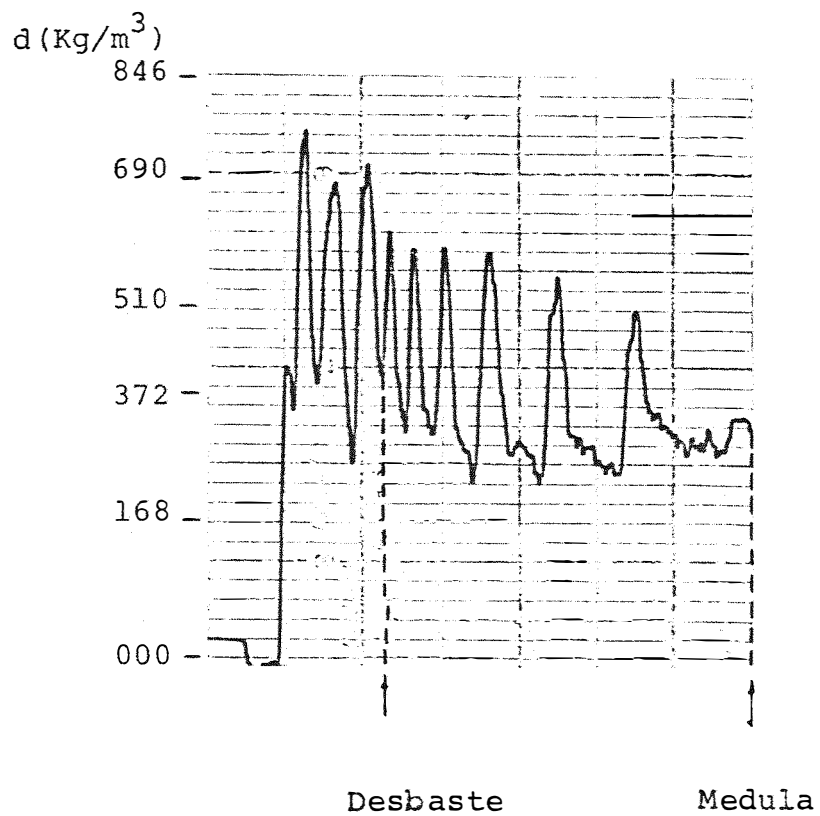


Figura 6. Perfil radial de densidade relativo à árvore 26 ( $h_1$ ), mostrando um acréscimo na densidade máxima do le nho tardio dos anéis formados após o desbaste.



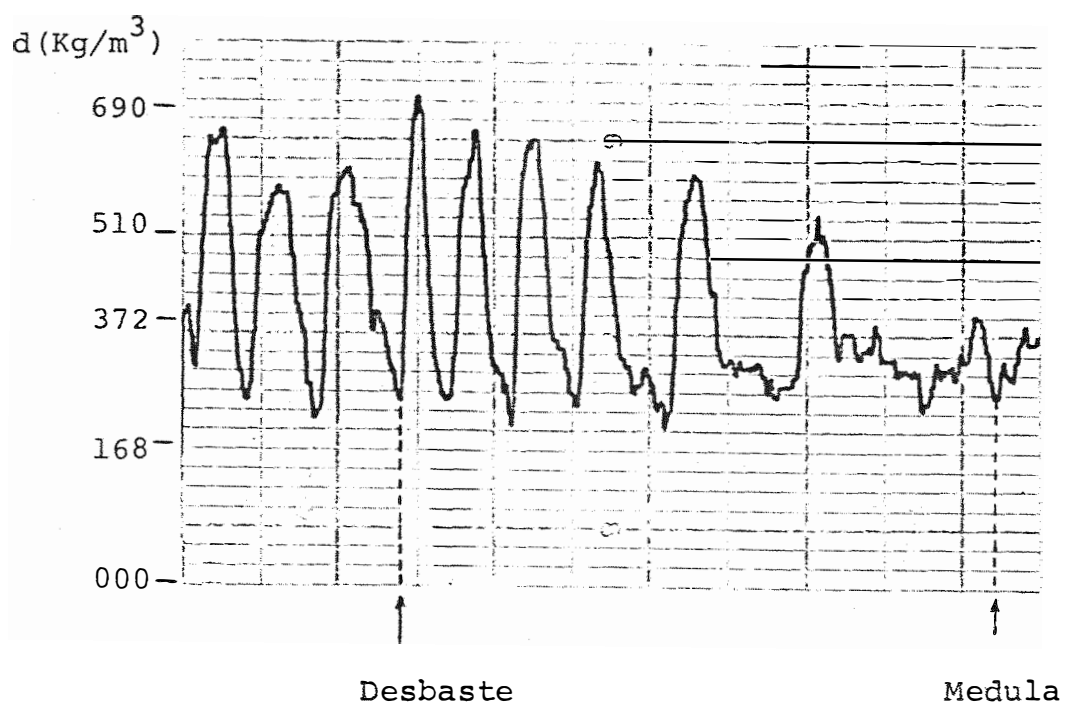


Figura 7. Perfil radial de densidade relativo à árvore 10 ( $h_3$ ), mostrando uma redução na densidade máxima do lenho tardio dos anéis formados após o desbaste.

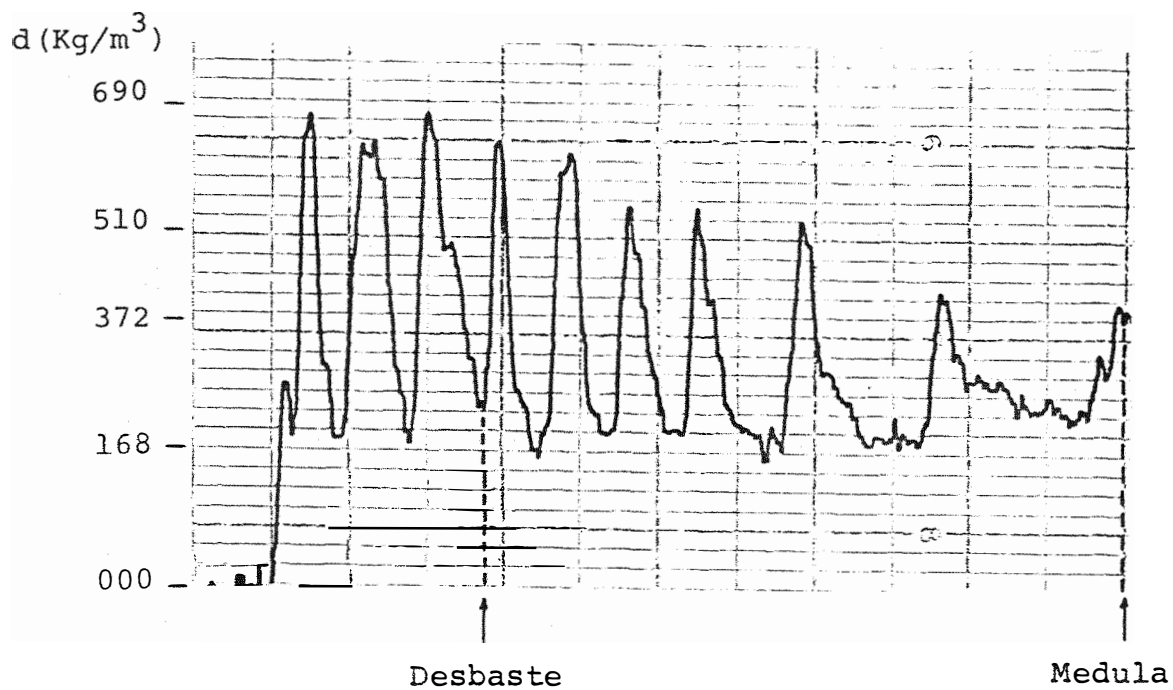


Figura 8. Perfil radial de densidade, relativo à árvore 6 (h<sub>3</sub>), em que não se evidênciã uma diferenciação no padrão de comportamento como resposta ao desbaste.

#### 5.2.4. Densidade dos anéis de crescimento

A Figura 9 resume e ilustra as informações contidas nas Tabelas 17 a 25.

Verifica-se que os valores médios por classe de altura começam a diferenciar-se significativamente a partir do anel correspondente ao 8º ano de idade, um ano após o início da competição.

À vista desses resultados poder-se-ia concluir pela veracidade da hipótese formulada anteriormente, segundo a qual o ritmo de crescimento influenciaria na densidade da madeira especialmente através da competição vegetal.

Contudo, quando se consideram os resultados das regressões lineares (Tabelas 26 a 43), os respectivos valores de F tornam-se significativos a partir do anel correspondente ao 5º ano (d5), um ano antes da diferenciação estatística da espessura média dos anéis de crescimento por classe de altura e dois anos antes do início da competição.

A evolução dos valores obtidos para o coeficiente de determinação das regressões lineares que relacionam as densidades e as espessuras de cada anel de crescimento é realmente surpreendente, como também o são as evoluções dos parâmetros a e b. A Tabela 44 reúne esses valores.

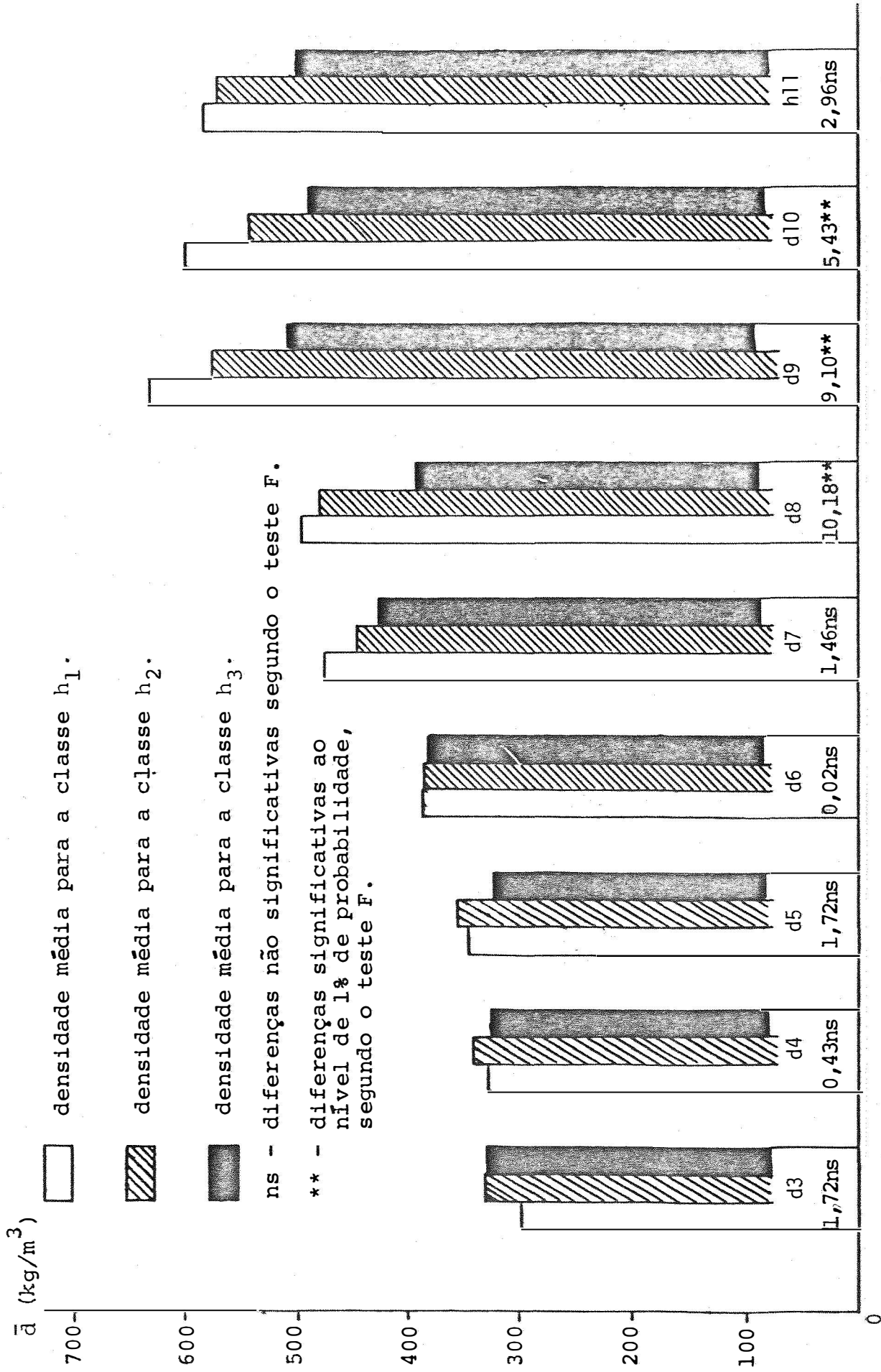


Figura 9. Densidade média dos anéis de crescimento, por classe de altura, em função da idade (I).

Tabela 44. Valores correspondentes aos parâmetros a e b e ao coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtidos das regressões lineares que relacionam as densidades dos anéis de crescimento formados na idade I e suas respectivas espessuras.

I	a	b	$R^2$
3	298,9875	1,360686	0,0107
4	400,5930	-4,853938	0,0862
5	432,3105	-8,003332	0,1412
6	491,3906	-13,56690	0,2048
7	553,0752	-17,01599	0,3352
8	547,1744	-22,36273	0,3827
9	755,3407	-32,53279	0,6696
10	753,2104	-34,92247	0,6435
11	729,7713	-38,29582	0,4681

Observam-se, nessa Tabela, tendências crescentes para o parâmetro a e para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e, decrescentes, para o parâmetro b. As Figuras 10, 11 e 12 ilustram melhor o fato.

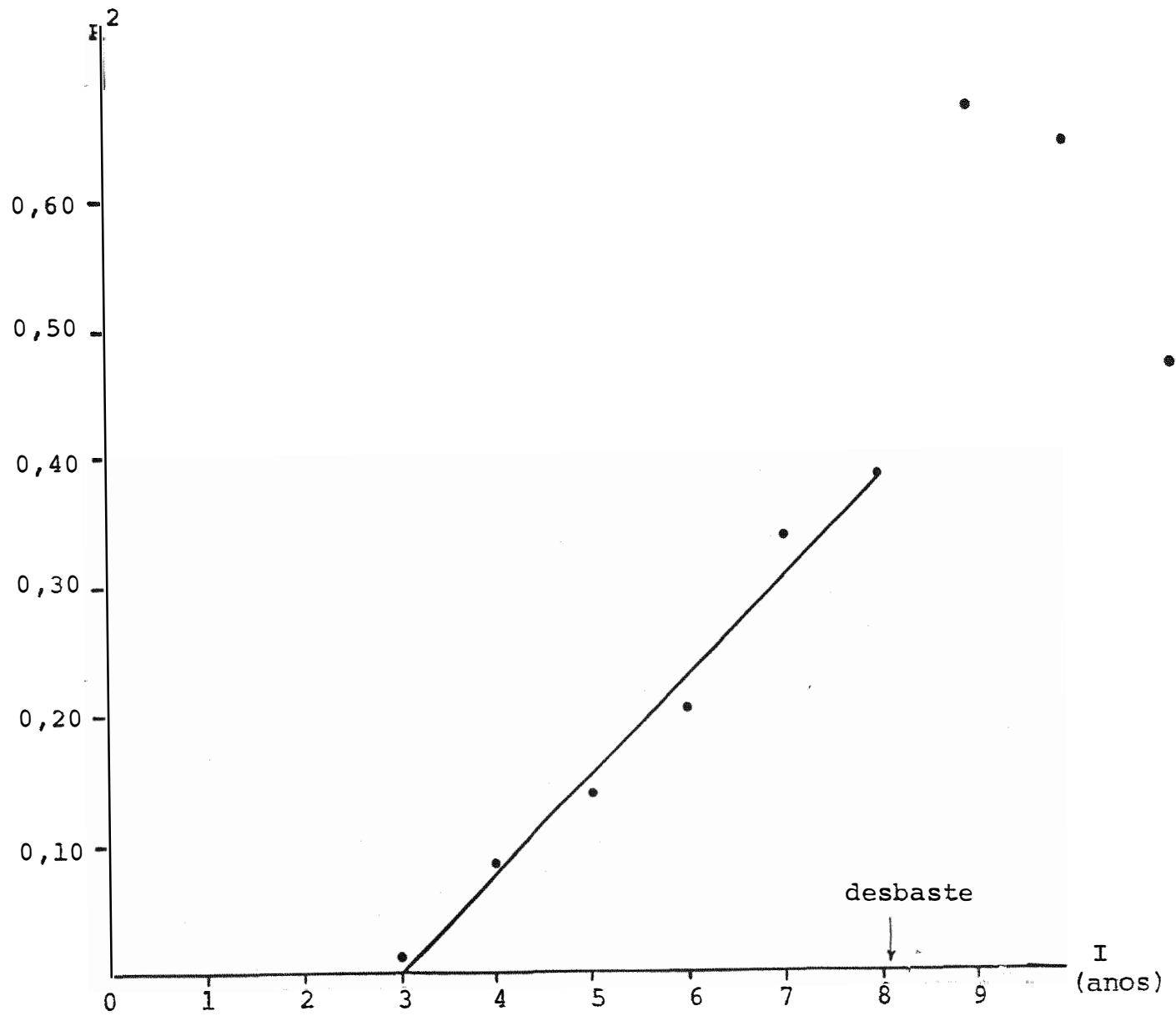


Figura 10. Variação do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) em função da idade (I).

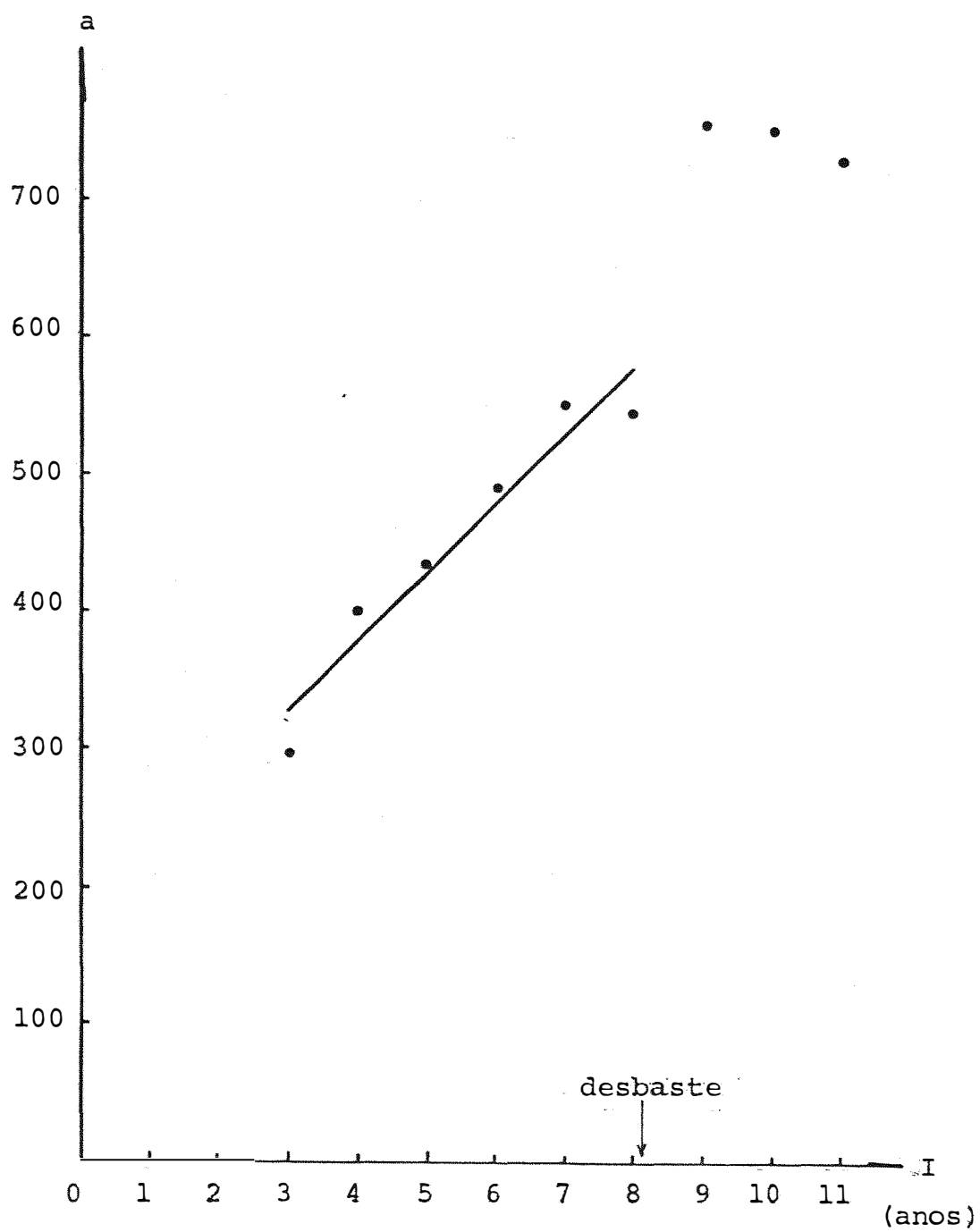


Figura 11. Variação dos valores relativos à intercepção (a) em função da idade (I).

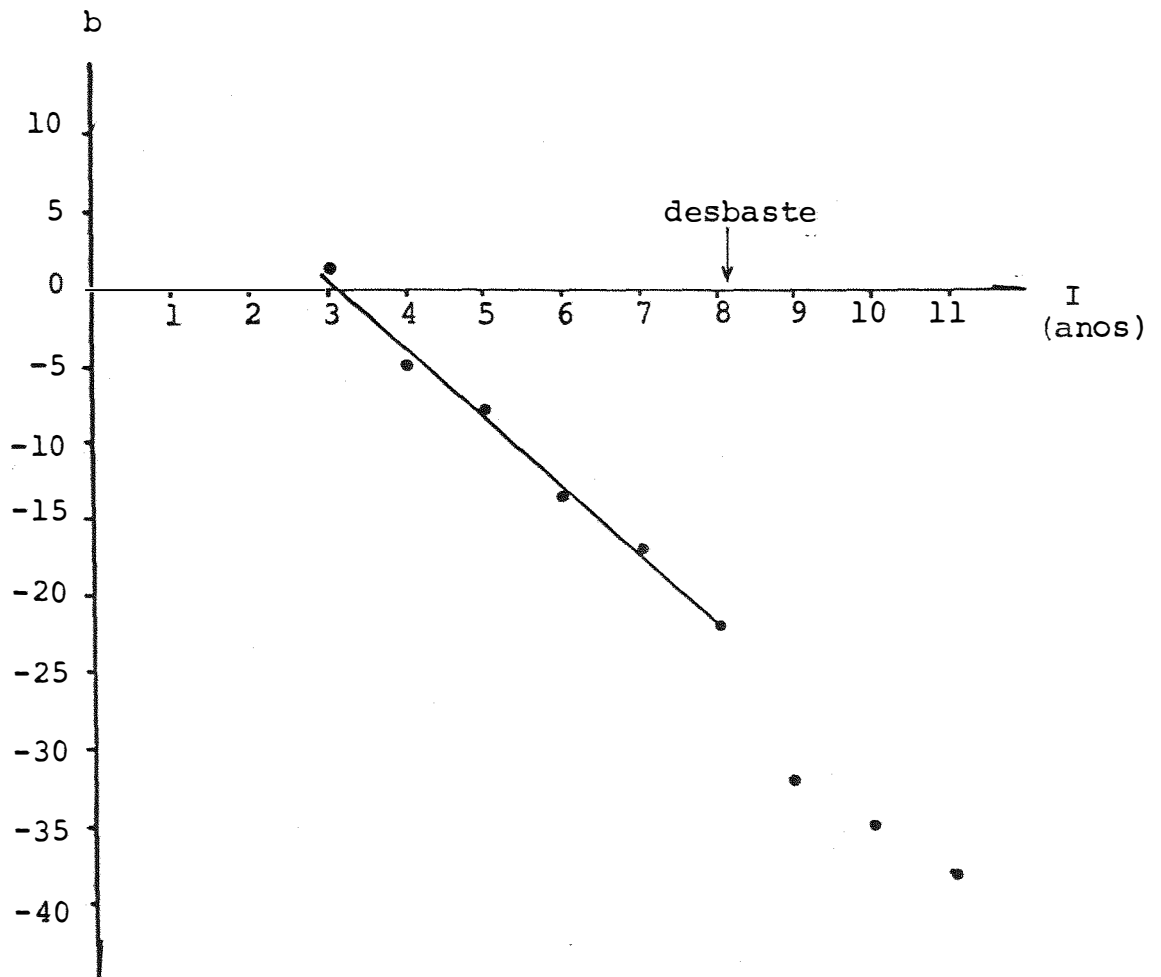


Figura 12. Variação do coeficiente angular (b) em função da idade (I).



Procurou-se, então, explicar tais variações em função da idade em que os anéis foram formados, através de regressão linear simples. Para evitar-se a influência do desgaste, consideraram-se apenas os valores anteriores ao mesmo. A Tabela 45 resume os resultados obtidos.

Tabela 45. Regressões lineares tendo, como variável independente, a idade em que se formaram os anéis de crescimento e, como variáveis dependentes, os parâmetros a e b e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos, ano a ano, das regressões do tipo  $d = a + b EA$ .

Variável dependente	Variável independente	Parâmetros		t	$R^2$
		a	b		
a	I	177,7496	50,21314	7,52**	0,9339
b	I	14,50728	-4,590481	-25,76***	0,9939
$R^2$	I	-0,226198	0,076303	15,15***	0,9828

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

\*\*\* significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

Depreende-se, dos resultados apresentados na Tabela 45, que:

a. à vista da evolução dos valores relativos ao coeficiente de determinação, a influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira tende a se acentuar com a idade;

b. à vista da evolução dos valores de  $b$ , para uma mesma diferença na espessura dos anéis de crescimento, aqueles formados posteriormente tendem a apresentar uma variação de densidade mais acentuada. Essas observações estão compatíveis com os trabalhos de BURDON e HARRIS (1973). Esses autores verificaram uma maior influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira mais externa, constituinte dos últimos anéis de crescimento;

c. a partir das regressões do tipo  $d = a + b \text{ EA}$  correspondentes aos primeiros anéis de crescimento, segundo a metodologia descrita, podem-se estimar as equações relativas a anos posteriores.

O material empregado no ensaio II não permitiu a avaliação dos efeitos da competição na densidade da madeira uma vez que somente um anel de crescimento foi formado sob tal condição. Da mesma forma, considerou-se com reservas o efeito do desbaste uma vez que, além de dispor-se de dados relativos a três anéis de crescimento após o mesmo, não se dispunha de parcelas sob crescimento livre, assim como de parcelas sem desbaste, para as comparações necessárias.

Os resultados demonstram que a madeira formada até o inverno de 1973 - correspondente a cerca de 20% do volume de madeira dos discos - não sofreu influência significativa do ritmo de crescimento. Considerando-se, pois, que tal influência foi significativa nos anéis seguintes - que compreendem cerca de 80% do volume dos discos - seria lógico esperar-se uma correlação mais expressiva entre a densidade básica dos discos e o ritmo de crescimento.

Para explicar-se esse fato, analisaram-se as espessuras dos anéis de crescimento mediante procedimentos de regressão linear simples. Verificou-se, então, que as espessuras EA7 e EA6, assim como as espessuras EA8 e EA7, guardam entre si uma relação cujo coeficiente de determinação é da ordem de 0,71. Entretanto, a relação entre as espessuras EA8 e EA6, apresenta um coeficiente de determinação da ordem de 0,34.

Essas observações permitem deduzir a ocorrência de árvores que produzem anéis espessos em determinado ano e anéis estreitos em anos posteriores. Da mesma forma, algumas árvores podem apresentar um comportamento contrário. A título de ilustração, a árvore 3 (Tabela 6), com anel de 9,7 mm de espessura em 1975 (EA6), formou um anel de apenas 1,0 mm dois anos depois (EA8). Concomitantemente, a árvore 14, com anel de 5,8 mm de espessura em 1975 (EA6), produziu um anel de 4,0 mm em 1977 (EA8).

Assim sendo, os efeitos do ritmo de crescimento diluem-se através dos sucessivos anéis de crescimento. Esse efeito de diluição, associado à presença de um volume de cerca de 20% de madeira cuja densidade não sofreu influência significativa do ritmo de crescimento, explicam a inexpressividade da correlação entre a densidade básica dos discos e as variáveis dendrométricas.

## 6. CONCLUSÕES

Da discussão dos resultados relativos ao ensaio I, pode-se concluir que:

1. Os modelos de regressão que consideram as variáveis altura e DAP conjuntamente são mais adequados para explicar a variação da densidade básica do que aqueles que as consideram individualmente.

2. O ritmo de crescimento e a densidade básica mostraram-se altamente correlacionados ( $R^2 = 0,5706$ ). A equação obtida foi:

$$db = 0,289020 - 0,008200 \text{ DAP} + 0,028349 h$$

sendo,

db = densidade básica, em  $\text{g/cm}^3$ ;

DAP = diâmetro à altura do peito, em cm;

h = altura, em m.

Depreende-se, da equação anterior, que as árvores mais altas e delgadas foram aquelas que produziram madeira mais densa, à altura do peito.

As análises relativas aos dados obtidos no ensaio II, revelaram que:

1. A espessura dos anéis de crescimento mostrou uma tendência decrescente no sentido da medula para a casca. Com relação a densidade, verificou-se uma tendência contrária, tendência essa mais acentuada para a densidade do lenho tardio do que para a do lenho inicial.

2. A análise da espessura dos anéis de crescimento permitiu estimar que o início da competição vegetal ocorreu por volta do 7º ano.

3. Como resposta ao desbaste, 67% das árvores da classe de altura inferior e 17% das árvores da classe intermediária apresentaram um aumento na densidade máxima do lenho tardio. Concomitantemente, 8% das árvores da classe intermediária e 30% daquelas da classe superior apresentaram uma redução na densidade máxima do lenho tardio. Todas as demais não evidenciaram um comportamento diferenciado em decorrência do desbaste.

4. Em termos médios por classe de altura, as espessuras dos anéis de crescimento diferenciaram-se estatisticamente a partir do 6º ano. Com relação à densidade dos

anéis, as médias começaram a diferenciar-se a partir do 8º ano.

5. As correlações, negativas, entre a densidade e a espessura dos anéis de crescimento mostraram-se significativas a partir do 5º ano.

6. Das regressões lineares que relacionam a densidade e a espessura dos anéis formados a uma mesma idade, regressões essas desenvolvidas para cada idade, pode-se deduzir que a influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira é função da idade. O parâmetro a e o coeficiente de determinação das regressões aumentaram e o parâmetro b decresceu linearmente até o ano anterior ao desbaste.

7. Em alguns anéis de crescimento, cerca de 60 a 70% da variação da densidade pode ser explicada pela variação da espessura dos mesmos.

8. Embora tenham-se encontrado correlações significativas entre a densidade e a espessura dos anéis formados a partir do 5º ano - que equivalem a cerca de 80% do volume dos discos - não se encontrou uma correlação expressiva entre a densidade básica dos discos e as variáveis dendrométricas das respectivas árvores. Essa baixa correlação pode ser parcialmente explicada pela presença da madeira constituinte dos primeiros anéis, em que o efeito do ritmo de crescimento foi inexpressivo, e pela diluição posterior desse efeito, uma

vez que as árvores que produzem os anéis mais espessos em determinado ano podem não fazê-lo nos anos seguintes.



## 7. LITERATURA CITADA

ASSMANN, E., 1970. *The Principles of Forest Yield Study*.  
Oxford, Pergamon Press. 506 p.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 1968. *Normas de ensaio*. São Paulo.

BALLONI, E.A., 1978. Fertilização mineral. *Boletim informativo*. IPEF, Piracicaba, 6(16): A1-A34.

BARRICHELO, L.E.G., 1979. Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira em *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. e Golf. para a produção de celulose kraft. Piracicaba, ESALQ/USP, 167 p. (Tese de Livre Docência).

BARRICHELO, L.E.G., 1980. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* - Principais interações entre as características da madeira e o rendimento e qualidade da celulose. *Circular técnica*. IPEF, Piracicaba, (86): 1-10.

BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, s.d. Correlações entre o teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. *Circular técnica*. IPEF. Piracicaba, (30): 1-6.

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. *Congresso Florestal Brasileiro*, Manaus, (3): 1-18.

BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, 1979. A utilização da madeira na produção de celulose. *Circular técnica*. IPEF, Piracicaba, (68): 1-16.

BRITO, J.O. e L.E.G. BARRICHELO, 1979. Aspectos florestais e tecnológicos da matéria-prima para carvão vegetal. *Circular técnica*. IPEF, Piracicaba, (67): 1-4.

BRITO, J.O. e L.E.G. BARRICHELO, 1980. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: 2. Densidade da madeira x densidade do carvão. IPEF, Piracicaba, (20): 121-6.

BRAZIER, J.D., 1976. The effect of forest practices on quality of the harvested crop. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 16, Oslo, 1976. *Proceedings*. Oslo, Norwegian Forest Research Institute, V. 4, p. 83-99.

- BURDON, R.D. e J.M. HARRIS, 1973. Wood density in radiata pine clones on four different sites. *New Zealand Journal of forest science*, Rotorua, 3(3): 286-303.
- COWN, J.D., 1971. Wood properties of *Pinus nigra*. In: FOREST RESEARCH INSTITUTE: *Report 1970*. Apud: FORESTRY ABSTRACTS, Oxford, 34(2).
- DADSWELL, H.E., 1957. *Tree growth characteristics and their influence on wood structure and properties*. Canberra, CSIRO, 18 p.
- EDLIN, H.L., 1965. The summerwood: springwood ratio in conifers. *Forestry*, London 38(1): 91-112.
- ELLIOTT, G.K., 1970. Wood density in conifers. *Technical communication*, CAB, Oxford, (8): 1-44.
- FERRAZ, E.S.B., 1976. Determinação da densidade de madeiras por atenuação de radiação gama de baixa energia. *IPEF*, Piracicaba, (12): 61-8.
- FERRAZ, E.S.B., 1981. Uso de técnicas nucleares no estudo das propriedades da madeira. Relatório técnico nº 1, Convênio CENA/CNEN/FINEP nº B/33/80/125/00/00.
- FERREIRA, C.A. e M. FERREIRA, 1969. Estudos preliminares sobre a variação da densidade da madeira das espécies do gênero *Pinus*: *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Pinus khasya* e *Pinus elliottii*. *O Solo*, Piracicaba, 61(2): 39-41.

- FIELDING, J.M., 1967. The influence of silvicultural practices on wood properties. In: ROMBERGER, J.A. e P. MIKOLA. *International review of forestry research*. New York, Academic Press. v. 2, p. 95-125.
- FOELKEL, C.E.B. e L.E.G. BARRICHELO, 1975. *Tecnologia de Celulose e Papel*. Piracicaba, CALQ, 207 p.
- FOELKEL, C.E.B., M. FERREIRA, J.H. NEHRING e M.B. ROLIM, 1975a. Variabilidade no sentido radial de madeira de *Pinus elliottii*. *IPEF*, Piracicaba, (10): 1-11.
- FOELKEL, C.E.B., L.E.G. BARRICHELO, A.C.B. AMARAL e C.F. VALLE, 1975b. Variações das características da madeira e propriedades da celulose sulfato de *Pinus oocarpa* em função da idade do povoamento florestal. *IPEF*, Piracicaba, (10): 81-7.
- FOELKEL, C.E.B., W. GARCIA, J.H. NEHRING, A.S. DINIZ e J.V. GONZAGA, 1980. *Pinus elliottii*: fibra longa para produção de celulose kraft. In: SIMPOSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RAPIDO CRESCIMENTO, Águas de São Pedro, 25-30 agosto. 50 p. (no prelo).
- GILMORE, A.R., 1970. Some factors related to wood specific gravity of shortleaf pine in southern Illinois. *Trans. Ill. St. Acad. Sci.* 63(4): 366-9.

GURGEL FILHO, O.A., 1953. Estudo do crescimento de algumas essências do cerrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 97 p. (Tese de Doutorado).

GURGEL FILHO, O.A., 1964. O comportamento florestal das coníferas exóticas. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, (3): 129-88.

GURGEL FILHO, O.A., 1980. Silveira da *Araucaria angustifolia* Bert O. Ktze. In: IUFRO: Problemas florestais do gênero *Araucaria*, Curitiba 21-28 outubro 1979: 29-68.

GURGEL FILHO, O.A. e L.M.B.A. GURGEL, 1970. Manejo do *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* sob o "C.C.T. Method". *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo. 7: 87-94.

GUTH, E.B., 1973/74. Variation in wood characters, both within and between individuals of *Pinus elliottii*. *IDIA: suplemento florestal*, Buenos Aires (8): 8-17. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 37(6), 1976.

HARRIS, J.M., 1963. The influence of environment on the wood density of radiata pine grown in New Zealand. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST GENETICS AND TREE IMPROVEMENT, 1, Stockholm, August 23-30, 1963. *Proceedings*. Rome, FAO, cap. 7/3, p. 1-9.

HARRIS, J.M., R.N. JAMES e M.J. COLLINS, 1976. Case for improving wood density in radiata pine. *New Zealand Journal of forestry science*, Rotorua, 5(3): 347-54.

- HEGER, L., 1974. Longitudinal variation of specific gravity in stems of black spruce, balsam fir and lodgepole pine. *Canadian journal of forest research*, Ottawa, 4(30): 321-6.
- HENDERSON, J. e J.A. PETTY, 1972. A comparison of wood properties of coastal and interior provenances of lodgepole pine *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. *Forestry*, London, 45(1): 49-57.
- HIGA, A.R., P.Y. KAGEYAMA e M. FERREIRA, 1973. Variação da densidade básica da madeira de *P. elliottii* var. *elliottii* e *P. taeda*. *IPEF*, Piracicaba, (7): 79-89.
- JACOB, W.S. e E.A. BALLONI, 1978. Efeitos da fertilização na qualidade da madeira. *Boletim informativo*. *IPEF*, Piracicaba, 6(20): C1-C13.
- JANKOWSKY, I.P., 1979. Madeira juvenil, formação e aproveitamento industrial. *Circular técnica*. *IPEF*, Piracicaba (81): 1-18.
- JOHNSTONE, W.D., 1970. Some variation in specific gravity and moisture content of 100-year-old lodgepole pine trees. *Information report*. *Forest Research Laboratory*, Edmonton (A-X-19), 1970. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 32(1), 1971.

- JUVILLAR, J.B., 1979. O carvoejamento da madeira e seus reflexos na qualidade do carvão: qualidade da madeira. *Circular técnica. IPEF, Piracicaba, (64): 1-6.*
- KALINKOV, V. e G.I. GEORGIEV, 1979. Effect of altitude on the wood structure of scots pine in the Rila mountains. *Gorskostopanska Nauka, Bulgaria, 16(4): 71-80.* Apud: *Forestry Abstracts, Oxford, 41(10).* 1980.
- KANO, T. e H. SAITO, 1970. On the selection, in respect of the basic density, in japanese red pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) wood. *J. Jap. Wood Res. Soc., 16(7): 305-9.* Apud: *Forestry abstracts, Oxford, 33(1).* 1972.
- KLEM, G.S., 1968. Quality of wood from fertilized forests. *TAPPI, Atlanta, 51(11): 99A-103A.*
- KOCH, P., 1972. *Utilization of the southern pines.* Washington, U.S. Department of Agriculture Forest Service. 2 v.
- KOLLMANN, F.F.P. e W.A. CÔTÉ JR., 1968. *Principles of wood science and technology.* New York, Springer-Verlag. 2 v.
- KOZLOWSKI, T.T., 1971. *Growth and development of trees.* New York, Academic Press. 2 v.
- KRAMER, P.J. e T.T. KOZLOWSKI, 1972. *Fisiologia das árvores.* Lisboa, Calouste Gulbenkian. 745 p.
- KRAMER, P.J. e T.T. KOZLOWSKI, 1979. *Physiology of woody plants.* New York, Academic Press. 811 p.

- LARSON, P.R., 1957. Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of slash pine. *Bulletin. Yale University. School of Forestry, New Haven*, (63): 1-89.
- LARSON, P.R., 1963. Evaluating the environment for studies of the inheritance of wood properties. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST GENETICS AND TREE IMPROVEMENT, 1, Stockholm, August 23-30, 1963. *Proceedings*. Rome, FAO. Cap. 7/1, p. 1-6.
- LARSON, P.R., 1969. Wood formation and the concept of wood quality. *Bulletin. Yale University. School of Forestry, New Haven* (74): 1-53.
- LARSON, P.R., 1973. The physiological basis for wood specific gravity in conifers. In: IUFRO MEETING, 5, 1973. *Proceedings*. Pretoria, v. 2, p. 672-80.
- LEMA, C.N., M.M. KITALI e G.S. KLEM, 1978. Basic density and its variation within and between trees of pine (*Pinus patula*) and cypress (*Cupressus lusitanica*) in the Meru Forest Project. Morogoro, University Dar es Salaam. (3). 11 p. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 41(5). 1980.
- MATTHEWS, J.D., 1963. Some applications of genetics and physiology in thinning. *Forestry*, London, 36(2): 172-180.



- MATZIRIS, D.I. e B.J. ZOBEL, 1973. Inheritance and correlations of juvenile characteristics in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Silvae Genetica*, Frankfurt, 22(1-2): 1-52.
- MEYER, B.S. e D.B. ANDERSON, 1952. *Plant physiology* 2 ed. New York, D. Van Nostrand. 784 p.
- MITCHELL, H.L., 1956. Breeding for high-quality wood. *USDA Forest Research Paper. Forest Products Laboratory, Madison, (2050):1-13.*
- MOREIRA, C.S., 1964. Contribuição ao estudo da eficiência de pequenos fornos na produção de carvão vegetal destinado a alto forno. Piracicaba, ESALQ/USP, 98 p. (Tese de Doutorado).
- NICHOLLS, J.W.P., 1971. The effect of environmental factors on wood characteristics: 2. *Silvae genetica*, Frankfurt, 20(3): 53-100.
- NYLINDER, P., 1973. Wood quality and fibre product. In: IUFRO MEETING, 5, 1973. *Proceedings*. Pretoria, v. 2, p. 832-44.
- PANSHIN, A.J. e C. de ZEEUW, 1970. *Textbook of wood technology*. 3. ed. New York. Mc Graw-Hill. 705 p.

- PEARSON, R.G. e R.C. GILMORE, 1971. Characterization of the strenght of juvenile wood of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Forest products journal*, Madison, 21(1): 23-31.
- RECK, S., 1969. Controlling growth rate and wood density within conifer species by means of genetical selection and intensive culture. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 2, Washington, August 7-16, 1969. *Proceedings*. Rome, FAO, cap. 12/2, p. 1-7.
- RISI, J. e E. ZELLER, 1960. Specific gravity of the wood of black spruce (*Picea mariana* Mill) grown on a Hylocomium-cornus site type. *Forest research foundation. Laval University* (6): 1-70.
- SCARAMUZZI, G., 1965. The relationships of fibre wall thickness, fibre diameter, and percentage of summerwood (late wood) to specific gravity. In: IUFRO MEETING OF WORKING GROUPS ON WOOD QUALITY, SAWING AND MACHINING, WOOD AND TREE CHEMISTRY, Melbourne, October 4-5, 1965. *Proceedings*. Melbourne, CSIRO, 8 p.
- SCHNIEWIND, A.P., 1961. The effect of site and other factors on specific gravity and bending strength of California red fir. *Forest Science*, Madison, 7(2): 106-15.
- SELLERS, Jr. T., 1962. Factors influencing the wood quality of plantation-grown slash pine. *Forest products journal*, Madison, 12(9): 443-6.

- SPURR, H.S. e W. HSIUNG, 1954. Growth rate and specific gravity in conifers. *Journal of forestry*, Washington, 52 (3): 191-200.
- STONECYPHER, R., F.C. CECH e B.J. ZOBEL, 1964. Inheritance of specific gravity in two and three-year-old seedlings of loblolly pine. *TAPPI*, Atlanta, 47(7): 405-7.
- STRICKLAND, R.K. e R.E. GODDARD, 1966. Correlation studies of slash pine trachied length. *Forest science*, Washington, 12(1): 54-62.
- TATARANU, D., 1973. Influence of some environmental factors on the anatomical structure and density of the wood of *Pinus nigra* seedlings. *Revista Padurilor*, 88(12): 648-655. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 35(11). 1974.
- THOR, E. e A.L. BATES, 1973. Relationships of site and radial growth with wood specific gravity and extractives in eastern white pine. *Journal of the Tennessee Academy of Science*, 48(1): 5-9. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 35(3). 1974.
- TOMASELLI, I., s.d. *Utilização da madeira*. Curitiba, UFP/ Setor de Ciências Agrárias. 11 p. (mimeografado).
- TROVATTI, L.R., 1982. Resposta da densidade dos anéis de crescimento de *Pinus oocarpa* Schiede aos fatores climáticos. ESALQ/USP, Piracicaba, 99 p. (Tese de Mestrado).

- UPRICHARD, J.M., 1970. Pulps from New Zealand grown *Pinus patula* and *P. taeda*. *Appita*, Melbourne, 24(1): 52-9.
- VAN BUIJTENEN, J.P., 1963. Inheritance of wood properties and their relation to growth rate in *Pinus taeda*. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST GENETICS AND THEIR IMPROVEMENT, 1, Stockholm, August 23-30, 1963. *Proceedings*. Rome, FAO. cap. 7/2, p. 1-14.
- VAN BUIJTENEN, J.P., 1969. Controlling wood properties by forest management. *TAPPI*, Atlanta, 52(2): 257-9.
- VAN DER SIJDE, H.A., 1976. Wood density and growth rate of *Pinus elliottii* and *Pinus taeda* clones planted on two sites in the Eastern Transvaal. *South African forestry journal*, Johannesburg, (98): 48-51.
- VAN DER SLOOTEN, H., 1977. A importância da densidade da madeira na produtividade florestal. *Comunicação técnica*. PRODEPEF, Brasília (13): 1-8.
- VEIGA, A.A., 1975. Balanços hídricos das dependências da Divisão de Florestas e Estações Experimentais. Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo. 66 p. (mimeografado).
- VOORHIES, G., 1969. Specific gravity studies of young-growth southwestern ponderosa pine. *Forest products journal*, Madison, 19 (6): 45-6.

- WAHLGREN, H.E. e D.L. FASSNACHT, 1959. Estimating tree specific gravity from a single increment core. *USDA. Forest Service. FPL research paper*, Madison (2146): 1-25.
- YAO, J., 1972. On volumetric shrinkage, specific gravity, and fiber saturation point of loblolly pine wood. *Wood Science*, Madison, 4(3): 171-7.
- ZOBEL, B.J., 1978. A review of the contributions on wood quality. In: WORLD CONSULTATION OF FOREST TREE BREEDING, 3, Canberra, March 21-26, 1977. *Proceedings*. Canberra, CSIRO. v. 1, p. 143-6.
- ZOBEL, B.J. e R.R. RHODES, 1955. Relationship of wood specific gravity in loblolly pine to growth and environmental factor. *Texas Forest Service technical reprint*, (11): 1-32.