

# AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS FATORES IDADE E SÍTIO NA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Pinus taeda* NAS REGIÕES CENTRAL E SUDOESTE DO ESTADO DO PARANÁ

Denise Jeton Cardoso<sup>1</sup>  
Sebastião do Amaral Machado<sup>2</sup>  
Nelson Carlos Rosol<sup>3</sup>  
Dartagnan Baggio Emerenciano<sup>4</sup>

## SUMMARY

*The data for this research came from 137 plots with 600m<sup>2</sup> of area, located in Pinus taeda stands, planted in the State of Paraná, with ages, ranging from 4 to 27 years old.*

*The objectives were to analyse the effect of age and site on the height-diameter relationship, and to search for the best number of pair of values height-diameter for fitting such relationship.*

*The standard error of estimate, and the analysis of residuals were used as a criteria to select the best model to fit this relationship. The analysis of covariance revealed a greater influence of age and site on the intercepts than on the slopes of the regression lines. The results showed also that 30 to 40 pairs of values are enough to fit the height-diameter curve.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em inventários florestais, tem-se quase sempre como objetivo principal a obtenção de estimativas de volume, sendo para isso muito utilizadas as equações de volume, que são ajustadas em função do DAP e da altura. A obtenção destas duas variáveis é, portanto, operação das mais importantes.

O DAP é uma variável relativamente rápida e precisa de se medir, enquanto a medição da altura, embora também forneça resultados precisos, constitui-se numa tarefa dispendiosa devido ao tempo gasto. Assim, tem sido muito frequente o uso das equações hipsométricas, que são ajustadas usando algumas medições de altura da parcela e os respectivos DAPs, tornando-se um método mais econômico e muitas vezes de resultados tão precisos quanto os obtidos da medição de todas as alturas de uma parcela.

Porém, o que ainda não está muito definido é o número de medições de altura a ser coletado para gerar uma curva de altura em função do diâmetro, que permita estimativas a um certo nível de precisão, obrigando o técnico ou pesquisador, muitas vezes a proceder nova coleta de dados.

Sobre este assunto, pode-se citar LOETSCH et alii<sup>7</sup>. Segundo estes autores uma amostra de medições para elaboração de uma curva de altura visa obter o mesmo número de medições de altura para cada classe diamétrica. Porém, a seleção de um

número fixo de árvores por classe nunca está livre de influências subjetivas, sendo este procedimento raramente utilizado. O que se pode fazer é, por exemplo, em parcelas circulares para amostragem do diâmetro, estabelecer círculos concêntricos menores para tomar medições de altura. Dessa maneira, as medições de altura são obtidas em proporção a frequência diamétrica.

Os mesmos autores citam ainda que, se a amostragem de altura foi feita de maneira objetiva e as medições foram tomadas livres de tendenciosidade, a precisão das curvas de altura depende da dispersão da "nuvem" de pontos e do número de alturas medidas.

KORSUN<sup>5</sup> citado por ANUCHIN<sup>1</sup>, baseado em medições de mil árvores num povoamento de "Spruce" (*Picea* sp) com 55 anos de idade, conclui que para povoamentos equiâneos desta espécie é suficiente medir a altura de duas árvores em diferentes partes do povoamento para cada classe diamétrica.

DIMITROV & VICHIEV<sup>4</sup> que trabalharam com povoamentos de "Scots pine" (*Pinus sylvestris*), concluíram que para a curva de altura seriam necessárias apenas três ou quatro medições dessa variável em cada classe diamétrica.

BRUCWALD<sup>2</sup> em seus estudos sobre a relação hipsométrica também em povoamentos de *Pinus sylvestris*, concluiu que a medição de vinte a trinta árvores é suficiente para a construção da curva de altura e com este número de árvores o erro padrão

1 Engenheira Florestal, M.Sc. pela UFPr.

2 Professor Titular do Curso de Engenharia Florestal da UFPr, Eng<sup>o</sup>. Florestal, M.Sc., Ph.D., Pesquisador do CNPq.

3 Professor Adjunto do Curso de Engenharia Florestal da UFPr, Eng<sup>o</sup>. Florestal, M.Sc.

4 Professor Adjunto do Curso de Engenharia Florestal da UFPr, Eng<sup>o</sup>. Florestal, M.Sc., Dr.

5 KORSUN, F. Procento kury a vetví u smrku zvlátní otisk z časopisu. Lesnická práce, roc XIX. 1940.

está em torno de 1%.

PRODAN<sup>6</sup> citado por ANUCHIN<sup>1</sup> e por LOETSCH et alli<sup>7</sup> testou a precisão de construção de curvas de altura. Segundo ele, um erro padrão de 1% requer 169 medições para um coeficiente de variação de 10%.

Já quanto aos modelos matemáticos que podem adequar-se a relação hipsométrica muitas pesquisas foram desenvolvidas, e surge também, a preocupação quanto a utilização ampla desses modelos considerando-se fatores importantes como: idade e sítio.

BURKHART & STRUB<sup>7</sup> citados por SCHMIDT<sup>8</sup> num estudo de simulação para povoamentos de *Pinus taeda*, concluíram que o modelo citado por CURTIS define bem a relação hipsométrica e verificaram que a intersecção é expressa em função da idade do povoamento e da altura dominante e que o coeficiente de inclinação é função do número de árvores e também da idade.

Segundo SCHMIDT<sup>8</sup>, a influência dos fatores idade e qualidade de sítio é maior no coeficiente de intersecção do que no coeficiente de inclinação. Seus resultados levaram a concluir que a intersecção é função dos parâmetros altura e diâmetro dominante, enquanto a inclinação é função dos parâmetros  $1/G$  e  $\log(G)$  (onde  $G$  = área basal).

Para LOETSCH et alli<sup>7</sup>, a relação altura-diâmetro depende muito da posição sociológica da árvore no povoamento e difere para cada classe. Povoamentos jovens equiâneos, mostram uma curva relativamente íngreme, enquanto em sítios mais pobres estas curvas são muito mais planas. Além disso, a inclinação da curva é também em grande parte uma característica das espécies.

Os mesmos autores comentam ainda que em florestas multiâneas a curva de altura é muito mais íngreme do que em florestas equiâneas. Curvas de altura para idades crescentes não se desenvolvem como extensão uma da outra, ao contrário do que ocorre em povoamentos em classe normal de manejo, em que uma única curva representa a relação altura-diâmetro. É observado também que quando uma certa idade, característica da espécie e do sítio foi alcançada, o crescimento em altura e diâmetro é muito reduzido e mudanças na curva de altura tornam-se muito pequenas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### ORIGEM DAS INFORMAÇÕES

O trabalho foi conduzido utilizando medições

de povoamentos de *Pinus taeda* L., que até 1980 apresentavam uma área programada de 161.025,71 ha de um total de 783.989,65 ha, referentes ao Estado do Paraná, sendo a espécie de maior percentual de participação (IBDF<sup>6</sup>).

A maioria dos dados utilizados neste trabalho foi coletada durante o Inventário Florestal Nacional em 1980, totalizando 109 parcelas distribuídas nas macrorregiões II e III (FIGURA 1), abrangendo o centro e o sudoeste do Estado do Paraná. Para obter representatividade nas classes de idade maior (acima de 15 anos) foram também incluídas oito parcelas medidas na região de Ponta Grossa e vinte na região da Floresta Nacional de Irati.

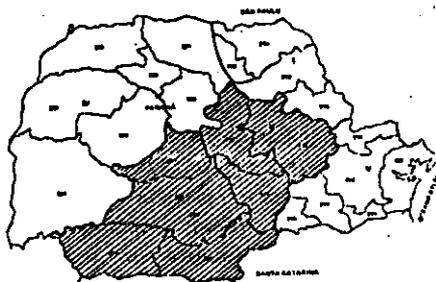


FIGURA 1: Divisão do Estado do Paraná em micro-regiões administrativas e macrorregiões de trabalho. Fonte: IBDF - Inventário Florestal Nacional - Reforestamento PR/SC

### TAMANHO DAS PARCELAS E SEU CONTEÚDO

Cada parcela tem 600 m<sup>2</sup> (20 m X 30 m) e contém as seguintes informações: idade do povoamento, DAP<sup>9</sup> de todas as árvores, altura de 20 a 30 árvores, médias de altura e DAP das seis árvores mais grossas ( $h_{dom}$  e  $d_{dom}$ ), diâmetro médio  $d_g$ , altura e DAP médios, número de árvores e área basal por hectare.

### PROCESSAMENTO

Os processos de gravação, classificação e processamento dos dados foram realizados por programas em BASIC. A parte gráfica (plotagem de resíduos) inicialmente foi feita pelo pacote STATPACK, versão 3.1 da Northwest Analytical que é também em BASIC e posteriormente utilizou-se o CHARTSTAR, da MicroPro.

### CLASSIFICAÇÃO DAS PARCELAS

O primeiro passo para que se pudesse obter algum resultado deste conjunto de dados, foi agrupar as parcelas por idade, criando arquivos que

6 PRODAN, M. Holzmesselehre. Frankfurt/M., 1965. 644 p.

7 BURKHART, H.E. e STRUB, M.R. Dry weight field estimates to loblolly pine: a comparison of two techniques. In: IUFRO BIOMASS STUDIES, Nancy, 1973. Paper presented. Maine, College of Science and Agriculture, s.d. p. 29-64.

contivessem pares de valores diâmetro-altura. É importante comentar que, de cada parcela, as duas primeiras medições de diâmetro e altura foram armazenadas num outro arquivo para posterior cálculo de diferença agregada (ou teste de acuracidade).

É sabido que agrupar dados por idade, como foi feito, incorre numa certa margem de erro, já que a idade foi contada sem considerar o mês do ano em que o plantio foi realizado. Porém esta é apenas uma análise preliminar cuja finalidade é a de verificar a distribuição das parcelas ao longo de uma certa amplitude de idades (ver TABELA 1).

Posteriormente, grupos maiores formados por classes de idade possibilitaram então, a análise do fator sítio.

#### AJUSTE E ESCOLHA DOS MODELOS

Os modelos de relação hipsométrica adotados são lineares (ou linearizáveis) e aplicou-se o método dos mínimos quadrados para o ajuste dos mesmos.

Os critérios para a escolha do melhor modelo obedecem a seguinte ordem: inicialmente análise do erro padrão da estimativa e coeficiente de determinação, e especial atenção é dada a distribuição dos valores residuais. Obviamente são incluídos outros critérios não tão fortes indicadores do modelo mais adequado, que também ajudam a decisão (teste F, t parcial e teste da diferença agregada).

#### COMPARAÇÃO ENTRE LINHAS DE REGRESSÃO

O teste utilizado para esta fase foi a análise de covariância, descrita por FREESE<sup>5</sup>. Esse teste quando aplicado para modelos lineares simples, consiste em verificar diferenças significativas entre inclinações e intersecções. Testa-se inicialmente a hipótese da diferença não significativa entre inclinações e se for verdadeira, testa-se também a hipótese da diferença não significativa entre intersecções. Quando ambas as hipóteses são verdadeiras, assume-se que uma única equação de regressão pode ser ajustada ignorando a diferença entre grupos.

#### ANÁLISE DO FATOR IDADE

Para análise deste fator optou-se por trabalhar inicialmente com os grupos de idade mostrados na TABELA 1, ou seja, cada idade considerada como um grupo. Sabe-se que tal procedimento também incorre em erros, já que a definição da idade do plantio é dada apenas pelo ano em que o plantio foi iniciado, podendo a idade ser aproximada para até um ano a mais conforme o mês do plantio. Porém este problema tende a ser solucionado quando do agrupamento das idades seguindo os resultados da

análise de covariância.

Convém lembrar ainda que, em todas as parcelas de idade superior a 8 anos já havia ocorrido desbaste. E especificamente as parcelas medidas em povoamentos de 8 anos já desbastados foram separadas das demais para que a densidade não influenciasse esta análise (e também a do fator sítio).

#### Modelos de relação hipsométrica

Os modelos testados nesta fase foram:

- |   |            |
|---|------------|
| (1) $h = b_0 + b_1 \ln d$                 | HENRICKSEN |
| (2) $h = b_0 + b_1 d^2$                   |            |
| (3) $h = b_0 + b_1 1/d$                   |            |
| (4) $h = b_0 + b_1 1/d + b_2 1/d^2$       |            |
| (5) $\ln h = b_0 + b_1 1/d$               | CURTIS     |
| (6) $\ln h = b_0 + b_1 1/d + b_2 1/d^2$   |            |
| (7) $\ln h = b_0 + b_1 \ln d$             | STOFFELLS  |
| (8) $d^2/(h-1,3) = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$ | PRODAN     |
| (9) $d^2/h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$       |            |

Foram também acrescentados modelos que incluem razão por altura dominante em todos os termos da equação, ou apenas no primeiro termo:

- |  |
|--|
| (10) $h/h_{dom} = b_0 + b_1 (\ln d)$                     |
| (11) $h/h_{dom} = b_0 + b_1 (\ln d)/h_{dom}$             |
| (12) $h/h_{dom} = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$                 |
| (13) $h/h_{dom} = b_0 + b_1 d/h_{dom} + b_2 d^2/h_{dom}$ |

A inclusão da altura dominante nos modelos é devido ao fato de ser uma informação medível durante todo o ciclo de vida de um povoamento, pois árvores dominantes destacam-se desde a idade jovem e permanecem no povoamento até o corte final. Além disso, o valor da altura dominante pode exprimir a qualidade do sítio, absorvendo também eventuais variações causadas pela densidade.

Com a aplicação de um destes modelos (10 a 13), passa-se a ter para uma mesma idade um feixe de linhas, sendo uma para cada altura dominante, e espera-se assim absorver algumas fontes de erro para as estimativas.

#### ANÁLISE DO FATOR SÍTIO

Para a análise da influência do sítio na relação hipsométrica foi utilizada a classificação em sítios descrita por SCOLFORD & MACHADO<sup>9</sup>, que permite gerar curvas de índices de sítio para a idade de referência 20 anos e cuja forma é dada por:

$$h_{dom} = 1,3506047.IS(1-\exp(-0,072.I))^{1,1115}$$

onde:

$h_{dom}$  = altura dominante  
 IS = índice de sítio  
 I = idade

O trabalho na forma original considera cinco classes de sítio. Ao verificar que a distribuição das parcelas nestas classes ficaria muito dispersa, preferiu-se trabalhar com apenas três classes, esperando que assim fossem verificadas diferenças mais significativas entre as mesmas. Os novos limites das classes são dados na TABELA 2.

As parcelas foram então reagrupadas por sítio, considerando as classes de idade definidas quando feita a análise deste fator. Verificou-se boa representatividade para a classe de sítio II, enquanto as classes I e III ficaram sem representação para alguns grupos de idade.

### ANÁLISE DA PRECISÃO DE CURVAS DE ALTURA PARA DIFERENTES TAMANHOS DE AMOSTRA

A determinação do número de observações ideal para o ajuste de uma equação hipsométrica parece ter muita relação com uma coleta de dados representativa de toda amplitude diamétrica.

Por isso, ao testar diferentes números de observações tomou-se por base uma classificação de DAP, definida por proporções do erro padrão da estimativa somadas ou subtraídas ao diâmetro médio. A partir daí criou-se um critério sistemático de seleção que estabelece uma amostragem de intensidade crescente nos limites inferior e superior e nos centros de cada classe.

O grupo de dados escolhido para os testes foi o da classe de idade 7-8 anos, sítio II e o critério de seleção já descrito só pode ser aplicado para as cinco classes centrais, já que as classes dominada (-3s) e dominante (+3s) continham apenas uma árvore cada uma (TABELA 3).

Note-se que o número de árvores por classe não é sempre o mesmo pois o critério estabelecido faz com que sejam selecionadas prioritariamente as árvores representativas dos centros e limites das classes e na inexistência destas ou na existência de duas com o mesmo valor, ocorrem pequenas diferenças.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISE DO FATOR IDADE

São mostrados na TABELA 4, os estimadores de ajuste e precisão para os modelos 1 a 9 (em algumas das idades, haja visto que representam o comportamento das demais) numa análise preliminar. Os valores de  $s_{yx}$  e  $s_{yx}\%$  para os modelos 8 e 9 que usam como variável dependente  $d^2/h$  foram recalculados para efeito de comparação. Os valores de  $R^2$  e  $F$  para estes dois modelos, embora sempre muito superiores aos dos demais modelos, não foram considerados como indicadores

do melhor modelo.

Nota-se nesta tabela os baixos valores de  $R^2$  encontrados em algumas idades, atingindo até mesmo valores muito inferiores a 0,40. A explicação mais aceitável para este fato deve ser a de que num conjunto muito grande de dados, que contém informações de várias parcelas, é comum a existência de muitas árvores com o mesmo diâmetro, mas com uma variação muito grande de altura, ao longo de toda a amplitude diamétrica.

Para idades acima de 15 anos, com a existência de um grande número de árvores dominantes e co-dominantes, em que a amplitude de diâmetro é pequena e além disso não há muita variação quanto a altura das árvores, tem-se uma situação em que não há boa correlação entre DAP e altura. Nestes casos também são encontrados baixos valores de  $R^2$ , descartando até mesmo a possibilidade do uso de modelos ajustados.

Com estas observações, convém apenas acrescentar que não se recomenda utilizar unicamente o  $R^2$  como indicador do melhor modelo.

Já quanto ao erro padrão da estimativa, os valores em percentagens para os modelos testados oscilaram entre 4 e 17%, considerando as idades de modo geral. Estes valores poderiam ser considerados aceitáveis para equações hipsométricas. No entanto é conveniente lembrar que trata-se de um valor médio, e como tal, pode representar não somente uma situação de estimativas sem tendenciosidade ao longo de toda distribuição, mas também uma situação de sub-estimativas na primeira metade da distribuição e super-estimativas na segunda metade ou vice-versa.

Os maiores valores de  $F$  contribuíram na escolha de modelos, quando a diferença entre valores de erro padrão da estimativa era muito pequena.

O teste da diferença agregada serviu apenas para confirmar a escolha dos modelos mais adequados, não interferindo diretamente nesta escolha.

Depois de analisados esses estimadores de ajuste e precisão observou-se que os modelos logarítmicos e semi-logarítmicos 1, 5 e 7 forneceram os melhores resultados. Destacou-se também o modelo de Prodan, em especial quando não foi incluída a constante 1,30 (modelo 9).

Desta maneira, foram descartados os demais modelos e considerados apenas estes quatro modelos para a análise dos outros fatores. Tem-se então:

- (1)  $h = b_0 + b_1 \ln d$
- (2)  $\ln h = b_0 + b_1 1/d$
- (3)  $\ln h = b_0 + b_1 \ln d$
- (4)  $d^2/h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$

Feita a análise gráfica dos resíduos para estes

modelos, verificou-se tendenciosidade nas estimativas em maior ou menor grau, conforme o grupo de dados. A tendência verificada foi a de sub-estimativas nas alturas menores e super-estimativas nas maiores. Nem mesmo o modelo 4 (acima) apresentou resultado melhor como era o esperado, já que a razão "d<sup>2</sup>/h" e a inclusão de mais de uma variável independente poderia tornar a distribuição dos pontos mais constantes ao longo da linha zero.

Atribui-se todos estes resultados a heterogeneidade dos grupos de dados que contém parcelas de diferentes sítios e de diferentes tratamentos silviculturais (época e intensidade de desbaste).

#### INCLUSÃO DA ALTURA DOMINANTE NOS MODELOS HIPSOMÉTRICOS

Com o objetivo de minimizar os erros até então encontrados, incluiu-se a altura dominante em alguns dos modelos (10, 11, 12 e 13 já citados).

De um modo geral, os dois modelos que usam a razão por altura dominante apenas no primeiro termo (10 e 12):

$$(10) h/h_{dom} = b_0 + b_1 (\ln d)$$

$$(12) h/h_{dom} = b_0 + b_1 d + b_2 d^2,$$

e também o modelo 13 que usa a razão por altura dominante em toda a equação:

$$(13) h/h_{dom} = b_0 + b_1 d/h_{dom} + b_2 d^2/h_{dom}$$

apresentaram bons resultados (TABELA 5). Destacam-se os modelos 10 e 13 com os melhores valores de syx e syx %, e em especial o modelo 10, cujos valores de F são quase sempre superiores. Isto pode ser um bom indicativo para a escolha deste modelo.

Convém lembrar ainda, que um modelo com mais de uma variável independente (entenda-se mais de um termo independente) tende a ser mais flexível, abrangendo toda e qualquer pequena variação na distribuição dos dados. Este fato não é interessante para o que se quer analisar, pois diferenças significativas entre curvaturas poderiam não retratar a realidade do comportamento dos dados. Descartou-se portanto, o modelo 13 e optou-se pelo modelo 10, acima citado.

#### COMPARAÇÃO ENTRE LINHAS DE REGRESSÃO

Escolhido o modelo, procedeu-se a análise de covariância para comparar as linhas de regressão por grupo de idade.

De acordo com os resultados desse teste (TABELA 7), não há uma caracterização de grupos bem definida por intervalos de desbaste, como seria

conveniente para aplicação de modelos hipsométricos. Além disso, os testes acusaram a possibilidade de agrupar idades não consecutivas, por exemplo: idades 10 com 11, 10 com 12 mas não 11 com 12 (TABELA 6). Seguiu-se então o critério de agrupar somente por sequência de idade.

A influência da idade nas linhas de regressão é mais nítida quando analisadas as interseções das mesmas (coeficiente b<sub>0</sub>), que estão muito correlacionadas a amplitude de valores de altura dominante. Conforme FIGURA 2, verifica-se que o comportamento das linhas médias por grupo de idade obedece a uma sequência crescente, quase sempre bem espaçada.

Já o coeficiente de inclinação (b<sub>1</sub>) tem seu efeito mascarado pelo uso da altura dominante, especialmente quando analisa-se as idades de 4 a 6 anos, em que a inclusão desta variável não teve bom resultado. Nestas idades, o crescimento das árvores em alturas é muito acentuado e as linhas de regressão tenderiam a ser mais íngremes se comparadas as idades em que ocorre estagnação do crescimento. O que ocorre com o uso da razão "h/h<sub>dom</sub>" é que toda a "nuvem de pontos" é abrangida por um feixe de linhas pouco inclinadas, enquanto o uso do modelo comum (1) é representado por uma única linha mais íngreme (FIGURA 3).

Para as demais idades, acredita-se que a inclinação das linhas não está mais tão ligada a idade, e sim ao tratamento destinado ao povoamento. Linhas mais íngremes podem acusar desbastes recentes e em contrapartida, linhas menos íngremes podem denunciar falta de desbaste. Neste caso, a inclinação estaria em função da densidade do povoamento, o que vem de encontro as conclusões feitas por SCHMIDT<sup>8</sup>.

Outro aspecto a ser considerado é o desempenho das equações ajustadas por grupos de idade. FREESE<sup>5</sup> comenta que quando as interseções são comuns os resíduos serão superiores aos obtidos onde cada grupo assume uma interseção, obviamente por força dos dados a ter uma interseção comum. Quando usa-se a altura dominante este efeito é minimizado, pois ao invés de uma única interseção, existirão tantas interseções quantos forem os valores de altura dominante (b<sub>0</sub>.h<sub>dom</sub>).

#### 4. ANÁLISE DO FATOR SÍTIO

##### ESTABELECIMENTO DAS CLASSES DE SÍTIO

Segundo a classificação de sítio proposta por SCOLFORD & MACHADO<sup>9</sup>, estabeleceram-se os sub-grupos para análise deste fator (TABELA 8). Sub-grupos cuja representatividade foi muito pequena, e que, depois de submetidos ao ajuste dos

modelos apresentaram valores de F não significativos a análise de covariância.  
ao nível 0,05 de probabilidade, não foram submetidos

FIGURA 2: Comportamento das linhas médias para algumas classes de idade, obtidas com o modelo (10).

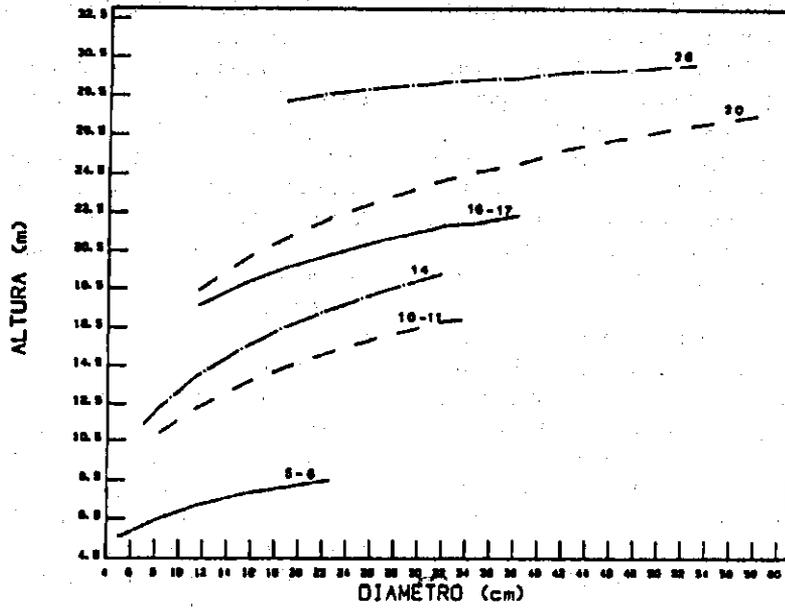
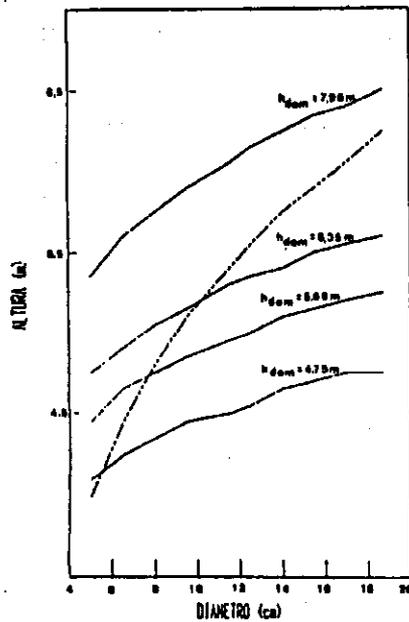


FIGURA 3: Linhas de regressão para a idade 4 anos com o modelo (10) (uma para cada altura dominante - linhas cheias) e com o modelo (1) (linha tracejada).



## AJUSTE DOS MODELOS

Os modelos testados nesta fase foram os quatro selecionados na fase inicial da análise da idade e os resultados constam na TABELA 9. Novamente a escolha do modelo mais adequado foi bastante difícil, especialmente ao analisar os gráficos dos resíduos. Verificou-se tendenciosidade em todos os sub-grupos sendo em alguns, bastante acentuada.

Nota-se pela TABELA 9, valores bastante elevados de  $F$  e  $R^2$  para o modelo 4, o que poderia levar a crer que este fosse o melhor modelo. No entanto, os valores de  $s_{yx}$  e  $s_{yx}\%$  para os dados retransformados assemelham-se aos dos demais modelos, sendo em alguns casos até superiores. A análise gráfica dos resíduos para a maioria dos sub-grupos também não apresenta melhoras com o uso desse modelo.

Considerando também o fato de que modelos pouco flexíveis podem apresentar resultados mais nítidos para análises como esta, procedeu-se a escolha do modelo mais adequado para cada grupo de idade excluindo o modelo 4 e desconsiderando as classes de sítio cujos modelos apresentaram valor de  $F$  não significativo ou  $R^2$  próximo de zero (TABELA 10).

## COMPARAÇÃO ENTRE LINHAS DE REGRESSÃO

Conforme TABELA 11 e também FIGURAS 4 e 5, verifica-se que para a maioria das idades não há efeito do sítio na inclinação das linhas de regressão, existindo sim um efeito acentuado na intersecção. Porém, a exceção das idades 7 e 8 anos, nas demais idades em que a diferença entre inclinações foi considerada significativa (5-6, 14 e 20), é nítida a situação de que em sítios bons a linha é mais íngreme se comparada a linha para sítio ruim.

Nota-se também tendência crescente das linhas do pior ao melhor sítio em cada classe de idade, o que confirma a aplicabilidade da classificação de sítios utilizada.

## ANÁLISE DA PRECISÃO DE CURVAS DE ALTURA PARA DIFERENTES TAMANHOS DE AMOSTRA

Conforme os resultados apresentados na TABELA 12, foi escolhido o modelo 3 (TABELA 13), por apresentar o menor erro padrão da estimativa em quase todos os conjuntos de dados. Além disso, este foi o modelo escolhido para a análise do sítio nesta classe de idade.

O comportamento dos valores de erro padrão da estimativa para diferentes números de pontos (FIGURA 6 e 7) leva a concluir que o uso de 30 a 40 pontos deve produzir estimativas mais precisas, para este conjunto de dados.

A mudança brusca na tendência dos valores de  $s_{yx}$  a partir do conjunto de 61 pontos deve ser devida a inclusão de pontos cujos valores de DAP eram quase sempre repetitivos e cujos valores de altura apresentavam muita variação, alterando muito a altura média. Isto explica também a decréscimo dos valores de  $R^2$ , confirmando as considerações feitas na análise do fator idade.

Os resultados obtidos nesta fase não podem ser extrapolados para outras situações, pois é possível que para conjuntos de dados homogêneos, um número de pontos inferior a 30 conduza a estimativas de boa precisão. Isto pode ser verificado desde que se tenha medições bem distribuídas ao longo de toda a amplitude diamétrica, permitindo que haja boa correlação entre as variáveis.

FIGURA 4: Comportamento das linhas de regressão por classe de sítio para a idade 4 anos.

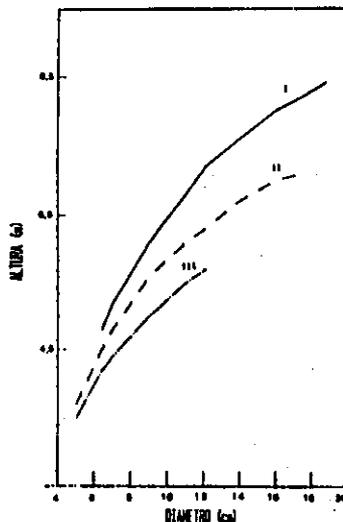
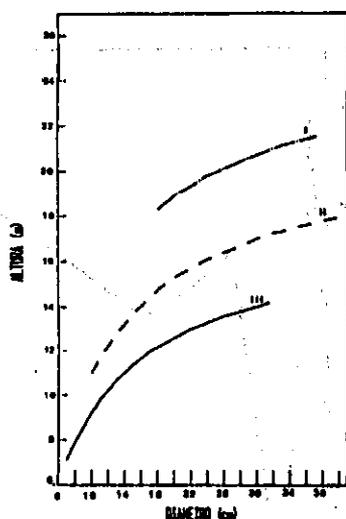


FIGURA 5: Comportamento das linhas de regressão por classe de sítio para o grupo de idade 12-13 anos.



## 5. CONCLUSÕES

No que se refere a influência da idade na relação hipsométrica, com o modelo escolhido para a análise que foi:

$$h/h_{dom} = b_0 + b_1 \ln d,$$

pode-se afirmar que a intersecção das linhas (coeficientes  $b_0$ ) é muito influenciada por este fator. As diferenças entre inclinações (coeficiente  $b_1$ ) verificadas em apenas algumas idades, embora até certo ponto mascaradas pela inclusão da altura dominante no modelo, podem ser atribuídas ao tratamento destinado ao povoamento. Linhas mais íngremes podem acusar desbastes recentes e, em contrapartida, linhas menos íngremes podem representar falta de desbaste.

Para classes de idade acima de 20 anos ou povoamentos cujas idades estão próximas do corte final, o ajuste de equações não surtiu um efeito positivo para estimativas de altura, pois a maioria das árvores medidas pertence às classes dominante e co-dominante, existindo pouca variação de altura e

pequena amplitude de diâmetro. É recomendável nestes casos a medição de todas as árvores da parcela, que serão poucas.

Quanto à análise do sítio, pode-se afirmar que não há efeito marcante deste fator na relação hipsométrica. Os testes mostraram apenas diferenças significativas entre as intersecções (coeficiente  $b_0$ ) para os modelos escolhidos em cada classe de idade, caracterizando linhas de regressão crescentes do pior para o melhor sítio.

No que se refere ao número ideal de pontos amostrais para a construção de uma curva hipsométrica, a tendência decrescente dos valores de  $s_{yx}$  e  $s_{yx}\%$  do conjunto de 18 ao de 40 pontos, levam a concluir que uma amostragem de 30 a 40 pontos para este conjunto de dados fornece resultados de boa precisão. E desde que o conjunto de dados provenha de condições mais homogêneas, com uma amostragem bem distribuída ao longo de toda a amplitude diamétrica e minimizando ainda o efeito do erro nas medições de altura em campo, o número de pontos pode ser até menor.

FIGURA 6: Tendência do erro padrão da estimativa relativo para os diferentes números de pontos amostrais testados.

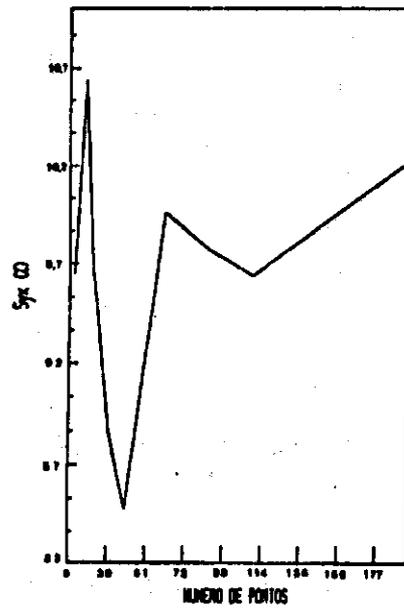
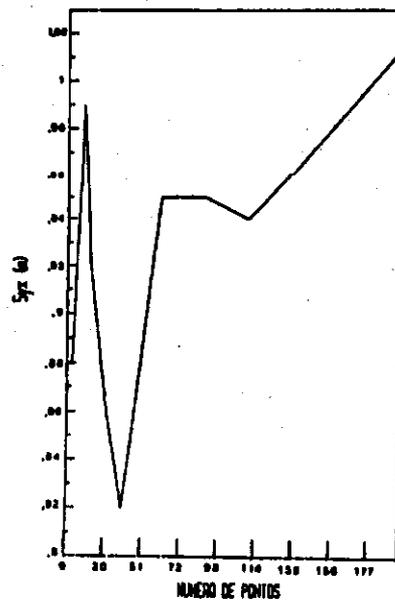


FIGURA 7: Tendência do erro padrão da estimativa absoluto para os diferentes números de pontos amostrais testados.



## 6. RESUMO

O trabalho foi realizado utilizando 137 parcelas de 600 m<sup>2</sup>, medidas em povoamentos de *Pinus taeda* no Estado do Paraná, com idade variando entre 4 a 27 anos. O objetivo principal foi analisar a influência da idade e sítio na relação hipsométrica, o que exigiu a comparação entre linhas de regressão, feita com a análise de covariância. Outro objetivo proposto foi testar o número de pontos amostrais ideal para o ajuste de uma equação de relação hipsométrica. Para a seleção dos modelos em todas as fases do trabalho, optou-se pelo menor erro padrão da estimativa ( $s_{yx}$  e  $s_{yx\%}$ ), considerando ainda a distribuição dos resíduos. Numa análise preliminar, foram selecionados quatro modelos (Stoffells, Curtis, Henricksen e Prodan), usados também para a análise dos demais fatores. Para a análise da idade optou-se por um modelo que inclui a razão altura por altura dominante  $h/h_{dom} = b_0 + b_1 \cdot \ln(d)$ , reduzindo consideravelmente o erro padrão da estimativa. De um modo geral, a análise de covariância acusou maior influência da idade e do sítio na intersecção das linhas de regressão (coeficiente  $b_0$ ). O efeito da idade na inclinação ficou mascarado pelo uso do modelo que inclui razão por altura dominante e o efeito do sítio nesta mesma não foi significativo em quase todas as idades. Ao testar o número de pontos amostrais ideal para uma equação de relação hipsométrica, os melhores resultados foram obtidos com 31 e 40 pontos.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ANUCHIN, N.P. Forest mensuration. Jerusalem: Program for Scientific Tranlations, 1970. 494 p.
- BRUCHWALD, A. Investigation on the relation between height and d.b.h. in Scots Pine stands. Resumo. (F.A. v. 32, p. 562, 1971).
- CLUTTER, J.L., FORSTON, J.C., PIENNAR, L.V., BRISTER, G.H., BAILEY, R.L. Timber management: a quantitative approach. New York:

John Wiley & Sons, 1983. 333 p.

DIMITROV, E.T. & VICHEV, I. Analytical construction and expressions of height curves for Scots Pine. Resumo. (F.A. v. 41 n. 10, p. 491, 1980).

FREESE, F. Linear regression methods for forest research. U.S. Forest Service Research Note PFL117, 136 p., 1964.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. - Inventário Florestal Nacional - Reflorestamento - PR/SC. IBDF: Brasília, 1984, 283 p.

LOETSCH, F., ZOHRER, F., HALLER, K.E. Forest inventory. Munchen: BLY Verlagsgesellschaft, 1973. 2v.

SCHMIDT, P.B. Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda* L. Curitiba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 1977. 102 p.

SCOLFORO, J.R.S. & MACHADO, S.A. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Floresta, Curitiba, v. 18, n.1-2, p. 159-173, 1988.

TABELA I  
Número de parcelas em cada idade

Idade	Num. Parc.	Idade	Num. Parc.
4	11	13	9
5	11	14	9
6	10	15	5
7	9	16	3
8	9	17	5
9	8	20	12
10	9	26	4
11	8	27	4
12	11	—	—

**TABELA 2:**  
**Limites das classes de qualidade**

IDADE	CLASSES DE SÍTIO		
	I	II	III
1	0,84-1,359	1,36-1,879	1,88-2,40
2	1,74-2,819	2,82-3,899	3,90-4,99
3	2,62-4,259	4,26-5,899	5,90-7,54
4	3,48-5,649	5,65-7,819	7,82-9,99
5	4,29-6,969	6,97-9,649	9,65-12,33
6	5,06-8,219	8,22-11,379	11,38-14,54
7	5,79-9,399	9,40-13,019	13,02-16,64
8	6,47-10,519	10,52-14,559	14,56-18,31
9	7,12-11,559	11,56-16,009	16,01-20,46
10	7,72-12,549	12,55-17,369	17,37-22,20
11	8,29-13,469	13,47-18,649	18,65-23,83
12	8,82-14,329	14,33-19,849	19,85-25,36
14	9,78-15,899	15,90-22,009	22,01-28,13
15	10,22-16,599	16,60-22,999	23,00-29,38
16	10,63-17,269	17,27-23,899	23,90-30,55
17	11,01-17,879	17,88-24,759	24,76-31,64
18	11,36-18,459	18,46-25,559	25,56-32,66
19	11,69-18,999	19,00-26,299	26,30-33,61
20	12,00-19,499	19,50-26,999	27,00-34,50
21	12,29-19,969	19,67-27,649	27,65-35,33
22	12,56-20,399	20,40-28,249	28,25-36,10
23	12,81-20,799	20,80-28,819	28,82-36,82
24	13,04-21,189	21,19-29,339	29,34-37,49
25	13,26-21,539	21,54-29,829	29,83-38,12
26	13,46-21,869	21,87-30,289	30,29-38,70
27	13,65-22,179	22,18-30,709	30,71-39,24

**TABELA 3:**  
**Número de observações testadas em cada regressão e o respectivo número de árvores por classe.**

NUM.PTOS.	CLASSES DIAMÉTRICAS						
	-3s	-2s	-1s	DAP <sub>med</sub>	+1s	+2s	+3s
12	1	2	2	2	2	2	1
18	1	4	3	3	3	3	1
22	1	4	4	4	4	4	1
31	1	5	6	6	6	6	1
40	1	7	7	8	8	8	1
65	1	11	12	12	12	12	1
85	1	11	18	18	18	18	1
109	1	11	23	24	24	24	1
191	1	11	35	35	55	33	1

TABELA 4

Estimadores de ajuste, precisão e acuracidade para cada idade

ID	MOD	D.A.	F	R <sup>2</sup>	syx	syx%
4	1	1,9367	700,38	0,74163	0,61288	11,09
	2	4,7000	583,00	0,70496	0,65493	11,86
	3	0,3604	531,97	0,68555	0,67612	12,24
	4	3,0097	359,97	0,74765	0,60694	10,99
	5	2,0166	658,47	0,63856	0,63827	11,57
	6	3,5923	374,43	0,73870	0,60143	10,89
	7	3,5867	760,04	0,74668	0,59951	10,86
	8	4,4449	757,08	0,86771	0,60591	10,98
	9	4,0386	1711,93	0,93373	0,60376	10,98
8	1	1,9527	132,19	0,47347	1,36830	14,89
	2	1,7739	108,82	0,42539	1,42942	15,55
	3	1,6476	131,41	0,47200	1,37022	14,91
	4	1,7558	65,75	0,47389	1,37244	14,93
	5	3,1918	143,75	0,49405	1,37159	14,92
	6	2,9891	71,84	0,47963	1,37715	14,99
	7	3,6510	134,26	0,52231	1,38466	15,07
	8	5,2289	292,47	0,80026	1,40059	15,24
	9	4,5973	472,39	0,86615	1,39420	15,17
10	1	4,3183	178,49	0,49513	1,42756	10,44
	2	3,5108	163,63	0,47342	1,45792	10,67
	3	5,1817	160,46	0,46855	1,46466	10,71
	4	4,2467	89,87	0,49825	1,42707	10,44
	5	4,4570	170,79	0,44854	1,44832	10,59
	6	3,5482	92,00	0,49835	1,42867	10,45
	7	3,5200	183,56	0,49386	1,42577	10,43
	8	2,7641	919,40	0,91039	1,43706	10,51
	9	2,9201	1171,87	0,92831	1,43507	10,50
14	1	1,2405	268,18	0,55389	2,31270	14,58
	2	0,7833	189,87	0,46780	2,52600	15,93
	3	1,0960	256,16	0,54253	2,34196	14,77
	4	0,3395	136,46	0,55936	2,30381	14,53
	5	1,8475	316,50	0,52764	2,31172	14,58
	6	2,1742	161,33	0,56537	2,31804	14,61
	7	2,9993	307,58	0,59098	2,35619	14,86
	8	3,3377	641,95	0,85656	2,33471	14,72
	9	3,1776	809,13	0,88272	2,33140	14,70
20	1	1,5497	151,81	0,35485	3,33130	14,10
	2	2,3277	79,28	0,22314	3,65556	15,47
	3	1,5504	155,78	0,36079	3,31592	14,04
	4	1,5018	80,77	0,37006	3,29778	13,96
	5	2,5966	168,86	0,37206	3,30622	14,00
	6	2,4803	85,61	0,40132	3,32282	14,07
	7	2,5169	157,88	0,41879	3,40413	14,41
	8	3,4288	933,30	0,87159	3,39634	14,38
	9	3,2702	1098,69	0,88877	3,40896	14,43
26	1	1,3258	14,88	0,14189	1,37872	4,70
	2	1,3069	15,31	0,14534	1,37595	4,69
	3	1,1967	12,75	0,12410	1,39294	4,75
	4	1,5021	8,89	0,16650	1,36642	4,66
	5	1,3247	12,96	0,12462	1,39135	4,74
	6	1,6301	9,00	0,17330	1,36796	4,66
	7	1,4511	15,01	0,14359	1,37826	4,70
	8	1,7071	2410,76	0,98188	1,38072	4,70
	9	1,6956	2655,38	0,98352	1,38029	4,70

TABELA 5

Estimadores de ajuste e precisão para os modelos com razão e ponderamento por  $h_{dom}$ 

ID	MOD	F	R <sup>2</sup>	syx	syx%
4	10	104,090	0,2962	0,62492	11,3129
	11	113,277	0,3143	0,62730	11,3560
	12	52,434	0,2957	0,62325	11,2935
	13	134,789	0,5220	0,51619	9,3445
5	10	167,012	0,4182	0,71949	11,3367
	11	67,246	0,2229	0,85278	13,4290
	12	82,405	0,4134	0,71786	11,3111
	13	199,506	0,6322	0,59912	9,4402
7	10	220,588	0,5427	0,74228	8,6939
	11	30,714	0,1384	1,01263	11,7653
	12	110,361	0,5418	0,75072	8,7222
	13	98,275	0,5126	0,77332	8,9848
8	10	121,020	0,4478	0,89888	9,7811
	11	34,699	0,1855	1,10292	12,0014
	12	64,572	0,4621	0,89182	9,7043
	13	61,008	0,4478	0,91462	9,9524
10	10	210,933	0,5343	1,01363	7,4149
	11	97,009	0,3441	1,22115	8,9330
	12	105,051	0,5381	1,01569	7,4301
	13	103,033	0,5272	1,01593	7,4318
11	10	291,355	0,6534	1,02183	6,5080
	11	110,669	0,4159	1,34466	8,5640
	12	148,813	0,6575	1,01731	6,4792
	13	100,224	0,5631	1,15654	7,3659
14	10	436,169	0,6673	1,09103	6,8799
	11	21,137	0,0849	1,79035	11,2897
	12	227,697	0,6763	1,07499	6,7788
	13	116,459	0,5155	1,32989	8,3862
16	10	45,925	0,4163	0,94669	4,1725
	11	4,364	0,0507	1,21962	5,3754
	12	23,959	0,4216	0,94256	4,1542
	13	17,1516	0,3440	1,00903	4,4472
17	10	38,330	0,2604	1,59129	7,8690
	11	0,072	0,0007	1,86429	9,2189
	12	19,511	0,2589	1,58995	7,8623
	13	12,400	0,1770	1,68639	8,3392
20	10	112,284	0,2866	2,41781	10,2355
	11	41,142	0,1266	2,65201	11,2269
	12	77,837	0,3568	2,27498	9,6308
	13	57,651	0,2903	2,36300	10,0034
26	10	6,947	0,0613	1,29204	4,4025
	11	7,360	0,0653	1,28926	4,3930
	12	3,618	0,0544	1,29707	4,4196
	13	3,822	0,0584	1,29401	4,4092

**TABELA 6:**  
Análise de covariância a idade, modelo (10)

IDADES	F(inclin.)	F(intersec.)
4-5	2,4162 ns	46,4091 **
4-6	0,3325 ns	51,5188 **
4-7	6,7599 **	120,8973
4-8	5,9914 *	103,3332
4-8c/	5,1872 *	59,3986
5-6	0,9651 ns	3,5137 ns
5-7	1,3053 ns	44,9288 **
5-8	1,5413 ns	39,2354 **
5-8c/	2,2616 ns	35,2047 **
6-7	4,8178 *	23,4553
6-8	4,5053 *	20,7152
6-8c/	4,6723 *	25,4386
7-8	0,1083 ns	0,0034 ns
7-8c/	1,2574 ns	10,5056 **
8-8c/	0,6342 ns	9,3569 **
8c/-9	10,2062 **	102,0133
8c/-10	3,5005 ns	3,4014 ns
8c/-11	1,2073 ns	12,6320 **
8c/-13	9,9610 **	9,7533
8c/-14	2,8890 ns	31,8099 **
9-10	5,4688 *	0,7796
9-11	12,5892 **	4,6184
9-12	1,4221 ns	5,7891 *
9-13	1,2169 ns	7,8236 **
9-14	9,6594 **	29,0888
10-11	2,1438 ns	3,1933 ns
10-12	2,2482 ns	2,0214 ns
10-13	3,3036 ns	4,1168 *
10-14	0,4603 ns	26,3711
11-12	8,5250 **	0,0841
11-13	11,7929 **	0,4973
11-14	1,0023 ns	12,1582 *
12-13	0,0564 ns	0,1521 ns
12-14	5,9968 *	10,2765 **
13-14	7,9573 **	7,7598
13-15	28,8485 **	13,1061
13-67	0,4302 ns	1,1247 ns
13-17	0,8194 ns	0,9510 ns
13-20	0,2366 ns	11,2557 **
14-15	9,9082 **	1,8749
14-16	3,3136 ns	0,0250 ns
14-17	8,3786 **	4,8496
14-20	2,9409 ns	6,2819
15-16	10,6087 **	0,0729
15-17	20,7235 **	4,9097
15-20	13,2361 **	2,9358
16-17	0,0259 ns	2,0612 ns
16-20	0,2669 ns	2,3819 ns
17-20	1,0737 ns	10,1158 **
20-26	11,8351 **	2,6482
20-27	1,5724 ns	15,1089 **
26-27	1,7086 ns	7,8041 **

**TABELA 7:**  
**Grupos de idade obtidos segundo a análise de covariância**

GRUPO	IDADE	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	h <sub>dommed</sub>
1	4	0,442566	0,211646	6,10
2	5-6	0,322291	0,233723	8,10
3	7-8	0,113867	0,292195	9,91
4	8c/desb.	-0,069215	0,342269	10,26
5	9	0,389952	0,182541	14,11
6	10-11	0,102994	0,273811	15,94
7	12-13	0,259369	0,219258	16,54
8	14	0,071435	0,274571	18,82
9	15	-0,152146	0,344678	20,74
10	16-17	0,358523	0,188343	21,51
11	20	0,191923	0,230487	24,40
12	26	0,777480	0,060156	29,60
13	27	0,512852	0,126819	29,79

**TABELA 8:**  
**Número de parcelas por grupo de idade e classe de sítio**

IDADE	CLASSE DE SÍTIO		
	I	II	III
4	1	7	3
5-6	1	15	5
7-8	-	9	6
8c/desb.	1	2	-
9	-	8	-
10-11	3	14	-
12-13	1	14	5
14	-	7	2
15	1	4	-
16-17	2	5	1
20	3	8	1
26	1	3	-
27	1	3	-

**TABELA 9:**  
**Estimadores de ajuste e precisão por classe de idade e de sítio**

IDADE	SÍTIO	MODELO	F	R <sup>2</sup>	syx	syx%
4	I	1	40,645	0,6760	0,72190	10,3573
		2	46,319	0,7046	0,71701	10,2871
		3	44,270	0,6949	0,73962	10,6115
		4	169,811	0,9467	0,73922	10,6058
4	II	1	326,513	0,6705	0,57307	9,9369
		2	289,038	0,6429	0,60169	10,4331
		3	361,244	0,6925	0,55759	9,6687
		4	1040,718	0,9286	0,56170	9,7398
4	III	1	117,936	0,6463	0,48231	10,7733
		2	115,685	0,6418	0,48240	10,7753
		3	112,877	0,6361	0,48857	10,9132
		4	478,568	0,9372	0,48812	10,9030
7-8	II	1	201,174	0,5130	1,00006	10,1016
		2	211,571	0,5257	1,00450	10,1465
		3	208,725	0,5223	1,00951	10,1971
		4	1693,881	0,9469	1,01166	10,2188
7-8	III	1	150,412	0,5110	0,93177	12,4316
		2	133,659	0,4812	0,94890	12,6602
		3	150,096	0,5104	0,92348	12,3211
		4	489,977	0,8724	0,92644	12,3605
12-13	I	1	13,521	0,4241	1,05866	5,3558
		2	13,073	0,4153	1,06658	5,3959
		3	13,607	0,4258	1,05764	5,3506
		4	505,427	0,9834	1,09098	5,5193
12-13	II	1	189,539	0,3940	1,50719	9,5989
		2	223,105	0,4337	1,49979	9,5518
		3	208,291	0,4168	1,51794	9,6674
		4	2640,396	0,9479	1,50797	9,6039
12-13	III	1	127,589	0,5176	1,2518	10,4605
		2	130,530	0,5833	1,26276	10,5518
		3	125,593	0,5136	1,25727	10,5059
		4	1045,059	0,9465	1,29937	10,8578
16-17	I	1	30,265	0,4165	1,01521	4,1988
		2	29,682	0,4116	1,01940	4,2161
		3	30,368	0,4174	1,01548	4,1999
		4	1059,856	0,9810	1,02910	4,2563
16-17	II	1	79,206	0,4112	2,09329	10,0319
		2	92,134	0,4486	2,07045	9,9224
		3	82,745	0,4219	2,12308	10,1746
		4	549,385	0,9073	2,10247	10,0759
16-17	III	1	0,669 ns	0,0226	1,86206	2,2857
		2	0,706 ns	0,0200	1,87184	12,3503
		3	0,818 ns	0,0123	1,86496	12,3049
		4	132,569	0,9461	1,99991	13,1953

**TABELA 10**  
**Modelos escolhidos por classe de idade para proceder a análise do sítio**

IDADE	SÍTIO	MODELO	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>
4	I	2	2,414884	-5,400530
	II		2,226640	-4,595763
	III		2,081609	-4,146371
5-6	I	1	-2,447630	4,323491
	II		-1,971675	3,874698
	III		-1,578343	3,086908
7-8	II	3	1,266712	0,372652
	III		0,584576	0,535152
8c/dcsb	I	3	1,216046	0,470123
	II		1,374507	0,387382
10-11	I	2	3,197742	-7,525356
	II		2,973257	-6,238212
12-13	I	2	3,218331	-5,616537
	II		3,048575	-6,453188
	III		2,848626	-6,212502
14	II	2	3,265762	-9,581898
	III		2,864301	-5,925309
15	I	2	3,32855	-5,037414
	II		3,306754	-8,606257
16-17	I	2	3,368224	-4,724363
	II		3,402038	-9,254845
20	I	2	3,640279	-10,809354
	II		3,422564	-7,837368

**TABELA 11:**  
**Resultados da análise de covariância para o fator sítio**

IDADE	SÍTIO	F(inclin.)	F(inters.)
4	I e II	0,9208 ns	21,1973 **
	I e III	1,0143 ns	38,7558 **
	II e III	0,0349 ns	24,3141 **
5-6	I e II	0,4072 ns	10,1207 **
	I e III	9,3838 **	193,0843
	II e III	4,5371 *	103,2465
7-8	II e III	11,0403 **	352,0560
8c/dcsb	I e II	0,7404 ns	14,4711 **
10-11	I e II	1,2380 ns	116,8592 **
12-13	I e II	0,1082 ns	81,5227 **
	I e III	0,0376 ns	191,7925 **
	II e III	0,1455 ns	249,2139 **
14	II e III	13,5010 **	107,6688
15	I e II	4,9174 ns	37,1290 **
16-17	I e II	4,9174 ns	74,7220 **
20	IcII	6,4687 *	64,0368

**TABELA 12**  
**Estimadores de ajuste e precisão com diferentes números de pontos amostrais para a classe**  
**de idade 7-8 anos, sítio II**

NUM.PTOS	MODELO	F	R <sup>2</sup>	syx	syx%
12	1	34,642	0,7536	0,9237	10,0951
	2	32,431	0,7408	1,0401	11,3668
	3	42,147	0,7891	0,8833	9,6533
	4	291,122	0,9814	2,0410	22,3065
18	1	53,260	0,7545	0,9788	10,5252
	2	53,053	0,7538	1,0656	11,4578
	3	67,817	0,7972	0,9901	10,6460
	4	254,597	0,9676	1,0535	11,3277
22	1	67,256	0,7593	0,9341	9,8329
	2	67,795	0,7608	1,0008	10,6293
	3	85,007	0,8000	0,9209	9,6942
	4	317,874	0,9679	0,9656	10,1645
31	1	101,648	0,7704	0,8633	8,8910
	2	103,412	0,7734	0,9215	9,4990
	3	124,593	0,8047	0,8601	8,8586
	4	504,477	0,9711	0,8660	8,9193
40	1	149,006	0,7915	0,8233	8,5182
	2	138,250	0,7787	0,8791	9,0962
	3	168,521	0,8112	0,8201	8,4851
	4	757,275	0,9749	0,8339	8,6290
61	1	150,692	0,7139	0,9606	10,0406
	2	113,673	0,6525	0,9715	10,1611
	3	123,459	0,6712	0,9524	9,9613
	4	1062,708	0,9725	0,9794	10,2439
85	1	201,922	0,7052	0,9495	9,7743
	2	160,450	0,6550	0,9849	10,1014
	3	181,975	0,6830	0,9496	9,7758
	4	1140,466	0,9645	0,9585	9,8676
109	1	221,011	0,6707	0,9379	9,6029
	2	188,976	0,6351	0,9641	9,8708
	3	206,834	0,6559	0,9413	9,6377
	4	1369,414	0,9620	0,9482	9,7078
191	1	201,174	0,5130	1,0001	10,1016
	2	211,571	0,5257	1,0045	10,1465
	3	208,725	0,5223	1,0095	10,1971
	4	1693,881	0,9467	1,0116	10,2188

**TABELA 13****Coefficiente para o modelo 3 ( $\ln h = b_0 + b_1 \ln d$ ) para os diferentes números de pontos amostrais**

NUM. PTOS.	$b_0$	$b_1$
12	1,341575	0,338830
18	1,259307	0,373512
22	1,251962	0,379219
31	1,249293	0,384936
40	1,207083	0,398220
61	1,143041	0,417549
85	1,109263	0,429946
109	1,151411	0,413280
191	1,266712	0,372652