

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LEONARDO CASSANI LACERDA

EFEITO DA IDADE NA ESTIMATIVA DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA DE *Pinus*
caribaea var. *hondurensis* E *Pinus oocarpa*

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2012

LEONARDO CASSANI LACERDA

EFEITO DA IDADE NA ESTIMATIVA DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* E *Pinus oocarpa*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2012

LEONARDO CASSANI LACERDA

EFEITO DA IDADE NA ESTIMATIVA DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA DE
Pinus caribaea var. *hondurensis* E *Pinus oocarpa*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 13 de outubro de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça

Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA-UFES

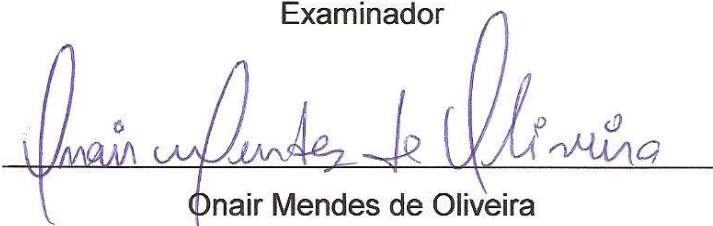
Orientador



Rafael Bridi Corteletti

Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA-UFES

Examinador



Onair Mendes de Oliveira

Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, CCA-UFES

Examinador

**“Agrada-te do Senhor e ele satisfará os desejos do teu coração,
entrega o teu caminho ao Senhor, confia nele, e o mais ele fará”**
(Salmos 37; 4-5)

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu inteligência, saúde, força de vontade e paciência para conclusão do curso.

Aos meus pais, Cézar Augusto Lacerda e Josiléia Cassani Lacerda que me educaram e proporcionaram uma ótima formação escolar. Além de me incentivarem a realização do Curso de Engenharia Florestal. A minha irmã Lara R. Cassani Lacerda, que mesmo às vezes não nos entendendo é uma grande amiga para mim, a minha namorada Jheicy Krause, que em pouco tempo passou a me compreender e me dar forças para continuar em frente com meus objetivos.

Aos familiares, como meu cunhado Wenderson M. Pereira que sempre me auxiliaram, seja quanto a assuntos profissionais ou a assuntos pessoais, colaborando com os conhecimentos que tenho. Aos amigos que fiz durante toda a vida, que muitas vezes me ajudaram com palavras amigas de incentivo, ou até quando necessário foi, com palavras de lições e opiniões relacionadas à minha vida.

As pessoas que me deram oportunidades, que me auxiliaram nos estágios, nas atividades acadêmicas, nos projetos de pesquisa, e fora da faculdade como uma família, ao casal João C. de Souza e Niusa R. Souza e seus filhos que me acolheram com muito carinho em sua casa por um bom período de tempo.

A UFES e aos meus colegas da Turma de Engenharia Florestal da UFES–Alegre, que durante todo o curso foram mais que amigos, companheiros que me deram forças para vencer mais uma etapa na vida. Principalmente aos amigos que me acompanharam nos diversos trabalhos: Artur C. Fialho, William M. Delamerlinda, Júlio C. Tannure Faria, Gabrieli M. Petri e Filipe de Moraes. Aos “galácticos”, Gustavo Nunes, Caio Paiva, Amilton Pereira, Ranolfo Valadares, Leandro Garcia e Ronaldo B. de Carvalho, companheiros de república onde vivenciamos diversos momentos de distração e quando necessário apoio e compreensão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça, por idealizar este trabalho e por me auxiliar muito na elaboração deste e de outros trabalhos. Aos demais professores da UFES que me conduziram a uma boa formação acadêmica, como o Prof Dr. Nilton C. Fiedler, Prof Dra. Elizabeth Neire e o Prof Dr. Marcos O. de Paula que passaram a ser mais que professores e sim amigos.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente me auxiliaram na conclusão do curso e na obtenção do título de Engenheiro Florestal, Onair Oliveira, Rafael Bridi, Paulo Moisés S. Gagno, Elba R. Passos Gagno, Rev. Júlio César, Sonia Maria, Márcio Pisk, Lucy Silva, Josemir Barcelos, Cassio Carrafa e Bronson J. Fiorilo.

RESUMO

É de fundamental importância o conhecimento da altura total das árvores e as técnicas de modelagem aplicadas ao estudo dessa variável. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da idade na estimativa de altura total de árvores de *Pinus caribaea var. hondurensis* e *Pinus oocarpa*. Os dados utilizados foram obtidos de árvores-amostra com 5, 6 e 7 anos para *Pinus caribaea var. hondurensis*, e com 5 e 6 anos *Pinus oocarpa*, provenientes da Empresa Caxuana, localizada no Município de Nova Ponte, Minas Gerais, Brasil. Foi avaliado o modelo Logístico, para a estimativa da altura total das árvores. Posteriormente, as equações geradas e ajustadas submetidas aos testes de identidade de modelos. O modelo foi avaliado por meio do erro padrão relativo [S_{YX} (%)] e análise gráfica. Concluiu-se que em quase todas as combinações o modelo Logístico reduzido, mostrou-se de maior confiabilidade em ambas as espécies.

Palavras chave: Identidade de modelos. Relação DAP/altura total. *Pinus* tropicais.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
1.1. O problema e sua importância.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo geral	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Setor florestal brasileiro	3
2.2. O gênero <i>Pinus</i>	3
2.2.1. Área plantada de <i>Pinus</i>	4
2.2.2. Comercialização da madeira do gênero	5
2.2.3. <i>Pinus oocarpa</i>	6
2.2.4. <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	6
2.3. Medição de altura.....	7
2.3.1 Métodos de medição da altura	7
a) Métodos diretos	8
b) Métodos indiretos.....	8
2.3.2 Relação hipsométrica.....	8
2.4. Modelos estatísticos	9
2.5. Identidades de modelos	10
3. METODOLOGIA	12
3.1. Caracterização dos dados e amostragem	12
3.2. Modelo analisado	13
3.3. Teste de identidade de modelos	13
3.4. Análise dos modelos	14
4. RESULTADOS DA PESQUISA	15
4.1. <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	15
4.2. <i>Pinus oocarpa</i>	20
5. CONCLUSÕES.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição diamétrica das árvores-amostra para estimativa da relação hipsométrica de árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	12
Tabela 2 - Distribuição diamétrica das árvores-amostra para estimativa da relação hipsométrica de árvores de <i>Pinus oocarpa</i>	12
Tabela 3 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico, completo e reduzido, na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> nas idades de 5, 6 e 7 anos, conjuntamente	15
Tabela 4 - Estatísticas obtidas para o teste de identidade do modelo Logístico, completo e reduzido, na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , idades 5, 6 e 7 anos, conjuntamente.....	16
Tabela 5 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> para idades de 5 e 6 anos, conjuntamente	16
Tabela 6 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> para idades de 5 e 7 anos conjuntamente	17
Tabela 7 - Estatísticas do ajuste do modelo de Logístico na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> para idades de 6 e 7 anos conjuntamente	17
Tabela 8 - Estatísticas obtidas para o teste de identidade do modelo Logístico, completo e reduzido, na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	19
Tabela 9 - Estatísticas do ajuste do modelo logístico na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> para idade de 5 anos..	19
Tabela 10 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus oocarpa</i> para idades de 5 e 6 anos, conjuntamente	20
Tabela 11 - Estatísticas obtidas para o teste de identidade do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus oocarpa</i> , idades 5 e 6 anos.....	20

Tabela 12 - Estatísticas obtidas para o modelo na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus oocarpa</i> , para a idade de 5 anos	21
Tabela 13 - Estatísticas obtidas para o modelo na estimativa da relação hipsométrica de <i>Pinus oocarpa</i> , para a idade de 6 anos	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico nas idades de 5 e 6 anos.	18
Figura 2 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico nas idades de 5 e 7 anos.	18
Figura 3 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico nas idades de 6 e 7 anos.	18
Figura 4 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico, completo e reduzido para as idades de 5 e 6 anos conjuntamente.....	21

1. INTRODUÇÃO

Em inventários florestais são comumente medidos os diâmetros de todas as árvores da parcela e a altura de parte delas. O conjunto desses dados é então utilizado para estabelecer uma relação de regressão da altura em função do diâmetro, a qual será usada para estimar as alturas das demais árvores da parcela em função dos diâmetros já medidos. O uso de equações hipsométricas no inventário é frequente, tornando-o mais econômico e, na maioria das vezes, tão preciso quanto ao realizado medindo-se a altura de todas as árvores da parcela (MACHADO et al., 1993).

Segundo Shimidt (1977), a relação hipsométrica é a regressão de altura em função do diâmetro em um povoamento em uma determinada data. As relações hipsométricas têm sido muito estudadas por diversos autores, por meio da utilização de um grande número de modelos estatísticos, os quais se mostram eficientes conforme a composição do povoamento e qualidade do sítio, idade, espécie e clones.

Chapman e Meyer (1949) afirmaram que a relação entre altura e diâmetro não apresenta um relacionamento biológico bem definido, tal como altura e idade ou diâmetro e idade, havendo grande variabilidade em altura para um mesmo diâmetro em sítio e idades diferentes.

Muitas vezes um modelo é ajustado a dados de diferentes estratos (idades, espaçamentos e locais). Uma pergunta que surge é se realmente seria necessária uma equação independente para cada um desses estratos. Segundo Azevedo et al. (1999), em muitos casos, uma única equação, obtida de dados agrupados, pode ser utilizada como estimativa comum para todos os extratos. Assim, uma vez escolhido o melhor modelo para representar os dados, deve-se verificar ainda, se uma equação gerada por um conjunto de dados "A", pode ser usada em detrimento de outra, obtida de um conjunto de dados "B", ou ainda, se será melhor usar uma terceira equação, comum, obtida com os dados "A" e "B". Entretanto, estes modelos devem ser ajustados de forma a representar variações dos povoamentos florestais.

Ao estudar diferentes situações experimentais admitindo um modelo para cada situação, pode-se verificar se os modelos são idênticos, mostrando possível ou não

a representação do conjunto de equações por meio de uma equação comum proposta por (REGAZZI,1996).

1.1. O problema e sua importância

A altura das árvores é uma variável de difícil obtenção. Muitos métodos e aparelhos foram pesquisados visando saber a precisão de sua utilização. Dentre estes métodos, um dos mais utilizados é a relação hipsométrica, com o uso de modelos estatísticos. Muitas das vezes, há o uso de um número elevado de equações quando se tem diferentes idades, capacidades produtivas, espaçamentos, dentre outros fatores que afetam a relação hipsométrica. Isso acaba elevando os custos da amostragem. Com isso torna-se de grande importância a utilização de métodos que visem a diminuição do número de modelos para estimar com precisão a altura total de árvores em inventários florestais.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O presente trabalho visou avaliar o efeito da idade na estimativa da relação hipsométrica de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*.

1.2.2. Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Aplicar a identidade de modelos na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* em diferentes idades; e
- Obter equação (ões) para estimativa da relação hipsométrica de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* em diferentes idades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Setor florestal brasileiro

A importância do setor florestal para a sociedade brasileira em termos econômicos, sociais e ambientais pode ser mensurada pela avaliação de seus principais indicadores: a área de florestas plantadas, o valor bruto da produção, a geração de impostos, o valor das exportações, empregos gerados e mantidos pelo setor, e os investimentos na área de responsabilidade social e ambiental realizados pelas empresas do ramo florestal. Em 2011, não houve crescimento da área de plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil, pois o aumento de área apurado (5.151 hectares ou 0,1%) está dentro da margem de erro do levantamento. O indicador de 2011 corrobora a tendência de desaceleração do crescimento da área de plantios apresentada nos dois anos anteriores. No período 2005-2011, o crescimento acumulado foi de 27,9%, ou seja, 3,0% ao ano (ABRAF, 2012).

Segundo Lopes et al. (2011), o ano de 2011 foi marcado por apreensão e ansiedade dos empresários do setor florestal, principalmente por causa dos aspectos ligados a aprovação ou não do Código Florestal e os desdobramentos da crise que afetou os Estados Unidos e a Europa, e suas consequências para os negócios brasileiros.

2.2. O gênero *Pinus*

O estabelecimento e manejo de florestas plantadas de *Pinus* vêm possibilitando o abastecimento de madeira que, anteriormente, era suprido com a exploração da araucária. Essa prática é importante para os ecossistemas florestais nativos, pois vem suprindo uma parcela cada vez maior da necessidade atual de madeira (SHIMIZU; MEDRADO, 2006). A adaptação do *Pinus* aos solos ligeiramente ácidos, que constituem a grande maioria dos solos do país, permitiu a implantação de extensas áreas que juntamente com a adoção de práticas silviculturais adequadas, torna as espécies deste gênero importante fonte de matéria-prima, proveniente de florestas estabelecidas dentro dos padrões de sustentabilidade (KRONKA et al, 2005).

Após longo período de extrativismo na exploração das florestas nativas, em meados do século XX, iniciou-se a pesquisa voltada para a silvicultura, objetivando-se a produção de madeira para suprir à demanda, devido à destruição da vegetação e a demora na reposição com base em espécies nativas (Ferreira e Santos, 1997 citado por SARTORETTO et al., 2008), de acordo com os mesmos autores, a silvicultura brasileira baseou-se em espécies exóticas, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, por apresentarem um crescimento mais rápido.

Nos últimos anos, a utilização de *Pinus* na indústria madeireira brasileira tem sido crescente. As estimativas indicam que 35% do volume de madeira serrada produzida são oriundas de madeira desse gênero e existem, aproximadamente, 1,5 milhões de hectares de plantações. Portanto, são espécies fundamentais para o fornecimento de matéria-prima, com destaque as Regiões Sul e Sudeste (BALLARIN; PALMA, 2003). Porém, apesar da demanda, a indústria madeireira está preocupada com a progressiva diminuição da sua oferta. O problema ainda não atinge as grandes empresas do setor afetando apenas as pequenas, incapazes de manter vastas áreas próprias para reflorestamento (LOETZ, 2003).

2.2.1. Área plantada de *Pinus*

Segundo a ABRAF (2012), a área plantada com *Pinus* no Brasil (1.641.892 ha) está concentrada principalmente na região Sul do país (83,0%), devido às condições edafoclimáticas e à localização dos principais centros processadores desse tipo de madeira.

O Estado do Paraná lidera o *ranking* de área plantada de *Pinus* com 40,1% da área total, seguido por Santa Catarina, que possui 32,8%. Em 2011, a área total de plantios de *Pinus* reduziu-se em 114,4 mil hectares (-6,5%), os Estados que apresentaram as maiores reduções absolutas da área de plantios de *Pinus* foram Minas Gerais(-44,7%), Bahia (-19,0%), Mato Grosso do Sul (-14,3%), Espírito Santo(-28,2%) e Goiás (-11,5%).

Em relação ao *Eucalyptus*, o segmento de Papel e Celulose concentra 71,2% da área plantada, seguido pelos segmentos de Siderurgia a Carvão Vegetal (18,4%), Painéis de Madeira Industrializada (6,8%) e Produtores Independentes (3,6%). No caso do *Pinus*, além do segmento de Papel e Celulose (61,1%), os segmentos mais

representativos são o de Painéis de Madeira Industrializada e o de Produtores Independentes, que detêm, respectivamente, 20,6% e 13,3% da área plantada (ABRAF, 2012).

2.2.2. Comercialização da madeira do gênero

O consumo de toras de *Pinus* no Brasil aumentou significativamente na última década. Em 1990, seu consumo era de 19 milhões de metros cúbicos e saltou para a marca de 42 milhões de metros cúbicos em 2005. Isto representa uma taxa média de crescimento na ordem de 7% ao ano, (REMADE, 2006).

A madeira de *Pinus*, além de ser um produto de exportação com forte demanda internacional, é muito versátil e, por isso, uma das melhores alternativas em diversas aplicações que vão desde a produção de embalagens e paletes para movimentação de cargas, passando por mobiliário e painéis, até uma grande variedade de componentes para construção civil. Trata-se de um dos maiores insumos geradores de divisas para a economia brasileira. No início do ano de 2000 já aconteceu os primeiros sinais de escassez de madeira de *Pinus*. Como é um produto agrícola que precisa de muitos anos para ser explorado, os especialistas já projetam cenários futuros para o país. Eles indicam que até 2020 deverá ser plantado mais 1,9 milhões de hectares de *Pinus* para não faltar no País (REMADE, 2006).

A floresta de *Pinus* é diferenciada pelo seu multiuso, pois após o corte sua madeira pode ser destinada à indústria laminadora, que a utiliza para fabricação de compensados; para a indústria de serrados, que a transforma em madeira beneficiada ou é convertida em móveis; para a indústria de papel e celulose; para a indústria de MDF e, mesmo o seu resíduo, tem sido aproveitado como biomassa para geração de vapor e energia (CARGNIN, 2005).

No caso dos compensados, o gênero *Pinus* é responsável por 61% do volume anual produzido. Estima-se que aproximadamente 3,15 mil empresas no Brasil utilizam *Pinus* nos seus processos produtivos (VITAL, 2005).

2.2.3. *Pinus oocarpa*

O *Pinus oocarpa*, pelo seu potencial de crescimento em áreas de baixa fertilidade, tem representado uma das mais importantes espécies de coníferas em diversas regiões subtropicais e tropicais de nosso país, sendo altamente plantada no Cerrado brasileiro, principalmente em Minas Gerais e São Paulo (KAGEYAMA et al, 1977). O *P. oocarpa* ocorre, de forma amplamente distribuída, em latitudes de 12°45'N, na Nicarágua, até 28°21'N, em Sonora, México, e longitudes de 85°51'W a 108°36'W Mirov (1967 citado por CÉSAR et al, 1988).

As regiões onde se desenvolve mais facilmente são caracterizadas por estações secas, com períodos de até seis meses com precipitações pluviométricas menores que 50 mm e temperatura média mensal de 26°C a 36 °C. Ocorre, naturalmente, em regiões desde semiárida, com precipitação pluviométrica média anual de 800 mm, até tropical úmida, com precipitação pluviométrica média anual de 3.000 mm e altitudes variando de 500 m até 2.600 m. A espécie tem apresentado bom desenvolvimento no estado de São Paulo, bem como no Pará e Rio Grande do Sul. Deve-se evitar o seu plantio na região Amazônica, onde é mais susceptível às doenças de origem bacteriana (EMBRAPA, 2011).

2.2.4. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

O *Pinus caribaea* é uma conífera nativa da América Central, entre os paralelos 12°13' N, na Nicarágua e 27° N nas ilhas Bahamas, bem como entre a longitude de 71°40' W nas ilhas Caicos e a 89°25' W na Guatemala. Essa espécie compreende três variedades: *hondurensis*, *bahamensis* e *caribaea* (LAMPRETTCH, 1990) e, ocorre geralmente em altitudes que variam do nível do mar a 500 m de altitude, podendo chegar, em alguns locais, a 1.000 m de altitude (FREITAS et al., 2005).

As árvores, comumente, crescem em torno de 30 m de altura e 80 cm de DAP, podendo, eventualmente, atingir 45 m de altura e 135 cm de DAP. No Brasil, os plantios devem ser restritos às regiões livres de geada, devendo-se escolher, cuidadosamente, as procedências originárias de altitudes correspondentes às dos locais de plantio. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* está entre os pinus tropicais mais

plantados no mundo. Seu plantio é recomendado em toda a região tropical brasileira, devido às suas características morfológicas e silviculturais. O plantio comercial com esta variedade tem expandido para as regiões Sudeste e Centro-Oeste e algumas áreas das regiões Norte e Nordeste, exceto no Semiárido (EMBRAPA, 2011).

2.3. Medição de altura

De acordo com Soares et al. (2006), árvores provenientes de um mesmo material genético, recebendo similar tratamento silvicultural, mesmo que apresentem o mesmo valor de *DAP*, podem diferir significativamente em altura, fornecendo, conseqüentemente, volumes de madeira diferentes. Outra importância na medição da altura está na classificação da capacidade produtiva dos locais de plantio.

A altura pode ser medida em diferentes pontos de uma árvore, de acordo com o interesse de quem vai medir:

- a) Altura total (*H*) da árvore: distância vertical considerada desde o solo até o ápice da copa.
- b) Altura do fuste (*hf*): distância vertical entre o solo até à base da copa.
- c) Altura comercial (*hc*): parte do fuste economicamente aproveitável que corresponde a distância desde a altura do corte até a altura do diâmetro mínimo comercial.
- d) Altura do toco (*h_{0,3}*): parte que fica no terreno após o corte aproveitável da árvore.
- e) Altura da copa (*h_{copa}*) = $H - hf$

2.3.1 Métodos de medição da altura

Medir a altura total de uma árvore é bem mais oneroso que medir seu diâmetro à altura do peito, especialmente em florestas de porte mais elevado. Por este motivo, é comum encontrar em algumas situações, mensuradores treinados para estimar a altura da árvore a olho desarmado (SOARES et al., 2006).

Para auxiliar esta tarefa, pode-se colocar uma vara com tamanho conhecido próximo da árvore de modo que, por comparação, o mensurador possa fazer uma avaliação melhor.

Os métodos para medição da altura da árvore podem ser diretos e indiretos.

a) Métodos diretos

Segundo Soares et al. (2006), são aqueles em que as medidas são tomadas diretamente na árvore. Como exemplos desse tipo de método, pode-se citar:

- Medição por escalada da árvore: Consiste em escalar a árvore e medir sua altura com uma trena. É um método pouco prático e arriscado. Usado às vezes em pesquisa.
- Derrubada da árvore com posterior medição de sua altura com uma trena: Usado em procedimentos de cubagem rigorosa.
- Medição com régua telescópica. Utilizada geralmente quando se tem uma boa visualização da copa da árvore, encosta-se a régua no indivíduo a ser medido e analisa-se o valor real.

b) Métodos indiretos

São aqueles que utilizam de instrumentos (clinômetros ou hipsômetros) ou métodos estimativos (equações de regressão) para a estimação da altura correspondente.

2.3.2 Relação hipsométrica

A necessidade de um bom planejamento florestal torna necessário o estudo das relações biométricas, dentre as quais, a relação hipsométrica, pois esta possibilita conhecer com precisão a altura das árvores indiretamente, reduzindo o tempo e o custo do levantamento de dados no inventário florestal (ZANON et al., 1996).

A relação diâmetro/altura tem sido muito estudada por diversos pesquisadores, por meio da utilização de um grande número de modelos, os quais se mostram ser mais ou menos eficientes em função da composição do povoamento e qualidade do sítio.

A listagem de vários modelos estatísticos para ajustes da curva altura/diâmetro, no meio florestal, começou a partir de Trorey, citado por pesquisadores como Machado et al., (1994); Barros et al. (2002) e Caldeira et al., (2002). Atualmente, existem modelos modificados que incluem variáveis como: idade, sítio, densidade e altura dominante, denominados por Barros et al. (2002) e Cardoso et al., (1989) como genéricos, chamados assim por incluírem em seus ajustes as influências das variáveis anteriormente citadas.

2.4. Modelos estatísticos

Um modelo estatístico é um conjunto de um ou mais modelos matemáticos cuja finalidade é a modelagem de sistemas de interesse em termos de suas características, algumas das quais com comportamento aleatório. Assim, dois componentes fundamentais de um modelo estatístico são um conjunto de observações da variável resposta (ou realizações dessa variável aleatória) e uma família de distribuições de probabilidade associada. Portanto, a modelagem por meio de modelos estatísticos é necessária quando, mesmo que seja possível algum controle sobre o erro de pesquisa, ainda reste uma porção relevante do efeito devido a características estranhas (EGEE, 2003).

Machado et al. (1993), testaram modelos estatísticos para ajustar curvas de altura sobre diâmetro, bem como estudar os efeitos do sítio em diferentes idades sobre esta relação para *Pinus elliotti Engelm* no Estado do Paraná.

Dentre os modelos lineares e não lineares, a principal diferença encontrada, é a de que no não linear a primeira derivada da função com relação a alguns dos parâmetros, ainda depende de algum dos mesmos, de forma oposta ocorre nos modelos lineares.

Dentro do contexto de modelos não lineares ainda pode-se ser notadas algumas referências como: Ratkowsky (1983) Bates e Watts (1988), Khattree e Naik (1999). Atualmente, o ajuste dos modelos não lineares é realizado com a utilização de métodos cada vez mais avançados, dada a facilidade encontrada ao acesso de computadores de alto desempenho e de *softwares* especializados em tais análises.

2.5. Identidades de modelos

De acordo com Pacheco (2010), dados de *DAP* e altura podem estar agrupados em um ou mais grupos de acordo com a espécie, sítio, idade ou outra fonte de variação qualquer. Porém, deve-se analisar se as equações podem ser usadas para gerar estimativas de forma separada, uma equação para cada fonte de variação, ou em uma única regressão, de forma a diminuir o número de equações. É neste contexto que se inserem a identidade de modelos (SCOLFORO, 2005).

Regazzi e Silva (2004) citam que vários autores apresentaram métodos para testar hipóteses relativas à identidade de modelos lineares e não lineares, dentre eles Graybill (1976), Steel e Torrie (1980), Neter et al. (1996), Regazzi (1993, 1999), são os mais citados em literaturas. Os modelos de regressão linear, são definidos por Scolforo (2005) como aqueles em que os parâmetros estão na forma aditiva, têm aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento, sendo, por tanto muito utilizados pela facilidade em descrever o relacionamento aproximado.

Utiliza-se de identidade de modelos para avaliar uma ou mais variáveis de interesse entre diferentes espécies. Como exemplos têm-se a verificação se a forma do fuste de dois clones é a mesma ou se as espécies de floresta nativa têm o mesmo comportamento em volume (SCOLFORO, 2005). Como exemplo da utilização da identidade de modelos, tem-se o trabalho de Lisita et al. (1997), em que são avaliados os efeitos de espaçamentos no crescimento e na produção de povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*; Martins et al. (2007) verificaram se as curvas de sítio ajustada a povoamentos de *Leucaena leucocephala* em experimentos tratados com composto orgânico e sem composto orgânico são idênticas; Camolesi (2007), que estudou a volumetria e teor alfa bisabolol para a candeia *Eremanthus erythropappus*; Nogueira et al. (2008), que avaliaram a influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus taeda*; e Rufini (2008), que trabalhou com volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o cerrado em Minas Gerais.

Estudos da relação das variáveis Y (dependente) e X (independente) são de suma importância tornado ainda possível determinar se um conjunto de curvas é idêntico (REGAZZI, 1996). Ainda segundo este autor, ao estudar diferentes situações experimentais admitindo um modelo para cada situação, pode-se verificar

se os modelos são idênticos, mostrando possível ou não a representação do conjunto de equações por meio de uma equação comum.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização dos dados e amostragem

Os dados utilizados foram provenientes da Empresa Caxuana, localizada no Município de Nova Ponte, Minas Gerais, Brasil. A empresa situa-se a 900 metros de altitude do nível do mar, nas coordenadas 19° 14' 44" latitude sul e 47° 46' 29" longitude oeste, apresentando relevo praticamente plano a suave ondulado (0 a 5%), solos, predominantemente, latossolo vermelho-escuro, temperatura média anual de 22°C e precipitação média anual de 1.700 mm (CAXUANA, 2010).

As árvores-amostra utilizadas serão oriundas de povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com 5, 6 e 7 anos de idade e *Pinus oocarpa*, com 5 e 6 anos de idade e espaçamento de 3x2m.

A Tabela 1 e a Tabela 2 são apresentados a distribuição diamétrica das árvores-amostra para estimativa da relação hipsométrica de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*, respectivamente.

Tabela 1 - Distribuição diamétrica das árvores-amostra para estimativa da relação hipsométrica de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Classe de DAP	Classe de altura total (H)			Total
	7,5	12,5	17,5	
7,5	34	2		36
12,5	32	31		63
17,5	8	40	3	51
22,5		13	5	18
27,5		2	3	5
32,5			2	2
Total	74	88	13	175

Tabela 2 - Distribuição diamétrica das árvores-amostra para estimativa da relação hipsométrica de árvores de *Pinus oocarpa*.

Classe de DAP	Classe de altura total (H)			Total
	7,5	12,5	17,5	
7,5	17	4		21
12,5	11	22		33
17,5	1	17		18
22,5		3	1	4
Total	29	46	1	76

3.2. Modelo analisado

Os modelo escolhido, para estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* *Pinus oocarpa* foi o modelo logístico reduzido (1) e logístico completo (2).

$$H_i = \frac{\beta_0}{1 + \exp\left[\frac{(\beta_1 - DAP_i)}{\beta_2}\right]} + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$H_i = \frac{(\beta_{01}D_1 + \beta_{02}D_2 + \beta_{03}D_3)}{1 + \exp\left\{\left[\frac{(\beta_{11}D_1 + \beta_{12}D_2 + \beta_{13}D_3) - DAP_i}{(\beta_{21}D_1 + \beta_{22}D_2 + \beta_{23}D_3)}\right]\right\}} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Em que: exp = base do logaritmo neperiano, H_i = altura observada (m); DAP = diâmetro à 1,3m do solo (m); D_j = 1, se a árvore pertencer a idade j e 0, caso contrário; exp = base do logaritmo neperiano; β_{kj} = parâmetro k do modelo para a idade j ; ε_i = erro aleatório.

3.3. Teste de identidade de modelos

Para avaliar a identidade do modelo Logístico foram testados o modelo reduzido e o modelo completo. De acordo com Scolforo (2005), as hipóteses avaliadas no teste de identidade de modelos não lineares são: H_0 = o modelo reduzido ajustado para as três idades é idêntico aos modelos completos ajustados para cada idade; H_a = não H_0 .

Por meio do teste proposto por Regazzi e Silva (2004) será calculado o valor de χ_c^2 pela equação (3).

$$\chi_c^2 = -n \cdot \ln\left(\frac{SQR_{(completo)}}{SQR_{(reduzido)}}\right) \quad (3)$$

Em que: χ_c^2 = estatística qui-quadrado calculado; ln = logaritmo neperiano; $SQR_{(reduzido)}$ = Soma de quadrado dos resíduos do modelo reduzido; $SQR_{(completo)}$ = Soma de quadrado dos resíduos do modelo completo.

Para testar as hipóteses acima é comparado o valor de χ^2 com o valor crítico tabelado (χ^2_{α}). O valor de χ^2 será obtido por meio dos graus de liberdade da diferença entre o número de parâmetros do modelo completo e o número de parâmetros do modelo reduzido a 5% de probabilidade. Assim se χ^2 for maior que o valor crítico fornecido pela tabela, ao nível de 5% de significância, rejeita-se a hipótese nula (H_0) e, com isso, conclui-se que não se pode utilizar o modelo reduzido para representar as três idades.

No ajuste dos modelos completo e reduzido será utilizado o software estatístico R versão 2.10.1. (R PROJECT, 2010), obtendo as estimativas dos parâmetros do modelo.

3.4. Análise dos modelos

Os modelos serão comparados por meio do erro padrão relativo [S_{yx} (%)], de acordo com a equação (4).

$$S_{yx}(\%) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-p}}}{\bar{Y}} \quad (4)$$

Em que: $d_i = Y - \hat{Y}$; Y = altura total (H) observada; \hat{Y} = altura total (H) estimada pelo modelo; n = número de observações; p = número de parâmetros do modelo; \bar{Y} = média das alturas totais.

Será utilizada, também, a análise gráfica dos valores estimados *versus* resíduos para a comparação entre os modelos.

4. RESULTADOS DA PESQUISA

4.1. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Na Tabela 3 estão os parâmetros estimados, para o modelo logístico completo e reduzido da relação hipsométrica em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades 5, 6 e 7 anos, conjuntamente.

Tabela 3 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico, completo e reduzido, na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades de 5, 6 e 7 anos, conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p> t $
Completo ($S_{yx}= 17,75\%$)				
β_{05}	25,4686	0,507	50,24	<0,0001
β_{15}	14,1831	0,392	36,17	<0,0001
β_{25}	6,2578	0,468	13,64	<0,0001
β_{06}	32,2880	95,345	0,33	0,7351
β_{16}	28,5549	93,417	0,31	0,7600
β_{26}	17,1250	24,135	0,71	0,4785
β_{07}	16,4119	1,307	12,61	<0,0001
β_{17}	8,2608	1,175	7,03	<0,0001
β_{27}	5,5791	1,661	3,35	0,0008
Reduzido ($S_{yx}= 20,97\%$)				
β_0	26,0674	0,753	34,62	<0,0001
β_1	15,4792	0,5838	26,51	<0,0001
β_2	7,8962	0,601	13,14	<0,0001

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

Por meio das estatísticas do ajuste apresentadas na Tabela 3, tanto para o modelo Logístico completo quanto reduzido, os valores dos parâmetros foram significativos, exceto para os parâmetros β_{06} , β_{16} e β_{26} . Com base nesses resultados, os modelos analisados podem ser utilizados para estimativa da relação hipsométrica para a espécie e conjunto de idades em análise. Mas, de acordo com os valores de $S_{yx}(\%)$, encontrados, o modelo Logístico Completo obteve maior precisão quando comparado ao modelo Logístico Reduzido.

Na Tabela 4 é apresentado o resultado do teste de identidade para o modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades 5, 6 e 7 anos.

Tabela 4 - Estatísticas obtidas para o teste de identidade do modelo Logístico, completo e reduzido, na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, idades 5, 6 e 7 anos, conjuntamente

Idade (anos)	GL	χ_c^2	χ_α^2
5, 6 e 7	6	110,99	12,59

Em que: GL = grau de liberdade; χ_c^2 estatística qui-quadrado calculado; χ_α^2 estatística qui-quadrado tabelado.

O teste de identidade para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades 5, 6 e 7 anos, foi significativo. Com isso, rejeita-se a hipótese nula (H_0) e, com isso, conclui-se que não se pode utilizar o modelo reduzido para representar as idades avaliadas, de forma que se deve fazer uso de uma equação diferente para cada idade. Esse fato pode ser comprovado por meio do resultado apresentado para a estatística $S_{yx}(\%)$ (Tabela 3).

Como foi significativo o teste de identidade de modelos, houve a necessidade de testar a junção das idades em pares ou seja, 5 e 6 anos, 5 e 7 anos e 6 e 7 anos

As estimativas dos parâmetros obtidas para o modelo proposto por Logístico, nas idades 5 e 6 anos, 5 e 7 anos e 6 e 7 nos, estão representadas nas Tabelas 5, 6 e 7 respectivamente.

Tabela 5 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para idades de 5 e 6 anos, conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p> t $
Completo ($S_{yx}= 39,44\%$)				
β_{05}	25,4686	1,182	21,54	<0,0001
β_{15}	14,1831	0,914	15,51	<0,0001
β_{25}	6,2578	1,092	5,73	<0,0001
β_{06}	32,288	222,342	0,14	0,8851
β_{16}	28,5549	217,846	0,13	0,8969
β_{26}	17,125	56,283	0,29	0,7611
Reduzido ($S_{yx}= 20,68\%$)				
β_0	26,0051	0,701	34,62	<0,0001
β_1	15,2571	0,529	26,51	<0,0001
β_2	7,0512	0,567	13,14	<0,0001

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

Tabela 6 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para idades de 5 e 7 anos conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p> t $
Completo ($S_{yx}= 29,31\%$)				
β_{05}	25,4686	0,5071	28,4611	<0,0001
β_{15}	14,1831	0,6929	20,4949	<0,0001
β_{25}	6,2578	0,8261	7,5734	<0,0001
β_{07}	16,4119	2,3060	7,1133	<0,0001
β_{17}	8,2608	2,0720	3,9821	<0,0001
β_{27}	5,5791	2,9323	1,9112	0,0581
Reduzido ($S_{yx}= 19,11\%$)				
β_0	25,5789	0,6669	38,3748	<0,0001
β_1	14,5401	0,5112	28,4994	<0,0001
β_2	7,3223	0,5923	12,3636	<0,0001

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

Tabela 7 - Estatísticas do ajuste do modelo de Logístico na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para idades de 6 e 7 anos conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p> t $
Completo ($S_{yx}= 13,63\%$)				
β_{06}	32,2811	533,3270	0,0642	0,9518
β_{16}	28,5549	522,633	0,0535	0,9565
β_{26}	17,1239	135,0612	0,1261	0,8992
β_{07}	16,4119	7,3128	2,2427	0,0255
β_{17}	8,2608	6,5734	1,2580	0,2098
β_{27}	5,5791	9,2986	0,6119	0,5491
Reduzido ($S_{yx}= 17,15\%$)				
β_0	16,9271	1,3019	13,0129	<0,0001
β_1	9,3881	1,1690	8,0333	<0,0001
β_2	7,3462	1,4230	5,1601	<0,0001

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

Pelos resultados das Tabelas 5 e 6, os valores de $S_{yx}(\%)$ para o modelo Logístico Reduzido foram mais precisos que o modelo Logístico Completo. Entretanto, na Tabela 7 o resultado foi o inverso aos das outras combinações. Nesta Tabela, o modelo Logístico Completo, mostrou-se mais preciso que o reduzido, levando assim, a um ajuste mais confiável em sua utilização. Isso mostra que há influência da idade na altura total das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Mendonça et al (2011) encontraram valores semelhantes para estimativa da relação hipsométrica com esta espécie.

Para ilustração do ajuste do modelo para as diferentes combinações, foram confeccionados os seguintes gráficos conforme apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

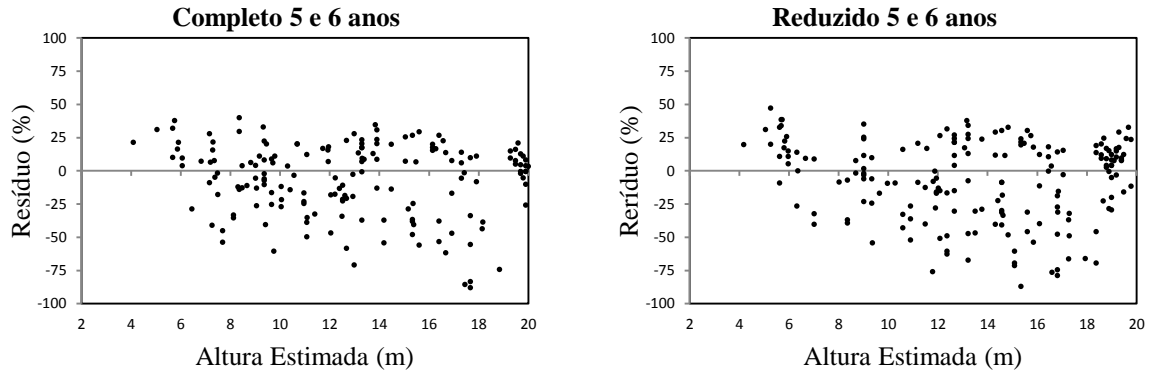


Figura 1 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico nas idades de 5 e 6 anos.

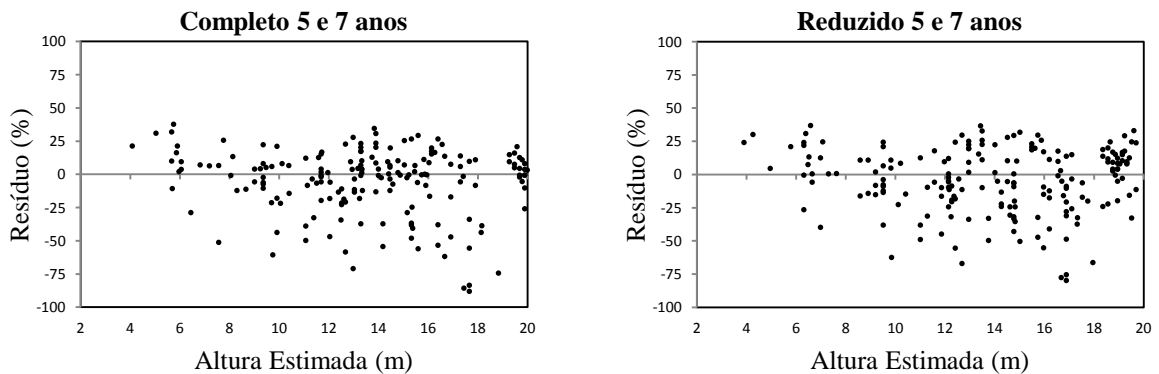


Figura 2 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico nas idades de 5 e 7 anos.

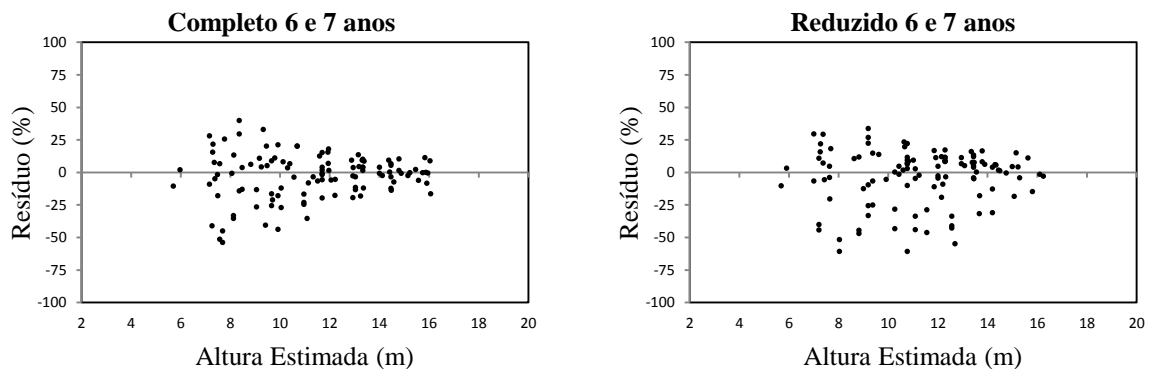


Figura 3 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico nas idades de 6 e 7 anos.

Conforme apresentado nas Figuras 2, 3 e 4, notam-se que para todas as combinações analisadas, os valores tendem a superestimar os resultados.

Na Tabela 8 é apresentado o resultado do teste de identidade para o modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica em *Pinus caribaea var. hondurensis* nas idades 5 e 6, 5 e 7 e 6 e 7 anos.

Tabela 8 - Estatísticas obtidas para o teste de identidade do modelo Logístico, completo e reduzido, na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Idade (anos)	GL	χ_c^2	χ_a^2
5 e 6	3	58,85	7,81
5 e 7	3	58,21	7,81
6 e 7	3	36,49	7,81

Em que: GL = grau de liberdade; χ_c^2 estatística qui-quadrado calculado; χ_a^2 estatística qui-quadrado tabelado.

O teste de identidade para o modelo logístico para os pares de idades avaliados demonstra que o valor de qui-quadrado calculado foi maior que o tabelado, concluindo-se que sofre influência da idade o que leva exclusão do uso do modelo reduzido. Isso corrobora a diferença entre os valores de Syx (%) dos modelos completo e reduzido, onde se torna necessário a utilização de equações separadas para cada idade.

As estimativas dos parâmetros obtidas para os modelos avaliados nas idades de 5, 6 e 7 anos individualmente estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Estatísticas do ajuste do modelo logístico na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para idade de 5 anos

5 anos (Syx = 17,76%)				
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p > t $
β_0	25,4689	0,5877	43,3201	<0,0001
β_1	14,1830	0,4546	31,2099	<0,0001
β_2	6,2587	0,5429	11,5311	<0,0001
6 anos (Syx = 21,49%)				
β_0	32,2701	72,711	0,444	0,6591
β_1	28,5551	71,290	0,400	0,6919
β_2	17,1391	18,439	0,929	0,3571
7 anos (Syx = 10,01%)				
β_0	32,2701	72,711	0,444	0,6591
β_1	28,5551	71,290	0,400	0,6919
β_2	17,1391	18,439	0,929	0,3571

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

De acordo com os valores obtidos no ajuste do modelo, para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, o modelo Logístico mostrou-se com valores não significativos para as idades de 6 e 7 anos, enquanto que para a idade de 5 anos dos os parâmetros avaliados possuíram valores significativos, o que mostra que está

ocorrendo influencia da idade no ajuste. Para as idades de 6 e 7 anos, o modelo analisado não pode ser utilizado para estimar altura total das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

4.2. *Pinus oocarpa*

Na Tabela 10 estão as estatísticas do ajuste do modelo Logístico completo e reduzido para as idades de 5 e 6 anos, para a espécie de *Pinus oocarpa*.

Tabela 10 - Estatísticas do ajuste do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus oocarpa* para idades de 5 e 6 anos, conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p> t $
Completo ($S_{yx}= 16,11\%$)				
β_{05}	3,1888	1,513	-1,92	<0,0001
β_{15}	1,0806	1,128	10,73	<0,0001
β_{25}	-0,0128	0,002	-6,81	<0,0001
β_{06}	4,8197	0,761	8,14	<0,0001
β_{16}	0,5113	0,028	17,88	<0,0001
β_{26}	-0,0051	1,011	13,45	<0,0001
Reduzido ($S_{yx}= 15,87\%$)				
β_0	-2,9151	0,701	37,09	<0,0001
β_1	1,3782	0,586	24,73	<0,0001
β_2	-0,0163	0,718	9,71	<0,0001

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

Conforme apresentado pela Tabela 10, o modelo reduzido quanto completo apresentou significância em seus parâmetros, mais levando em consideração o erro padrão residual, o modelo reduzido, se apresentou de forma mais confiável, uma vez que o valor obtido foi inferior ao encontrado no completo.

No teste de identidade para *Pinus oocarpa* (Tabela 11), a hipótese H_0 foi rejeitada, onde com isso não se pode utilizar o modelo na forma reduzida, pois qui-quadrado calculado foi superior ao tabelado.

Tabela 11 - Estatísticas obtidas para o teste de identidade do modelo Logístico na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus oocarpa*, idades 5 e 6 anos

Idade	GL	χ_c^2	χ_α^2
5 e 6	3	54,51	7,81

Em que: GL = grau de liberdade; χ_c^2 estatística qui-quadrado calculado; χ_α^2 estatística qui-quadrado tabelado.

Em *Pinus oocarpa*, percebe-se que, para esta espécie, o resultado foi semelhante ao encontrado para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, ou seja o modelo completo se diferiu estatisticamente do modelo reduzido, e devem ser ajustadas equações diferentes para cada idade.

Os resultados aqui apresentados para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* corroboram com os resultados apresentados por Bartoszeck (2004), que verificaram diferença significativa na relação hipsométrica em povoamentos de *Mimosa scabrella* com idades diferentes.

A Figura 4 ilustra a análise gráfica de ajuste do modelo Logístico, completo e reduzido para as idades de 5 e 6 anos conjuntamente.

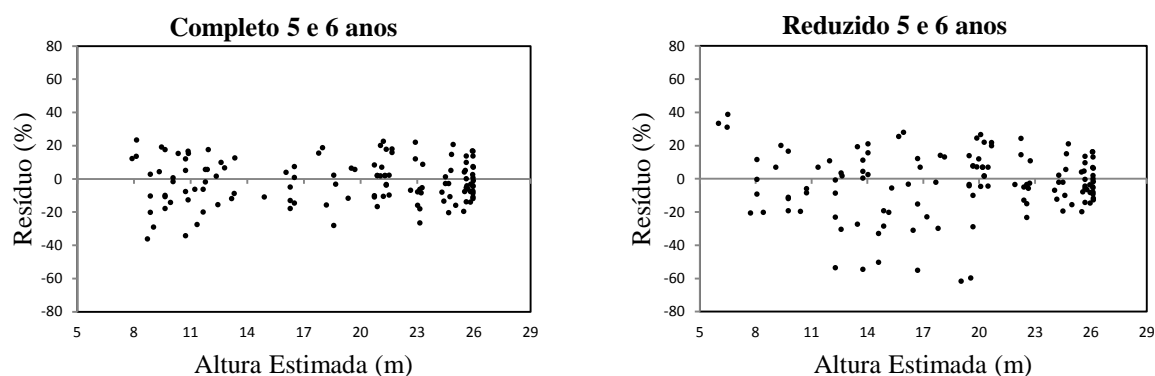


Figura 4 - Análise gráfica de ajuste do modelo Logístico, completo e reduzido para as idades de 5 e 6 anos conjuntamente.

Conforme ilustrado na Figura 5, o modelo completo teve uma distribuição residual melhor que o modelo reduzido.

Nas Tabelas 12 e 13 estão as estatísticas do ajuste do modelo Logístico completo e reduzido para as idades de 5 e 6 anos, respectivamente, para a espécie de *Pinus oocarpa*.

Tabela 12 - Estatísticas obtidas para o modelo na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus oocarpa*, para a idade de 5 anos

Logístico ($S_{yx} = 12,12\%$)				
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p > t $
β_0	26,2201	0,7942	33,0131	<0,0001
β_1	11,3916	1,3204	8,6281	<0,0001
β_2	7,5835	1,6466	4,6060	<0,0001

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

Tabela 13 - Estatísticas obtidas para o modelo na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus oocarpa*, para a idade de 6 anos

Logístico ($S_{yx} = 14,66\%$)				
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	t_c	$p > t $
β_0	16,9001	6,9769	2,4231	0,0204
β_1	7,6911	7,6881	1,0001	0,3236
β_2	10,1731	8,2509	1,2300	0,2253

Em que: t_c = estatística t calculado; p = p -value; $S_{yx}(\%)$ = erro padrão residual.

Como observado, para a espécie de *Pinus oocarpa*, o resultado, foi bem distinto, onde que para a idade de 5 anos todos os parâmetros foram significativos, diferentemente ocorrido com idade de 6 anos, onde dois parâmetros foram não significativos, o que leva a concluir que apenas pode ser utilizado para a idade de 5 anos.

5. CONCLUSÕES

De acordo com este estudo, foi possível concluir que:

- Há influência da idade na relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*.
- O modelo logístico pode ser utilizado para estimar a relação hipsométrica das espécies analisadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2011. **ABRAF**, Brasília, 2012. p.145. Disponível em: < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12-BR.pdf> > Acesso em: 20 de abr. 2012.

AZEVEDO, C. P. **Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequidêntes pelo emprego da matriz de transição**. 1999. 118p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1999.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H.A.L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27 n.3, Mai/Jun 2003.

BARROS, D. A. de; MACHADO, S. do A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.45, p. 3-28, jul/dez. 2002.

BARTOSZECK, A. C. de P. e S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, Viçosa MG, v.28, n4, p.517-533, 2004.

BATES, D. M.; WATTS, D. G. Nonlinear regression analysis and its applications. Citado por: REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SHEEREN, L. W.; BARICHELLO, L. R.; WATZLAWICK, L. F.; Relação hipsométrica para *Acacia mearnsii* com diferentes idades. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, p. 57-68, jul/dez. 2002.

CAMOLESI, J. F. **Volumetria e teor de alfa bisabolol para a candeia *Eremanthus erythropappus***. 2007, p. 90. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007.

CARDOSO, D. J. et al. Avaliação da influência dos fatores idade e sítio na relação hipsométrica para *Pinus taeda* nas regiões central e Sudoeste do estado do Paraná. **Revista Floresta**, v. 19, n. 1-2, p. 96 - 115, 1989.

CARGNIN, O. **Alternativas das florestas de *pinus***. Disponível em: <http://www.valverdeorg.br/html/clipp2.php?id=3752&categoria=Biodiversidade>. Acesso em 01/05/2012. 2005.

CAXUANA. **Localização**. Disponível em: <<http://www.caxuana.com.br/>> Acesso: nov. de 2010.

CHAPMAN, H.H.; MEYER, W.H. **Forest mensuration**. New York: McGraw-Hill, 522p. 1949

EGEE.; Escola Galileu de Educação Estatística. **Modelo Estatístico**. Esalq - Usp. 2003. Disponível em:<www.galileu.esalq.usp.br/mostra_topico.php?cod=362> Acesso em set. de 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de produção, Embrapa Florestas. **Cultivos do Pinus (espécies - *pinus oocarpa*)**. Versão Eletrônica. Colombo, PR, 2011. Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03_4_pinus_oocarpa.htm > Acesso em: 22 de abr. de 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de produção, Embrapa Florestas. **Cultivos do Pinus (espécies - *pinus caribaea*)**. Versão Eletrônica. Colombo, PR, 2011. Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03_3_pinus_caribaea.htm > Acesso em: 22 de abril de 2012.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, CEPEF - FATEC, 269 p. 1992.

FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAIS, E.; LEMOS, S. V.; FERNANDES, A. C.; SEBBENN, A. M. Teste de procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 32 anos de idade em Bebedouro - SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.17, n.1, p.17-23, 2005.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Belmont: Duxbury Press, 1976. 704p.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, M.; NICOLIELO, N. Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos – SP. **IPEF**, Piracicaba, n.14, p.77-120, 1977.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI,F.; PONCE,R.H. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

KHATTREE, R.; NAIK, D. N. Applied multivariate statistical with SAS software. citado por: REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

LAMPRECH, H. **Silvicultura nos trópicos**. Cooperação técnica. Eschborn, Republica Federal da Alemanha, 343p. 1990.

LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C. **Mensuração florestal: Perguntas e Respostas**. Viçosa: Ed. UFV, 470p. 2006.

LISITA, A.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; REGAZZI, A. J.; LELLIS, V. G. S.; Efeitos de reespaçamentos no crescimento e na produção de povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.4, p.473-482, 1997.

LOETZ, C. **Vai faltar Pinus**. <http://an.uol.com.br/2003/abr/19/0loe.htm>. Consultado em 23/04/2012. 2003.

LOPES, M. S.; SOARES, N. S.; REZENDE, A. M.; MOURA, A. D. de. Análise Conjuntural. O setor florestal em 2011, foi um ano bom ou ruim? E 2012?. **Centro de Inteligência em Florestas - CI Florestas**. Viçosa MG. v. 2012. 2011.

MACHADO, S. A.; BASSO, S. F.; BEVILACQUA JUNIOR, V. G. Teste de modelos matemáticos para o ajuste da relação hipsométrica em diferentes sítios e idades para plantações de *Pinus elliottii* no Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, v.2, p.553-556. 1993.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**, 2 ed. 1ª Reimpressão. Curitiba, PR: Editora UFPR, 316p. 2009.

MACHADO, S. A.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; TEO, S. J.; STOLLE, L.; URBANO, E. Modelagem volumétrica para bracatinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da Região Metropolitana de Curitiba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.17-29, 2008.

MAIA, E.; SIQUEIRA, D. L.; SILVA, F. F.; PETERNELLI, L. A.; SALOMÃO, L. C. C. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1380-1386, 2009.

MARTINS, E. F. P.; SILVA, J. A. A. da; FERREIRA, R. L. C.; JANKOVSKY, T.; BRITO, C. C. R. de. Curvas de índice de sítio para *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT no agreste de Pernambuco. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v. 17, n.4, 2007.

MENDONÇA, A. R. de. **Modelagem não linear do crescimento e da produção de plantações florestais**. 2010. 84p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2010.

MENDONÇA, A. R.; CALEGARIO, N.; SILVA, G. F.; BORGES, L. A. C.; CARVALHO, S. P. C.; Modelos hiposométricos e de crescimento em altura das árvores dominantes e codominantes para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, SP. v. 39, n 90, p. 150-160. 2011.

MIROV, N.T. The genus *Pinus*. Citado por CÉSAR, E. R. G.; SHIMIZU, J.Y.; ROMANELLI, R. Variação entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* em Angatuba, SP. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.17, p.13-24, 1988.

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; REIS, G. G.; MOREIRA, A. M. Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p.855-860, 2008.

PACHECO, G. R.; IDENTIDADE DE MODELOS LINEAR E NÃO LINEAR PARA VOLUME DE *Pinus*. **UFG**, Unidade Universitária de Ipameri. Ipameri, GO, Brasil. 2010.

PEREIRA, JC.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; SANTOS, E. M. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. No Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2 193-199, 2000.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.1-17, 1996.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. **Ceres**, Viçosa, v.40, n.228, p.176-195, 1993.

RUFINI, A. L. **Volúmetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais**. 2008, 264 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras – Lavras. 2008.

REMADE.; Expansão do Pinus no Brasil impulsiona setor. **Portal nacional da Madeira**. Edição 98, Agosto de 2006. Disponível em: < http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=948&subject=Pinus&title=Expans%C3%A3o%20do%20Pinus%20no%20Brasil%20impulsiona%20setor > Acesso em: 20 de abr. de 2012.

SARTORETTO, L. M.; SALDANHA, C. W.; CORDER, M. P. M.; Transformação genética: estratégias e aplicações para o melhoramento genético de espécies florestais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.861-871, 2008.

SCHIMIDT, P.B. **Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos De *Pinus taeda* L.1977**. 102p. Tese (Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 1977.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C .A. G.; ZANON, M. L. B.; COELHO, M. C. B.; KLEIN, J. E. M. Equações de volume para *Eucalyptus dunnii* Maiden, determinadas para a depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.3, p.425-428, 1997.

SCOLFORO, J. R. S.. **Biometria florestal: modelos de regressão linear e não-linear; modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca**. Lavras: UFLA/FAEPE, 352p. 2005.

SHIMIZU, J. Y.; MEDRADO, M. J. S. **Cultivo do Pinus**. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/index.htm>>. 2006 Acesso em 20 de abr. de 2012.

SILVA, J. N. M.; ARAÚJO, S. M. Equação de volume para árvores de pequeno diâmetro, na floresta nacional do tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 8/9, p. 16-25, 1984.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: UFV, 276 p. 2006.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. Citado por: REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento

inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

VITAL, B. R. Propriedades da madeira de *Pinus elliottii*. **Revista da Madeira**, nº 89 - ano 15 - abril de 2005. <http://www.unesp.br/noticias/130804c.php>. Acesso em 07 de janeiro de 2012.

WRAITH, J. M.; OR, D. Nonlinear parameter estimation using spreadsheet software. **Journal of Natural Resources**, [S.l.], v. 27, p. 13-19, 1998.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P.R.; COELHO, M.C.B.; KLEIN, J.E.M. Funções para descrever a relação altura diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 87-90, 1996.