

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

FERNANDO PORTELA RIBEIRO

Caracterização dendrométrica e crescimento de árvores de seringueira em  
plantios no Estado do Espírito Santo

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2013

FERNANDO PORTELA RIBEIRO

Caracterização dendrométrica e crescimento de árvores de seringueira em  
plantios no Estado do Espírito Santo

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.

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO  
2013

FERNANDO PORTELA RIBEIRO

CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E CRESCIMENTO DE  
ÁRVORES DE SERINGUEIRA EM PLANTIOS NO ESTADO DO  
ESPÍRITO SANTO

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.

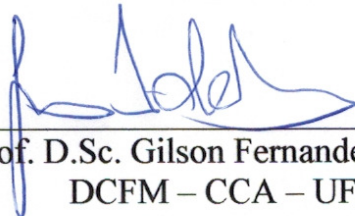
Aprovada em 23 de agosto de 2013.

COMISSÃO EXAMINADORA



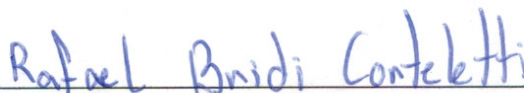
---

Prof. D.Sc. Adriano Ribeiro de Mendonça  
DCFM – CCA – UFES  
Orientador



---

Prof. D.Sc. Gilson Fernandes da Silva  
DCFM – CCA – UFES  
Examinador



---

MSc. Rafael Bridi Corteletti  
DCFM – CCA – UFES  
Examinador

“Tudo na vida pode ser começado de novo para  
que a lei do progresso e do aperfeiçoamento se  
cumpra em todas as direções.”  
Emmanuel

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, por todo apoio fornecido.

Ao Professor Adriano Ribeiro de Mendonça, pela paciência e pela prontidão em orientar essa monografia.

Aos professores que muito contribuíram para a minha formação acadêmica, principalmente os do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira.

A todos os amigos que adquiri ao longo do tempo de graduação, especialmente àqueles mais próximos que tanto contribuíram na minha formação.

Aos funcionários do Departamento que sempre nos atenderam muito bem.

A todos que contribuíram para a minha formação e elaboração deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a caracterização dendrométrica de um plantio puro e a pleno sol de Seringueira, cuja procedência é a cidade Linhares, situada ao norte do estado do Espírito Santo, bem como avaliar a precisão de modelos de relação hipsométrica e de crescimento e da produção de povoamentos florestais. Os dados foram obtidos por meio de medições oriundas de um experimento implantado em novembro de 1989, medido entre 1991 e 2003. A parcela foi dividida em quatro sub-parcelas com 49 plantas em cada uma, o espaçamento utilizado foi 2,0m X 2,0m e a adubação utilizada foi 200 g de Superfosfato simples por cova, no plantio. Em cada medição foram obtidas a altura total (H) e a circunferência a 1,30m do solo (CAP) de cada planta. Os modelos avaliados foram: Modelo Logístico, Modelo Assintótico, Modelo Exponencial e Modelo de Michaelis-Menten. A avaliação foi feita por meio das seguintes estatísticas: erro padrão residual, erro padrão relativo, coeficiente de determinação e coeficiente de determinação ajustado. Foram observadas poucas diferenças entre os modelos, tanto nos de relação hipsométrica quanto nos de crescimento, porém dentre os modelos de relação hipsométrica o Assintótico apresentou um maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  aj.) e entre os de crescimento foi Logístico que apresentou maior  $R^2$  aj.

**Palavras-chave:** *Hevea brasiliensis*, altura, diâmetro, relação altura/diâmetro.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	Objetivos.....	10
1.1.1	Objetivo geral.....	10
1.1.2	Objetivos específicos.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	Seringueira.....	11
2.2	Diâmetro das árvores.....	11
2.3	Altura das árvores.....	12
2.4	Relação hipsométrica.....	12
2.5	Crescimento das árvores.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	Caracterização dendrométrica.....	14
3.2	Relação hipsométrica.....	15
3.3	Modelos de crescimento em diâmetro e altura.....	16
3.4	Avaliação dos modelos.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4.1	Caracterização dendrométrica.....	19
4.2	Ajuste dos modelos.....	20
4.2.1	Relação hipsométrica.....	20
4.2.2	Crescimento em altura.....	22
4.2.3	Crescimento em diâmetro.....	23
5	CONCLUSÕES.....	25
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização dendrométrica de seringueira aos 14 anos de idade no Espírito Santo.....	19
Tabela 2: Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométricas ajustadas.....	20
Tabela 3: Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de crescimento em altura ajustadas.....	22
Tabela 4: Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de crescimento em diâmetro ajustadas.....	23



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Distribuição dos resíduos para os modelos de relação hipsométrica.....21
- Figura 2: Distribuição dos resíduos para os modelos de crescimento em altura. ....23
- Figura 3: Distribuição dos resíduos para os modelos de crescimento em diâmetro..24

## 1 INTRODUÇÃO

A seringueira (*Hevea brasiliensis*) pertencente à família *Euphorbiaceae* é natural da região amazônica. Sua madeira é branca e leve, e seu látex é utilizado na fabricação da borracha. Segundo Marques (2007) a *Hevea brasiliensis* é a fonte principal de borracha natural produzida no mundo.

A implantação de um plantio com finalidade comercial de uma determinada espécie florestal requer que sejam feitas medições e estimativas por meio de inventários, a fim de se estabelecer metas, realizar o manejo adequado e obter informações sobre o desenvolvimento do plantio para avaliar a eficiência do tratamento aplicado. Uma ferramenta muito utilizada na biometria florestal são os chamados modelos de relação hipsométrica e de crescimento em altura e diâmetro.

Em inventários florestais é comum a medição dos diâmetros de todas as árvores da parcela enquanto a altura é obtida apenas de algumas destas. O conjunto desses dados é utilizado para estabelecer uma relação da altura (variável dependente) com o diâmetro (variável independente), a qual será usada para estimar a altura das demais árvores da parcela em função dos diâmetros já medidos (MACHADO et al., 1993). Para que o planejamento de um plantio seja completo é usual o ajuste de modelos de estimativa de crescimento das árvores. As projeções futuras possibilitam o controle econômico bem como a avaliação da viabilidade do plantio, com isso a importância do ajuste de modelos de crescimento em altura e diâmetro.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é produzir informações dendrométricas e avaliar modelos de relação hipsométrica e de crescimento em altura e diâmetro para um plantio de *Hevea brasiliensis*.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Realizar a caracterização dendrométrica do plantio de seringueira aos 14 anos de plantio;
- Ajuste de modelos hipsométricos e de crescimento em diâmetro e altura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Seringueira

A seringueira é uma planta semidecídua, heliófita ou esciófita, característica da floresta Amazônica nas margens de rios e lugares inundáveis da mata de terra firme. Ocorre preferencialmente em solos argilosos e férteis da beira de rios e várzeas (LORENZI, 2000).

Comercialmente, as regiões de produção compreendem latitudes de 24° Norte na China até 25° Sul no litoral do Estado de São Paulo. Considerando-se tanto sua ocorrência espontânea, como os ecossistemas de cultivos comerciais, o gênero *Hevea* demonstra excepcionais condições de rusticidade e de capacidade de adaptação a grande número de padrões climáticos e edáficos (ORTOLANI *et. al*, 1983; ORTOLANI, 1985).

A espécie *Hevea brasiliensis* é uma espécie cultivada para extração em plantios comerciais, para produção de borracha natural. Com o fim do ciclo produtivo de resina, a madeira é extraída e é destinada, principalmente, às indústrias de energia e movelaria (TERRA, 2012).

### 2.2 Diâmetro das árvores

O diâmetro é uma medida básica para o cálculo de diversas outras variáveis, tais como: área transversal, área basal, volume, crescimento e quocientes de forma. Como é uma variável de fácil acesso e apresentar alta correlação com altura e volume, essa medida geralmente se configura como variável independente, quando utilizada em regressão (MARTINS, 2012).

Em uma árvore, mede-se o diâmetro a altura de 1,30 m e este é chamado diâmetro à altura do peito (DAP) e está diretamente relacionado ao volume. (CAMPOS e LEITE, 2006).

A suta e a fita são os instrumentos mais utilizados para se obter o diâmetro. A medida tomada com a fita é mais consistente quando comparada com as da suta, pois permite obter o mesmo valor mesmo sendo tomados por usuários diferentes. Isso se deve ao fato de que dificilmente as árvores possuem seções circulares, o que faz com que a medida tomada pela suta não capte as variações de circularidade da árvore. Por isso quando se utiliza a suta é importante que se tomem pelo menos

duas medidas, sendo uma no maior diâmetro e outra no menor para que se faça uma média entre as duas medidas e se obtenha a medida mais adequada (CAMPOS e LEITE, 2006).

### **2.3 Altura das árvores**

A altura de uma árvore é considerada como a distância linear partindo do solo até o topo ou até outra referência de acordo com o tipo de altura que se quer medir. Esta medida é tomada ao longo do eixo principal da árvore (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Para a obtenção indireta da altura das árvores são utilizados equipamentos denominados hipsômetros. Atualmente, há no mercado uma nova geração de hipsômetros que contêm dispositivos eletrônicos que permitem a obtenção da altura das árvores sem a necessidade de trenas para a medição das distâncias inclinadas e reduzidas (CAMPOS e LEITE, 2006).

Para árvores maiores que 15 m é comum, em alguns trabalhos, que a estimativa da altura seja visual, com ou sem apoio de uma régua telescópica encostada na árvore. Uma alternativa para estes casos seria o uso de hipsômetros. Os hipsômetros baseados em distâncias fixas, como, por exemplo, os hipsômetros de *Haga* e *Blume-Leiss*, não funcionam bem na estimação da altura em povoamentos nativos, pois a necessidade do mensurador de se afastar a uma distância fixa da árvore muitas vezes faz que ele perca a visão dessa distância. O Hipsômetro Vertex, que emprega impulsos ultrassônicos, permite medir a altura da árvore a qualquer distância, sendo, portanto, opção interessante para se medir a altura em florestas nativas. Porém há o problema de seu custo elevado e as dificuldades com manutenção (SILVA, 2012).

### **2.4 Relação hipsométrica**

Este procedimento é feito a partir da obtenção do DAP de todas as árvores da parcela e da medição da altura de algumas árvores. Com os dados coletados se constrói uma curva altura - diâmetro, com a finalidade de estimar a altura das demais árvores da parcela em que apenas o diâmetro é medido (BATISTA *et al.*, 2001).

O uso de equações de relação hipsométrica em inventários florestais vem se constituindo em operação rotineira para estimação das alturas das árvores e para o cálculo do volume de madeira em pé (COUTO et. al., 1987). A relação hipsométrica é uma opção de trabalho amplamente utilizada. É um aspecto de grande importância a ser considerado na coleta das informações, sendo de grande utilidade prática, principalmente em populações com árvores de grande porte (SCOLFORO, 1997).

Dentre os modelos hipsométricos, são considerados tradicionais os que descrevem as alturas das árvores em função apenas dos diâmetros medidos a 1,30m do solo (*DAP*) (SOARES et al., 2004).

## 2.5 Crescimento das árvores

O crescimento em diâmetro e altura de espécies florestais dá subsídios à silvicultura e ao manejo das florestas, pois fornece informações sobre o seu potencial e permite estimar o tempo necessário para que as árvores alcancem determinada dimensão, além de avaliar a viabilidade econômica do cultivo destas espécies. Para que se conheçam as características de crescimento das espécies pode-se optar por acompanhar as medições periódicas, o que implica em um grande período de observações, ou recorrer às técnicas de análise de tronco (FINGER et al., 1996)

A predição do crescimento caracteriza-se como um dos mais importantes elementos do manejo de florestas equiâneas, pois para fazer a gestão florestal é necessário compreender processos de crescimento e produção uma vez que o diagnóstico das florestas tem que ser decidido com base na previsão de produções futuras de acordo com informações atuais. Campos e Leite (2006) destacam que os denominados modelos de crescimento em nível de povoamento não explicam diretamente as variações ocorridas dentro do povoamento, e sim o crescimento com base em atributos em nível de povoamento, como a idade, por exemplo. Porém relações funcionais de uma variável somente em função da idade são de aplicação limitada e devem ser usadas somente em áreas homogêneas, onde não há variações significativas de densidade e capacidade produtiva.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 1989 na fazenda Agrobor, localizada em Linhares, Estado do Espírito Santo. Trata-se de um plantio equiâneo de *Hevea brasiliensis* a pleno sol. A área útil total da parcela foi de 784m<sup>2</sup>, o espaçamento utilizado foi 2,0 X 2,0 m e a adubação de 200 g de superfosfato simples por cova, no plantio. Foram medidos a circunferência a 1,30m do solo (*CAP*) e a altura total de cada planta a partir do segundo ano, a última medição foi realizada em 2003, quando o plantio tinha 14 anos de idade.

Com os dados obtidos foi feita a caracterização dendrométrica, além do ajuste de modelos de relação hipsométrica e de crescimento em altura e diâmetro para a posterior avaliação dos mesmos.

#### 3.1 Caracterização dendrométrica

A caracterização dendrométrica compreendeu: a média aritmética dos diâmetros ( $\bar{d}$ ), o diâmetro médio quadrático ( $q$ ), área basal por hectare ( $B$ ) e altura média ( $\bar{H}$ ). E de acordo com Soares et al. (2007), estes são obtidos da seguinte forma:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n DAP_i}{n}$$

Em que:

$\bar{d}$  = média aritmética dos diâmetros, em centímetros;

$DAP_i$  = diâmetro a 1,30 m do solo da *i*-ésima árvore, em centímetros;

$n$  = tamanho da amostra.

$$q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n DAP_i^2}{n}}$$

Em que:

$q$  = diâmetro médio quadrático em centímetros.

$$B = \frac{\sum g_i}{A}$$

Em que:

B = Área basal, em metros quadrados por hectare;

g = Área seccional da árvore i, em metros quadrados;

A = Área da unidade de amostra, em hectares.

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$$

Em que:

$\bar{H}$  = média aritmética das alturas, em metros;

$H_i$  = altura da árvore i, em metros.

As variáveis dendrométricas foram obtidas utilizando a base de dados apenas para a idade de 14 anos.

### 3.2 Relação hipsométrica

Com os pares de dados de diâmetro e altura das árvores, obtidos a partir dos dados de inventário, foram ajustados modelos de relação hipsométrica para árvores de seringueira. Os modelos escolhidos foram:

1. Logístico:

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

2. Michaelis-Menten:

$$H_i = \frac{\beta_0 \cdot DAP_i}{\beta_1 + DAP_i} + \varepsilon_i$$

3. Assintótico:



$$H_i = \beta_1 + (\beta_2 - \beta_1) \exp(-e^{\beta_3} \cdot DAP_i) + \varepsilon$$

4. Schumacher:

$$H_i = \beta_0 \cdot \text{Exp}\left(\frac{\beta_1}{DAP_i}\right) \varepsilon_i$$

Em que:

H = Altura total, em metros;

DAP = diâmetro a 1,30m do solo, em centímetros;

$\beta$  = parâmetros do modelo;

$\varepsilon_i$  = erro aleatório.

### 3.3 Modelos de crescimento em diâmetro e altura

Relacionando os dados de diâmetro e altura com a idade das árvores, obtidos a partir dos dados do inventário, foram ajustados modelos de crescimento em altura e diâmetro para árvores de seringueira. Os modelos escolhidos foram:

1. Logístico:

$$Y_i = \frac{\beta_0}{1 + \exp[(\beta_1 - I_i)/\beta_2]} + \varepsilon_i$$

2. Michaelis-Menten:

$$Y_i = \frac{\beta_0 \cdot I_i}{\beta_1 + I_i} + \varepsilon_i$$

3. Schumacher:

$$Y_i = \beta_0 \cdot \text{Exp}\left(\frac{\beta_1}{I_i}\right) \varepsilon_i$$

Em que:

Y = Diâmetro, em centímetros ou altura total em metros;

$\beta$  = parâmetros do modelo;

$I$  = idade da árvore analisada, em anos.

### 3.4 Avaliação dos modelos

Para avaliação dos modelos foi considerado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o erro padrão residual absoluto ( $Syx$ ) e relativo ( $Syx\%$ ).

O coeficiente de determinação adotado na análise foi o proposto por Kvalseth (1985) apud Silva et al. (2008) que diz que esta maneira de calcular o  $R^2$  atende a maioria das exigências necessárias para a seleção de modelos, conforme é apresentada a seguir:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y - \hat{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2}$$

Em que:

$R^2$  = coeficiente de determinação;

$y$  = valor observado da variável dependente;

$\hat{y}$  = valor estimado da variável dependente;

$\bar{y}$  = média dos valores observados da variável dependente.

Como os modelos testados apresentam números de parâmetros diferentes, também foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado para comparação entre eles. Sua fórmula é a seguinte:

$$R_{aj}^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right)(1 - R^2)$$

Em que:

$R_{aj}^2$  = coeficiente de determinação ajustado;

$n$  = tamanho da amostra;

$p$  = número de parâmetros.

Os erros padrões foram obtidos da seguinte forma:

$$S_{yx} = \sqrt{QMR} = \sqrt{\frac{\sum(y-\hat{y})^2}{n-p}}$$

$$S_{YX}\% = \left(\frac{S_{YX}}{\bar{Y}}\right) 100$$

Em que:

$S_{yx}$  = erro padrão residual;

$S_{yx}\%$  = erro padrão relativo;

QMR = quadrado médio do resíduo;

$n$  = número de variáveis analisadas;

$p$  = número de parâmetros do modelo;

$\bar{Y}$  = média observada da variável dependente.

O resíduo foi calculado da seguinte forma:

$$\text{ERRO} = \frac{Y_{ob} - Y_{est}}{Y_{ob}}$$

Em que:

$Y_{ob}$  = Variável observada;

$Y_{est}$  = Variável estimada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização dendrométrica

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das variáveis dendrométricas analisadas para o último ano de medição.

Tabela 1: Caracterização dendrométrica de seringueira aos 14 anos de idade no Espírito Santo

DAP(cm)			q (cm)	H (m)			B (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	n
Min.	Média	Máx.	14,23	Min.	Média	Máx.	34,26932	169
5,41	13,41	25,78		5,0	12,4	18,5		

Em que: DAP = Diâmetro a 1,30 m do solo; q = Diâmetro quadrático; H = Altura; B = Área basal por hectare; n = Número de árvores remanescentes.

Martins (2012) realizou a caracterização dendrométrica de dez espécies nativas com idade variando de 22 a 24 anos e encontrou valores de altura média variando de 11,07 metros a 17,5 metros, para o tarumã e o cajá, respectivamente. Quanto ao diâmetro médio aritmético os valores encontrados foram entre 13,41 e 32,29 centímetros, para o paraju (n = 124) e o cajá (n = 54), respectivamente. A área basal dos povoamentos também teve uma variação considerável, apresentou valores entre 8,29 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e 59,28 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> para o tarumã (n = 38) e o cajá, respectivamente. Observa-se um crescimento em diâmetro superior da seringueira em relação ao paraju, mesmo com idade inferior e maior número de árvores remanescentes.

Como já é sabido que o espaçamento influencia no crescimento das espécies, é interessante que se teste outros espaçamentos para avaliar qual seria o ideal para a produção de madeira utilizando seringueira. Além disso, observa-se também um grande potencial da espécie em relação a outras espécies plantadas na mesma região estudadas por Martins (2012)> Com isso, trabalhos de melhoramento genético seriam interessantes visando a produção de madeira, selecionando indivíduos com potenciais de crescimento e qualidade de madeira para produtos sólidos.

## 4.2 Ajuste dos modelos

### 4.2.1 Relação hipsométrica

Após o ajuste dos modelos hipsométricos e análise dos resultados presentes na Tabela 2, pôde-se notar uma pequena variação nos valores de  $R^2_{aj.(\%)}$  e  $Syx(\%)$ . Considerando que o melhor modelo é aquele que possui o maior  $R^2_{aj.}$  e menor  $Syx(\%)$ , pode-se concluir que o modelo Assintótico é o que melhor explica as variações ocorridas no plantio de seringueira. Mas, nota-se que a precisão dos modelos avaliados é semelhante, e que todos podem ser utilizados para estimar a altura total de seringueira.

Tabela 2: Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométricas ajustadas

Modelos	$\widehat{\beta}_0$	$\widehat{\beta}_1$	$\widehat{\beta}_2$	Syx (m)	Syx(%)	$R^2_{aj.}(\%)$
Logístico	14,9135*	7,2127*	4,7116*	1,693	18,04	66,22
Assintótico	16,9342*	-1,5847*	-2,3660*	1,683	17,99	66,60
Michaelis-Menten	29,6499*	21,0279*		1,690	18,01	66,33
Exponencial	19,4280*	-6,8092*		1,687	17,98	66,45

Em que  $\beta$  = Parâmetros do modelo; Syx = Erro padrão residual; Syx(%) = Erro padrão relativo;  $R^2_{aj.(\%)}$  = Coeficiente de determinação ajustado; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Martins (2012) ao estudar modelos de relação hipsométrica para espécies nativas observou uma grande diferença entre os valores de  $R^2_{aj.}$ ; variando num intervalo entre 24,87% e 94,16%, para diferentes modelos ajustados para o nagibe e o jequitibá-rosa respectivamente. Isto ocorreu porque no caso daquele estudo foram avaliadas diferentes espécies que possuíam características dendrométricas específicas e variada. Também foi encontrada uma grande variação para os valores do erro padrão residual, estes variaram de 6,39% a 26,75%, para diferentes modelos ajustados para farinha seca e jequitibá rosa, respectivamente. Nota-se que a

precisão dos modelos utilizados para relação hipsométrica da seringueira estão dentro do intervalo encontrado para outras espécies nativas em plantios.

Azevedo (2011) obteve valores de  $R^2_{aj}$  variando de 5,54% a 96,43% para o sete-cascas e 0,06% a 67,92% para o ipê-branco, ao testar 13 modelos de relação hipsométrica. E, para estas mesmas espécies, respectivamente, um erro padrão residual variando de 2,19% a 25,11% e 0,03% a 8,53%.

Na Figura 1 observa-se que o comportamento dos modelos foi não tendencioso, porém nota-se que a altura estimada das árvores de 10 a 15 metros tende a produzir erros menores.

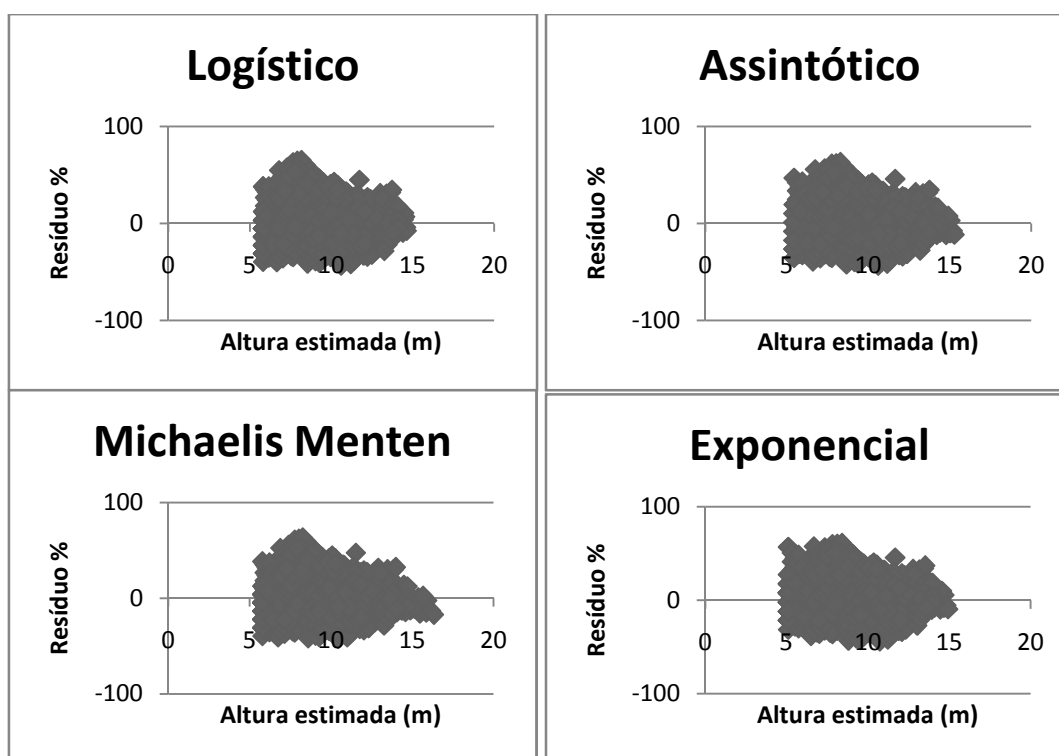


Figura 1: Distribuição dos resíduos para os modelos de relação hipsométrica.

#### 4.2.2 Crescimento em altura

Conforme os resultados observados na Tabela 3, nota-se que os modelos ajustados apresentam desempenho semelhante ao estimar o crescimento em altura. Considerando os valores de  $R^2_{aj.}$  e  $Syx(\%)$ , o modelo que melhor explica o crescimento em altura da seringueira é o modelo Logístico, seguido de Michaelis-Menten e Exponencial, respectivamente.

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de crescimento em altura ajustadas

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	Syx (m)	Syx(%)	$R^2_{aj.} (\%)$
Logístico	19,4162*	9,5862*	6,8631*	1,967	20,96	54,38
Michaelis-Menten	26,1750*	15,6010*		2,002	21,34	52,73
Exponencial	16,7606*	-4,8076*		2,073	22,09	49,33

Em que  $\beta$  = Parâmetros do modelo; Syx = Erro padrão residual; Syx(%) = Erro padrão relativo;  $R^2_{aj.}(\%)$  = Coeficiente de determinação ajustado; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Martins (2012) encontrou valores de 73,32% e 80,11 para  $R^2_{aj.}$  ao testar modelos Exponencial e Logístico para crescimento em altura, para paraju. E encontrou 70,01% e 77,65% para o jequitibá-rosa. E, para os valores de erro padrão residual, foi observada uma variação de 11,58% a 13,57%, para nagibe e jequitibá rosa, respectivamente. Sendo assim nota-se uma menor precisão para os modelos testados para seringueira.

Na Figura 2 observa-se que um comportamento tendencioso dos modelos, nota-se uma tendência de subestimar os valores de altura, principalmente os modelos Michaelis Menten e Exponencial.

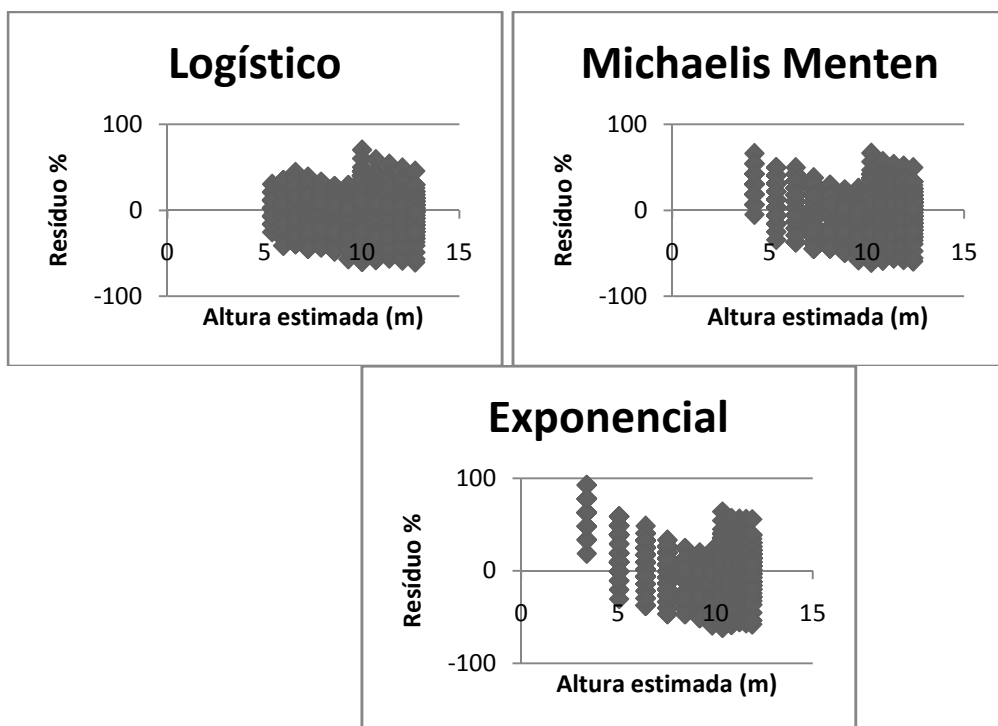


Figura 2: Distribuição dos resíduos para os modelos de crescimento em altura.

#### 4.2.3 Crescimento em diâmetro

Para os modelos de crescimento em diâmetro, o que melhor explica é o modelo Logístico, pois apresentou menor valor de Syx(%) e maior valor de  $R^2_{aj}$  (Tabela 4). Nota-se que a precisão dos modelos avaliados é semelhante, e que todos podem ser utilizados para estimar o crescimento em diâmetro de seringueira.

Tabela 4: Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de crescimento em diâmetro ajustadas

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	Syx (cm)	Syx(%)	$R^2_{aj}$ (%)
Logístico	16,5379*	6,2930*	5,4814*	3,242	31,80	30,64
Michaelis-Menten	24,0260*	11,6890*		3,246	31,84	30,49
Exponencial	17,3901*	-4,3971*		3,270	32,08	29,45

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Em que  $\beta$  = Parâmetros do modelo; Syx = Erro padrão residual; Syx(%) = Erro padrão relativo;  $R^2_{aj}$ (%) = Coeficiente de determinação ajustado.



Martins (2012) obteve uma grande variação entre os valores de  $R^2_{aj}$  com valores variando de 8,90% para o Nagibe até 71,63% para o Ipê felpudo. Uma grande variação também foi observada entre os valores de erro padrão residual, para o jequitibá rosa foram encontrados 31,27% e 30,86% para os modelos exponencial e logístico, respectivamente. Nota-se que os modelos utilizados para estimativa do crescimento de seringueira tiveram menor precisão.

Na Figura 3 observa-se o problema de heterocedasticidade, o que indica que a variância não é constante, além disso, o modelo Exponencial apresentou uma tendência em subestimar os valores de diâmetro das árvores com diâmetro abaixo de 5 cm.

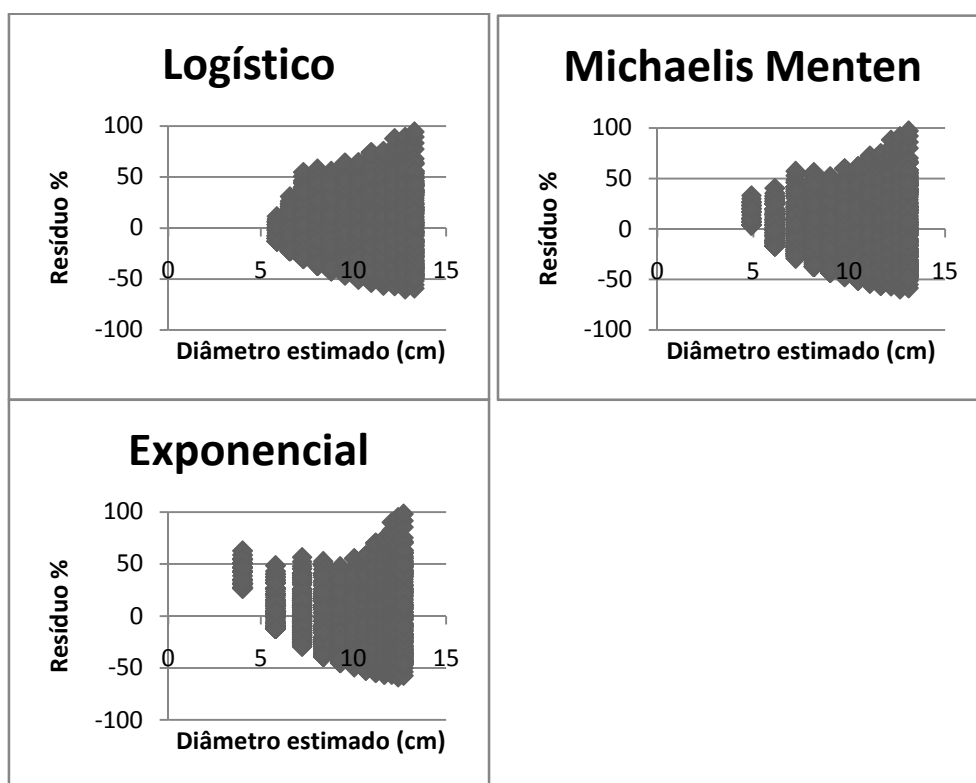


Figura 3: Distribuição dos resíduos para os modelos de crescimento em diâmetro.

## 5 CONCLUSÕES

- Os resultados médios de crescimento em altura, diâmetro e área basal da seringueira foram influenciados pelo espaçamento de plantio.
- Entre os modelos de relação hipsométrica, o que obteve melhor resultado foi o Modelo Assintótico.
- Entre os modelos de crescimento em altura e diâmetro, o mais preciso foi o Modelo Logístico.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, G. B; SOUSA, G. T. de O; SILVA, H. F; BARRETO, P. A. B; NOVAES, A. B. de. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no Planalto da Conquista na Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 7, n. 12, p 1, maio 2011.

BATISTA, J.F.L.; COUTO, H.T.Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de florestas. **Scientia Forestalis**, n.60, p.149-163. 2001.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 2. ed. revista e ampliada. Viçosa-MG, Editora UFV, 470 p., 2006.

COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no estado de São Paulo. **IPEF**, n.37, p.33-44.1987

FINGER,C.A.G.; ELEOTÉRIO, J.R.; BERGER, R.; SCHNEIDER, P.R. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.101-108. 1996.

LORENZI,H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.1, 3ª ed. Nova Odessa. Editora Plantarum, 352p, 2000

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

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2.ed. Guarapuava: Unicentro. 316p. 2009.

MARQUES, Paulo Cezar. **Seringueira Clones 2007: 2ª Recomendação para o Estado do Espírito Santo**. Incaper. Vitória, 2007.

MARTINS, L. T. **Caracterização dendrométrica e crescimento de dez espécies florestais nativas em plantios homogêneos no estado do Espírito Santo**. Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias. Jerônimo Monteiro, 2012. (Dissertação).

ORTOLANI, A. A. Aptidão Climática para cultura de seringueira em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.11. n.121,p. 8-12 - 1985.

ORTOLANI, A. A. et al. Aptidão agroclimática para regionalização da heveicultura no Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE RECOMENDAÇÃO DE CLONES DDE SERINGUEIRA, 1 ,1983, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/SUDHEVEA, 1983, p.19-28.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal 2**, Técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira, UFLA/FAEPE/DCF, 1997. 292p.

SILVA, G.F; CURTO, R.A; SOARES, C.P.B; PIASSI, L. C; Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**. Viçosa. v.36, n. 2.mar/abr. 2012.

SILVA, G. F.; LEITE, V. R.; CURTO, R. A.; MORA, R.; MARTINS, L. T.; SANTOS, E. M.; SOARES, C. P. B. Cuidados com o uso de coeficiente de determinação na análise do ajuste de modelos volumétricos. In: 4º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal. **Anais...** Santa Maria, RS. 2008.

SOARES, T. S.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG, Editora UFV, 276 p., 2007.

SOARES, T. S.; SCOLFORO, J. R. S.; FERREIRA, S. O.; MELLO, J. M. de. Uso de diferentes alternativas para viabilizar a relação hipsométrica no povoamento florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.28, n.6, p. 845-854, 2004.

TERRA, M. I. C. **Dinâmica de crescimento de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) na região noroeste de Minas Gerais**. 2012. Dissertação. Universidade Federal de Lavras, 2012.