

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

AMANDA MILHEIROS DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DE DUAS ESPÉCIES
FLORESTAIS NÃO TRADICIONAIS EM JERÔNIMO MONTEIRO - ES

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2019

AMANDA MILHEIROS DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DE DUAS ESPÉCIES
FLORESTAIS NÃO TRADICIONAIS EM JERÔNIMO MONTEIRO - ES

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

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2019

AMANDA MILHEIROS DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DE DUAS ESPÉCIES
FLORESTAIS NÃO TRADICIONAIS EM JERÔNIMO MONTEIRO,
ES

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Florestal

Aprovada em 28 de junho de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA

Adriano Ribeiro de Mendonça

Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça

DCFM/CCAUE/UFES

Orientador

Gilson Fernandes da Silva

Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva

DCFM/CCAUE/UFES

Evandro F. da Silva

Evandro Ferreira da Silva

DCFM/CCAUE/UFES

A Deus e todas as energias superiores que permitiu a realização de cada etapa.

Aos meus pais Cristiane Farias Milheiros e Ronaldo Picoli da Silva, a minha vitória.

Aos meus irmãos Guilherme Milheiros Silva e Matheus Milheiros da Silva que são uns presentes.

Dedico totalmente este trabalho.

“Nunca deixe que ninguém lhe diga que não pode fazer algo. Se tem um sonho deve protegê-lo.”

- À Procura da Felicidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus e todas as energias positivas superiores que habitam em mim.

Aos meus pais, Cristiane Farias Milheiros e Ronaldo Picoli da Silva e aos meus irmãos, Guilherme Milheiros Silva e Matheus Milheiros da Silva, que sempre me apoiaram, sou eternamente grata, vocês são meus maiores exemplos de amor e união.

Aos mestres e doutores que me ensinaram durante toda a graduação. Em especial aos professores doutores que me orientaram nesse período, Sustanis Horn Kunz e Adriano Ribeiro de Mendonça, permitindo mais conhecimento a determinadas áreas no qual eu amo tanto.

A Universidade Federal do Espírito Santo, por ter permitido todo o meu desenvolvimento profissional, por meio de toda sua extensão, sendo uma porta de entrada para a realização de um sonho.

Aos meus amigos, de sempre, que me ajudaram em todos os momentos. E em especial, aos amigos que Alegre me presenteou, a vocês minha gratidão por fazer meus dias mais alegres, por me proporcionarem momentos inesquecíveis com tantas diversões, lágrimas e por sempre estarem ao meu lado, Anna Lara Rodrigues, Mariana Cardozo, Lucas Mendes, Myllena Moura, Julia Sesana, Maria Paula, Lara Carvalho, Raul Jacobem, Bianca Darissi, Gabriel Madeira, Hivo, Luiz Felipe e André Magnano. Não posso esquecer-me do meu melhor grupo “biscoiteirxs”, obrigada por todos os momentos, Giovanni Ludgero, Renata Garcia, Bruno Simas, Carlos Filipe e Henrique Estanislau.

A turma de 2014, minha turma de 2015 e agregados que me ensinaram muitas lições, em especial ao meu eterno grupo de fofocas, risadas, choros e desesperos por semanas de prova, Amanda Grillo, João Vitor Spala, Thales Capetini, Cássia Santos e Luis Filipe, gosto muito de vocês.

A República Tcheca que foi meu lar durante 2,5 anos fazendo parte de mim, com muitas tarefas, aprendizados, união, loucuras, histórias e brigas. Obrigada a todas as meninas que conviveram comigo.

Ao professor e grande amigo que levarei para toda vida, obrigada por todos os momentos, Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

A equipe Floema Jr. que permitiu o meu engajamento e proporcionou momentos para a minha qualificação profissional.

E também agradeço ao laboratório de Manejo, em especial ao Lucas Caldas, Evandro Ferreira, Jeangelis da Silva e Jeferson Martins por ajudarem no desenvolvimento do meu trabalho.

RESUMO

As plantações de espécies não tradicionais vêm ganhando representatividade no Brasil com intuito de fornecer mais matéria prima para fins industriais. Com isso, o objetivo do estudo foi realizar a caracterização dendrométrica de plantios não desbastados de duas espécies florestais não tradicionais na em Jerônimo Monteiro, ES. Para tanto, foram selecionadas as espécies mogno (*Swietenia mahagoni*) e teca (*Tectona grandis*) plantadas na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo com idade de plantio de oito anos e espaçamento de 3x2 m. A área de estudo do mogno e teca apresentam 576 m² e 462 m², respectivamente. Neste inventário foram coletadas as seguintes informações: número de árvores, diâmetro a 1,3m do solo (*DAP*), altura total (*H*) e altura correspondente ao diâmetro de 6 cm. Foi realizada a caracterização dendrométrica calculando o diâmetro médio (\bar{d}), altura total média (\bar{H}), área basal (*G*), volume (*V*), fator de forma médio (*f*), mortalidade (*M%*) e incremento médio anual (*IMA*) para cada espécie. Foram ajustados três modelos de relação hipsométrica e dois modelos para estimar o volume de árvores individuais para as espécies analisadas. Os modelos foram analisados por meio das estatísticas: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), raiz do erro quadrático médio e viés. Além disso, foi realizada a análise gráfica dos resíduos em relação aos valores estimados da variável analisada. O mogno apresentou 72 indivíduos vivos com média de 18,33cm de *DAP*, 14,27m de *H*, área basal de 34,2941 m²ha⁻¹ e um volume de 150,6293 m³ha⁻¹ e fator de forma médio de 0,59. Para a teca foram encontrados 52 indivíduos vivos, com média de 11,82cm de *DAP* e 12,23m de *H* com 12,9446 m²ha⁻¹ de área basal, 70,7433 m³ha⁻¹ de volume e fator de forma médio de 0,56. Para o mogno e a teca os modelos de relação hipsométrica apresentaram ausência de viés (<1%) e baixos valores de RMSE e valores de R^2_{aj} menor que 50. Para a teca os modelos volumétricos apresentarem R^2_{aj} menor que 50% e para o mogno, os dois modelos volumétricos apresentaram valores semelhantes de R^2_{aj} (aproximadamente 95%).

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Espécies analisadas.....	3
2.1.1. <i>Tectona grandis</i>	3
2.1.2. <i>Swietenia mahagoni</i>	4
2.2. Medição do diâmetro das árvores	5
2.3. Obtenção da altura das árvores e relação hipsométrica.....	6
2.4. Obtenção do volume	8
2.5. Fator de forma e modelos volumétricos	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Caracterização da área de estudo	11
3.2. Coleta de Dados.....	12
3.3. Modelos avaliados	13
3.4. Avaliação dos modelos de regressão.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1. Caracterização dendrométrica das espécies analisadas	16
2.2. Ajustes dos modelos hipsométricos	17
2.3. Ajustes dos modelos volumétricos.....	19
5. CONCLUSÕES.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da distribuição diamétrica.....	16
Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar a relação hipsométrica ajustadas de árvores de mogno.....	17
Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar a relação hipsométrica ajustadas de árvores de teca.	17
Tabela 4 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar volume ajustados de árvores de mogno.....	20
Tabela 5 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar volume ajustados de árvores de teca.	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de um indivíduo jovem de <i>Tectona grandis</i> em um plantio comercial.....	3
Figura 2 – Ilustração da inflorescência e flor da teca	4
Figura 3 – Indivíduo de <i>Swietenia mahagoni</i> na Flórida.	5
Figura 4 – Medição do diâmetro a 1,30 do solo.	5
Figura 5 – Representação das diferentes alturas da árvore.....	6
Figura 6 – Área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira.	11
Figura 7 – Equipamentos utilizados para coletas de dados: A – Clinômetro de Suunto; B – Fita diamétrica e C – Criterion RD 1000.....	13
Figura 8 - Medição dos diâmetros nas alturas desejadas com o uso do Criterion RD 1000	13
Figura 9 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função da altura estimada, para os modelos testados para o mogno.	18
Figura 10 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função da altura estimada, para os modelos testados para a teca.....	19
Figura 11 – Distribuição dos resíduos do volume, em porcentagem, em função do volume estimado, para os modelos testados para o mogno.	21
Figura 12 – Distribuição dos resíduos do volume, em porcentagem, em função do volume estimado, para os modelos testados para a teca.....	21

1. INTRODUÇÃO

Os plantios florestais vêm ganhando espaço para diversos usos, tanto no reflorestamento como para fins industriais. No Brasil, cerca de 58% do seu território é formado por florestas naturais e plantadas representando a segunda maior área de florestas do mundo (SNIF, 2017). As florestas plantadas correspondem a 7,84 milhões de hectares, sendo responsável por toda madeira produzida para fins industriais (IBÁ, 2017). Devido a importância do setor florestal, principalmente de florestas plantadas, é necessário uma quantificação da produção de forma mais acurada. Uma forma de quantificar a produção é por meio de inventários florestais.

As equações hipsométricas e volumétricas são imprescindíveis nos inventários florestais, permitindo a totalização do volume por unidade de área. Em plantios florestais a maioria dos trabalhos envolvendo modelos volumétricos e hipsométricos são feitos com espécies tradicionais dos gêneros de *Eucalyptus* e *Pinus* (TONINI et. al., 2005).

Poucos são os trabalhos realizados com espécies não tradicionais, como os de Silva et. al. (2016) para mogno-africano (*Khaya ivorensis*); Fernandes et. al. (2017) com andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King); Tonini et al. (2005) com andiroba (*Carapa guianensis*), castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*); Venduscrolo et. al. (2014) com teca (*Tectona grandis*) e Santos et. al. (2017) com cedro amazonense (*Cedrelinga catenaeformis*).

A falta de estudos relacionados a espécies não tradicionais resulta na ausência de informação e conhecimento do crescimento das espécies, seu potencial econômico, produtividade dentre outras informações relevantes. Portanto, são importantes estudos para espécies não tradicionais a fim de indicar o potencial da mesma e fornecer dados que incentivem os produtores, empresas públicas e privadas para investir nessas espécies garantindo mais conhecimento, retorno econômico, social e ambiental.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Realizar a caracterização dendrométrica de plantios não desbastados das espécies de mogno e teca em Jerônimo Monteiro, Espírito Santo.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Realizar a caracterização por meio de inventário de informações dendrométricas básicas como número de árvores, diâmetro a 1,3m do solo, altura total, área basal, volume e fator de forma médio de mogno e teca;
- b) Avaliar os modelos de relação hipsométrica e volume individual de árvores para cada espécie selecionada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Espécies analisadas

2.1.1. *Tectona grandis*

A *Tectona grandis* L. f. (Figura 1), popularmente conhecida como teca, é uma árvore originária da Ásia (FIGUEIREDO; OLIVEIRA; SCOLFORO, 2005), pertence à família Verbenaceae, (LORENZI, et. al., 2003). De acordo com o Ibá (2017), a área plantada com teca no Brasil é de 87.502 ha.



Figura 1– Representação de um indivíduo jovem de *Tectona grandis* em um plantio comercial

Fonte: Depositphotos (2013).

É uma espécie de grande porte, podendo alcançar entre 20-35m de altura e até 2,5m de diâmetro. Apresenta tronco ereto, espesso, cilíndrico. A casca de cor cinza ou marrom, com cerca de 15 mm de espessura, confere-lhe elevada resistência ao fogo por aparentar característica termo isolante. Apresentam folhas simples e opostas, grandes, espessas, verde-opacas e decíduas. Possuem flores cor creme, pequenas e numerosas com inflorescências do tipo panícula, iniciando a floração de janeiro a março (Figura 2). Os frutos são do tipo dupla podendo apresentar até quatro sementes, algumas estéreis. A teca é uma espécie caducifólia e heliófita, ou seja, perde as folhas durante a estação seca e exige plena exposição à luz solar (ANGELI,

2003; LORENZI et. al., 2003; CÁCERES FLORESTAL 1997). A teca produz madeira valiosa para a produção do mercado de “luxo”, incluindo móveis, decorativos e construção naval, devido a sua qualidade e resistência (PANDEY; BROW, 2000).



Figura 2 – Ilustração da inflorescência e flor da teca
Fonte: Cáceres Florestal (1997).

Em Cáceres, no Mato Grosso, o incremento médio anual (IMA) aos 11 anos em plantios não desbastados apresentou um valor de $8,46 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ (SILVA et. al., 2016). Também foi registrado em povoamentos brasileiros, um IMA de $14,2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ em 2010 e $14,7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ em 2011 (ABRAF, 2012).

2.1.2. *Swietenia mahagoni*

A espécie *Swietenia mahagoni*, popularmente conhecida como mogno, é originária do sul da Flórida, Bahamas e Caribe Ocidental pertencente à família Meliaceae (GILMAN et. al., 1993).

Essa espécie pode alcançar até 30 m de altura com copa uniforme apresentando muitos ramos e uma ótima sombra (Figura 4). Tem característica caducifólia com folhas pinadas e folíolos de 4 a 10 pares com tom verde escuro em formato de lança. Possuem flores amarelos-esverdeadas em panículas axilares ou glabras. As sementes são em cápsulas castanhas clara com cinco divisões que dispersam cerca de 20 sementes planas, aladas e castanhas. Vale ressaltar que é uma espécie de rápido crescimento (ORWA et. al., 2009; GILMAN et. al., 1993). No Brasil essa espécie é pouco estudada, sendo mais conhecida a *Swietenia macrophylla* (CARVALHO, 2007).



Figura 3– Indivíduo de *Swietenia mahagoni* na Flórida.

Fonte: Gilman et. al. (1993).

2.2. Medição do diâmetro das árvores

O diâmetro à altura do peito (*DAP*), geralmente medido a 1,30 m acima do solo (Figura 5), é uma característica de extrema importância a ser avaliada em uma árvore, pois é a base para cálculos, como por exemplo, área basal do povoamento, que é um importante parâmetro da densidade e volume das árvores individuais e de povoamentos (SOARES; NETO; SOUZA, 2012).



Figura 4 – Medição do diâmetro a 1,30 do solo.

Fonte: SFB (2019).

Os instrumentos mais utilizados para medir diâmetros de árvores são a suta, a fita métrica e a diamétrica (CAMPOS; LEITE, 2017). A suta fornece medidas diretas de diâmetro, sendo essa uma barra graduada com dois braços paralelos, um braço é fixo e o outro é móvel. Porém com o uso da suta, erros podem ser cometidos, como a

falta de paralelismo dos braços da suta (subestimando o verdadeiro diâmetro), inclinação da suta (superestimando o verdadeiro diâmetro), não observância da altura de medição e a variação da pressão de contato (SOARES; NETO; SOUZA, 2012). Com a fita obtem-se a circunferência e, ou o diâmetro do fuste da árvore. Os erros apresentados na medição com a fita são semelhantes com os erros cometidos com a suta, de acordo com o manuseio do equipamento e análise do operador (SOARES; NETO; SOUZA, 2012; CAMPOS; LEITE, 2017).

2.3. Obtenção da altura das árvores e relação hipsométrica

A altura das árvores é outra característica importante, pois, juntamente com o *DAP*, é utilizada para estimar o volume de madeira. Além disso, a partir dessa medição é possível determinar a qualidade de um local para a produção da madeira (SOARES; NETO; SOUZA, 2012).

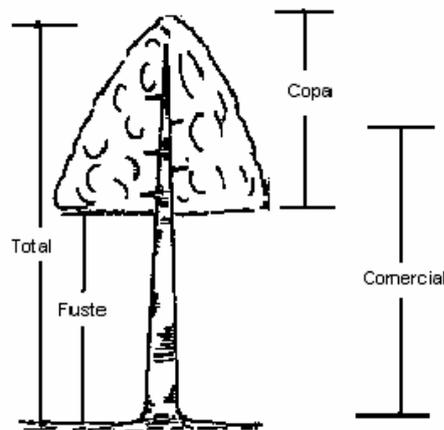


Figura 5– Representação das diferentes alturas da árvore.

Fonte: Soares, Neto, Souza (2012).

De acordo com os mesmo autores, no caso da altura, algumas definições são importantes no inventário florestal (Figura 6): i) altura total, que compreende a distância entre o solo ao ápice da copa; ii) altura do fuste, compreende a distância ente o solo até o início da copa; iii) altura comercial, que é a distância entre a base da árvore até a altura onde ocorre o diâmetro mínimo para determinado uso e; iv) altura da copa, que compreende a diferença entre a altura do primeiro galho até o ápice da copa.

A medição da altura pode ser feita por meio de medidas diretas e indiretas. As medidas indiretas vêm sendo mais utilizadas em inventário florestal, sendo esta medida feita à uma determinada distância por meio de instrumentos apropriados, como hipsômetros, altímetros e clinômetros (MACHADO; FILHO, 2009).

A medição da altura por meio de hipsômetros e clinômetros se baseia nos princípios geométrico e trigonométrico (CAMPOS; LEITE, 2017). De acordo com Soares, Neto e Souza (2012); Machado e Filho (2009), o princípio geométrico é dado para instrumento medidor de altura baseado em relações entre triângulos, um exemplo é o hipsômetro de Christen, que não exige a medição prévia da distância horizontal da árvore e o operador e a altura não é influenciada pela declividade do terreno, neste hipsômetro o operador necessita ver ao mesmo tempo, o topo e a base da árvore. O princípio trigonométrico é baseado na relação entre ângulos e distâncias. Dentre os aparelhos baseados neste princípio podem ser citados: Nível de Abney (clinômetro), Blume-Leiss, Haga, Suunto Clinômetro, Vertex IV, clinômetro eletrônico Haglof, CRITERION RD 1000. Para medir árvores com estes instrumentos, deve-se conhecer a distância entre o observador e a árvore.

A relação hipsométrica é definida como a relação entre o diâmetro e a altura das árvores (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). É necessário medir os diâmetros e as alturas de árvores-amostra para estabelecer uma relação de regressão altura-diâmetro para, assim, estimar as alturas das demais árvores da parcela (PEREIRA et. al., 2011).

Diversos modelos estatísticos podem referir-se à relação hipsométrica, mas deve-se atentar ao seu uso podendo levar a erros consideráveis. Portanto, devem ser observados os vários fatores que influenciam essa relação, como: posição sociológica, sítio, idade, densidade e práticas silviculturais (RIBEIRO et. al., 2010). Alguns exemplos de modelos utilizados são o modelo de linha reta ($H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon_i$), Stofel ($\log H = \beta_0 + \beta_1 \log DAP + \varepsilon_i$), parabólico ($H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon_i$), Curtis ($\ln H = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{DAP} + \varepsilon_i$), dentre outros (SOARES; NETO; SOUZA, 2012; SCOLFORO, 2005; LEITE; ANDRADE, 2003). Em espécies não tradicionais, o modelo de Curtis se ajustou bem a dados das espécies *Tabebuia heptaphylla* (ipê-roxo), *Tabebuia roseo-alba* (ipê-branco), *Samanea tubulosa* (sete-

cascas), *Tectona grandis* (teca) e *Eremanthus erythropappus* (candeia) (AZEVEDO, et. al., 2011; SANQUETTA et. al., 2015; ARAÚJO, et. al., 2012). De acordo com Rolim et. al. (2006), o modelo de Schumacher foi satisfatório para Floresta Ombrófila Densa e Aberta.

2.4. Obtenção do volume

O volume é uma das informações mais importantes para o planejamento florestal. O volume individual fornece informações para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo (THOMAS et. al., 2006).

A estimativa do volume de árvores individuais é geralmente obtida por meio de equações de volume ou de afilamento (OLIVEIRA et. al., 2009). De acordo com estes autores, para o ajuste dessas equações, necessita-se de dados de cubagem de árvores abatidas ou de árvores cubadas em pé.

Para realizar a cubagem rigorosa é comum subdividir o tronco das árvores em seções. De acordo com Campos e Leite (2017), as fórmulas usuais no cálculo do volume das seções das árvores são Fórmula de Huber (1), Smalian (2) e Newton (3).

$$v = AS_{1/2} * L \quad (1)$$

Em que:

v = volume com ou sem casca da seção, em m³;

$AS_{1/2}$ = área seccional, com ou sem casca, na metade do comprimento da seção, em m²;

L = comprimento da seção, em m.

$$v = \frac{AS_1 + AS_2}{2} * L \quad (2)$$

Em que:

AS_1 e AS_2 = áreas seccionais com ou sem casca, nas extremidades da seção, em m².

$$v = \frac{AS1 + 4 * AS_{1/2} + AS2}{6} * L \quad (3)$$

Para calcular o volume total da árvore, é necessário obter o volume do toco (4) e o volume da ponta (5), que são utilizadas em todos os métodos (MACHADO; FILHO, 2009) para obtenção do volume total da árvore, sendo apresentados a seguir:

$$v_{toco} = g_0 * h_{toco} \quad (4)$$

$$v_{ponta} = \frac{g_n}{3} * c_{ponta} \quad (5)$$

Em que:

g_0 = área a 0,10m, em m²;

h_{toco} = altura do toco, em m;

c_{ponta} = comprimento da ponta, em m.

2.5. Fator de forma e modelos volumétricos

Existem variações nas formas dos fustes das árvores devido à diminuição do diâmetro desde a base até o topo de uma árvore (SOARES; NETO; SOUZA, 2012; SILVA; NETO, 1979). Alguns fatores influenciam na forma das árvores, como por exemplo: espécie, idade desbaste, posição sociológica da árvore espaçamento, podas, herdabilidade e qualidade do sítio (SCOLFORO; THIERSCH, 2004).

O fator de forma (f) é a razão entre o volume da árvore real e o volume do cilindro (CAMPOS; LEITE, 2017). Quanto mais o valor de f se aproximar de 1, mais cilíndrica é a árvore (SILVA; NETO, 1979). Os fatores de forma mais importantes são o fator de forma normal ou cilíndrico ou comum ($f_{1,3}$) e o fator de forma de Hohenald ou natural ($f_{0,1}$) (SCOLFORO; THIERSCH, 2004). De acordo com o mesmo autor, o fator de forma normal obtém o volume do cilindro a partir do DAP e da H a árvore e o fator de forma natural obtém o volume do cilindro a partir do diâmetro da casca, tomado a 10% da altura da árvore e da altura total.

Os modelos volumétricos são fundamentais para estimar o volume de árvores individuais e com isso obter o volume do povoamento além disso, dados para estudar e modelar o crescimento e produção de florestas (SCOLFORO; THIERSCH, 2004). Os mais utilizados são o modelo de Schumacher e Hall (1933) e o modelo Spurr (1952), o primeiro modelo resulta em sua maioria em estimativas não tendenciosas sendo, $Voli = \beta_0 DAP_i^{\beta_1} Hi^{\beta_2} + \varepsilon_i$ e o segundo modelo é atribuída mais à facilidade de ajuste sendo, $Voli = \beta_0 + \beta_1 (DAP_i^2 Hi) + \varepsilon_i$ (CAMPOS; LEITE, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo fica situada no município de Jerônimo Monteiro, ES e é composta por talhões demonstrativos de espécies exóticas e nativas (Figura 6).

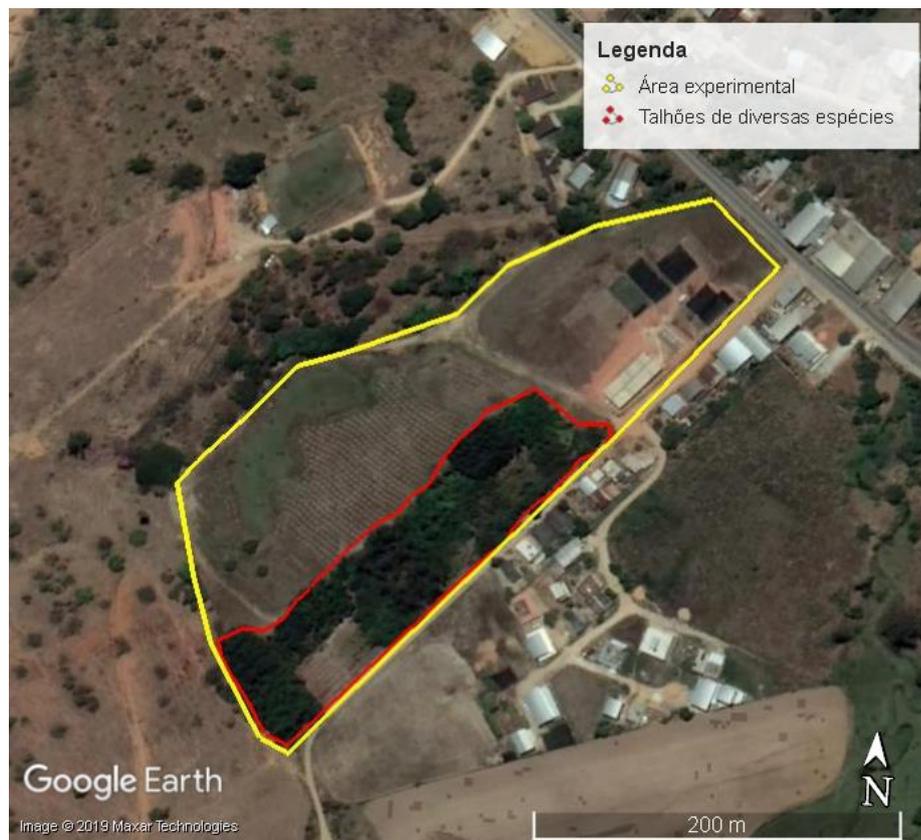


Figura 6– Área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira.

Fonte: Google Earth (2019).

O município de Jerônimo Monteiro localiza-se na região do Caparaó, situado a 20°04'35" de latitude e 41°07'29" de longitude com área geográfica de 162,16 km². O clima da região é quente e úmido com temperatura variando de 10°C a 35°C, precipitação pluviométrica de 1.200 mm/ano (Incaper, 2011).

O plantio de *Tectona grandis* foi realizado em dezembro de 2010 juntamente com outras espécies (*Toona ciliata*, *E. grandis*, *E. urophylla* x *E.camaldulensis*, *Anadenathera macrocarpa* e *Caesalpinia echinata*) e o plantio de *Swietenia mahagoni*,

conhecido como mogno foi realizado em abril de 2011 juntamente com as espécies *Swietenia macrophylla*, *Cedrela fissilis* e *Pinus elliottii*. O espaçamento de plantio foi de 3x2 m. Os talhões da teca e mogno apresentam, respectivamente, 462m² e 576m² com dimensões de 21x22 m e 24x24m.

De acordo com Moreira (2011) foi realizado o combate de formigas com iscas formicidas à base de fipronil, antes e após a implantação dos talhões, ocorrendo sua manutenção. Houve o controle de plantas invasoras com o uso de herbicida e capina manual até o fechamento do dossel. A adubação do solo foi feita com o NPK 04-14-08 juntamente com o supersimples adicionando 200 g/cova, na proporção de 50% de cada adubo. A adubação de cobertura foi feita com o sulfato de amônio e cloreto de potássio, 100 g de cada após quatro meses de plantio. As covas das mudas tiveram dimensões de 30x30x30 cm.

3.2. Coleta de Dados

Foi realizado um inventário de todas as árvores dos talhões das espécies selecionadas. Coletaram-se as seguintes informações neste levantamento: número de árvores, diâmetro a 1,3m do solo (*DAP*) e altura (*H*) para cada espécie selecionada.

O *DAP* das árvores foi medido com o auxílio da fita diamétrica (Figura 7B) e *H* por meio do clinômetro eletrônico (Figura 7A). A área basal do talhão foi obtida pela soma das áreas basais (*g*) das árvores por talhão e extrapolada para hectare.

Os modelos de volume e relação hipsométrica foram ajustados com base nas informações de 30 árvores-amostra. O volume das seções foi obtido pelo método de Huber. E, as árvores foram cubadas em pé com o uso do Criterion RD 1000 (Figura 7C e Figura 8). Foram medidos os diâmetros a 0,4m; 1,0m; 1,8m e após esta altura de metro em metro até a altura correspondente ao diâmetro de 6 cm. O fator de forma foi obtido pela razão entre o volume real e o volume do cilindro definido pelo *DAP* e altura com diâmetro de 6 cm.



Figura 7– Equipamentos utilizados para coletas de dados: A – Clinômetro de Suunto; B – Fita diamétrica e C – Criterion RD 1000.

Fonte: O autor.



Figura 8 - Medição dos diâmetros nas alturas desejadas com o uso do Criterion RD 1000

Fonte: O autor.

3.3. Modelos avaliados

Foram avaliados modelos de relação hipsométrica e volumétricos normalmente utilizados em estudos de florestas plantadas. Os modelos lineares foram ajustados pelos métodos dos mínimos quadrados por meio da função lm e

os não lineares pelo método de Gauss Newton por meio da função *nls* do software R (R CORE TEAM, 2015).

Os modelos ajustados para estimar a relação hipsométrica foram:

a) Exponencial

$$H_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 DAP_i) + \varepsilon_i$$

b) Stofel

$$H_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \log DAP_i) + \varepsilon_i$$

c) Curtis

$$H_i = \beta_0 \exp\left(\frac{\beta_1}{DAP_i}\right) \varepsilon_i$$

Em que: H_i = altura total da i -ésima árvore (m); DAP_i = diâmetro a 1,3 m do solo (cm) da i -ésima árvore; exp = base do logaritmo neperiano; β_i = parâmetros dos modelos; ε_i = erros estocásticos.

E, os modelos ajustados para estimar o volume das árvores das espécies selecionadas foram:

a) Schumacher e Hall

$$V_i = \beta_0 DAP_i^{\beta_1} H_i^{\beta_2} \varepsilon_i$$

b) Spurr

$$V_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i^2 H_i + \varepsilon_i$$

Em que: V_i = volume total da i -ésima árvore (m³).

3.4. Avaliação dos modelos de regressão

Os modelos de relação hipsométrica e volume foram analisados por meio das estatísticas: coeficiente de determinação ajustado (2), raiz do erro quadrático médio [RMSE (%)] (4) e Viés (V%) (6). Além disso, serão plotados os gráficos dos resíduos em relação aos valores estimados da variável analisada.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_i^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

Em que:

R^2 = Coeficiente de determinação.

Y_i = valor observado da variável dependente;

\hat{Y}_i = valor estimado da variável dependente;

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

$$R^2_{aj}(\%) = 1 - (1 - R^2) \left(\frac{n - 1}{n - p} \right) * 100 \quad (2)$$

Em que:

n = número de árvores-amostra;

p = número de parâmetros do modelo;

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (3)$$

$$RMSE(\%) = \left(\frac{RMSE}{\bar{Y}} \right) * 100 \quad (4)$$

Em que, $RMSE$ = erro quadrático médio.

$$V = \frac{\sum_i^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad (5)$$

$$V(\%) = \left(\frac{V}{\bar{Y}} \right) * 100 \quad (6)$$

Em que: V = Viés.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dendrométrica das espécies analisadas

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das variáveis diâmetro médio aritmético, altura média aritmética de todas as árvores do talhão, área basal, volume, número de árvores remanescentes, mortalidade, fator de forma e incremento médio anual do volume das espécies avaliadas. Nota-se que a espécie que teve maior crescimento em diâmetro foi o mogno. O maior diâmetro encontrado foi para o mogno e o menor foi encontrado para a teca com 30,3 cm e 7,5 cm, respectivamente. Foi encontrado uma variação em diâmetro (*DAP*) de 10,4 cm a 30,3 cm para o mogno e 7,5 cm a 17,9 cm para a teca. As espécies foram plantadas em um mesmo espaçamento, mas com número de indivíduos diferentes devido ao tamanho do talhão, o que explica a variação do número de árvores encontrada, uma vez que a mortalidade foi semelhante.

Tabela 1 – Resultados da distribuição diamétrica.

Espécie	\bar{d}	\bar{H}	V	G	N	M(%)	\bar{f}	IMA (v)
Mogno	18,33	14,27	150,6293	34,2941	72	4,32	0,59	18,8287
Teca	11,82	12,23	70,7433	12,9446	52	3,12	0,56	8,8429

Em que: \bar{d} = média aritmética dos *DAPs* (cm); \bar{H} = média aritmética das alturas totais (m); V = volume das árvores (m^3ha^{-1}); G = área basal (m^2ha^{-1}); N = número de indivíduos remanescentes no último ano de medição; M(%) = mortalidade; \bar{f} = fator de forma comercial médio; IMA (v) = incremento médio anual em volume ($m^3ha^{-1}ano^{-1}$).

A altura média dos povoamentos foi de 13,25 m, encontrando uma variação de 9,5 m a 18 m para o mogno e 9,75 m a 16,5 m para a teca. O fator de forma comercial médio das árvores de mogno apresentou um valor maior comparado com estudos de espécies tradicionais como em plantios de *Eucalyptus grandis* onde aos sete anos apresentou um fator de forma de 0,47 (MIGUEL et. al., 2010) ou em plantios de híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* aos 6 anos com o fator de forma de 0,5 (GONÇALVES et. al., 2010) indicando que este apresenta tronco mais cilíndrico que estas espécies. Além disso, apresentou maior volume por hectare e, assim, maior

incremento médio anual (IMA). A teca, no estudo de Silva et. al. (2016) aos 11 anos em plantios não desbastados apresentou um IMA de 8,46 m³ha⁻¹ano⁻¹, valor semelhante ao encontrado no presente trabalho.

2.2. Ajustes dos modelos hipsométricos

Após análise das estimativas dos parâmetros e das estatísticas de acurácia para as espécies analisadas (Tabelas 2 e 3), pode-se notar uma variação dos valores de R²aj entre, 25,60% e 36,09%.

Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar a relação hipsométrica ajustadas de árvores de mogno.

Modelos	$\widehat{\beta}_0$	$\widehat{\beta}_1$	RMSE (%)	V (%)	R ² aj (%)
Exponencial	2,3012*	0,0202*	10,20	0,15	25,60
Curtis	23,6820*	-8,9810*	10,07	0,18	27,42
Stofel	1,3418*	0,4551*	10,12	0,36	26,79

*Significativo a 5% pelo teste *t* de student.

Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar a relação hipsométrica ajustadas de árvores de teca.

Modelos	$\widehat{\beta}_0$	$\widehat{\beta}_1$	RMSE (%)	V (%)	R ² aj (%)
Exponencial	2,1303*	0,0328*	8,68	0,001	36,06
Curtis	20,2810*	-5,7530*	8,75	0,001	35,11
Stofel	1,4345*	0,4381*	8,68	0,370	36,09

*Significativo a 5% pelo teste *t* de student.

Para o mogno (Tabela 2) e teca (Tabela 3), os modelos apresentaram ausência de viés (V<1%) e o modelo de Curtis apresentou maior valor de R²aj comparado com os outros modelos. Os modelos hipsométricos se ajustaram melhor a alturas de árvores de teca. Os valores baixos de R²aj para os modelos hipsométricos, podem se devido a idade do povoamento. Em povoamentos mais velhos pode ocorrer a chamada degeneração da relação hipsométrica, pois há uma estagnação do crescimento em altura de indivíduos em idades mais avançadas. Com isso, é comum

que ao ajustar modelos hipsométricos, os coeficientes de determinação encontrados apresentarem valores baixos (SCOLFORO, 2005). Graficamente, percebe-se a boa distribuição dos resíduos para altura das espécies analisadas (Figura 9 e 10).

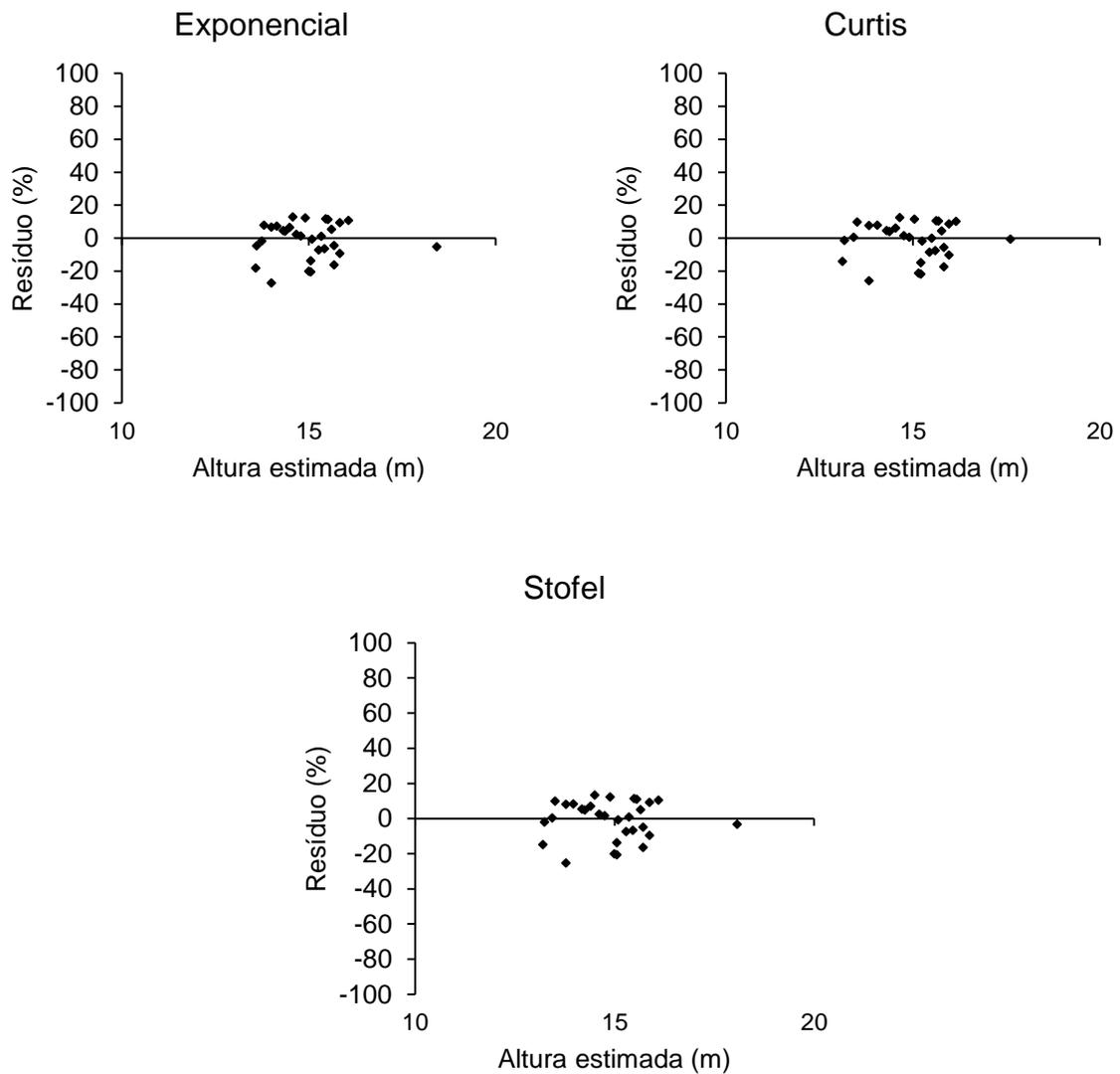


Figura 9 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função da altura estimada, para os modelos testados para o mogno.
Fonte: O autor.

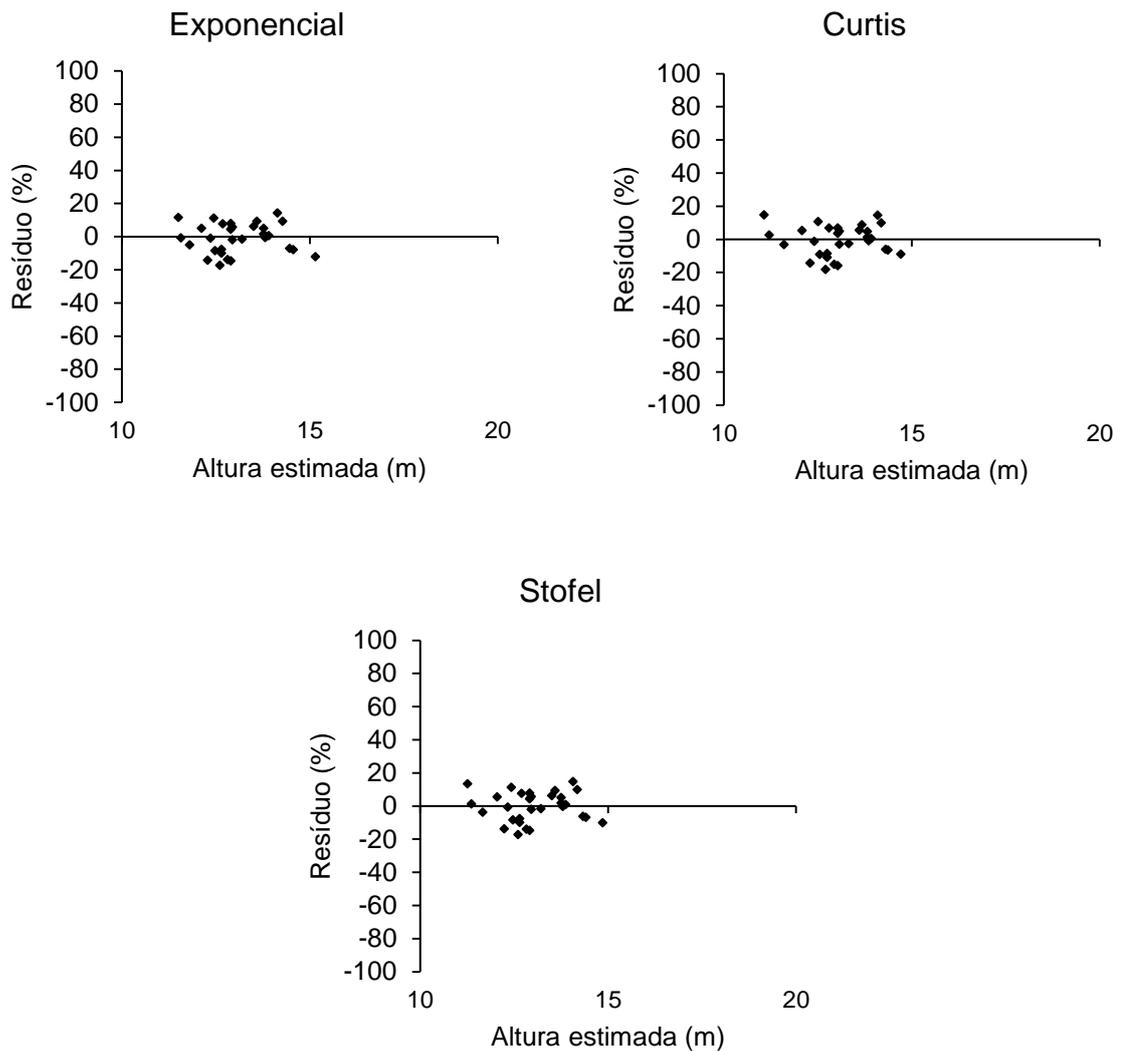


Figura 10 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função da altura estimada, para os modelos testados para a teca.

Fonte: O autor.

Diante do resultados encontrado para análise gráfica dos resíduos, e considerando que os valores de RMSE e V são considerados satisfatórios (principalmente para espécies não tradicionais) e o explanado sobre a influência da idade na relação hipsométrica, os modelos analisados podem ser utilizados para estimar altura de árvores de teca e mogno.

2.3. Ajustes dos modelos volumétricos

Após análise das estimativas dos parâmetros e das estatísticas de acurácia para mogno (Tabela 4), nota-se que os valores semelhantes das estatísticas e, conseqüentemente de acurácia. Nota-se que os modelos de Schumacher e Hall e Spurr não apresentaram tendência em toda a amplitude dos dados (Figura 11). Diante desses resultados, os dois modelos podem ser utilizados para estimar o volume de árvores individuais desta espécie.

E para teca (Tabela 5), o modelo de Spurr apresentou maior valor de R^2_{aj} , menor valor de RMSE% e ausência de viés (o que é esperado para modelos lineares). O modelo de Schumacher e Hall também apresentou ausência de viés ($V < 1\%$), mas possui estimativa de parâmetros não significativos. Os valores de RMSE% para esta espécie pode ser considerado alto ao comparar com os encontrados para o mogno e outros estudos de espécies tradicionais. Analisando a Figura 12, verifica-se que os modelos não apresentaram tendência clara nas estimativas, apesar de apresentarem uma maior amplitude na distribuição residual quando é comparada aos resultados de mogno (Figura 11). Diante desses resultados, o modelo de Spurr obteve o melhor resultado.

Tabela 4 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar volume ajustados de árvores de mogno.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	RMSE (%)	V (%)	R^2_{aj} (%)
Schumacher e Hall	0,0002*	2,0280*	0,4474*	9,85	0,30	92,64
Spurr	0,0321*	0,00004*		9,98	0,00	92,77

*Significativo a 5% pelo teste t de student.

Tabela 5 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas de acurácia dos modelos para estimar volume ajustados de árvores de teca.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	RMSE (%)	VIÉS (%)	R^2_{aj} (%)
Schumacher e Hall	0,0009 ^{ns}	1,2307*	0,6081 ^{ns}	25,93	0,14	37,92
Spurr	0,0427*	0,00002*		25,39	0,00	42,35

*Significativo; ns= não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de student.

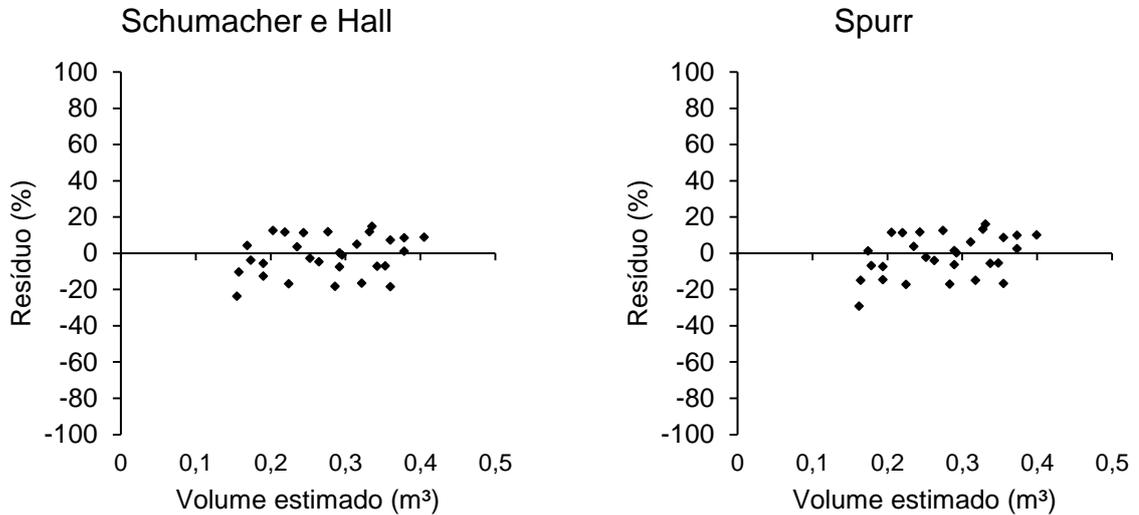


Figura 11 – Distribuição dos resíduos do volume, em porcentagem, em função do volume estimado, para os modelos testados para o mogno.
Fonte: O autor.

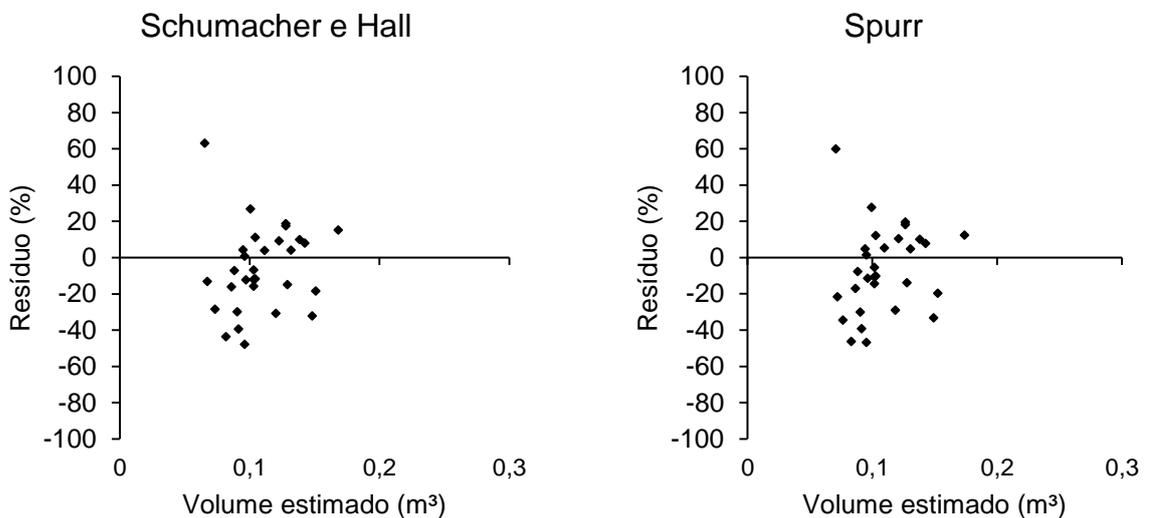


Figura 12 – Distribuição dos resíduos do volume, em porcentagem, em função do volume estimado, para os modelos testados para a teca.
Fonte: O autor.

Analisando os resultados para modelagem da relação hipsométrica e estimativa do volume de árvores individuais das espécies analisadas, nota-se a dificuldade de se encontrar modelos que geram boas estimativas para árvores de florestas plantadas

com espécies não tradicionais, pois, geralmente, são povoamentos mais heterogêneos e não sofreram processo de seleção e melhoramento florestal.

5. CONCLUSÕES

A espécie do mogno apresentou um maiores valores de diâmetro médio, número de árvores remascentes, maior área basal, volume por hectare e fator de forma comercial médio.

Para as duas espécies, os modelos hipsométricos apresentaram resultados semelhantes em termos de acurácia, obtendo baixos valores de RMSE e ausência de viés.

Para as espécies o mogno, os modelos de Spurr e Schumacher e Hall podem ser utilizados e para a teca os modelos analisados apresentaram estimativas não viesadas mas, com valores de coeficiente de determinação ajustado baixos e RMSE altos. Neste caso, sugere-se testar novos modelos para esta espécie.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da **ABRAF**: ano base 2011. Brasília. 2012. 145p.

ANGELI, A. *Tectona grandis* (Teca). 2003. Disponível em:< <https://www.ipecf.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 08 abr 2019.

ANGELI, A. *Cedrella fissilis* (Cedro). 2005. Disponível em:< <https://www.ipecf.br/identificacao/cedrella.fissilis.asp>>. Acesso em: 30 mai 2019.

AZEVEDO, G. B.; SOUSA, G. T. O.; SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; NOVAES, A. B. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no planalto da Conquista da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011, 13 p.

ARAÚJO, E. J. G.; PELISSAN, A. L.; DAVID, H. C.; SCOLFORO, J. R. S.; NETTO, S. P.; MORAIS, V. A. Relação hipsométrica para cadeia (*Eremanthus erythroappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 257-268, jul/set. 2012.

CÁCERES FLORESTAL. **Manual do reflorestamento da teca**. Cáceres: 1997. 30p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**: perguntas e respostas. 5 ed. Viçosa. Editora UFV, 2017. 636 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa Florestas; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CARVALHO, P. E. R. **Mogno *Swietenia macrophylla***. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 12 p. (Circular Técnica, 140).

DEPOSITPHOTOS. Plantação de árvores de teca jovem. Disponível em :< <https://br.depositphotos.com/31978009/stock-photo-young-teak-trees-plantation.html>>. Acesso em 17 de jun de 2019.

DURIGAN, G.; FIGIOLIA M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M.A. O.; BAITELLO, J. B. Sementes e mudas de árvores tropicais. São Paulo: **Páginas & Letras**. 2 ed. 2002.

ESBER, L. M. **Crescimento de *Cedrela fissilis* (Vellozo) mart. como subsídio para o manejo sustentado de florestas nativas no estado do rio grande do sul**. 2003.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS)

FERNANDES, A. M. V.; GAMA, J. R. V.; RODE, R. MELO, L. O. Equações volumétricas para *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla* King. em sistema silvipastoril na Amazônia. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 1, p. 73-77, jan/fev. 2017.

FIGUEIREDO, E. O.; DE OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* Lf, na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, out/dez, 2005.

GILMAN, E. F.; WATSON, D. G.; KLEIN, R. W.; KOESER, A. K.; HILBERT, D. R.; MCLEAN, D. C. *Swietenia mahagoni*: Mahogany. **Environmental Horticulture Department**, UF/IFAS Extension, ENH-766. 1993. 3p.

GONÇALVES, F. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, G. F.; NAPPO, M. E.; FILHO, M. T. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 34, n. 5. P. 947-959, 2010.

HOFFMANN, Raphael G. et al. Caracterização dendrométrica de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, 2011.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2017**. Brasília, 2017. 80 p. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2017.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2019.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA E EXTENSÃO RURAL – Incaper. **Programa de assistência técnica e extensão rural (PROATER) 2011 – 2013**. Disponível em: . Acesso em: 28 abr 2019.

KRISHNAPILLAY, B. Silviculture and management of teak plantations. **Unasyva**, 201, v. 51, 2000, 8p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. São Paulo: Nova Odessa, 2003. 368p.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Importância das variáveis altura dominante e a altura total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 27, n. 3, p. 301-310, 2003.

MACHADO, S. A.; FILHO, A. F. **Dendrometria**. 2 ed. Guarapuava. Editora: UNICENTRO, 2009. 316p.

MIGUEL, E. P.; CANZI, L. F.; RUFINO, R. F.; SANTOS, G. A. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, 2010, p. 1.

MOREIRA, F. L. **Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas e exóticas em Jerônimo Monteiro – ES**. 2011. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

OLIVEIRA, M. L. R.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; CAMPOS, J. C. C.; SOARES, C. P. B.; SANTANA, R. C. Estimação do volume de árvores de clones de eucalipto pelo método da similaridade de perfis. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 33, n. 1, p. 133-141, 2009.

NORDESTE VERDE. Cedro rosa *Cedrela fissilis* Vell, 2016. Disponível em:< <https://www.nordesteverde.com.br/2016/08/30/cedro-rosa-cedrela-fissilis-vell/>>. Acesso em: 08 de jun de 2019.

ORWA C., MUTUA A., KINDT R., JAMNADASS R., SIMONS A. *Swietenia mahagoni*. **Agroforestry Database 4.0**. 2009.

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasyiva**, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000.

PEREIRA, J. C.; MOURÃO, D. A. C.; SCALET, V.; DE SOUZA, C. A. M. Comparação entre modelos de relação hipsométrica com e sem componente espacial para *Pinus* sp. na flona Ipanema–SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 043-052, mar, 2011.

REITZ, J.R. Meliaceae. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, 1984. 140p.

RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 22-31, jan/mar. 2010.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 1, p. 107-114, 2006.

SANTOS, C. A.; CAETANO, M. G.; OLIVEIRA, P. P. G.; MORAIS, V. A.; SILVA, J. R. O. SILVA, I. C. O. **Ajuste de equações volumétricas a partir do diâmetro do toco e dap para espécie de Cedro Amazonense (*Cedrelinga catenaeformis*)**. In: I SEAFLO – Semana de aperfeiçoamento em Engenharia florestal da UFPR. Anais... Curitiba – PR, 2017. Disponível em :<
[https://www.even3.com.br/anais/iseaflor/53050-ajuste-de-equacoes-volumetricas-a-partir-do-diametro-do-toco-e-dap-para-a-especie-de-cedro-amazonense-\(cedrelinga-
/>](https://www.even3.com.br/anais/iseaflor/53050-ajuste-de-equacoes-volumetricas-a-partir-do-diametro-do-toco-e-dap-para-a-especie-de-cedro-amazonense-(cedrelinga-). Acesso em: 10 de jun de 2019.

SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, C. R.; MOGNON, F.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; MAAS, G. C. Ajuste de equações hipsométricas para a estimação da altura total de indivíduos jovens de teca. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 4, p. 400-406, 2015.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria, RS, FACOS-UFSM, 2ª edição, 566 p. 2008.

SCOLFORO, J. R. S. THIERSCH, C. R. **Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p

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

SFB, Serviço Florestal Brasileiro. IFN – Metodologia, 2019. Disponível em :<
<http://www.florestal.gov.br/metodologia>>. Acesso em: 08 de jun de 2019.

SILVA, J. A. A., NETO, F. P. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, 1979. 191p.

SILVA, L. F.; FERREIRA, G. L.; dos SANTOS, A. C. A.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L. Equações hipsométricas, volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 362-368, 2016.

SNIF, SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Boletim Snif 2017 ed. 1**. 32 p. 2017.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2 ed. Viçosa. Editora UFV, 2012. 272 p.

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P.; TUCCI, C. A. F.; CARLOS, L. Nutritional assessment of cedar seedlings (*Cedrela fissilis* Vell.) grown in a greenhouse. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 236-243, 2009.

THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.319-327, 2006.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo (*Tabebuia avellanedeae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**, v.35, n.3, p.353-362, 2005.

VENDRUSCOLO, D. G. S.; CHAVES, A. G. S.; SILVA, R. S.; SOUZA, H. S.; MEDEIROS, R. A.; MOTTA, A. S.; SILVA, F. T. Identidade em modelos hipsométricos para *Tectona grandis* com diferentes espaçamentos em Cáceres-MT. **Nativa, Sinop**, v. 3, n. 1, p. 44-49, jan/mar. 2015.