



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

LEANDRO TOSE MARTINS

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E CRESCIMENTO DE DEZ
ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS EM PLANTIOS HOMOGÊNEOS NO
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.**

**JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO – 2012**

LEANDRO TOSE MARTINS

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E CRESCIMENTO DE DEZ
ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS EM PLANTIOS HOMOGÊNEOS NO
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Co-orientador: Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
FEVEREIRO – 2012

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E CRESCIMENTO DE DEZ
ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS EM PLANTIOS HOMOGÊNEOS NO
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Leandro Tose Martins

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 28 de Fevereiro de 2012.



Prof. Dr. Carlos Pedro Boechat Soares
UFV
Membro Externo



Prof. Dr. José Franklim Chichorro
CCA/UFES
Membro Interno



Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça
CCA/UFES
Coorientador



Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
CCA/UFES
Orientador

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a toda
minha família!!!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me auxiliou em todos os momentos da minha vida, especialmente os mais difíceis.

Aos meus pais, Nelson e Tuquinha, aos quais tenho admiração incalculável, por sempre acreditarem e não medirem esforços para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao meu irmão Vinícius, pela parceria e por transmitir sua alegria a todos a seu redor.

Ao Professor Doutor Gilson Fernandes da Silva, orientador da dissertação, pela partilha do saber e pelas valiosas contribuições para o trabalho além de me acompanhar nesta jornada e por estimular o meu interesse pelo conhecimento e pela vida acadêmica.

Ao Professor Doutor Adriano Ribeiro de Mendonça, coorientador da dissertação, pelo apoio, prontidão e por colaborar de forma muito importante na solução dos problemas encontrados ao longo da dissertação.

A minha namorada Joana e aos Companheiros de República, Otílio, Hugo, Xandão, Caio e Leonardo por fazerem parte do meu dia-a-dia, passando por bons momentos juntos comigo e contribuindo para superação dos momentos ruins.

Aos colegas do Laboratório de Manejo e Mensuração Florestal, Rômulo, Rafaela, Ludmila, Elter, Onair, Diego, Hassan e Ticiane, pela convivência, parceria e troca de conhecimentos.

Sou grato também aos colegas que participaram de minha coleta de dados, Guilherme, Lorena, Elter e Rafaella.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade concedida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado que foi de extrema importância para minha manutenção no curso.

Agradeço a Vale, que proporcionou a oportunidade de desenvolver meu trabalho na Reserva Natura Vale, um ambiente ótimo de trabalho, onde tive total apoio, principalmente pelos companheiros Gilberto e Jonacir.

Aos demais amigos de mestrado, Flavinho, André, Marcos, Léo, Valéria, Jeferson e Felipe pela oportunidade que tive de conviver com eles.

Aos funcionários da UFES, Klériston Navarro e Elizângela pela atenção e pelo comprometimento profissional.

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode
começar agora e fazer um novo fim”.*

Chico Xavier

BIOGRAFIA

LEANDRO TOSE MARTINS, filho de Nelson Pinto Martins e Maria Aparecida Tose Martins, nasceu em Jaguaré no Estado do Espírito Santo no dia 16 de fevereiro de 1987.

Concluiu o ensino médio no Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (UNED-Colatina) em 2003.

Em abril de 2005 ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, obtendo a graduação em fevereiro de 2010.

Em março de 2010 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo.

No dia 1º de dezembro de 2011, foi contratado como Analista Florestal pela Plantar Empreendimentos e Produtos Florestais.

RESUMO

MARTINS, Leandro Tose. **Caracterização dendrométrica e crescimento de dez espécies florestais nativas em plantios homogêneos no estado do Espírito Santo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientador: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva. Co-orientador: Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça.

Este estudo teve como objetivo produzir informações de características dendrométricas e de crescimento de dez espécies nativas submetidas a plantios homogêneos. As espécies contempladas neste estudo foram o paraju (*Manilkara bella* Monach.), jequitibá rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze), gonçalo alves (*Astronium concinnum* (Engl.) Schott), ipê felpudo (*Zeyhera tuberculosa* (Vell.) Bur), tarumã (*Vitex* sp.), guaribu amarelo (*Goniorrachis marginata* Taub), nagibe (*Kielmeyera albopunctata* Saddi), farinha seca (*Pterygota brasiliensis*), sapucaia vermelha (*Lecythis pisonis* Cambess), e cajá (*Spondias purpurea* L.). Os dados utilizados são oriundos de plantios da Reserva Natural Vale, que se localiza no município de Linhares no norte do Espírito Santo. Os plantios de cada espécie foram implantados no espaçamento de 2mx2m. Cada espécie foi caracterizada por meio do cálculo de variáveis como diâmetro médio aritmético, diâmetro médio quadrático, altura média aritmética, área basal e fator de forma. Para o paraju foi determinada a densidade básica para 7 árvores em diferentes classes de diâmetro e também a densidade para cada árvore nas posições correspondentes à 0%, 25%, 50% e 75% da altura comercial. Foram determinados também os teores de Carbono, Hidrogênio e Oxigênio. Foram ajustados cinco modelos hipsométricos, cinco modelos volumétricos, e dois modelos de crescimento para o diâmetro e para a altura em função da idade e posteriormente foram indicados os incrementos em diâmetro e altura para cada espécie. Após análise criteriosa dos dados pôde-se observar que as espécies apresentaram grandes variações quanto as variáveis dendrométricas analisadas. A densidade básica média do paraju foi de 0,745g/cm³. Pôde-se constatar que os valores de densidade básica do paraju decresceram ao longo do fuste no sentido base/topo. O teor de Carbono encontrado foi de 44,49%, de Hidrogênio foi 6,53% e de Nitrogênio foi de 0,25%. Os modelos hipsométricos selecionados foram: modelo 5 como o que melhor explica as variações ocorridas na altura para o paraju, Jequitiba rosa, gonçalo alves e sapucaia vermelha. Já para as demais espécies (ipê felpudo, tarumã, guaribu amarelo, cajá, farinha seca e nagibe) o modelo selecionado foi o 4. Para explicar as variações ocorridas no volume foram selecionados os modelos de Stoat para o paraju e para a sapucaia vermelha, o de Schumacher e Hall para o guaribu amarelo e caja, o de Husch para farinha seca, o de Ogaya para o ipê felpudo e gonçalo alves e o de Spurr linear para o jequitibá rosa, tarumã e nagibe. Para explicar o crescimento em diâmetro e altura foi selecionado o modelo Logístico para 9 das 10 espécies avaliadas. Somente para o tarumã foi selecionado o modelo exponencial. O cajá seguido pela farinha seca foram as espécies que apresentaram maior crescimento em diâmetro e altura quando comparados às demais. A espécie com menor crescimento foi o tarumã.

Palavras-chave: crescimento, diâmetro, altura, volume, densidade básica.

ABSTRACT

MARTINS, Leandro Tose. **Dendrometric characterization and growth ten native forest species in homogeneous plantations in Espírito Santo**. 2012. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES. Adviser: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva. Co-Adviser: Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça.

This study aimed to produce information dendrometric and growth of ten native species subjected to homogeneous plantations. The species considered in this study were paraju (*Manilkara bella* Monach.) jequitibá rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze), gonçalo alves (*Astronium concinnum* (Engl.) Schott), ipe felpudo (*Zeyhera tuberculosis* (Vell.) Bur), tarumã (*Vitex* sp.) guaribu amarelo (*Taub Goniorrhachis marginata*), nagibe (*Kielmeyera albopunctata* Saddi), farinha seca (*Pterygota brasiliensis*), sapucaia vermelha (*Lecythis pisonis* Cambess), and cajá (*Spondias purpurea* L.). The data used are from plantations Reserva Natural Vale, located in Linhares in northern Espírito Santo. The plantations of each species were deployed at a spacing of 2mx2m. Each species was characterized by calculating variables such as arithmetic mean diameter, quadratic mean diameter, mean height, basal area and form factor. For paraju basic density was determined to 7 trees of different classes of diameters and also the density for each tree at positions corresponding to 0%, 25%, 50% and 75% of commercial height. For the same trees used for the calculation of the density were determined the levels of Carbon, Hydrogen and Oxygen. Were fitted five hypsometric models, five volumetric models, and two growth models for the diameter and height as a function of age and were later given the increases in diameter and height for each species. After careful analysis of the data it was observed that the species showed large variation in the variables analyzed dendrometric. The mean basic density of 0.745 g/cm³ was paraju. It was found that the density values paraju basic density decreased along the stem towards the base / top. The carbon content was found to be 44.49%, hydrogen was 6.53% and nitrogen was 0.25%. The hypsometric models were selected as model 5 that best explains the variations in height for the paraju, jequitibá rosa, sapucaia vermelha, gonçalo alves. As for the other species (ipe felpudo, tarumã, guaribu amarelo, cajá, farinha seca, nagibe) the selected model was the fourth. To explain the variations in volume were selected for the models Stoa paraju, sapucaia vermelha, the Schumacher and Hall for the guaribu amarelo caja, the Husch to farinha seca, to Ogaya for ipe felpudo, gonçalo alves and Spurr of the linear jequitibá rosas, trauma and nagibe. To explain the growth in diameter and height were selected for the logistic model 9 of the 10 species evaluated. Only tarumã was selected for the exponential model. Cajá followed by farinha seca were the species that grew better diameter and height when compared to the other. The species with lower growth was tarumã.

Keywords: growth, diameter, height, volume, basic density

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da densidade em função da posição de retirada dos discos nas árvores de paraju.	28
Figura 2-Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o paraju.....	33
Figura 3 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o jequitibá rosa.	34
Figura 4 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o ipê felpudo.	35
Figura 5 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o gonçalo alves.....	36
Figura 6- Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o tarumã	37
Figura 7 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o guaribu amarelo.....	38
Figura 8 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para a sapucaia vermelha.....	39
Figura 9 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para a cajá.	40
Figura 10 – Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para a farinha seca.	41
Figura 11 – Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o nagibe.....	42
Figura 12- Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o paraju.....	45
Figura 13 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o jequitibá rosa.	47
Figura 14 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o ipê felpudo.	48
Figura 15 -Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o gonçalo alves.....	49
Figura 16 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o tarumã.....	50
Figura 17 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o guaribu amarelo.....	51

Figura 18– Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o sapucaia vermelha.....	52
Figura 19 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o cajá.	53
Figura 20 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para a farinha seca.	54
Figura 21 -Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o nagibe.	55
Figura 22 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o paraju.	59
Figura 23 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o jequitibá rosa.....	60
Figura 24 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o ipê felpudo.....	61
Figura 27 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o gonçalo alves.	62
Figura 26 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o tarumã.....	63
Figura 25 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o guaribu amarelo.	64
Figura 28 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para a sapucaia vermelha.	65
Figura 29 - – Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o cajá.....	66
Figura 30 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para a farinha seca.....	67
Figura 31 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o nagibe.	68
Figura 32 - Crescimento em diâmetro para as espécies avaliadas.....	78
Figura 33 - Crescimento em altura para as espécies avaliadas.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies estudadas e suas respectivas idades em anos.	13
Tabela 2 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o paraju.	14
Tabela 3 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o jequitibá rosa.	15
Tabela 4 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o gonçalo alves.	15
Tabela 5 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o ipê felpudo.	16
Tabela 6 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o tarumã.	16
Tabela 7 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o guaribu amarelo.	16
Tabela 8 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o sapucaia vermelha.	17
Tabela 9 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o cajá.	17
Tabela 10 - Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para a farinha seca.	18
Tabela 11 - Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o nagibe.	18
Tabela 12 - Modelos de relação hipsométrica em função do DAP, para estimar a altura total dos povoamentos.	20
Tabela 13-Modelos volumétricos, selecionados para estimar o volume individual de árvores para as espécies estudadas.	21
Tabela 14- Modelos de crescimento, para estimar o diâmetro e altura para cada idade para cada espécie.	21
Tabela 15 - Resultados das variáveis dendrométricas avaliadas.	26
Tabela 16 - Resultados da densidade para cada classe diamétrica do paraju.	27
Tabela 17- Resultados dos teores de carbono, hidrogênio e oxigênio para o paraju.	29
Tabela 18 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o paraju.	33

Tabela 19 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o jequitibá rosa.	34
Tabela 20 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o ipê felpudo.	35
Tabela 21 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o gonçalo alves.....	36
Tabela 22 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o tarumã.	37
Tabela 23 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o guaribu amarelo.....	38
Tabela 24 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para a sapucaia vermelha.	39
Tabela 25 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o cajá.	40
Tabela 26 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para a farinha seca.	41
Tabela 27 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o nagibe.....	42
Tabela 28 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o paraju.....	45
Tabela 29- Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o jequitibá rosa.	46
Tabela 30 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o ipê felpudo.	47
Tabela 31 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o gonçalo alves.....	48
Tabela 32 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o tarumã.	49
Tabela 33 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o guaribu amarelo.....	50
Tabela 34 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para a sapucaia vermelha.....	51
Tabela 35 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o cajá.	52

Tabela 36 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para a farinha seca.	53
Tabela 37 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o nagibe.....	54
Tabela 38- Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o paraju	58
Tabela 39 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o jequitibá rosa	59
Tabela 40 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o ipê felpudo.....	60
Tabela 41 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o gonçalo alves.	61
Tabela 42 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o tarumã.	62
Tabela 43 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o guaribu amarelo	63
Tabela 44 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para a sapucaia vermelha.	64
Tabela 45 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em altura e diâmetro em função da idade para o cajá	65
Tabela 46 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para a farinha seca.....	66
Tabela 47 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o nagibe.....	67
Tabela 48 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do Paraju.....	69
Tabela 49 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do Jequitibá Rosa.	70
Tabela 50 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do Ipê Felpudo.	71
Tabela 51 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do gonçalo alves.	72
Tabela 52 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do tarumã.....	73

Tabela 53 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do guaribu amarelo	74
Tabela 54 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura da sapucaia vermelha.....	75
Tabela 55 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do cajá	76
Tabela 56 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura da farinha seca.....	77
Tabela 57 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do nagibe	78

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
BIOGRAFIA.....	viii
RESUMO.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO.....	3
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 DIÂMETRO DAS ÁRVORES.....	4
2.2 ALTURA DAS ÁRVORES.....	5
2.2.1 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.....	6
2.3 CRESCIMENTO DE ÁRVORES INDIVIDUAIS.....	8
2.4 VOLUME DE ÁRVORES INDIVIDUAIS.....	9
2.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DENSIDADE DA MADEIRA.....	10
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.2 COLETA DOS DADOS.....	13
3.3 CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA.....	18
3.4 AJUSTE DOS MODELOS HIPSOMÉTRICOS.....	20
3.5. AJUSTE DE MODELOS VOLUMÉTRICOS.....	20
3.6 MODELOS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO E ALTURA.....	21
3.7 CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DOS MODELOS.....	22
3.6 OBTENÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA.....	23
3.7 OBTENÇÃO DO TEOR DE CARBONO, HIDROGÊNIO E NITROGÊNIO NA MADEIRA PARA O PARAJU.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DAS ESPÉCIES.....	25
4.2 DENSIDADE BÁSICA DO PARAJU.....	27
4.3 TEOR DE CARBONO, HIDROGÊNIO E NITROGÊNIO. PARA O PARAJU.....	29
4.4 AJUSTE DOS MODELOS HIPSOMÉTRICOS.....	30
4.5 AJUSTE DOS MODELOS VOLUMÉTRICOS.....	43
4.6 AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO.....	55
4.6.1 Crescimento em Diâmetro.....	55

4.6.2 Crescimento em Altura	57
4.7 ANÁLISE DO CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES AVALIADAS.....	68
5 CONCLUSÕES	79
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1. INTRODUÇÃO

O alto índice de desmatamento e conseqüente diminuição da cobertura florestal no Brasil têm se tornado motivo de preocupação mundial, sendo a expansão da fronteira agropecuária apontada como uma das principais causas da degradação florestal no país.

Desta maneira, a forma desordenada de extração dos recursos florestais vem ocasionando a inviabilidade da extração de madeira de matas nativas. As indústrias madeireiras investem cada vez mais em plantios, homogêneos ou consorciados, de espécies de elevado valor comercial e rápido crescimento. Com isso as indústrias pretendem manter a sua produção com madeiras oriundas de florestas plantadas (COSTA et al. 1998).

Segundo Shimizu (1998), o reflorestamento além de diminuir a pressão sobre as florestas naturais remanescentes, traz benefícios ecológicos, aumenta a oferta de madeira reflorestada e também a renda na propriedade rural. Ao incluir o elemento florestal em sua propriedade o produtor pode explorar novas fontes de renda e ter a possibilidade de tornar produtiva, áreas que não poderiam ser utilizadas pela agricultura convencional.

De acordo com Tonini et al (2005) o reflorestamento é uma alternativa viável, do ponto de vista econômico, ecológico e social. Essa prática é importante para recuperação de áreas degradadas, para suprir demanda de mão de obra, para proteção dos recursos hídricos e edáficos e para expectativas futuras de aumentos consideráveis nos preços dos produtos florestais resultantes dos desmatamentos e restrições legais. O autor afirma também que os trabalhos dendrométricos em geral, estão relacionados às espécies de rápido crescimento, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Espécies nativas muitas vezes deixam de ser utilizadas por não despertarem interesse, já que são poucos os estudos existentes, tendo-se assim escassez de informações relativas à sua ecologia, silvicultura e biometria.

Torna-se cada vez mais necessário estudos relacionados às espécies nativas. Sabe-se que é grande a variedade de espécies existentes nos diferentes biomas brasileiros e estas podem gerar diversos produtos como madeira, cosméticos, frutos, carvão, mel, além de poderem ser utilizadas para o sequestro de carbono.

Para que se invista em plantios, consórcios ou sistemas agroflorestais com espécies nativas é importante que pesquisadores desenvolvam estudos para espécies nativas a fim de indicar o potencial das mesmas e fornecer dados que darão subsídio aos produtores, empresas públicas e privadas para que possam investir de forma segura e garantir, além de benefícios sociais e ambientais, o retorno econômico tão almejado.

Atualmente os estudos relacionados às espécies nativas são considerados incipientes e reduzidos quando comparado às espécies ditas tradicionais (*Pinus e Eucaliptus*). Por isso é de extrema importância qualquer tipo de informação relacionada a essas espécies. Existem alguns trabalhos na literatura que visam este tipo de informação como os de Fernandes e Alencar (1993) para Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), o de Scolforo et al (1994) que estudaram equações volumétricas e fator de forma para floresta estacional submontana, Azevedo et al (1999) estudaram relações hipsométricas para quatro espécies florestais em plantios homogêneos, Chichorro et al (2003) que estudaram equações volumétricas e de Taper para estimar multiprodutos para espécies da Mata Atlântica, Tonini et al (2005), que estudaram a dendrometria de 4 espécies nativas em plantios homogêneos, Leite et al (2006), estudaram funções de afilamento para *Virola surinamensis* (ROLL.) WARB, Tonini et al (2008), que estudaram o crescimento de espécies nativas submetidas a plantios na Amazônia e Soares et al (2011) estudaram relações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies submetidas a plantios.

Existem ainda outros estudos que não foram aqui citados, porém quando comparados a diversidade de espécies brasileiras, distribuídas em seus diversos biomas, fica evidente que este tipo de informação pode ser ainda muito mais explorada, já que o Brasil possui grande disponibilidade de terras, clima favorável e disponibilidade de espécies com os mais diferentes potenciais. É necessário, portanto, esforços ainda maiores para que este tipo de informação possa ter um conhecimento significativo a ponto de chegar ao nível das espécies ditas tradicionais

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é produzir informações dendrométricas e de crescimento de dez espécies nativas em plantios: paraju (*Manilkara bella* Monach.), jequitibá rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze), gonçalo alves (*Astronium concinnum* (Engl.) Schott), ipê felpudo (*Zeyhera tuberculosa* (Vell.) Bur), tarumã (*Vitex* sp.), guaribu amarelo (*Goniorrachis marginata* Taub), nagibe (*Kielmeyera albopunctata* Saddi), farinha seca (*Pterygota brasiliensis*), sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess), e cajá (*Spondias purpúrea* L.)

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamento de dados como, diâmetro médio aritmético, diâmetro quadrático, área basal, altura média e fator de forma para cada espécie,
- Ajuste de modelos de volume, hipsométricos, e de crescimento em diâmetro e altura para as espécies avaliadas.
- Obtenção da densidade básica e indicação dos teores de carbono, hidrogênio e oxigênio para o paraju (*Manilkara bella* Monach).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DIÂMETRO DAS ÁRVORES

O diâmetro é a medida mais importante que se pode tomar em uma árvore (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009). É uma medida básica para o cálculo da área transversal, área basal, volume, crescimento e quocientes de forma. Quando utilizado em regressão, esta medida geralmente se constitui como variável independente por ser de fácil acesso e apresentar alta correlação com volume e com outras variáveis dependentes.

Em uma árvore o diâmetro é geralmente tomado a 1,30m em relação ao solo e chamado de diâmetro à altura do peito (*DAP*). Este está diretamente relacionado ao volume (CAMPOS e LEITE, 2006)

Mesmo sendo possível medir diâmetros em várias posições do fuste de uma árvore e até mesmo galhos, a medida mais tomada refere-se ao diâmetro com casca à altura do peito (*DAP*) (SOARES et al.,2007). Estes autores ainda afirmam que as razões principais para se tomar esta medida são: o *DAP* é uma medida facilmente avaliada e de forma confiável onde seu erro de medição e suas causas são mínimos e podem ser minimizados; o *DAP* é uma medida mais importante tomada em uma árvore, pois fornece base para cálculo de outras variáveis; as medidas de *DAP* em uma floresta permitem a definição da distribuição diamétrica da mesma, o que é essencial para tomada de decisões econômicas e silviculturais. Além disso, a medida tomada a 1,30 metros minimiza os efeitos da deformação da base da árvore e favorece a ergonomia da operação.

A suta e a fita são os instrumentos mais utilizados para se medir 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).

2.2 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).

Conforme descrito por Soares et al., (2007) a altura é uma importante característica da árvore e pode ser obtida por meio de medição ou estimativa. A partir desta medida é possível computar o volume de árvores e ao relacioná-la com a idade é possível determinar a qualidade de um local. O autor ainda afirma que são utilizadas algumas definições de altura nos inventários florestais. São elas:

- Altura total: Representa a distância do solo até a parte superior da copa da árvore.
- Altura da copa: Representa a distância da inserção do primeiro galho vivo (início da copa) até o final da copa.
- Altura comercial: Representa a distância entre algum ponto na parte mais baixa do fuste até um diâmetro comercial definido ou algum defeito ou bifurcação da árvore.
- Altura do fuste: Distância entre o solo e o início da copa da árvore sendo que esta altura pode coincidir com a altura comercial.

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

De acordo com Couto e Bastos (1988) os aparelhos utilizados para medição de altura das árvores baseiam-se em princípios geométricos e trigonométricos. Os aparelhos baseados em princípios geométricos utilizam as relações existentes entre triângulos semelhantes como é o caso do hipsômetro de Christen e o hipsômetro Haglof. Os que são baseados em princípios trigonométricos utilizam a determinação de ângulos e distância reduzida para a estimativa da altura como é o caso dos hipsômetros de Blume-Leiss, Haga e Suunto. Os principais erros de medição de altura estão relacionados com a

árvore, o instrumento e o observador. Para que se tenha uma medida confiável desta variável é necessário que o topo e a base possam ser visualizados simultaneamente. Geralmente recomenda-se que a distância do operador à árvore seja aproximadamente à provável altura da mesma.

Segundo Curto (2011), os aparelhos mais utilizados em medições de altura baseiam-se em princípios trigonométricos. Desta forma é necessário que o mensurador se posicione a uma distância conhecida da árvore. Alguns aparelhos como o hipsômetro de Haga, Blume Leiss e Sunto a distância é predeterminada. Aparelhos como o Hipsômetro Vertex por exemplo permite maior flexibilidade na realização da medição pois o operador pode ficar a qualquer distância da árvore.

As medições referentes à altura geralmente são tomadas em apenas algumas árvores dentro de um povoamento. Isto se deve ao fato desta medição se tratar de uma obtenção difícil em campo (LINGNAU et al., 2008).

Machado e Figueiredo Filho (2009) afirmam que a altura pode ser obtida por medidas diretas, indiretas e estimadas. As medidas diretas podem ser feitas em árvores derrubadas com auxílio de uma trena. Também podem ser feitas com a utilização de varas de madeira, bambus ou hastes encaixáveis umas às outras. As medidas indiretas tem sido as mais usadas para medição da altura de árvores. Estas são tomadas sem que o mensurador tenha contato direto com a árvore. Para isso foram construídos instrumentos apropriados que recebem a designação genérica de hipsômetros. As alturas podem também ser estimadas através de relação hipsométrica ou ocularmente por uma pessoa bem treinada.

2.2.1 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Segundo Barros et al (2002) a análise de regressão vem sendo muito utilizada pela ciência e conseqüentemente no meio florestal. Vários pesquisadores a estudam em busca da relação existente entre o diâmetro e altura das árvores, relação esta denominada hipsométrica. O autor ainda afirma que vários são os modelos matemáticos que podem se adequar a esta relação, porém o uso indiscriminado desta, pode levar a erros consideráveis já que

vários são os fatores que a influenciam como posição sociológica, sítio, idade, densidade e práticas silviculturais em geral.

De acordo com Schimidt (1977), a relação hipsométrica é a regressão de altura em função do diâmetro e tem sido estudada por inúmeros autores por meio da utilização de um grande número de modelos estatísticos, os quais são mais ou menos eficientes conforme a composição do povoamento e a qualidade do local.

Segundo Zanon et al (1996), devido a necessidade de implementação do planejamento florestal, é necessário que se estudem relações biométricas, das quais se destaca a relação hipsométrica, já que esta permite conhecer com precisão a altura das árvores, propiciando a redução de custo para levantamento de dados em inventários florestais.

A estimação da altura das árvores por meio de instrumentos é uma operação muito onerosa e está sujeita a erros, por isso, procura-se medir a altura de algumas árvores e empregando-se relações hipsométricas estimar a altura das demais (COUTO; BASTOS, 1987)

As medidas de diâmetro são mais facilmente obtidas em praticamente todas as tipologias florestais quando comparadas às medidas de altura. Isso se deve ao fato destas serem mais demoradas e conseqüentemente mais caras para coleta. Em florestas altas e densas isso se torna ainda mais frequente. Por isso é comum que sejam medidos os diâmetros de todas as árvores e a altura de apenas algumas no interior das parcelas, a fim de que estes dados sejam utilizados para estabelecer uma relação que permita estimar a altura das demais árvores da parcela em função dos diâmetros que foram mensurados. (MACHADO et al.,1994)

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).

Modelos hipsométricos genéricos os que apresentam como variáveis independentes características que influenciam a relação altura/diâmetro como a idade, o sítio (expresso pela média das árvores dominantes) e a densidade. (BARROS, 2002).

2.3 CRESCIMENTO DE ÁRVORES INDIVIDUAIS

Finger et al (1996) afirmam que o crescimento diamétrico, em altura e volumétrico de espécies florestais dá subsídios à silvicultura e ao manejo das florestas pois fornece informações sobre o seu potencial e permite quantificar o tempo necessário para que as árvores alcancem determinada dimensão e avaliar economicamente o que foi investido no cultivo destas espécies. Para que se conheça as características de crescimento das espécies pode-se optar em acompanhar as medições periódicas, o que implica em um grande período de observações, ou recorrer às técnicas de análise de tronco.

O crescimento em diâmetro de uma árvore se refere ao aumento de espessura da mesma em um determinado período de tempo (Imaña Encinas et al, 2005), também é chamado de crescimento secundário e é influenciado principalmente pelo espaçamento. Este crescimento varia ao longo do tronco e por isso é avaliado por meio da variável *DAP* no início e no fim do período que se quer avaliar. Quando se quer avaliar o crescimento das variáveis dendrométricas em função do tempo, utiliza-se o incremento. O incremento corrente anual (*ICA*) expressa o crescimento ocorrido em determinada variável no período de doze meses. Já o incremento médio anual (*IMA*) expressa a média do crescimento total a certa idade da árvore.

Segundo Hess et al (2009), o comportamento do crescimento para cada região associado a fatores ambientais possibilitam a visualização em conjunto de características distintas das florestas e relacioná-las com a capacidade produtiva de cada espécie e a tomada de decisão para intervenção no povoamento. Ainda segundo estes autores, em espaçamentos reduzidos se tem árvores com menores diâmetros, sendo comum a presença de muitas árvores dominadas. Já espaçamentos maiores produzem ação positiva sobre o crescimento diamétrico, porém não tem influência significativa sobre a altura.

O crescimento em nível de povoamento a princípio é o somatório dos crescimentos das árvores individuais subtraída a mortalidade. Os modelos de crescimento e produção são classificados em: modelos de povoamento total, modelos de distribuição diamétrica e modelos de árvores individuais, e podem expressar além do volume outros parâmetros como diâmetro, área basal, altura e número médio de árvores por área. Os modelos para árvores individuais são

classificados como dependentes da distância das árvores ou espaciais e não dependentes ou não espaciais (MABVURIRA E MIINA 2002, apud FERRARI et al. 2005).

Segundo Campos e Leite (2006), a predição do crescimento caracteriza-se como um dos mais importantes elementos do manejo de florestas equiâneas, já que 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 prognose de produções futuras de acordo com informações atuais. Os autores destacam que os 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.

2.4 VOLUME DE ÁRVORES INDIVIDUAIS

Segundo Carvalho (2010), a cubagem rigorosa caracteriza-se como o método direto de estimação do volume de árvores abatidas que é mais utilizado em inventários florestais. As duas formas mais comuns para se obter o volume de árvores são por meio dos métodos de cubagem relativos e absolutos. Dentre os relativos pode-se citar os métodos da FAO e de Hohenald. Dentre os absolutos destacam-se os métodos de Smalian, Huber e Newton.

Machado e Figueiredo Filho (2009) afirmam que os troncos das árvores variam quanto sua forma de acordo com um grande número de fatores como espécie, sítio, tratamentos culturais e aspectos genéticos podendo assim assumir diferentes formas. Em decorrência disto alguns pesquisadores florestais desenvolveram metodologias que atendessem às necessidades práticas do cálculo do volume. O volume considerado verdadeiro de uma árvore é aquele obtido por meio do método de deslocamento de água (xilômetro).

Segundo Thomas et al (2006) o volume representa uma das informações mais importantes para que se conheça o potencial produtivo de uma floresta já que o volume individual fornece base para que se faça uma avaliação do potencial produtivo de uma floresta, além da avaliação do estoque de madeira. Estes autores ainda afirmam que diversos modelos estatísticos são utilizados para estimar o volume de povoamentos florestais, e apesar da eficiência destes, é necessário que sejam testados, pois estes nem sempre se ajustam a todas as espécies e condições. Estes testes devem ser realizados por meio da utilização de estatísticas adequadas que identificarão o melhor modelo para cada caso.

De acordo com Ahrens (1981), o objetivo de uma equação volumétrica é expressar a relação existente entre o volume, *DAP* (Diâmetro tomado à 1,3m em relação ao solo) e altura total de árvores, de tal modo que seja possível se ter uma estimativa precisa do volume tendo-se observado apenas o *DAP* e altura das árvores. Para que isso seja possível é necessário que se utilizem técnicas de análise de regressão para definição dos coeficientes de um modelo descritivo.

Segundo Couto e Bastos (1987), o método da equação de volume é mais preciso quando comparado aos métodos de volume cilíndrico e da área basal. No método do volume cilíndrico o volume de madeira é tomado como a multiplicação do volume cilíndrico pelo fator de forma médio da floresta. No método da área basal, o volume é obtido pelo cálculo da área basal multiplicada pela altura média e pelo fator de forma médio. Os autores ainda relatam que é vantajoso utilizar equações de volume para o cálculo de volume sólido, já que este método permite o cálculo árvore a árvore, por meio de modelos estatísticos que são testados para obter o menor erro possível.

2.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DENSIDADE DA MADEIRA

Segundo Klock (2005), a madeira é o material de origem biológica mais conhecido e utilizado. O material lenhoso contém variadas substâncias que são utilizadas em vários ramos tecnológicos. É um material heterogêneo onde sua variabilidade estrutural e química reflete em várias propriedades físicas como

por exemplo a densidade, condutividade térmica e difusão da água. Por isso o conhecimento da madeira se torna de fundamental importância para sua utilização racional pela sociedade humana. Do ponto de vista químico pode-se considerar que não existem diferenças consideráveis nas diversas espécies quanto aos principais elementos existentes, que são, Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O) e Nitrogênio (N), sendo este em menor quantidade.

Segundo Foekel et al. (1971), a densidade da madeira é resultado da combinação de diversos fatores, sendo considerada assim uma característica complexa. Dentre estes fatores pode-se citar as dimensões das fibras, espessura da parede das fibras, volume dos vasos e do parênquima, proporção entre madeira primaveril e outonal e arranjo dos elementos anatômicos. Através da densidade é possível determinar propriedades físicas, e mecânicas que caracterizam espécies diferentes e diferentes regiões da mesma árvore.

De acordo com Mendes et al. (1999), é importante que ao se retirar apenas uma amostra para determinação da densidade de uma árvore se escolha bem o ponto de retirada para que a densidade represente a média, já que existem variações desta variável ao longo do fuste. Por isto geralmente esta amostra é retirada na altura do DAP.

Segundo Vale et al. (1999) a densidade reproduz a quantidade de matéria lenhosa por uma dada unidade de volume. Pode representar também o volume de espaços vazios existentes em uma madeira. Do ponto de vista tecnológico a densidade possibilita a avaliação da qualidade da madeira das espécies sendo um excelente indicador das propriedades da madeira.

A densidade básica da madeira é um fator utilizado para determinar seu peso. É representada pela massa por unidade de volume sendo geralmente dada em g/cm^3 ou kg/m^3 . A densidade da madeira pode variar no sentido da medula para casca e também ao longo do tronco. Desta forma é importante ressaltar que não se deve tirar a média aritmética das densidades nas diferentes posições do fuste. É necessário que se faça uma ponderação a partir do volume de seções entre pontos onde foram retirados discos-amostra. (CAMPOS e LEITE, 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido na Reserva Natural Vale, que se localiza ao norte do Estado do Espírito Santo no município de Linhares, entre os paralelos 19° 06' a 19° 18' de latitude sul e os meridianos 39° 45' a 40° 19' de longitude oeste (ROLIM, 2006).

Possui aproximadamente 22000ha de extensão e representa 25% da área de Mata Atlântica Primária remanescente do Espírito Santo. Constitui assim a segunda maior reserva de Mata dos Tabuleiros ou Zona Tabular Costeira (Hiléia Baiana) do Estado. (ARAUJO; CHIARELO, 2006).

A área em questão representa um expressivo fragmento de mata atlântica no Brasil e forma com a REBIO de Sooretama, um significativo corredor florestal. Apresenta uma variada cobertura vegetal, com as florestas de Tabuleiro e Mussununga. Também se destaca, entre as demais formações vegetais, o campo nativo (MEDEIROS, 2008).

Os solos da RNV foram classificados em quatro classes de acordo com EMBRAPA, (1999): Argissolo amarelo, Espodossolo, Gleissolo e Neossolo Quartzarênico. O Argissolo amarelo é o tipo de solo predominante na região da Reserva, assim como em todo solo capixaba, formado por sedimentos do Grupo Barreiras, característico dessa região (JESUS; ROLIM, 2005).

O clima da região é do tipo Awi de Köppen, tropical quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os dados do posto agrometeorológico da Reserva indicam uma precipitação pluviométrica média anual de 1200mm e temperatura média de 23,3°C (ROLIM, 2006).

Quanto à vegetação, vários enquadramentos fitogeográficos já foram propostos para a floresta da região. De acordo com a classificação oficial do IBGE (VELOSO et al., 1991) a floresta é enquadrada como Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas.

3.2 COLETA DOS DADOS

Para realização deste estudo foram analisadas dez espécies nativas em plantios homogêneos: paraju (*Manilkara bella* Monach.), jequitibá rosa (*Cariniana legalis*), gonçalo alves (*Astronium concinnum*), Ipê felpudo (*Zeyhera tuberculosa*), tarumã (*Vitex* sp.), guaribu amarelo (*Goniorrachis marginata*), nagibe (*Kielmeyera albopunctatai*), farinha seca (*Pterygota brasiliensis*), sapucaia (*Lecythis pisonis*), e cajá (*Spondias purpúrea*). Cada espécie está inserida em uma área de 784 m² em um espaçamento de 2m x 2m, totalizando 196 árvores. Segue na tabela 1 a idade de cada povoamento.

Tabela 1 - Espécies estudadas e suas respectivas idades em anos

Povoamentos	Idade (anos)
Paraju	22
Jequitibá rosa	23
Gonçalo alves	23
Ipê Felpudo	23
Tarumã	23
Guaribu Amarelo	22
Nagibe	23
Farinha Seca	24
Sapucaia	23
Cajá	22

Para a obtenção dos dados foi realizado o monitoramento dos povoamentos por meio das medições da circunferência tomada a 1,30m em relação ao solo (CAP) e altura total das árvores. Os dados utilizados são provenientes do monitoramento ao longo dos anos, desde o plantio até o ano de 2011.

Para a realização da cubagem, as árvores selecionadas foram divididas em seções, sendo a primeira medida de diâmetro tomada na altura de 0,40 m em relação ao solo, em seguida a 1,0m, 1,80m e posteriores medidas com intervalos de 1m ao longo do tronco, até atingir a altura correspondente ao menor diâmetro possível de ser medido com os aparelhos.

As medidas de diâmetro nas alturas 0,40m, 1,0m e 1,80m foram obtidas com a suta. Nestas posições foram tomadas duas medidas perpendiculares, sendo que o diâmetro foi dado pela média destas. A partir da

altura de 2,80m, foi utilizado o Relascópio de Bitterlich para o paraju e para o jequitibá rosa e o Criterion RD1000 para as demais espécies a fim de mensurar o diâmetro ao longo do tronco. Para a cubagem com estes aparelhos o mensurador se posicionou a uma distância de 10 metros da árvore com o auxílio de uma trena de 50m graduada em milímetros. Esta distância foi escolhida devido ser a mais propícia para visualização do fuste no interior das copas das árvores na situação específica de cada povoamento.

Os galhos comerciais também foram cubados, sendo que as medidas foram tomadas segundo a metodologia de Huber e tomadas a cada metro.

O volume individual das árvores foi obtido com a aplicação do método de *Huber* para o fuste e para os galhos nas seções até a altura com o menor diâmetro mensurado.

Segue nas tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 a frequência do número de árvores cubadas em cada povoamento por classe diamétrica e por classe de altura.

Tabela 2 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o paraju.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)					Total
	6	8	10	12	14	
6		2				2
8	1	3	1			5
10		2	1	2		5
12		1	1	3		5
14			2	3		5
16			2	3		5
18			1	4		5
20			2	3		5
22				1		1
Total	1	8	10	19	0	38

Tabela 3 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o jequitibá rosa.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)						Total
	10	12	14	16	18	20	
10	1	2					3
12		2	2				4
14		3	2				5
16	1		2				3
18			4	1			5
20				3			3
22			3	1			4
24			1	2			3
26				1			1
28				1	1		2
30					2	1	3
32					1		1
34							
36							
38							
40					1		1
Total	2	7	14	9	5	1	38

Tabela 4 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o gonçalo alves.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)					Total
	8	10	12	14	16	
8	1					1
10		1				1
12	2	2	1			5
14		1	4			5
16			3	2		5
18			2	2	1	5
20				2	1	3
22				1	2	3
24				1	1	2
Total	3	4	10	8	5	30

Tabela 5 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o ipê felpudo.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)					Total
	8	10	12	14	16	
12		2				2
14		3				3
16	1	3		1		5
18	1	3	1			5
20		2	3			5
22		1	3	1		5
24				1		1
26		1		3	1	5
28						0
30				1		1
Total	2	15	7	7	1	32

Tabela 6 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o tarumã.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)				Total
	8	10	12	14	
10	1	1			2
12		4			4
14		4	1		5
16		3	2		5
18		1	3	1	5
Total	1	13	6	1	21

Tabela 7 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o guaribu amarelo.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)								Total
	6	8	10	12	14	16	18	20	
6	1								1
8	1	2	2						5
10		2	2	1					5
12		1	2	2					5
14				3	2				5
16				2	2	1			5
18					1	2			3
20				1		3			4
22				1	1		1		3
24						3	1		4
26						2		1	3
Total	2	5	6	10	6	11	2	1	43

Tabela 8 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o sapucaia vermelha.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)						Total
	10	12	14	16	18	20	
10	1	2					3
12		2	2				4
14		3	2				5
16	1		2				3
18			4	1			5
20				3			3
22			3	1			4
24			1	2			3
26				1			1
28				1	1		2
30					2	1	3
Total	2	7	14	9	5	1	38

Tabela 9 -Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o cajá.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)				Total
	12	14	16	18	
20			2		2
22		2			2
24	1	2			3
26		2	2		4
28		3	2		5
30			4		4
32		3	3		6
34	1		2	3	6
36		1		2	3
38			1	1	2
40			1		1
42				1	1
44					
46					
48				1	1
50				1	1
52					
54					
56				1	1
Total	2	13	17	10	42

Tabela 10 - Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para a farinha seca.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)			Total
	14	16	18	
16	2			2
18	3	1		4
20	2	4		6
22	1	4		5
24	1	3	2	6
26		4	1	5
28		2	1	3
30			1	1
32			2	2
Total	9	18	7	34

Tabela 11 - Distribuição de frequência das árvores selecionadas para cubagem por classes de diâmetro e altura para o nagibe.

Centro de Classe de Diâmetro (cm)	Centro de Classe de Altura (m)				Total
	12	14	16	18	
12		2			2
14		5			5
16	1		4		5
18		1	4		5
20		4		1	5
22		3	1	1	5
24			2		2
26			2		2
Total	1	15	13	2	31

3.3 CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA

Para caracterizar as espécies escolhidas em relação aos seus atributos dendrométricos, foram estimadas a média aritmética dos diâmetros (\bar{d})(cm), o diâmetro médio quadrático (q)(cm), área basal (B)(m²/ha), altura média (\bar{H})(m) e Fator de forma (f). As fórmulas de cálculo destas variáveis, de acordo com Soares et al. (2007) e utilizadas por Santos (2011) são descritas a seguir:

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

em que:

\bar{d} = média aritmética dos diâmetros em cm.
 DAP_i = diâmetro a 1,30 m do solo da i -ésima árvore;
 n = tamanho da amostra.

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

em que:

q = diâmetro médio quadrático em cm.
 DAP_i = diâmetro a 1,30 m do solo da i -ésima árvore;
 n = tamanho da amostra.

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{A}$$

em que:

B = área basal, em m²/ha;
 g_i = área seccional da árvore i , em m²;
 n = tamanho da amostra;
 A = área da unidade de amostra, em ha.

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

em que:

\bar{H} = média aritmética das alturas, em m;
 H_i = altura da árvore i , em m;
 n = tamanho da amostra.

$$f = \frac{v_{real}}{v_{cil}}$$

Em que:

f = fator de forma comercial com casca;
 v_{real} = volume comercial cubado, com casca, em m³;
 v_{cil} = volume de um cilindro definido pelo DAP e pela altura comercial, em m³.

3.4 AJUSTE DOS MODELOS HIPSOMÉTRICOS

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 cada espécie em estudo. Para isso optou-se por utilizar modelos que expliquem a variação da altura total das árvores em função do *DAP*, idade e altura dominante, conforme apresentado na Tabela 12. A altura dominante foi calculada segundo o princípio de Asman que considera que esta é a média das alturas das 100 árvores mais grossas por hectare.

Tabela 12 - Modelos de relação hipsométrica em função do *DAP*, para estimar a altura total dos povoamentos.

Modelo	Ajuste
1	$H = B_0 + B_1 DAP + \varepsilon$
2	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$
3	$LogH = B_0 + B_1 \left(\frac{1}{DAP} \right) + \beta_2 \left(\frac{1}{I} \right) + B_3 \left(\frac{I}{DAP} \right) + \varepsilon$
4	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 H_{dom} + \varepsilon$
5	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 H_{dom} + \beta_3 I + \beta_4 DAP^2 + \beta_5 I^2 + \varepsilon$

Fonte: Autor

em que:

H = altura total da árvore; em metros;

H_{dom} = altura dominante;

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

β_i = parâmetros do modelo; e

I = idade (anos);

ε = erro aleatório.

3.5. AJUSTE DE MODELOS VOLUMÉTRICOS

Com a obtenção dos dados de cubagem foi possível ajustar modelos que permitem estimar o volume em função da altura e do *DAP*. Os modelos avaliados foram os de Schumacher e Hall , Spurr linear , Stoate e Husch e Ogaya conforme descritos na Tabela 13.

Tabela 13-Modelos volumétricos, selecionados para estimar o volume individual de árvores para as espécies estudadas.

Modelo	Ajuste
Schumacher e Hall	$V = \beta_0 DAP^{\beta_1} H^{\beta_2} + \varepsilon$
Spurr Linear	$V = \beta_0 + \beta_1 (DAP^2 H) + \varepsilon$
Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 + \beta_2 DAP^2 H + \beta_3 H + \varepsilon$
Husch	$V = \beta_0 DAP^{\beta_1} + \varepsilon$
Ogaya	$V = DAP^2 (\beta_0 + \beta_1 H) + \varepsilon$

Fonte: Autor

em que:

V = volume, em m³;

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

H = altura total, em m;

β_i = parâmetros dos modelos;

ε = erro aleatório.

3.6 MODELOS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO E ALTURA

Por meio de utilização dos dados de diâmetro e altura para cada espécie em cada idade, foram ajustados os modelos descritos na tabela 14. Os modelos avaliados foram o Exponencial e o Logístico. Logo após ajuste foi determinado através dos modelos selecionados, os diâmetros e alturas em cada idade para cada espécie e os respectivos Incrementos Corrente Anual (*ICA*) e Incremento Médio Anual (*IMA*) para o diâmetro e altura.

Tabela 14- Modelos de crescimento, para estimar o diâmetro e altura para cada idade para cada espécie.

Modelo	Ajuste
Exponencial	$Y = e^{\left(\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{I}\right)} + \varepsilon$
Logístico	$Y = \left(\frac{\beta_0}{1 + \beta_1 e^{(-\beta_2 I)}}\right) + \varepsilon$

em que:

- Y = diâmetro (cm), ou altura (m)
- β_i = parâmetros dos modelos;
- I = Idade (anos);
- ε = erro aleatório.

3.7 CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DOS MODELOS

Para a seleção dos modelos foi considerado o coeficiente de determinação (R^2), o erro-padrão residual absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx}\%$) além da análise gráfica de resíduos.

O coeficiente de determinação adotado na análise foi o proposto por Kvalseth (1985) apud Silva et al. (2008) que preconiza que esta maneira de calcular o R^2 atende a maioria de algumas 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.

Para comparação dos modelos, além dos valores de (S_{yx}) e de ($S_{yx}\%$) foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado, devido aos modelos testados apresentarem número de variáveis independentes diferentes e com isso número de parâmetros também diferentes. Sua fórmula é apresentada a seguir:

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

em que:

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

R^2 = coeficiente de determinação;

n = tamanho da amostra;

k = número de regressores.

Além disso foram utilizados os erros-padrões obtidos pelas seguintes fórmulas:

$$S_{yx} = \sqrt{QMR}$$
$$S_{yx}(\%) = \left(\frac{S_{yx}}{\bar{Y}} \right) 100$$

em que:

S_{yx} = Erro-padrão residual;

$S_{yx}(\%)$ = Erro-padrão relativo;

QMR = Quadrado médio do resíduo;

\bar{Y} = Média observada da variável dependente.

3.6 OBTENÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA

Para o cálculo da densidade foram selecionadas sete árvores distribuídas nas diferentes classes diamétricas para o Paraju. O cálculo foi realizado somente para esta espécie pelo fato de ser a única onde houve a derrubada de árvores. Foram retirados discos nas posições onde foi feita a cubagem das árvores e destes foram selecionados quatro de forma distribuída ao longo do fuste de forma que o primeiro disco foi retirado na posição que corresponde a 0% da altura, o segundo na posição próxima à 25% da altura comercial da árvore, o terceiro próximo a altura correspondente a 50% e o quarto na altura próxima à 75%. Os discos foram descascados e de cada um foram utilizadas duas cunhas opostas para determinação da densidade básica da madeira. As cunhas foram submersas em água até atingirem a saturação completa da madeira. Para determinação do volume foi aplicado o método da imersão por meio da variação do peso líquido. Em seguida as amostras foram colocadas em estufa com temperatura inicial de 50°C, que foi aumentada gradativamente até atingir uma temperatura final por volta de 103°C e mantida

nesta condição até peso constante, desta forma foi obtida a massa seca com o auxílio de uma balança digital.

O cálculo da densidade básica foi realizado pela seguinte relação:

$$D_b = M_s / V_u$$

Em que:

D_b = Densidade básica (kg/m³);

M_s = Massa seca em estufa a 103°C (kg);

V_u = Volume saturado (m³).

3.7 OBTENÇÃO DO TEOR DE CARBONO, HIDROGÊNIO E NITROGÊNIO NA MADEIRA PARA O PARAJU.

Para obtenção destas variáveis foi retirado um disco na altura do *DAP* para cada árvore de paraju que foi utilizada para o cálculo de densidade básica. De cada disco foram retiradas duas cunhas opostas. Estas foram trituradas, moídas e peneiradas em duas peneiras (de 30µm e de 60µm). Logo após foram condicionadas em frascos identificados com o número da árvore e enviadas para o Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade Federal de Viçosa – MG. O método utilizado para determinação dos teores dos nutrientes foi o por cromatografia gasosa realizada no Analisador Elementar Perkin Elmer Modelo 2400 série II.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DAS ESPÉCIES

Na Tabela 15 são apresentados os resultados das variáveis dendrométricas analisadas para cada espécie estudada. De uma maneira geral, nota-se uma grande amplitude de variação em relação às variáveis dendrométricas consideradas para as espécies avaliadas, onde é possível verificar por exemplo variáveis como a diâmetro médio aritmético, diâmetro médio quadrático, número de árvores remanescentes e área basal, que obtiveram coeficiente de variação acima de 29%. A média aritmética dos diâmetros, variou de 13,41 à 32,29 para o paraju e cajá, respectivamente. É importante ressaltar que estes valores, além de serem representativos do comportamento do crescimento de cada espécie, são influenciados por processos silviculturais. No caso deste estudo todas as espécies foram plantadas em um mesmo espaçamento, porém ao serem analisados os números de indivíduos remanescentes percebe-se também grande variação, desde 38 para o tarumã até 124 para o paraju. Sendo assim é grande a diferença em termos de sobrevivência para cada espécie, o que certamente influenciou a grande variação das variáveis dendrométricas.

A área basal dos povoamentos também variaram consideravelmente, desde 8,29m²/ha para o tarumã, até 59,28m²/ha para o cajá. Estes valores estão diretamente ligados ao número de árvores remanescentes e os valores de diâmetros das mesmas. No caso do cajá, apesar de possuir um número reduzido de indivíduos remanescentes, possui um valor de diâmetro médio bem superior às demais espécies, que faz com que esta tenha elevado valor de área basal. No caso do tarumã o reduzido número de indivíduos remanescentes associado às árvores com diâmetros menores foi fator decisivo para o baixo valor de área basal.

Tabela 15 - Resultados das variáveis dendrométricas avaliadas.

Espécie	\bar{d}	q	\bar{H}	\bar{H}_c	B	N	F
cajá	32,29	33,12	17,50	8,04	59,28	54	0,73
farinha seca	22,10	22,39	16,06	12,94	20,0	59	0,55
gonçalo alves	16,09	16,52	14,12	8,70	15,02	55	0,63
guaribu amarelo	14,85	15,66	11,86	7,39	20,37	83	0,69
ipê felpudo	19,11	19,44	12,63	8,66	22,71	61	0,69
jequitibá rosa	19,43	20,39	14,51	9,38	21,20	51	0,55
nagibe	18,10	18,34	14,20	8,70	23,91	71	0,64
paraçu	13,41	13,81	11,74	8,43	23,69	124	0,62
sapucaia vermelha	16,91	17,81	13,48	8,0	25,39	80	0,65
tarumã	14,58	14,76	11,07	7,07	8,29	38	0,67
Média	18,69	18,79	14,15	8,73	23,99	68	0,64
CV (%)	±29,15	±31,01	±16,86	±18,63	±55,81	±35,55	±9,11

Em que: \bar{d} - média aritmética dos diâmetros (cm); q - diâmetro médio (cm); B - área basal (m^2/ha); \bar{H} - média aritmética das alturas totais (m), \bar{H}_c - média aritmética das alturas comerciais (m), N - Número de indivíduos remanescentes no último ano de medição, F - Fator de forma comercial. CV(%)- Coeficiente de variação (%).

A altura média dos povoamentos foi de 14,15m variando em um intervalo em um intervalo de 11,07m para o tarumã e 17,50m para o cajá. As demais espécies estão contempladas neste intervalo sem grande variação expressiva. Isso pode ser explicado pelo fato de que a altura é pouco influenciada por práticas silviculturais.

O Fator de forma variou de 0,55 para o jequitibá rosa e farinha seca à 0,73 para o cajá. É importante ressaltar que este valor corresponde ao fator de forma comercial, portanto foi considerado para o cálculo a altura onde ocorreu alguma deformação, bifurcação ou um diâmetro mínimo de 5cm. Como se tratam de espécies nativas, a variabilidade é grande, e algumas árvores cubadas possuíam valores de altura comercial muito baixo devido á bifurcações que ocorreram em partes mais baixas do fuste. Isto contribuiu para a indicação de valores relativamente altos quando comparados aos fatores de forma de espécies comerciais tradicionais. Esta afirmação fica bem evidente já que o jequitibá rosa e a farinha seca foram as espécies que possuíam fustes eretos e com poucas bifurcações, sendo que quando ocorriam estavam na

parte mais alta do dossel. O cajá foi a espécie com maior variação em sua forma, com grande número de galhos comerciais e grande parte das árvores avaliadas possuem bifurcação abaixo dos 7m de altura em relação ao solo, o que contribuiu para um fator de forma comercial alto.

4.2 DENSIDADE BÁSICA DO PARAJU

Na Tabela 16 são apresentados os resultados das densidades de cada árvore encontradas em sua respectiva classe diamétrica para a espécie paraju.

Tabela 16 - Resultados da densidade para cada classe diamétrica do paraju.

Árvore	Classe diamétrica (cm)	Densidade(g/cm ³)
1	8	0,75
2	10	0,70
3	10	0,74
4	12	0,78
5	14	0,77
6	16	0,71
7	18	0,78
Média	-	0,745
CV(%)	-	±4,35

De acordo com a referida tabela pode-se verificar que a densidade variou de 0,70 g/cm³ para a árvore 2 à 0,78 g/cm³ para as árvores 4 e 7. Tendo como base estas árvores amostradas conclui-se que a densidade básica média para o Paraju é de 0,745g/cm³. Com os pares de dados do centro de classe diamétrica (x) e densidade (y), foi ajustado o modelo $y = B_0 + B_1x + \varepsilon$. O valor do coeficiente de determinação (R^2) encontrado foi de 7,44% indicando baixa correlação entre as variáveis.

De acordo com a figura 1 pode-se notar que houve a leve tendência da diminuição da densidade em função da posição de retirada dos discos, ou seja, os discos retirados nas porções superiores da árvore apresentaram menores valores de densidade básica. Oliveira e Silva (2003) afirmam que estas variações dependem das proporções das mudanças dos vasos e das espessuras das paredes celulares das fibras. Sendo assim o aumento da densidade pode estar relacionado ao aumento da espessura da parede celular das fibras, ou de um aumento da proporção das fibras em relação aos vasos.

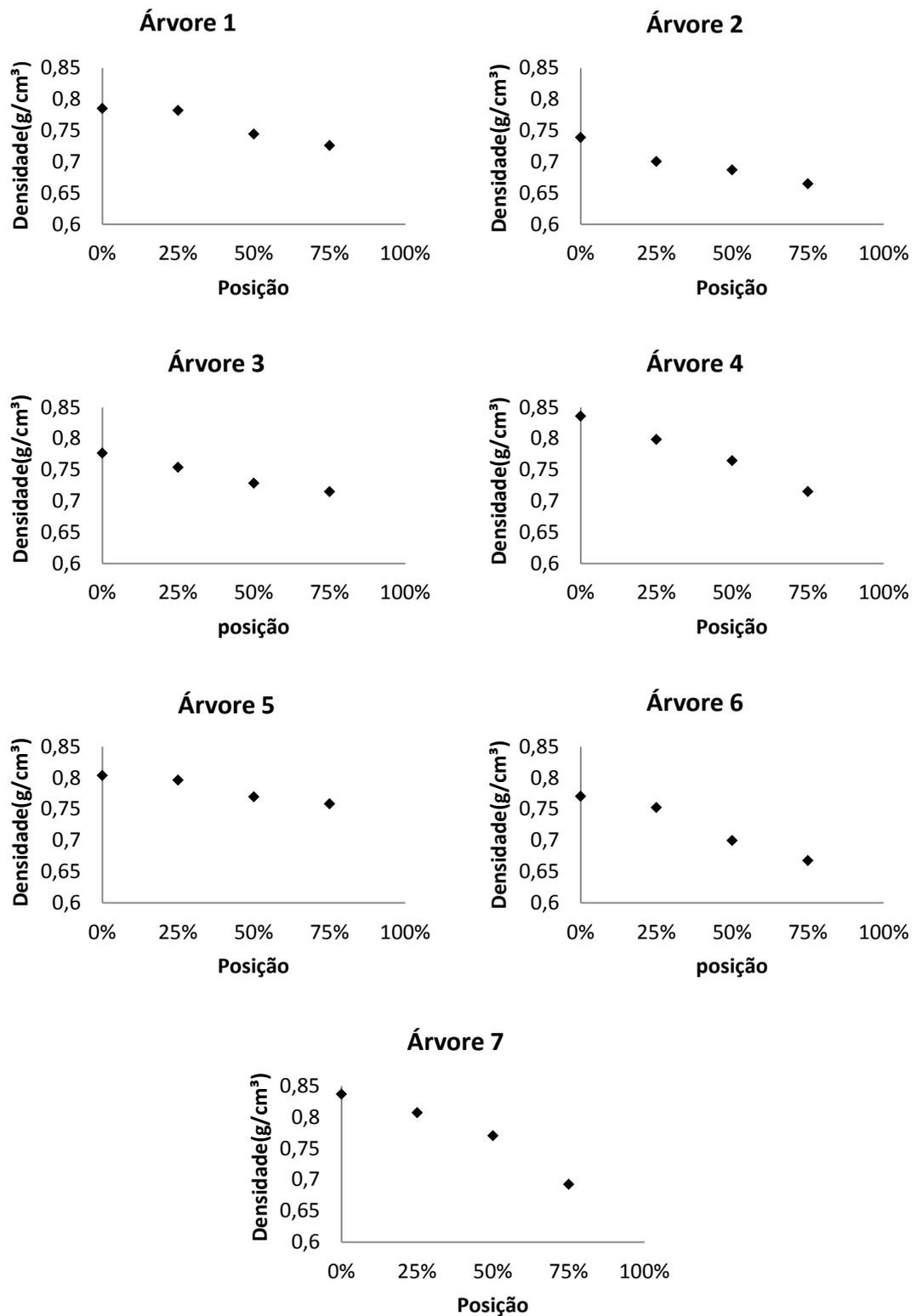


Figura 1 - Distribuição da densidade em função da posição de retirada dos discos nas árvores de paraju.

4.3 TEOR DE CARBONO, HIDROGÊNIO E NITROGÊNIO. PARA O PARAJU

Na Tabela 17 pode-se observar o teor de cada nutriente analisado para o paraju. De acordo com esta Tabela, nota-se pouca variação do teor de Carbono de acordo com as classes diamétricas para árvores de Paraju, sendo que existe uma leve tendência deste teor aumentar de acordo com aumento das classes diamétricas.

Tabela 17- Resultados dos teores de carbono, hidrogênio e oxigênio para o paraju.

Árvore	C(%)	H (%)	N(%)
1	44,09	6,67	0,07
2	44,12	6,60	0,10
3	44,40	6,50	0,20
4	44,36	6,43	0,17
5	44,50	6,52	0,39
6	44,79	6,49	0,42
7	45,20	6,52	0,37
Média	44,49	6,53	0,25
CV(%)	±0,88	±1,20	±59,11

Ao ser analisado o Coeficiente de Variação em porcentagem (CV%) pode-se verificar que os teores de hidrogênio variaram mais quando comparado aos teores de carbono, sem existir uma tendência clara de variação de acordo com as classes diamétricas. Os valores sofreram uma diminuição até a classe de 8 cm e posteriormente sofreram um leve aumento para as classes seguintes.

O teor de Nitrogênio teve uma variação expressiva, variando de 0,07 à 0,42%, apresentando assim um coeficiente de variação (59,11) muito maior que os demais. Apesar de não apresentar uma tendência linear de aumento de teor em função das classes diamétricas, pode-se afirmar de forma geral que as maiores classes diamétricas detiveram valores mais elevados deste elemento.

De acordo com Klock et al. (2005), segundo a análise da composição química elementar da madeira de diversas espécies, coníferas e folhosas, o teor de Carbono é de aproximadamente 49,5%, o de Hidrogênio de 6% e o de Nitrogênio varia de 0,1 a 1 %. Desta forma é possível verificar que ao comparar estas informações a este trabalho, o teor de Carbono encontrado para o paraju foi aproximadamente 5% menor do que a média geral de outras espécies. O

teor de Hidrogênio foi aproximadamente 0,5% maior e o teor de Nitrogênio esteve dentro dos limites indicados pelo autor.

4.4 AJUSTE DOS MODELOS HIPSOMÉTRICOS

Após ajuste dos modelos hipsométricos para as espécies estudadas e análise dos resultados estatísticos presentes nas tabelas 18 a 27, pôde-se notar grande variação dos valores de R^2_{aj} . Estes variaram em um intervalo de 24,87% à 94,16% para o modelo 3 ajustado para o nagibe e para o modelo 5 ajustado para o Jequitibá Rosa respectivamente, mostrando grande variação na precisão dos ajustes. Esta grande variação também ocorreu para os valores de $S_{yx}(\%)$, sendo encontrados valores de 6,39% a 26,75% respectivamente para o modelo 4 ajustado para a Farinha Seca e para o modelo 3 ajustado para o Jequitibá Rosa. Esta ampla variação também foi verificada por Machado et al (1994) para *Pinus elliotti*, já que este encontrou valores no intervalo de 13 a 88% para R^2 e de 10,8 a 29,1% para $S_{yx}(\%)$. Isso pode ser explicado para este estudo, pelo fato de terem sido testados uma gama considerável de modelos para cada uma das espécies, além de que estas possuem características dendrométricas específicas e variadas umas em relação às outras.

Outro fator importante relacionado diretamente à variação das estatísticas de precisão analisadas se deve ao fato de que os modelos hipsométricos testados possuem quantidades diferentes de variáveis independentes associadas, com modelos dependentes somente do *DAP* a modelos dependentes do *DAP*, *I*, e *H_{dom}*. O acréscimo das variáveis *I* e *h_{dom}* tiveram influência positiva direta sobre a precisão dos ajustes já que os dados utilizados pertencem ao acompanhamento anual de cada um dos povoamentos. Barros et al (2002) afirmam que a inclusão das variáveis idade e altura dominante possibilitam maior controle das alturas dentro dos modelos.

Considerando que o melhor modelo ajustado para os dados em questão é aquele que possui maiores valores de R^2_{aj} e menores valores de $S_{yx}(\%)$ pode-se indicar o modelo 5 como o que melhor explica as variações ocorridas na altura para o paraju, jequitibá rosa, gonçalo alves e sapucaia

vermelha. Já para as demais espécies (ipê felpudo, tarumã, guaribu amarelo, cajá, farinha seca e nagibe) o modelo selecionado foi o 4. Nota-se que para escolha destes modelos também foi levado em consideração a significância dos parâmetros além da análise gráfica dos resíduos conforme as figura 3 a 12 que permite verificar que os modelos selecionados não foram tendenciosos.

O coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) foi significativamente inferior para os ajustes dos modelos hipsométricos para a farinha seca e para o Nagibe. Este fato deve-se principalmente ao fato de que os dados referentes ao ajuste destas corresponderem às medições referentes apenas aos últimos sete anos de medição. Nesta fase estas espécies já passavam por uma estagnação no crescimento em altura, o que faz com que ocorra pouca variação desta variável em função das classes diamétricas ou até mesmo da idade. Com o envelhecimento da floresta as curvas hipsométricas tendem a representar a altura média do povoamento e esta estabilização e pouca angulação da curva geram baixa correlação entre o diâmetro e altura. Bartoszeck et al. (2004) afirmam que a evolução das curvas hipsométricas é mais íngreme nas idades iniciais, sendo suavizadas e deslocadas para cima e para direita ao longo do tempo.

Devido estes povoamentos (Nagibe e Farinha seca) apresentarem apenas dados de um estágio de desenvolvimento mais avançado em relação às outras espécies, já que estas possuem dados de medição desde o estágio juvenil, os valores de $Syx\%$ encontrados foram menores, já que os dados existentes eram das árvores remanescentes, após processos de mortalidade natural de árvores suprimidas ou até mesmo de desbastes sem controle que eram executados. Desta forma foi diminuído as variações das alturas para cada classe diamétrica aumentando a precisão do ajuste em termos de erro padrão residual.

De forma geral todos os modelos se comportaram de forma adequada para explicarem a variação da altura exceto o modelo 5, ao qual não foi possível ser ajustado para o nagibe. Foi evidenciado que a adição de variáveis H_{dom} e Idade (I) foram decisivas para o aumento da qualidade dos ajustes. Para os modelos tradicionais (1 e 2) testados neste estudo foram encontrados valores de R^2_{aj} condizentes e até maiores que encontrados por outros autores que os testaram, como por exemplo Caldeira et al. (2002) para *Acacia mearnsii*

que encontrou 58% para o modelo 2 e Barros et al. (2002) para *Pinus oocarpa* que encontraram 59,84% para o modelo 1 e 63,66% para o modelo 2. Os valores de R^2_{aj} para este estudo variaram de 59,88 à 83,70 para os modelos 1 e 2 excetuando-se o Nagibe e a Farinha seca as quais estes valores foram menores como já explicado. Porém, se tratando de $Syx\%$, estes modelos geraram valores consideravelmente maiores que os modelos 4 e 5, o que limita então a utilização destes para as condições do estudo.

O modelo 3 foi considerado quanto ao nível de ajuste como intermediário comparado aos demais, podendo ser utilizado para todas as espécies excetuando as que a análise gráfica dos resíduos mostrou-se tendenciosa. Para Caldeira et al (2002) este modelo foi o indicado para determinar a altura para povoamentos de *Acacia mearnsii* com 2, 4, 6 e 8 anos de idade.

Quanto a análise gráfica dos resíduos, pode-se notar de acordo com as figuras 3 a 12 de forma geral o comportamento dos modelos foi não tendencioso, excetuando-se o caso do modelo 1 que superestimou os valores de altura para os maiores valores de diâmetro para jequitibá rosa, sapucaia vermelha e cajá, e também o modelo 3 que subestimou a altura para maiores valores de diâmetro para o paraju, jequitibá rosa, ipê felpudo, guaribu amarelo e cajá.

Tabela 18 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o paraju.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
1	1,5878*	0,6119*					1,6374	19,89	59,88
2	0,9110*	0,7436*	-0,0059 ^{ns}				1,6364	19,88	59,93
3	1,0661*	-3,6213*	0,0069 ^{ns}	0,1450*			1,1746	14,27	79,34
4	-1,0398*	0,2307*	0,0023 ^{ns}	0,6555*			0,8453	10,27	89,31
5	0,2482 ^{ns}	0,6004*	0,7141*	-0,5658*	-0,0119*	0,0176*	0,7779	9,45	90,95

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

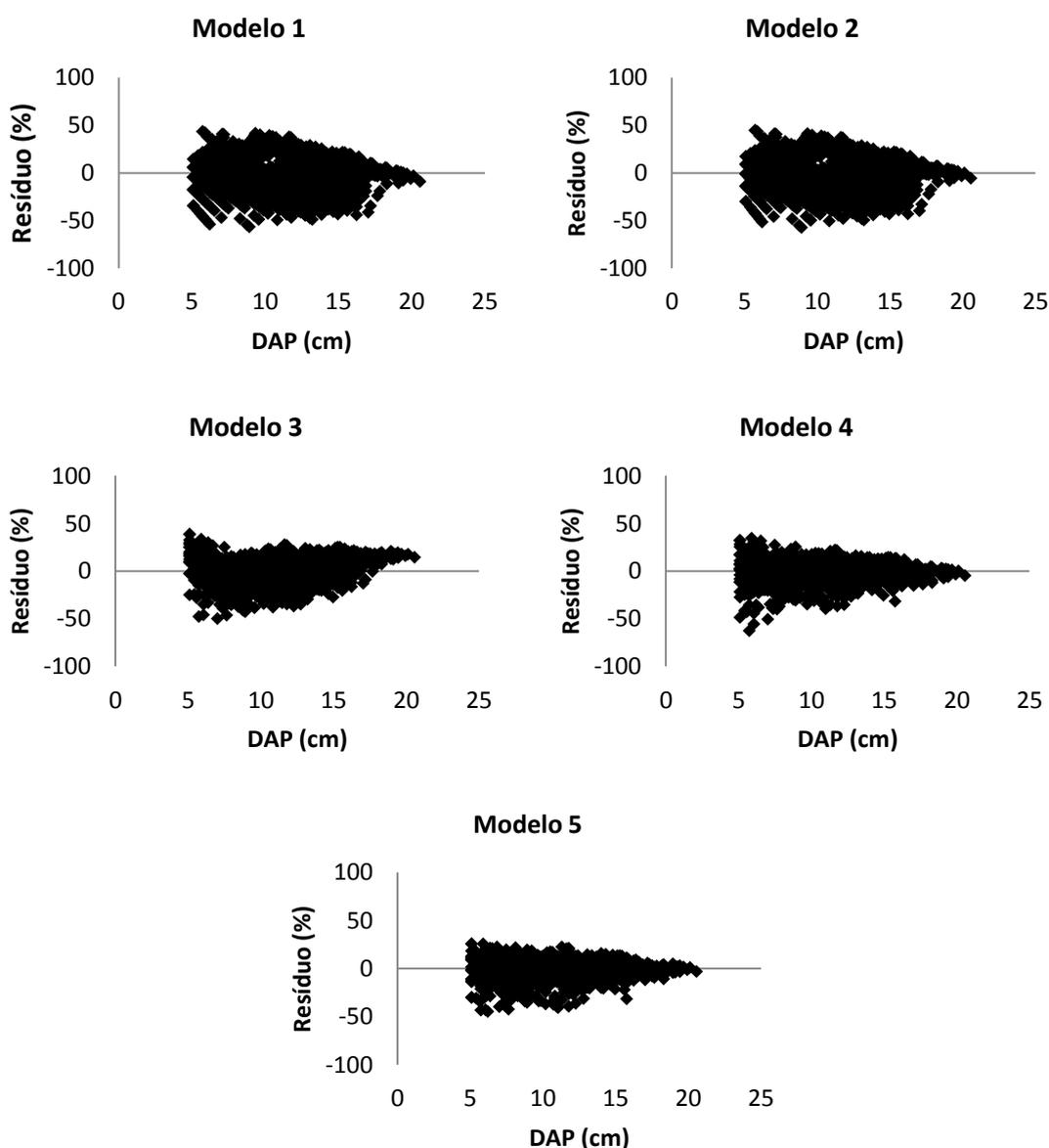


Figura 2-Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o paraju.

Tabela 19 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o jequitibá rosa.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
1	1,1376*	0,5654*	-	-	-	-	1,7171	20,11	78,33
2	-1,0513*	0,8842*	0,0097*	-	-	-	1,6387	19,19	80,27
3	1,2188*	0,6393*	3,9555*	0,0784*	-	-	2,2842	26,75	61,66
4	-1,4886*	0,3878*	0,0016*	0,4787*	-	-	1,0260	12,01	92,26
5	1,6665*	0,5725*	0,5436*	0,7303*	0,0061*	0,0219*	0,8915	10,44	94,16

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

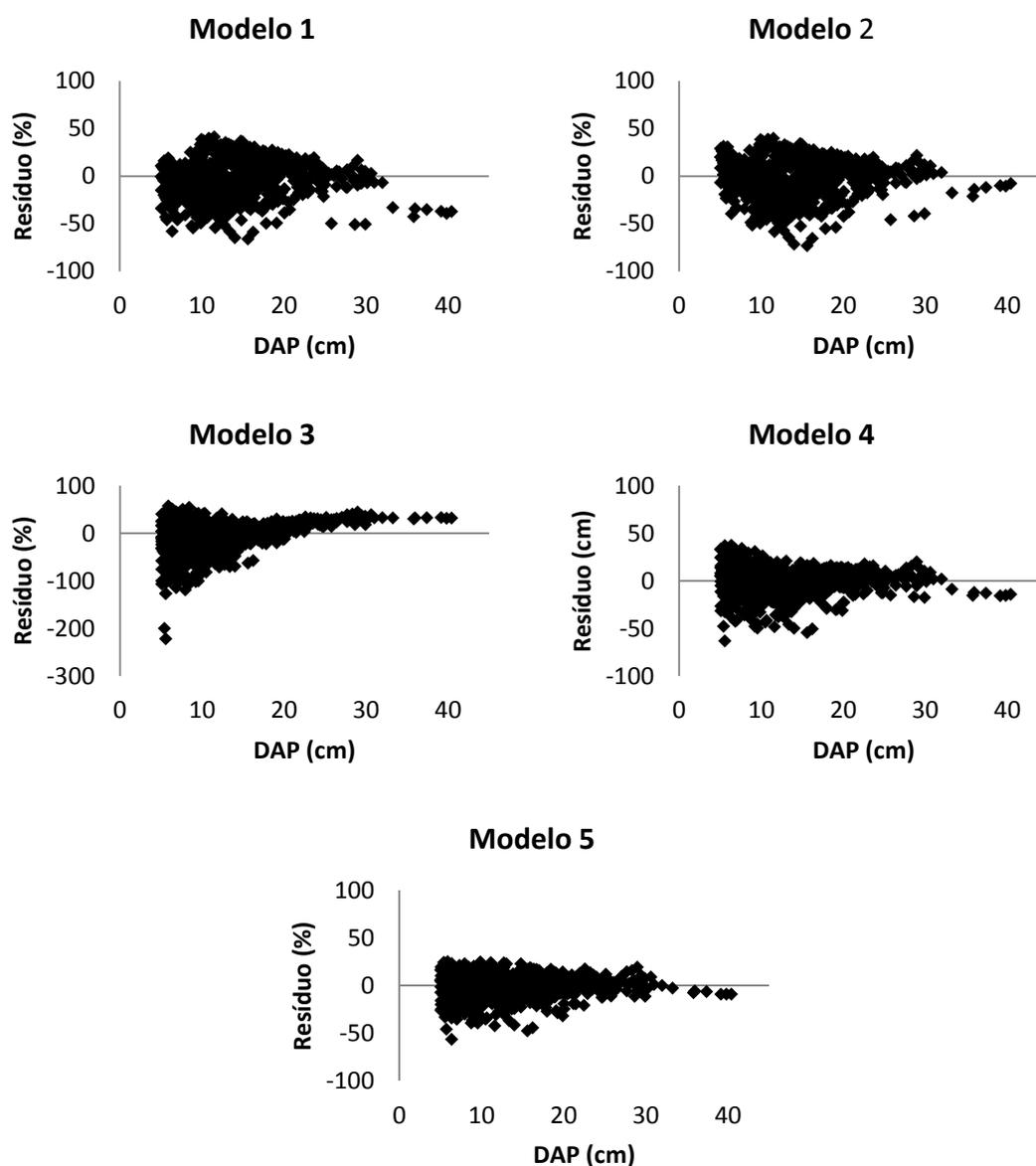


Figura 3 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o jequitibá rosa.

Tabela 20 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o ipê felpudo.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
1	1,6726*	0,5352*					1,0799	12,84	83,17
2	0,3325 ^{ns}	0,7520*	-	0,0078*			1,0629	12,64	83,70
3	1,1337*	-	-	0,0810*			1,0189	12,11	85,02
4	0,3453*	0,2997*	0,00004 ^{ns}	0,4493*			0,8503	10,11	89,57
5	-0,0618 ^{ns}	0,3201*	0,5996*	-	-0,0007 ^{ns}	0,0027*	0,8492	10,10	89,60

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

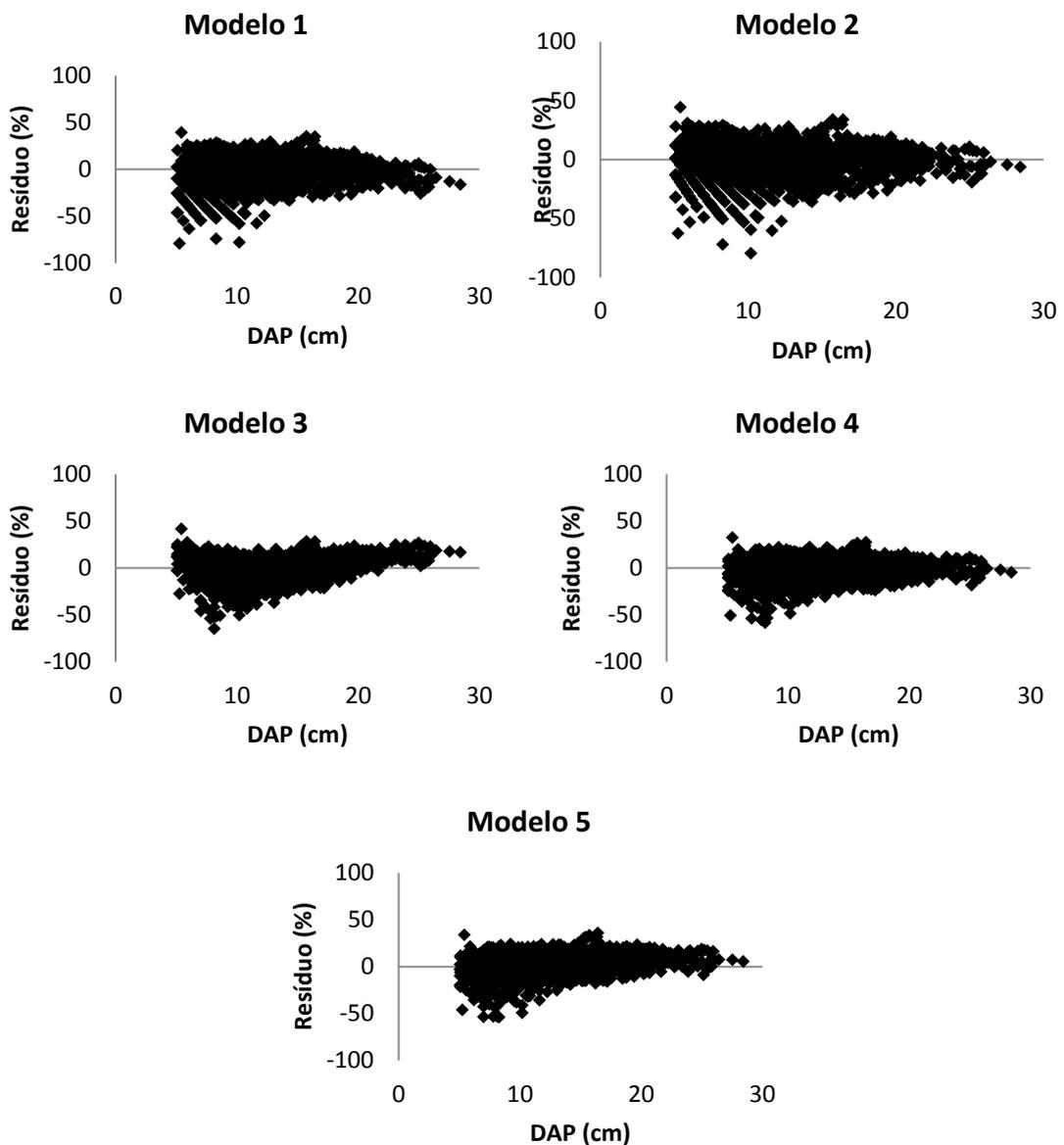


Figura 4 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o ipê felpudo.

Tabela 21 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o gonçalo alves.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	$R^2_{aj.}(\%)$
1	1,1665*	0,6896*	-	-	-	-	1,56	17,15	74,68
2	-1,3374*	1,1389*	-	0,0181*	-	-	1,52	16,71	75,96
3	1,2198*	-	-	1,0871*	0,0361*	-	1,27	13,92	83,32
4	-0,0809 ^{ns}	0,3265*	-0,0002 ^{ns}	0,5418*	-	-	1,09	11,99	87,61
5	-0,3619 ^{ns}	0,4073*	0,6591*	-	0,2045*	-0,0027 ^{ns}	1,09	11,95	87,71

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

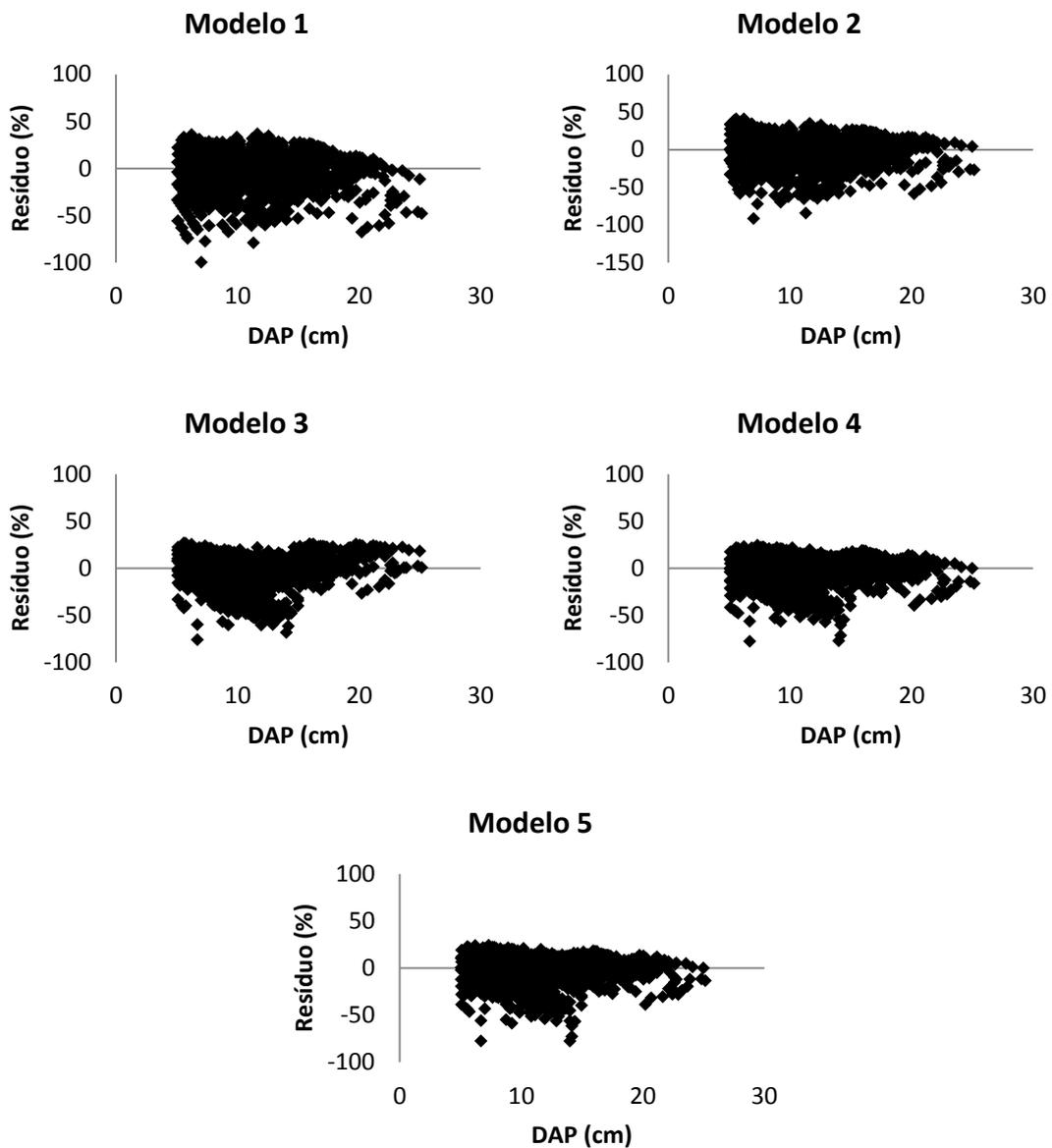


Figura 5 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o gonçalo alves.

Tabela 22 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o tarumã.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	$R^2_{aj.}(\%)$
1	1,4945*	0,6130*					1,17	16,64	69,76
2	1,3408*	0,6460*	-0,0016 _{ns}				1,17	16,64	69,74
3	1,1120*	- 2,6272*	-0,0771 _{ns}	0,0374*			1,20	17,05	68,23
4	-1,9644*	0,8078*	- 0,0176*	0,4216*			1,02	14,56	76,83
5	-1,0539*	0,6315*	0,3568*	0,0716*	- 0,0127*	-0,0003 _{ns}	1,00	14,33	77,55

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

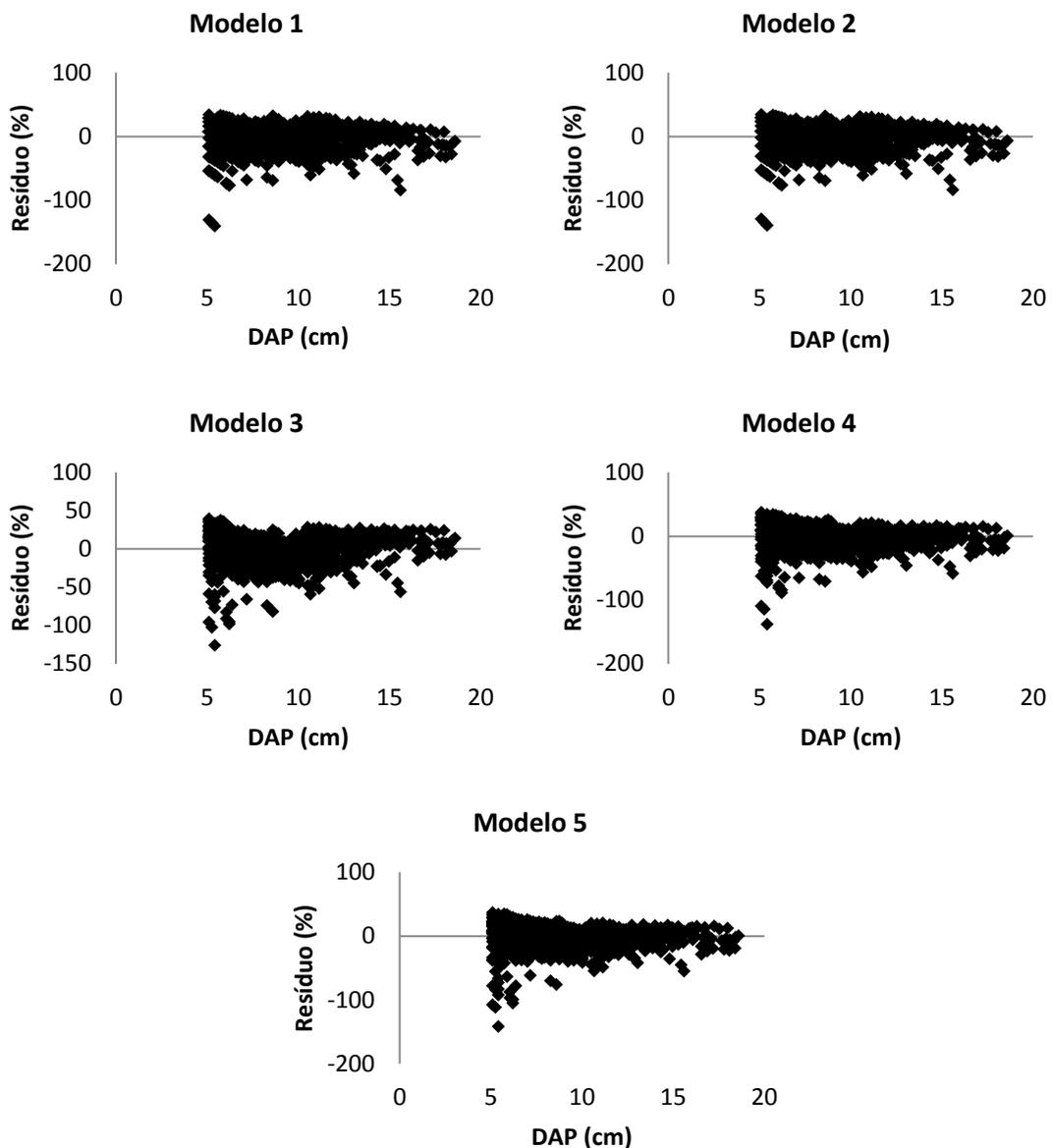


Figura 6- Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o tarumã

Tabela 23 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o guaribu amarelo.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	$R^2 \text{ aj.} (\%)$
1	1,9220*	0,5891*					1,09	13,48	81,91
2	1,1164*	0,7347*	-	0,0057*			1,08	13,39	82,15
3	1,1685*	-	-	0,3180*	0,0501*		1,13	13,96	93,97
4	0,8788*	0,5296*	-	0,0022*	0,1918*		0,92	11,40	87,04
5	1,9897*	0,4310*	0,0078 _{ns}	0,0467*	-0,0004 _{ns}	0,0057*	0,80	9,85	90,34

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

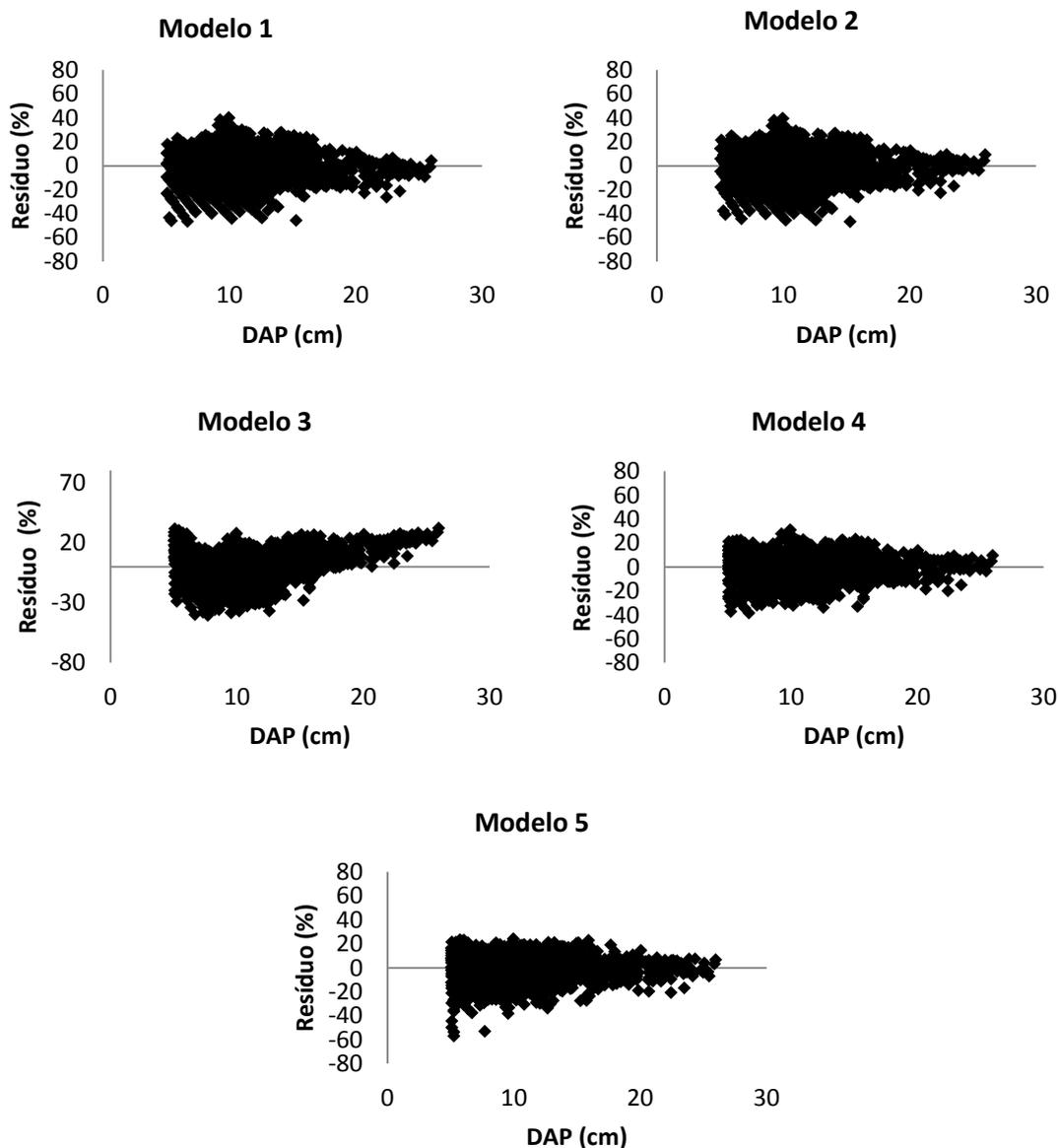


Figura 7 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o guaribu amarelo.

Tabela 24 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para a sapucaia vermelha.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	$R^2 \text{ aj. } (\%)$
1	3,4404*	0,5476*					1,55	16,15	71,47
2	-0,3426 ^{ns}	1,1883*	0,0233*				1,37	14,28	77,70
3	1,2657*	1,6616*	1,3644*	0,0065 ^{ns}			1,02	10,61	87,68
4	-0,8473*	0,5315*	0,0091*	0,5547*			0,89	9,32	90,50
5	-0,8766*	0,5768*	0,7306*	0,2709*	0,0106*	0,0067*	0,88	9,23	90,68

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

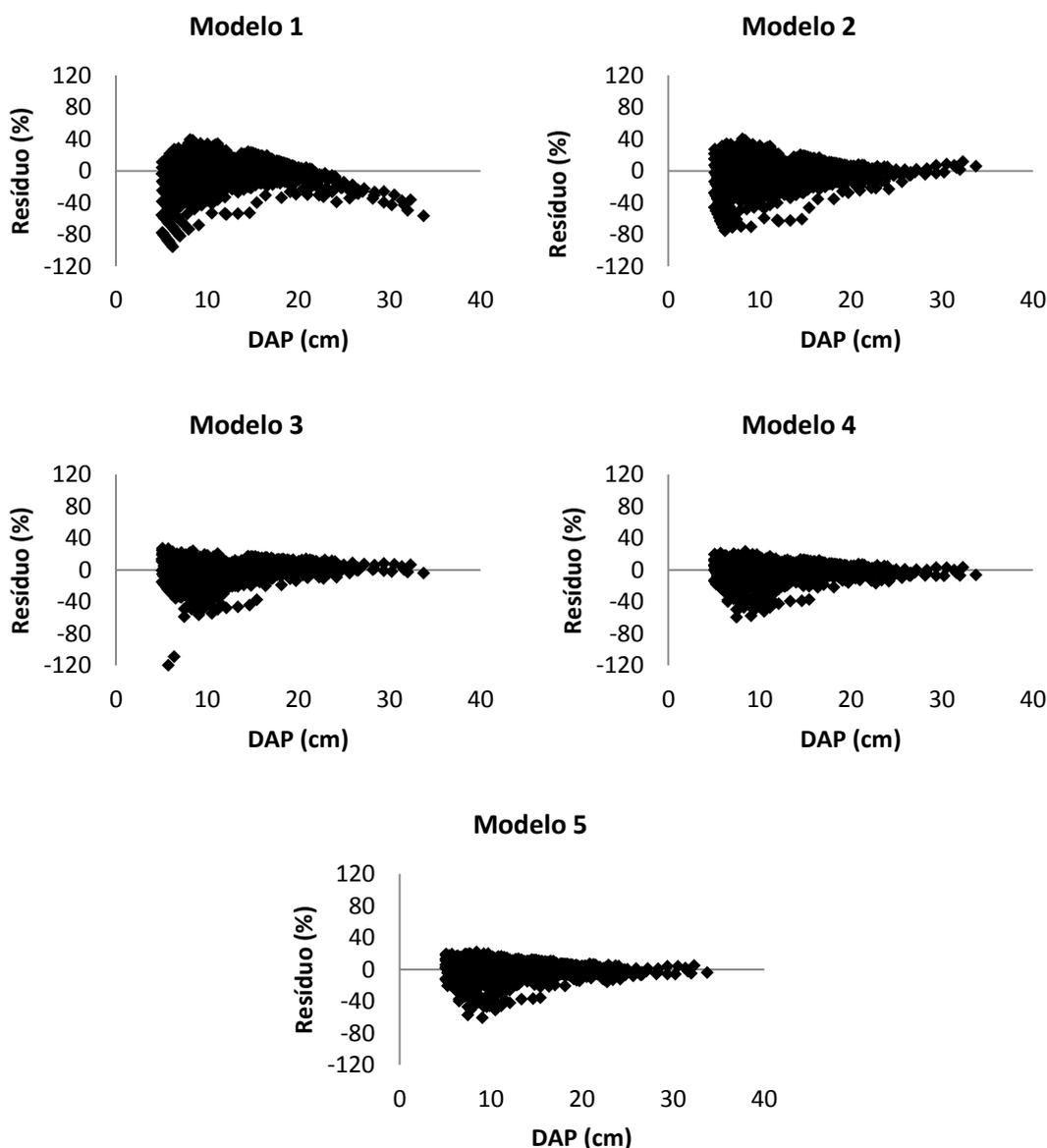


Figura 8 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para a sapucaia vermelha.

Tabela 25 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o cajá.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
1	3,6646*	0,4080*	-	-	-	-	2,17	18,54	73,90
2	-0,8054*	0,8840*	-	0,0105*	-	-	1,86	15,90	80,95
3	1,2185*	-	-	0,2133*	-	-	3,12	26,65	46,52
4	-1,9838*	0,3940*	-	0,0049*	-	-	1,21	10,37	91,90
5	-1,5923*	0,4183*	0,5765*	0,0321 _{ns}	-	0,0017 _{ns}	1,20	10,28	92,04
					0,0056*				

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

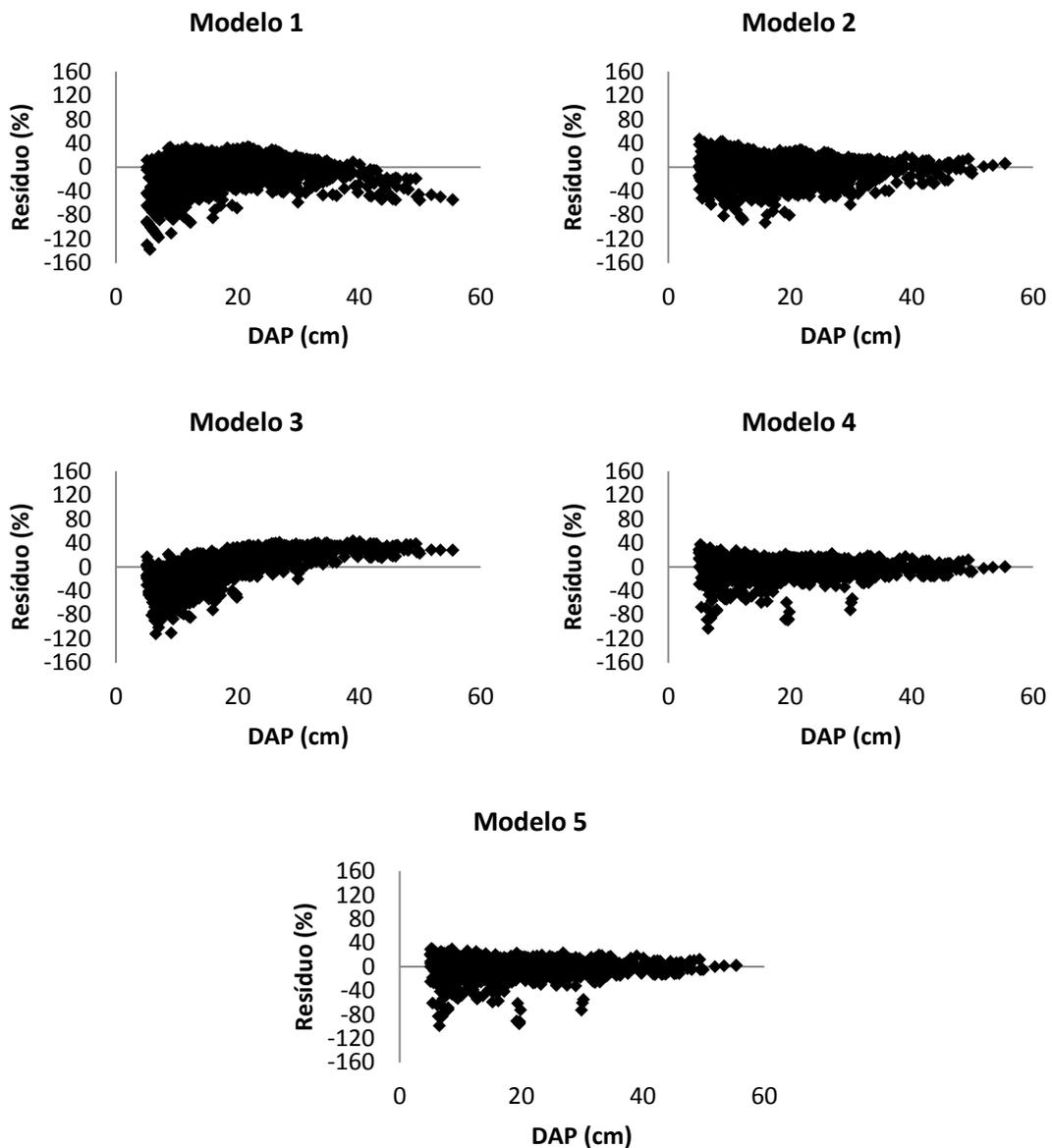


Figura 9 - Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o cajá.

Tabela 26 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para a farinha seca.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
1	10,2118*	0,2746*					1,13	7,24	49,43
2	8,0336*	0,5061*	-0,0059 _{ns}				1,12	7,21	49,96
3	34,8685*	113,1061 _{ns}	-	-	315,459*	9,0901*	1,01	6,45	59,87
4	0,3311*	0,3789*	-0,0043 _{ns}	0,5776*			0,99	6,39	60,66
5	-6,4981 _{ns}	0,3709*	0,4797*	0,7745 _{ns}	-0,0041 _{ns}	-0,0173 _{ns}	1,00	6,41	60,36

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

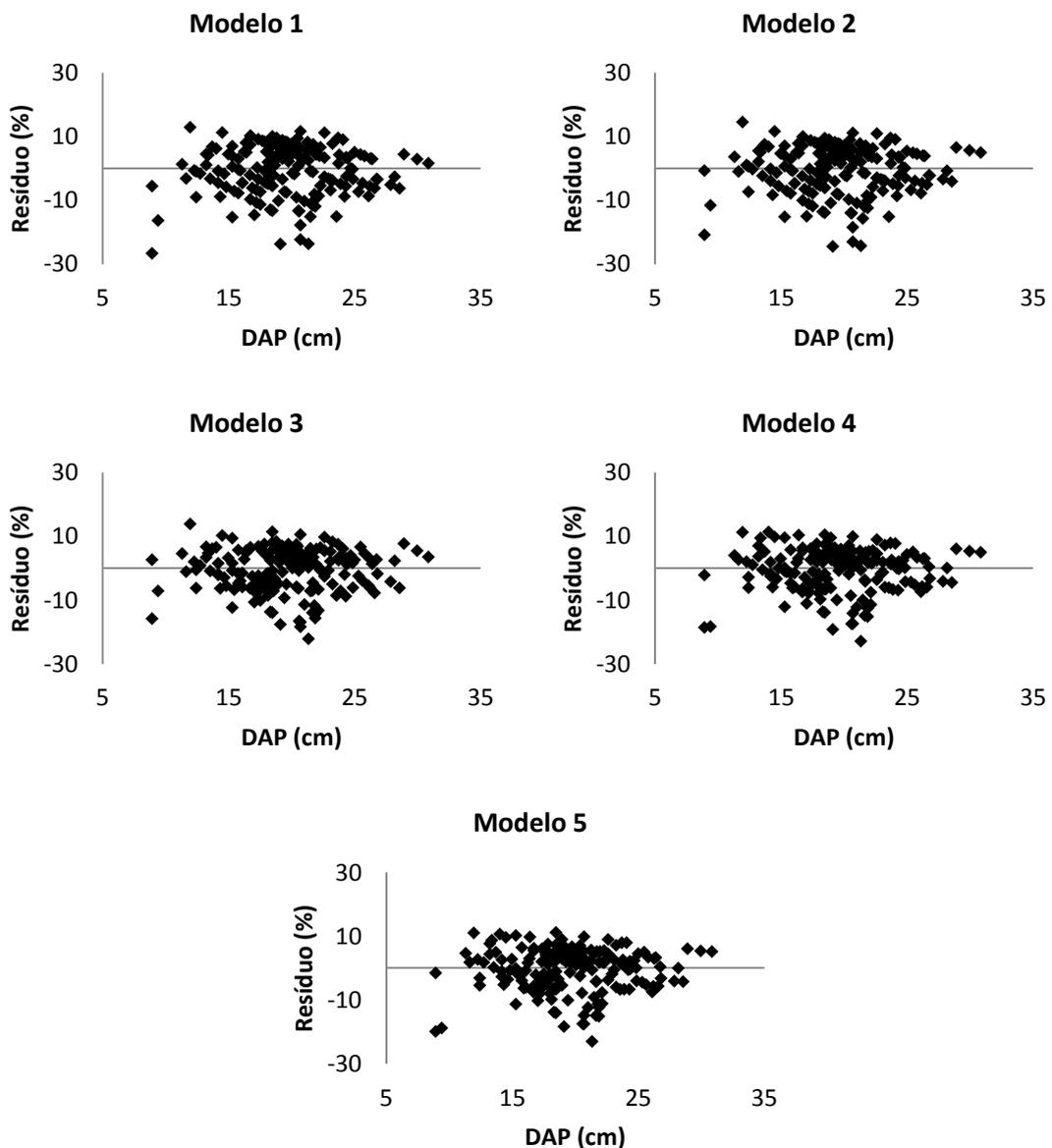


Figura 10 – Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para a farinha seca.

Tabela 27 – Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o nagibe.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
1	9,0612*	0,2611*					1,33	9,86	24,90
2	10,2451*	0,1198*	0,0041*				1,33	9,86	24,87
3	1,3149*	-	-	0,0621*			1,27	9,41	31,60
4	2,5800*	0,0620*	0,0045*	0,5720*			1,26	9,33	32,77
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

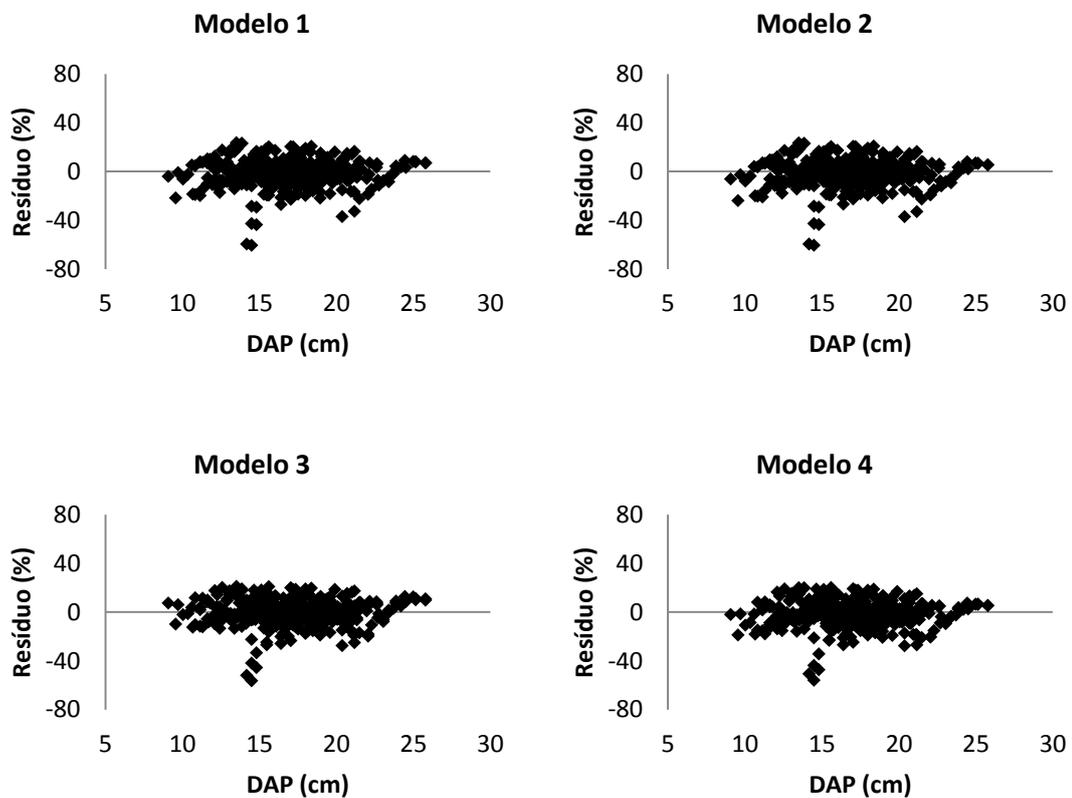


Figura 11 – Distribuição dos resíduos da altura, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o nagibe.

4.5 AJUSTE DOS MODELOS VOLUMÉTRICOS

Após ajuste dos modelos volumétricos para as espécies estudadas e análise dos resultados estatísticos presentes nas Tabelas 28 a 37, pôde-se notar a variação dos valores de R^2_{aj} . Estes variaram em um intervalo de 72,36% à 98,82% para o modelo de Ogaya testado para o tarumã e o modelo de Shumacher e Hall testado para o cajá. Foram encontrados por Soares et al (2011) valores que variaram de 80,38 à 98,92% para estudo de equações volumétricas de onze espécies nativas.

Para os valores de $S_{yx}(\%)$, a variação foi considerada grande já que os valores variaram de 8,77% à 24,05% para o modelo de Stoaat para o Paraju e o modelo de Husch para o nagibe respectivamente. Ribeiro et al (2001) encontraram para *Leucena* valores que variaram de 17,11 à 25,16%.

De forma geral os modelos se ajustaram bem aos dados das dez espécies estudadas considerando que estas são espécies nativas sem nenhum melhoramento genético e até mesmo sem nenhum processo de seleção, o que logicamente proporciona plantios mais heterogêneos quando comparado aos de espécies ditas tradicionais (*Pinus e Eucaliptus*) que já possuem estudos em fase avançada de desenvolvimento, em que foram criados clones de fuste ereto e com desrama natural acentuada, diminuindo assim quantidade de galhos que heterogeinizam ainda mais os plantios. Além disso é importante destacar que para o cálculo do volume das árvores foram utilizados além do fuste os galhos comerciais.

A espécie que proporcionou melhor ajuste de forma geral para os modelos analisados foi o paraju, seguido pela farinha seca e cajá. A espécie que proporcionou ajuste menos eficiente foi o nagibe, seguido ipê felpudo e da sapucaia vermelha.

Foram selecionados os modelos de Stoaat para o paraju e para a sapucaia vermelha, o de Schumacher e Hall para o guaribu amarelo e cajá, o de Husch para a farinha seca, o de Ogaya para o ipê felpudo e gonçalo alves e o de Spurr linear para o jequitibá rosa, tarumã e nagibe.

Quanto à análise gráfica de resíduos como é possível verificar nas figuras 13 a 22 alguns modelos apresentaram leve tendência em superestimar o volume para menores valores de diâmetros como os modelos de

Schumacher, Spurr linear, Husch e Ogaya para o paraju e tarumã, os de Spurr linear e Husch para o jequitibá. O modelo de Spurr linear foi tendencioso por subestimar os volumes para o guaribu amarelo e sapucaia vermelha para árvores de menor DAP, enquanto que para o cajá todos os modelos foram tendenciosos por superestimar o volume para os maiores valores de *DAP*.

Tabela 28 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o paraju.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	0,0003*	1,9185*	0,2759 ^{ns}		0,0083	9,47	97,63
Spurr linear	0,0074*	0,000034*			0,0101	11,60	96,45
Stoat	-0,0346*	0,0005*	0,00001 ^{ns}	0,0036*	0,0077	8,77	97,91
Husch	0,0004*	1,9875*			0,0086	10,12	97,46
Ogaya	0,0003*	0,000006*			0,0085	9,96	97,54

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

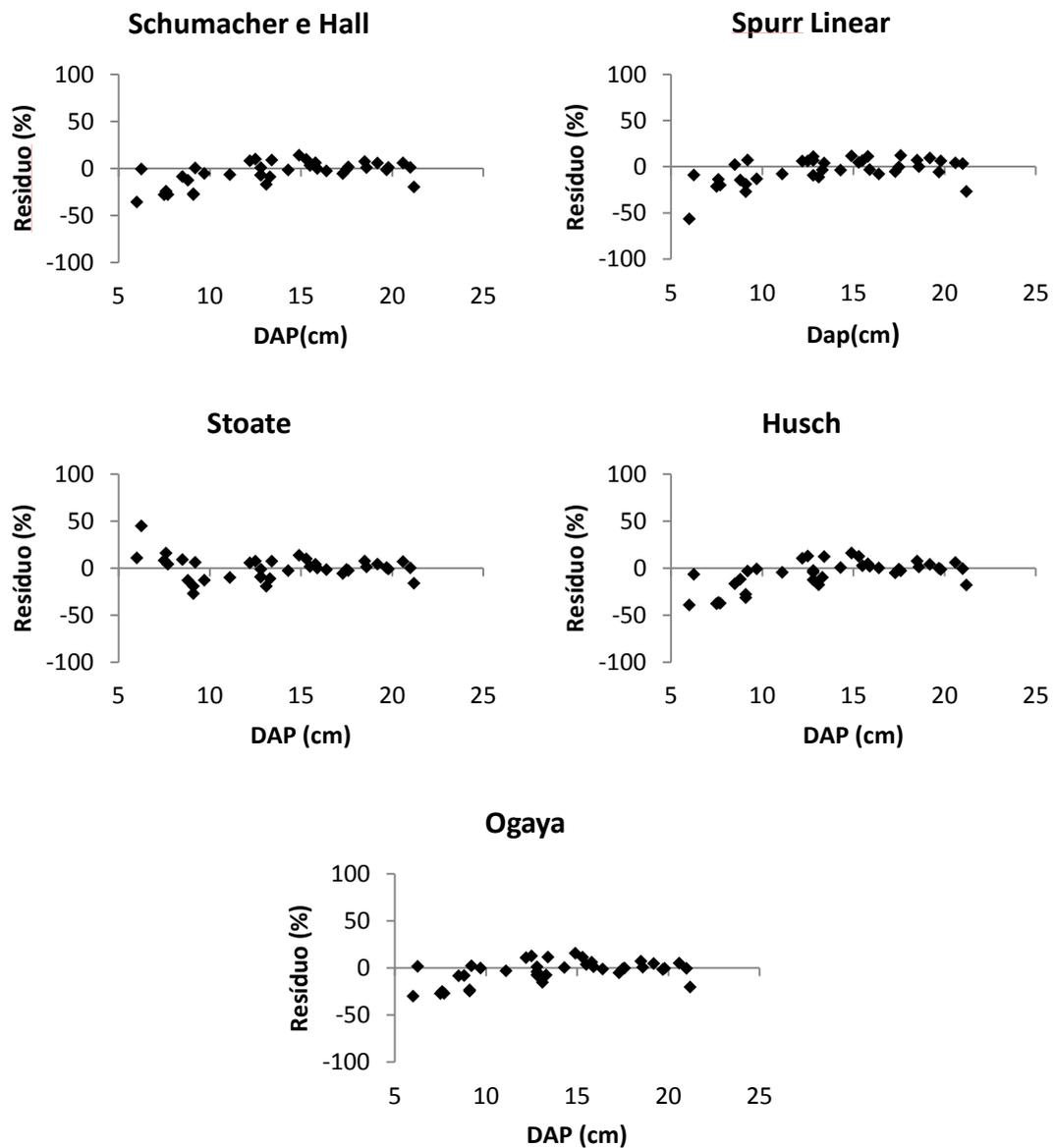


Figura 12- Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o paraju.

Tabela 29- Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o jequitibá rosa.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	$5,01 \times 10^{-5}$ ns	1,7499*	1,0823*		0,0361	18,43	94,85
Spurr linear	0,018535 ns	$2,55 \times 10^{-5}$ *			0,0368	18,79	94,64
Stoat	-0,03608 ns	0,00012 ns	$1,76 \times 10^{-5}$ ns	0,0037 ns	0,0375	19,16	94,43
Husch	0,00038*	2,0502*			0,0402	20,51	93,62
Ogaya	0,00020*	$1,51 \times 10^{-5}$ *			0,0377	18,93	94,4

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

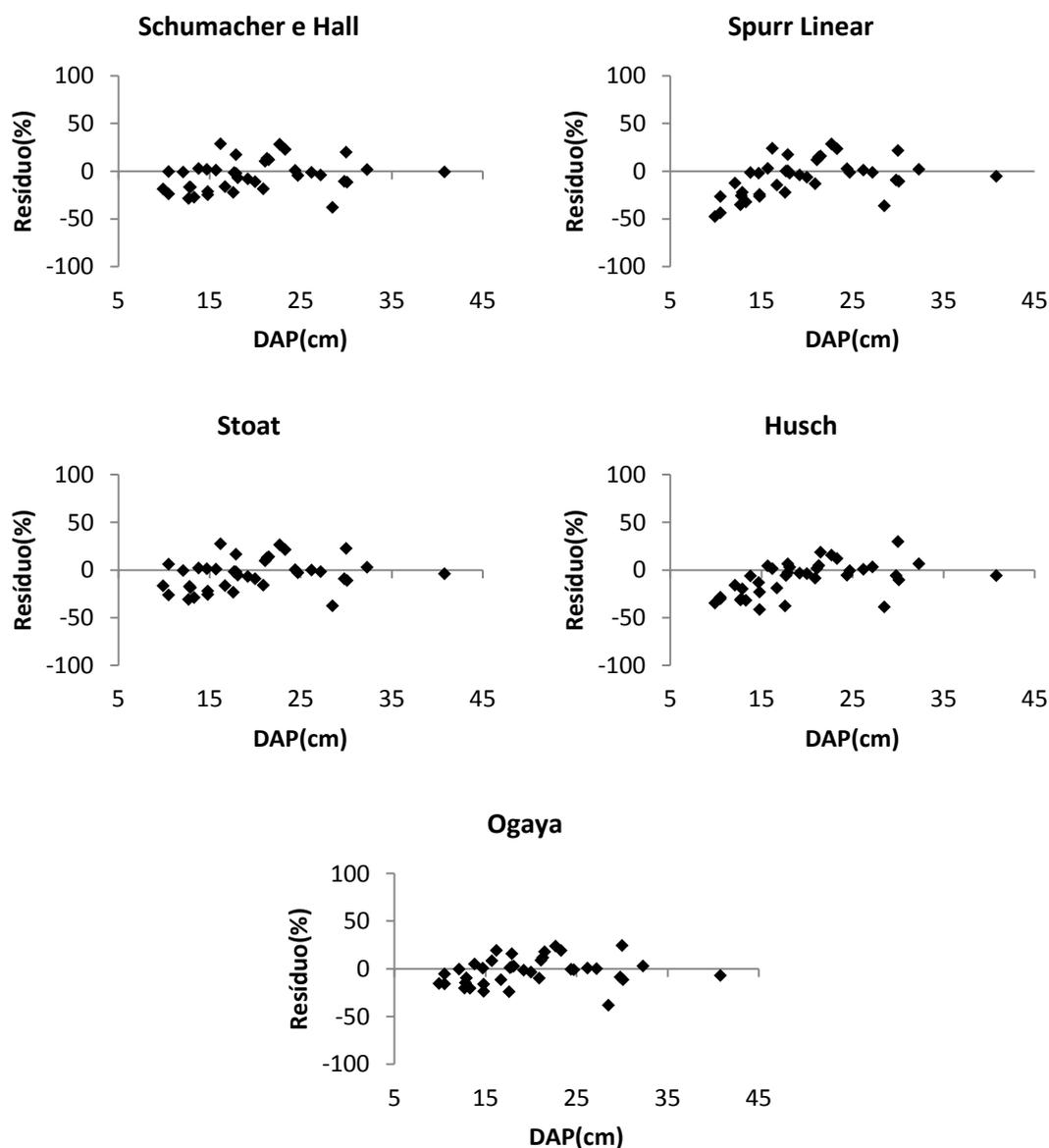


Figura 13 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o jequitibá rosa.

Tabela 30 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o ipê felpudo.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	7,55x10-5 ^{ns}	2,6095*	0,0140 ^{ns}		0,0412	19,63	88,10
Spurr linear	0,0178 ^{ns}	0,000038*			0,0464	22,11	84,89
Stoat	0,1011 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,000032 _{ns}	-0,0130 _{ns}	0,0426	20,30	87,70
Husch	0,000076 ^{ns}	2,6193*			0,0405	19,30	88,10
Ogaya	0,0003*	0,000021*			0,0441	21,01	86,36

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

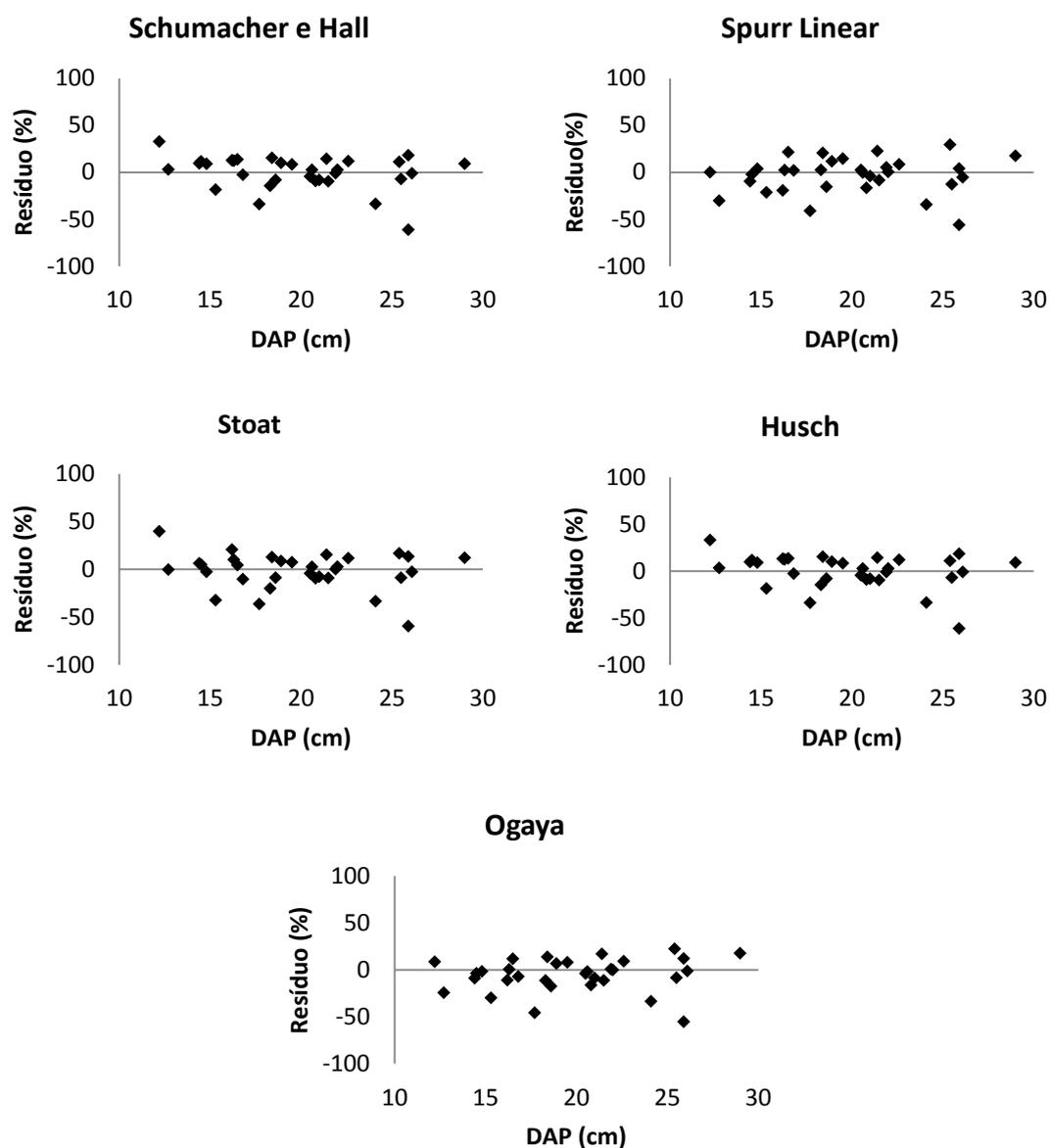


Figura 14 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o ipê felpudo.

Tabela 31 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o gonçalo alves.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	$R^2 aj. (\%)$
Schum. e Hall	0,000032 ^{ns}	2,1878*	0,8533*		0,0189	13,64	95,62
Spurr linear	-0,0027 ^{ns}	0,00004*			0,0189	13,66	95,61
Stoat	0,04347 ^{ns}	-0,00004 ^{ns}	0,00005*	-0,0048 ^{ns}	0,0189	13,68	95,59
Husch	0,0001*	2,5588*			0,0225	16,23	93,34
Ogaya	-0,0000004*	0,000038*			0,0186	13,46	95,41

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

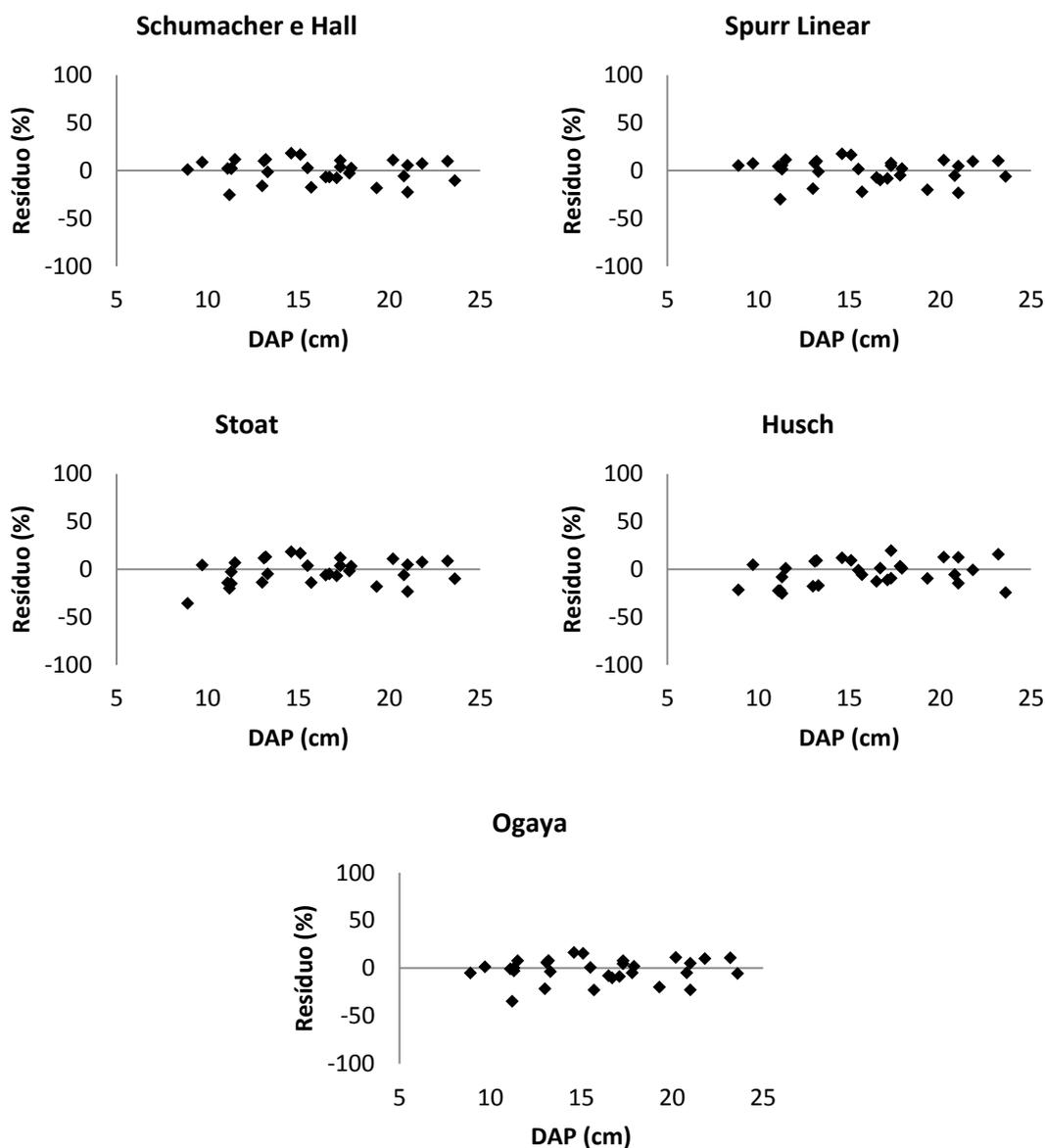


Figura 15 -Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o gonçalo alves.

Tabela 32 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o tarumã.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	0,00057 ^{ns}	1,43253*	0,49727 ^{ns}		0,0145	16,41	77,70
Spurr linear	0,02473*	0,00003*			0,0149	16,84	76,52
Stoat	-0,15805 ^{ns}	0,00081 ^{ns}	-0,00005 ^{ns}	0,0175 ^{ns}	0,0143	16,15	78,40
Husch	0,00124 ^{ns}	1,58523*			0,0148	16,72	76,85
Ogaya	0,00035*	0,000004 ^{ns}			0,0161	18,27	72,36

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

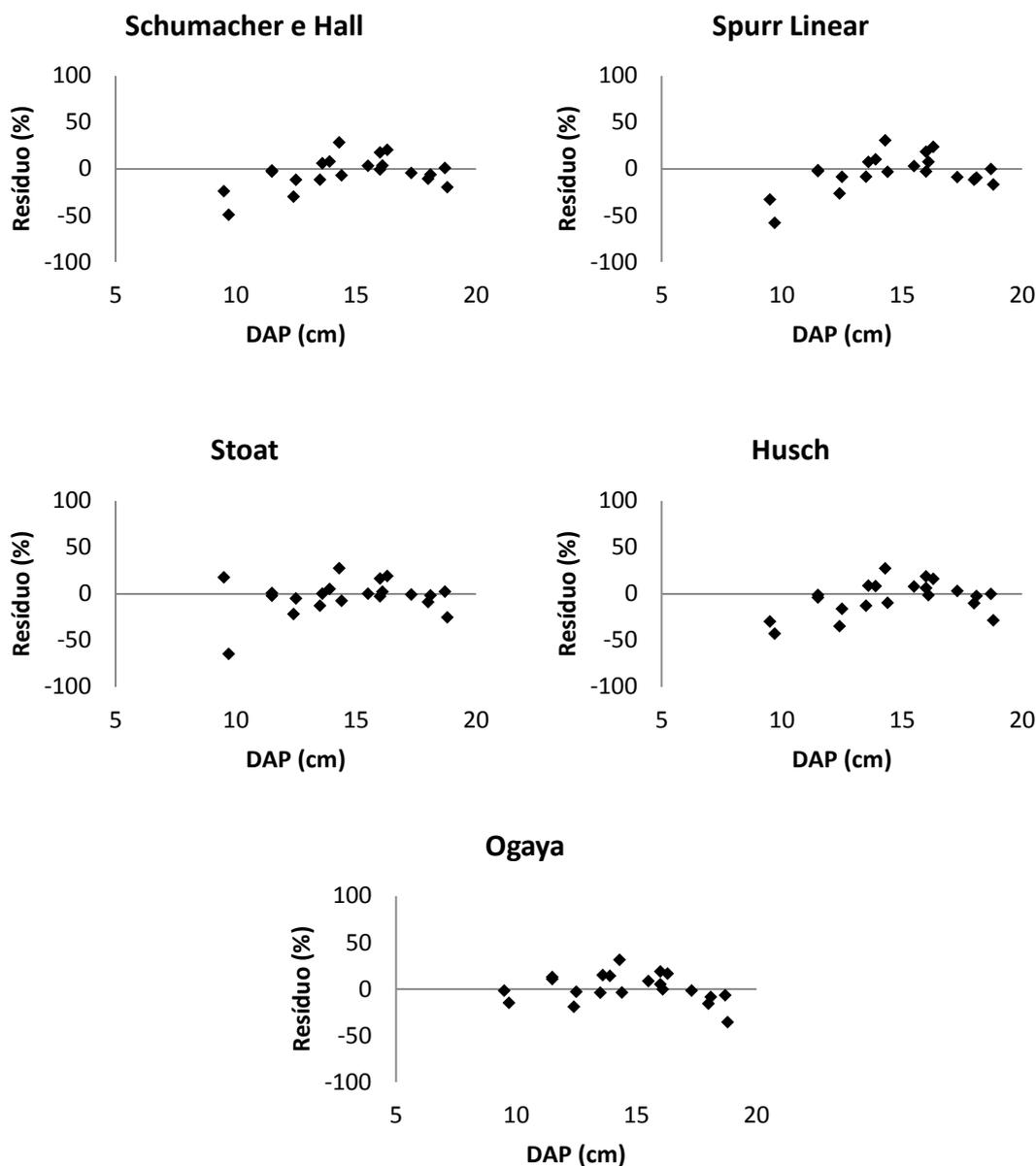


Figura 16 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o tarumã.

Tabela 33 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o guaribu amarelo.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	0,00003*	2,0711*	0,9417*		0,021	14,85	98,67
Spurr linear	-0,00149 ^{ns}	0,00004*			0,021	14,71	96,97
Stoat	0,0120 ^{ns}	$2,5 \times 10^{-5}$ _{ns}	$3,5 \times 10^{-5}$ _{ns}	-0,0017 _{ns}	0,021	14,92	96,88
Husch	0,0001*	2,5327*			0,030	21,36	97,33
Ogaya	$7,8 \times 10^{-6}$ ^{ns}	$3,4 \times 10^{-5}$ _{ns}			0,021	14,91	98,69

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

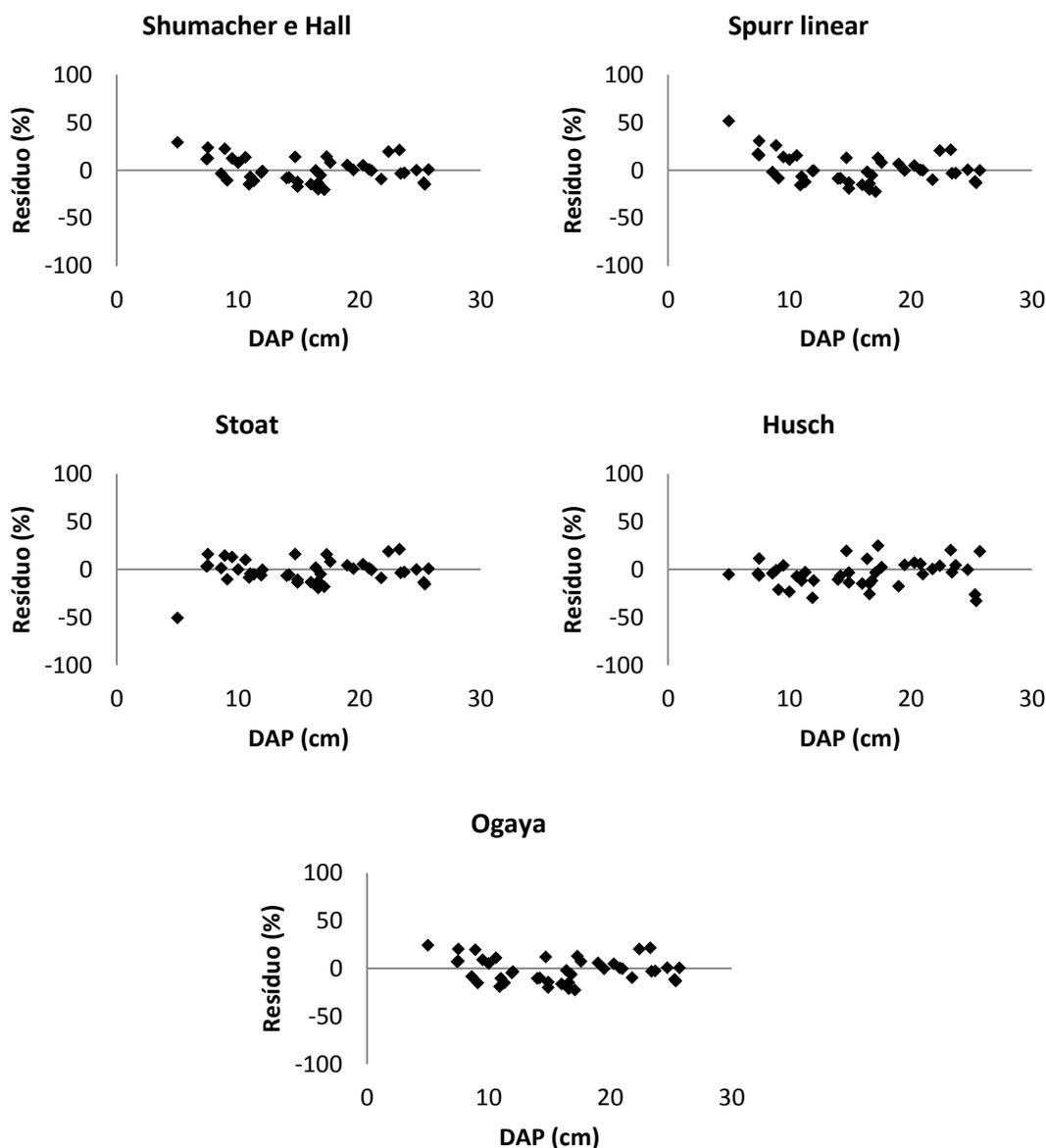


Figura 17 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o guaribu amarelo.

Tabela 34 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para a sapucaia vermelha.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	$R^2 \text{ aj. } (\%)$
Schum. e Hall	$5,2 \times 10^{-6} *$	2,3128*	1,3947*		0,022	16,56	97,08
Spurr linear	-0,0211 ^{ns}	$4,3 \times 10^{-5}$ ^{ns}			0,026	19,96	95,73
Stoat	0,1680*	-0,0006*	0,0001*	0,0152*	0,020	15,23	97,53
Husch	5×10^{-5} ^{ns}	2,7660*			0,030	22,77	94,29
Ogaya	-0,0004*	7×10^{-5} ^{ns}			0,025	18,88	96,07

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

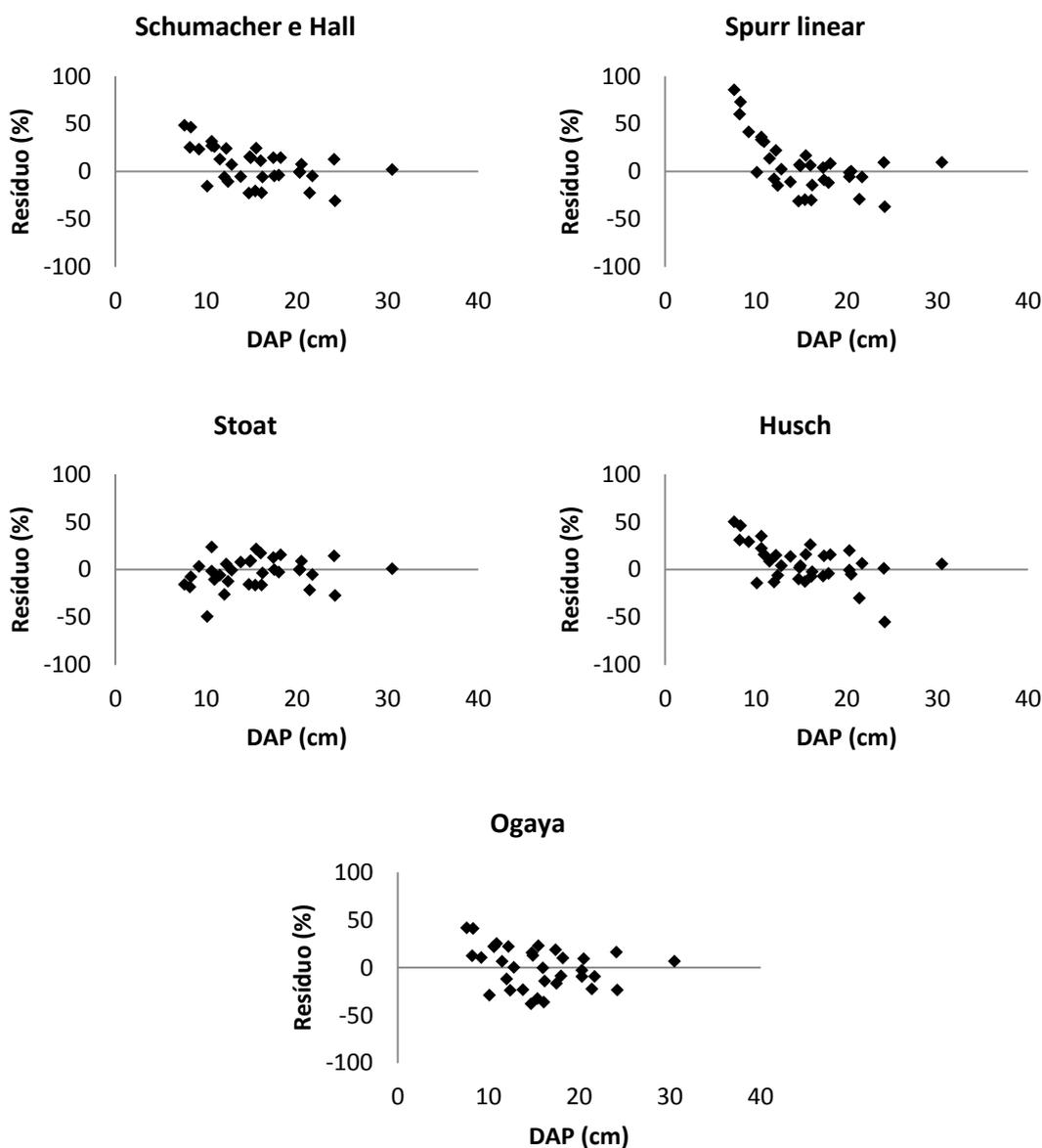


Figura 18– Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o sapucaia vermelha.

Tabela 35 -Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o cajá.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	$3,7 \times 10^{-5*}$	1,7710*	1,2918*		0,078	12,37	98,82
Spurr linear	0,0384 ^{ns}	$3,5 \times 10^{-5*}$			0,083	13,17	94,96
Stoat	-0,4121 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	$1,8 \times 10^{-5ns}$	0,0293 ^{ns}	0,082	13,01	95,10
Husch	0,0004*	2,1045*			0,102	16,17	97,98

Ogaya $7,5 \times 10^{-5}$ ns $3,2 \times 10^{-5}$ ns 0,084 13,33 98,62

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

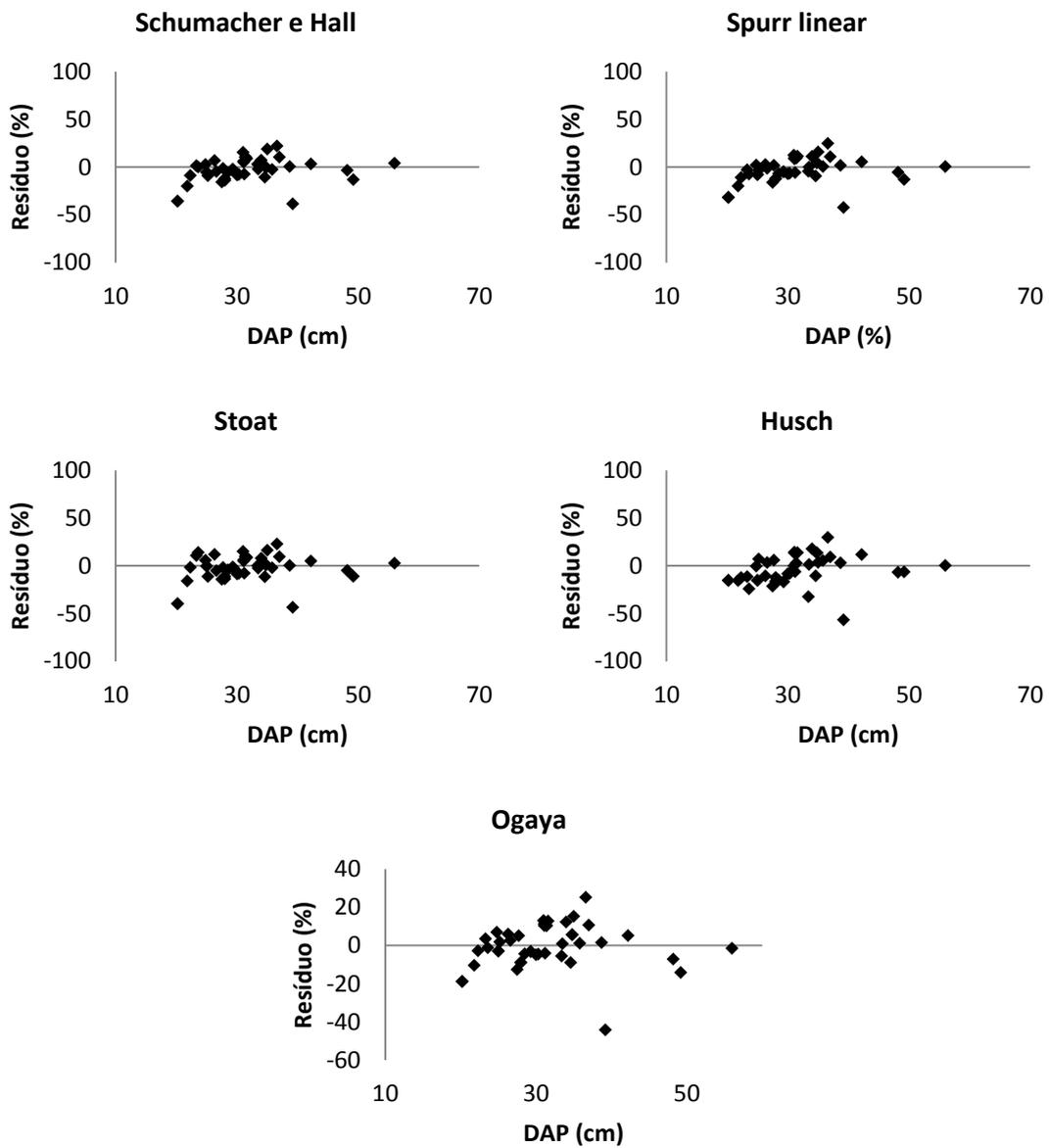


Figura 19 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o cajá.

Tabela 36 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para a farinha seca.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	0,0002 ^{ns}	2,2356*	0,0613 ^{ns}		0,040	12,65	91,51
Spurr linear	$3,4 \times 10^{-5}$ *	0,0119 ^{ns}			0,041	13,12	90,87
Stoat	-0,2160 ^{ns}	$8,9 \times 10^{-4}$ *	$-1,5 \times 10^{-5}$ ^{ns}	0,0111 ^{ns}	0,039	12,41	91,82

Husch	$2,5 \times 10^{-5*}$	$2,2570^*$	0,040	12,65	91,50
Ogaya	$2,9 \times 10^{-4*}$	$1,7 \times 10^{-5*}$	0,041	12,97	91,06

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

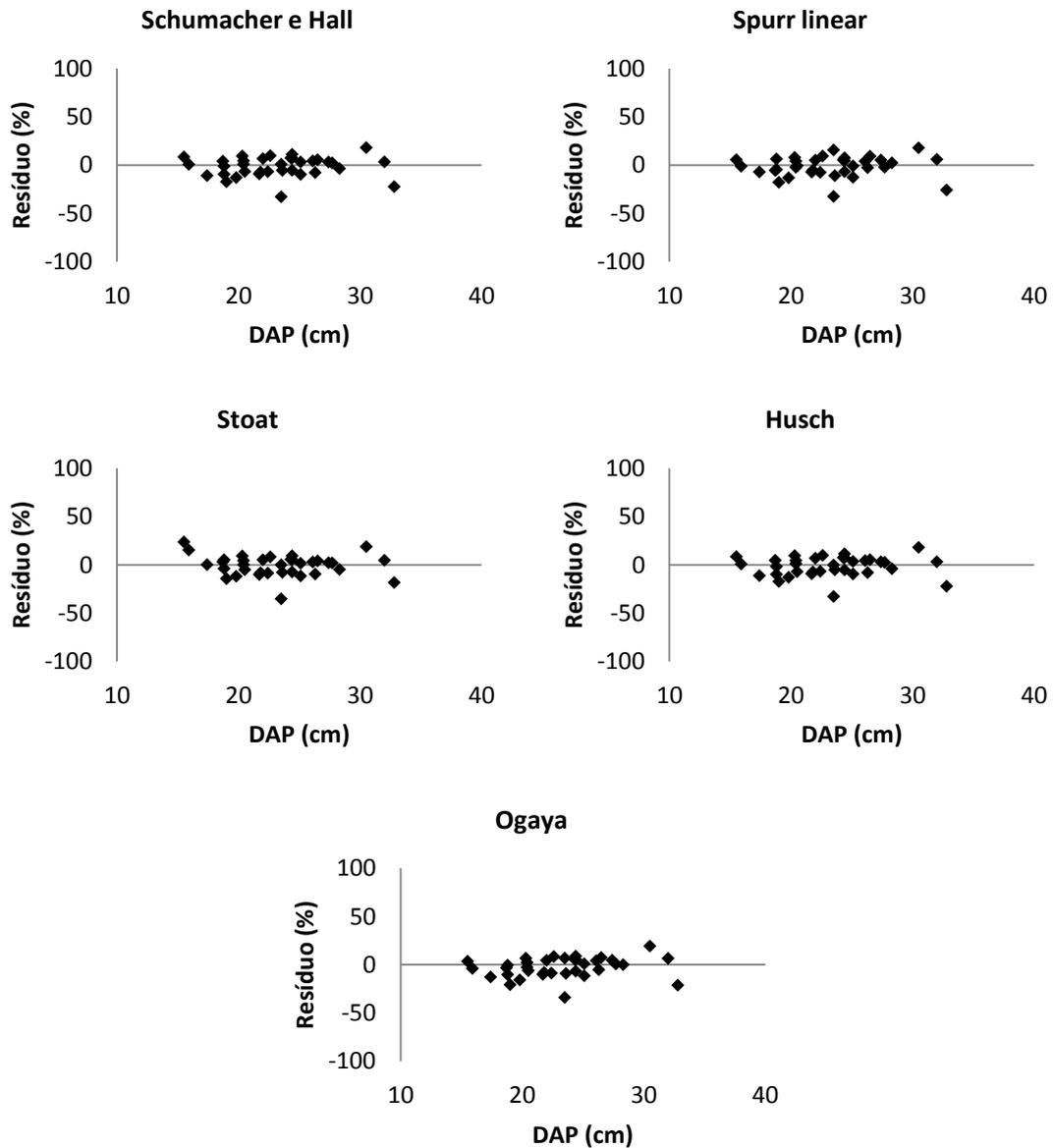


Figura 20 - Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para a farinha seca.

Tabela 37 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de volume ajustadas para o nagibe

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$S_{yx}(m^3)$	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Schum. e Hall	$4,5 \times 10^{-5}$ ns	$2,1908^*$	$0,7021$ ns		0,043	22,75	80,97
Spurr linear	$-0,0099$ ns	$3,8 \times 10^{-5*}$			0,044	23,01	80,53
Stoa	$-0,0147$ ns	$1,8 \times 10^{-4}$ ns	$2,7 \times 10^{-5}$ ns	$2,9 \times 10^{-4}$ ns	0,044	23,13	80,95

Husch	0,0002 ^{ns}	2,3238*	0,046	24,05	78,74
Ogaya	9,8x10 ⁻⁵ ns	3x10 ⁻⁵ *	0,044	23,03	80,50

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

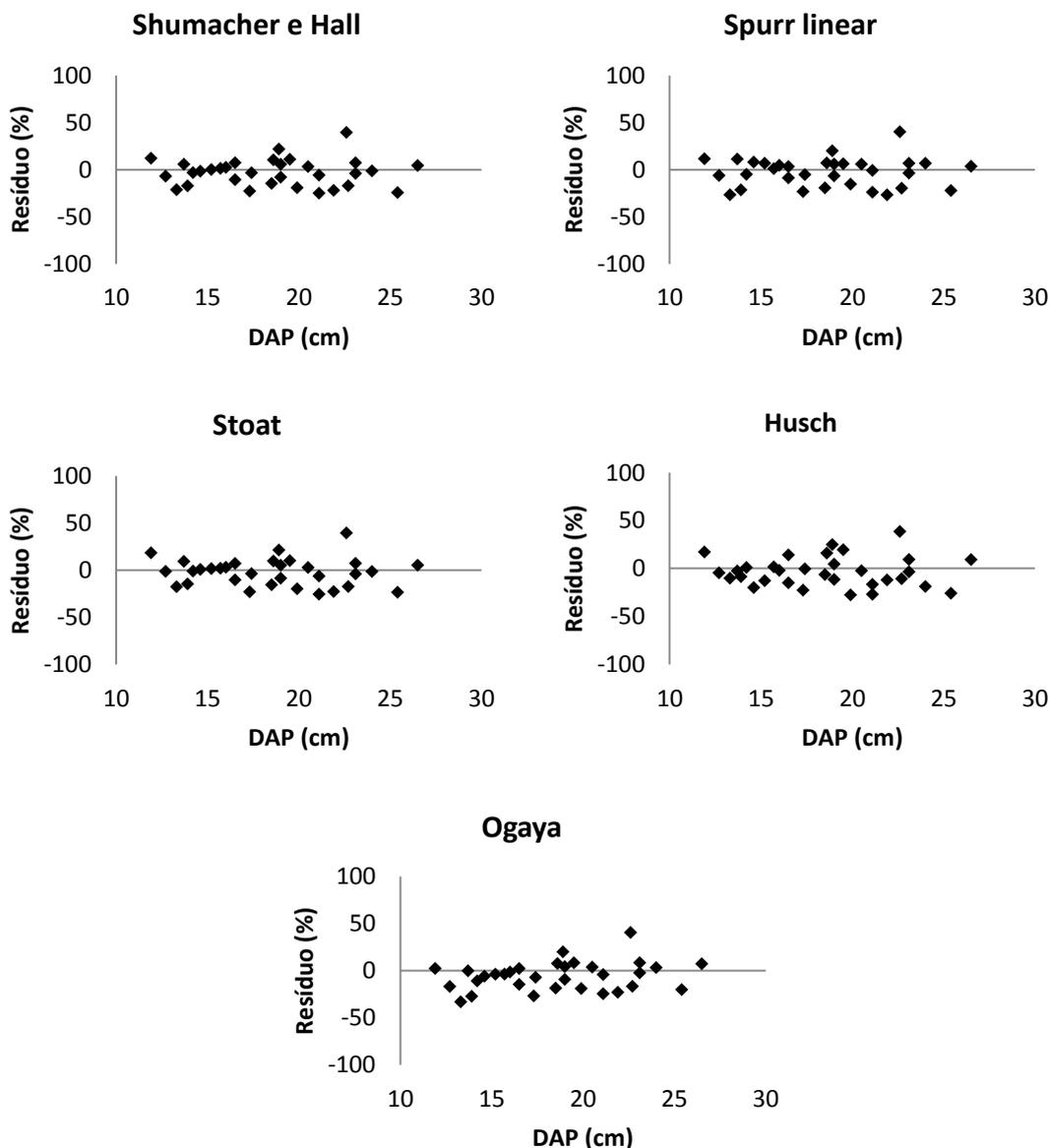


Figura 21 -Distribuição dos resíduos de volume, em porcentagem, em função do DAP, para os modelos testados para o nagibe.

4.6 AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO

4.6.1 Crescimento em Diâmetro

Após ajuste dos modelos de crescimento para as espécies estudadas e análise dos resultados estatísticos presentes nas tabelas 38 a 47 pôde-se notar

grande variação dos valores de $S_{yx}(\%)$. Todos os valores encontrados foram superiores a 16%, chegando até a 30% como para o Jequitibá Rosa. Para os valores de R^2_{aj} esta variação foi ainda maior, com valores variando de 8,90% para o Nagibe até 71,63% para o Ipê felpudo. Finger et al (1996) encontraram valores de R^2 que variaram de 99,7 a 99,9% para pau-ferro (*Astronium balansae*) por meio da análise de tronco para duas árvores, sendo uma no estrato dominante e outra no dominado. Hess et al (2009), encontraram valores de R^2 superiores à 85% para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze para 10 modelos testados em função da idade. Os valores de $S_{yx}(\%)$ encontrados pelos mesmos autores variaram em um intervalo de 8 a 27%.

Grande parte da variação encontrada neste trabalho deve-se ao fato, semelhante ao acontecido com os modelos hipsométricos, de que as espécies Nagibe e Farinha seca apresentarem dados de medição apenas dos últimos sete anos de medição. Sendo assim o Nagibe já estava com 17 anos completos desde o plantio e a Farinha seca 18 anos. Desta forma ocorreu baixa correlação entre diâmetro e idade para estas duas espécies pelo fato da minimização do crescimento em diâmetro com o passar do tempo. Ou seja, ao se traçar uma curva de crescimento do diâmetro em função da idade pode-se notar uma curva com baixa angulação que pode ser evidenciada pelos baixos valores encontrados para os parâmetros dos modelos que estão ligados à idade. Isso quer dizer que praticamente não está ocorrendo mais variação dos valores de diâmetro para estas espécies em relação à idade. Isto pode estar ligado à própria característica de crescimento destas espécies e também ao fato da necessidade de uma possível intervenção, como um desbaste com intensidade em termos de área basal definida para auxiliar no crescimento.

Para as demais espécies esta estagnação também influenciou os valores de R^2_{aj} encontrados, porém esta situação foi minimizada pelo fato de serem utilizados para ajuste dados também da fase juvenil do plantio, onde é maior a correlação entre diâmetro e idade.

Em termos de $S_{yx}\%$, os valores encontrados são considerados altos. Estes valores assumiram esta característica pelo fato de serem utilizados para ajuste dados do acompanhamento de todas as árvores de cada plantio, contrário a estudos que utilizam somente dados de árvores de diâmetro médio através de análise de tronco. Sendo assim, as variações diamétricas em cada

idade são grandes, ainda mais por se tratarem de espécies nativas sem nenhum tipo de melhoramento ou até mesmo seleção, portanto é muito difícil um modelo de crescimento em função apenas de uma variável como a idade conseguir ser ajustado com valores de erro padrão residual baixo já que esta estatística está diretamente ligada à diferença dos valores observados e estimados do modelo.

Após análise criteriosa foi selecionado o modelo Logístico para 9 das 10 espécies. Somente para o tarumã foi selecionado o modelo exponencial. Mesmo o modelo logístico tendo sido ajustado com melhores valores estatísticos para esta espécie, este não foi escolhido pelo fato de apresentar todos os parâmetros não significativos. Para as demais espécies os parâmetros foram todos significativos, além de melhores resultados assumidos para as estatísticas avaliadas e também melhor desempenho em termos de análise gráfica de resíduos como evidenciado nas figuras 23 a 32, já que o modelo exponencial teve a característica de subestimar os valores de diâmetro para as menores idades.

4.6.2 Crescimento em Altura

De forma semelhante ao crescimento diamétrico foi o comportamento do crescimento em altura. Os valores de R^2_{aj} variaram de 17,80 à 85,60% para o nagibe e sapucaia vermelha respectivamente. Também pôde-se notar grande variação para os valores de $S_{yx}\%$ 9,76 à 23,64% para o nagibe e jequitibá rosa respectivamente. Mendonça et al. (2011) encontraram valores de $S_{yx}\%$ que variaram de 11,58 à 13,57% para estimativa do crescimento em altura para árvores dominantes e codominantes para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Os valores de R^2_{aj} foram relativamente maiores que os encontrados para o crescimento em diâmetro. Isso se deve principalmente ao fato do crescimento em altura ser pouco influenciado pela prática ou não de atividades silviculturais como desbastes ou até mesmo pelo espaçamento ao qual o plantio foi conduzido. Sendo assim a correlação entre altura e idade foi maior quando comparada a do diâmetro e idade, já que o crescimento em diâmetro pode ter sido estagnado também por influência do espaçamento reduzido.

Os valores de $S_{yx}(\%)$ foram consideravelmente menores quando comparado ao crescimento em diâmetro pelo fato de ocorrerem menores variações de altura para cada idade em cada espécie. Desta forma o valor de altura estimado do modelo não foi tão disperso aos observados. Ainda assim estes valores podem ser considerados altos quando comparado ao crescimento em altura para espécies já consolidadas no Brasil.

Tabela 38- Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o paraju

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,9110*	6,8196*	-	2,4378	22,45	44,40
Logístico	13,4190*	5,9373*	0,2569*	2,4277	22,36	44,83

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,8761*	-10,207*		1,3350	16,22	73,32
Logístico	38,6974*	11,0616*	0,0739*	1,1522	13,99	80,11

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

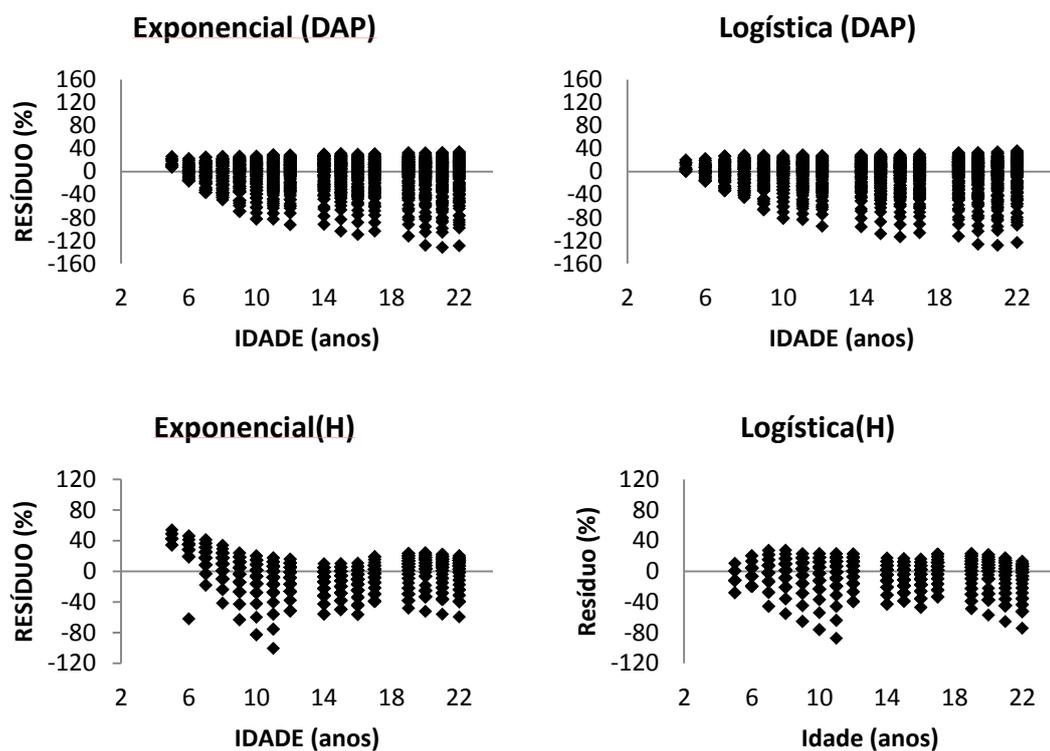


Figura 22 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o paraju.

Tabela 39 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o jequitibá rosa

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,4180*	-	10,946*	4,0938	31,27	49,65
Logístico	23,0881*	6,4480*	0,1561*	4,0402	30,86	50,91

Crescimento (Altura)						
----------------------	--	--	--	--	--	--

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,2036*	-14,052*		2,0190	23,64	70,01
Logístico	51,0724*	18,6155*	0,0893*	1,7431	20,41	77,65

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

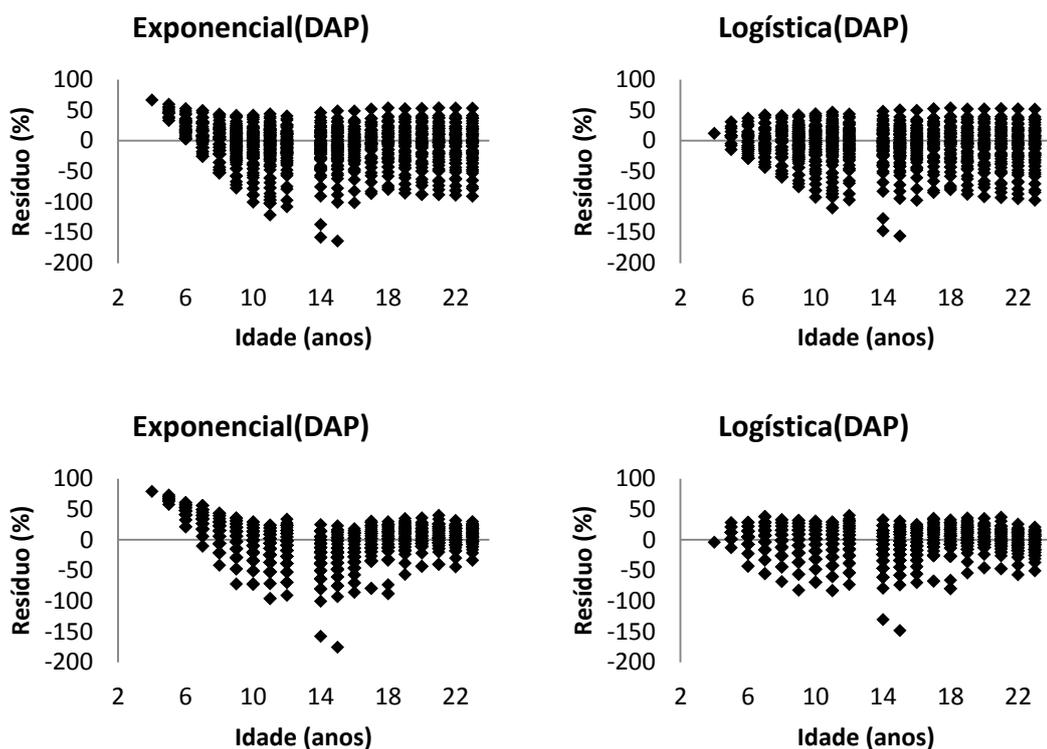


Figura 23 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o jequitibá rosa.

Tabela 40 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o ipê felpudo

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,0996*	5,3294*	-	2,6319	20,90	65,57
Logístico	22,9740*	3,3529*	0,1261*	2,3892	18,98	71,63

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,6553*	-	4,8962*	1,2893	15,33	76,00
Logístico	14,9889*	2,9794*	0,1207*	1,1394	13,55	81,26

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

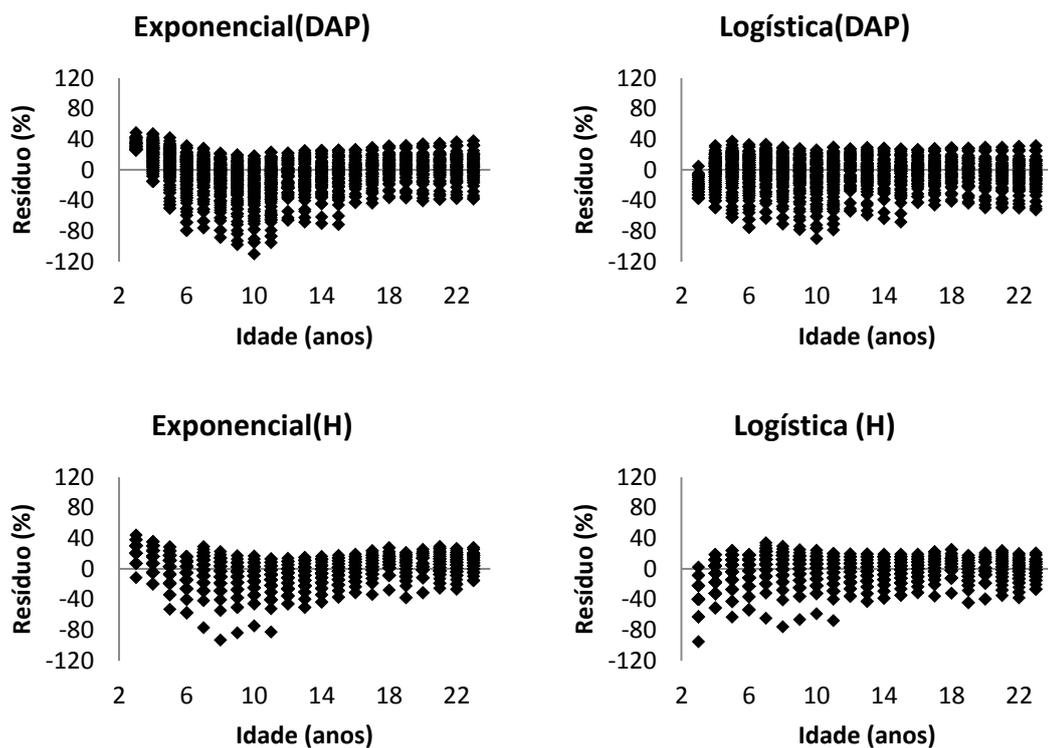


Figura 24 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o ipê felpudo.

Tabela 41 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o gonçalo alves.

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,9551*	-4,4761*		2,328	20,24	64,11
Logístico	16,0779*	3,4575*	0,2325*	2,293	19,93	65,19

Crescimento (Altura)						
----------------------	--	--	--	--	--	--

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,7891*	- 5,1403*		1,426	15,67	78,85
Logístico	14,5744*	3,4233*	0,1739*	1,396	15,35	79,72

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

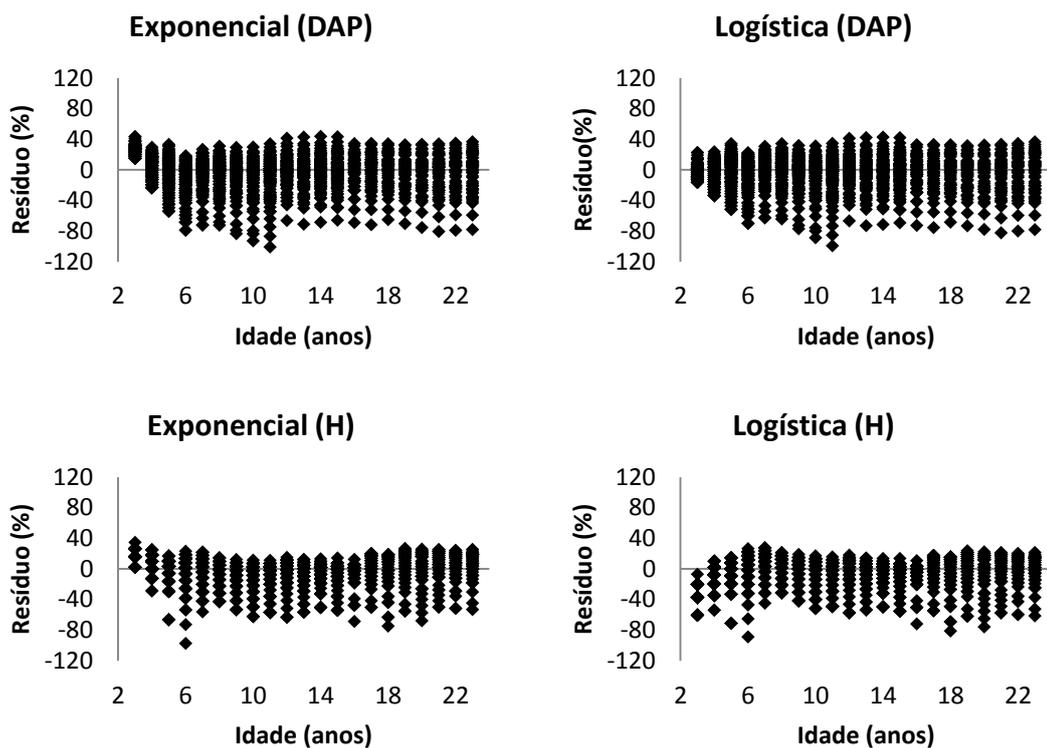


Figura 25 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o gonçalo alves.

Tabela 42 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o tarumã.

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,6772*	- 4,3352*		1,952	21,70	54,38
Logístico	74,5741 ^{ns}	13,2033 ^{ns}	0,0510	1,640	18,23	67,80

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,3642*	-3,7175*	-	1,533	21,87	47,76
Logístico	184176,8 ^{ns}	42779,7 ^{ns}	0,0415*	1,242	17,71	65,72

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

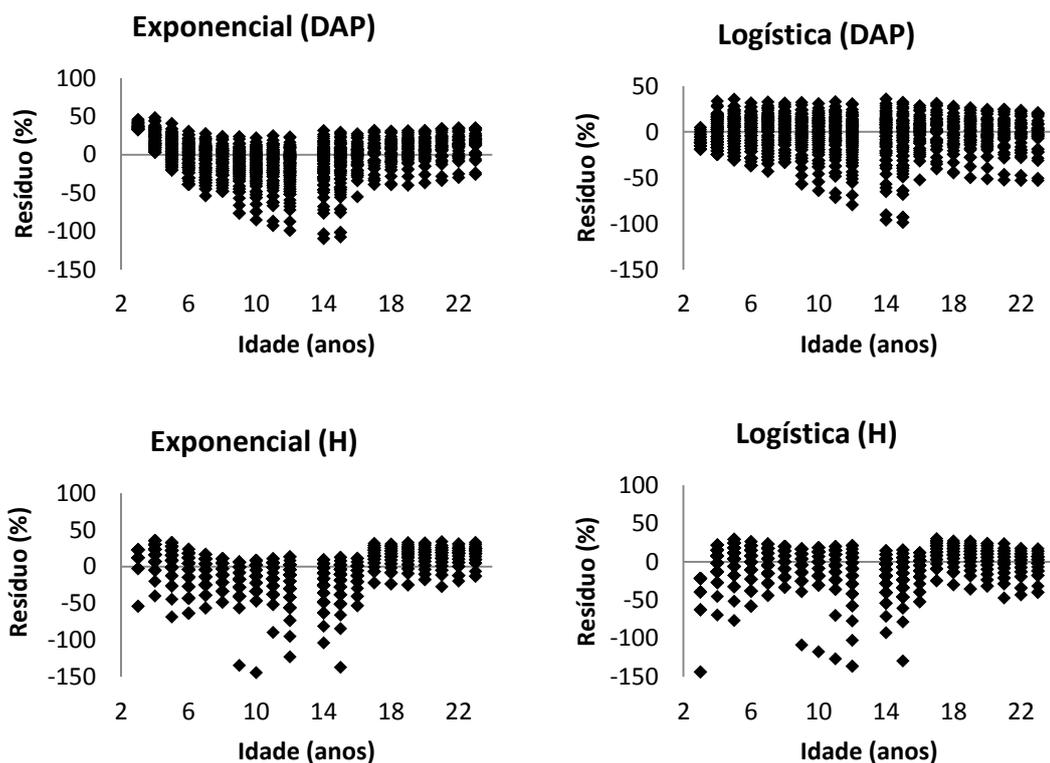


Figura 26 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o tarumã.

Tabela 43 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o guaribu amarelo

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,9610*	-6,7341*	-	2,930	28,08	44,39
Logístico	17,2364*	3,6758*	0,1460*	2,880	27,60	46,28

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,7114*	- 6,8232*		1,584	19,61	61,46
Logístico	17,2727*	4,0651*	0,1035*	1,444	17,88	67,96

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

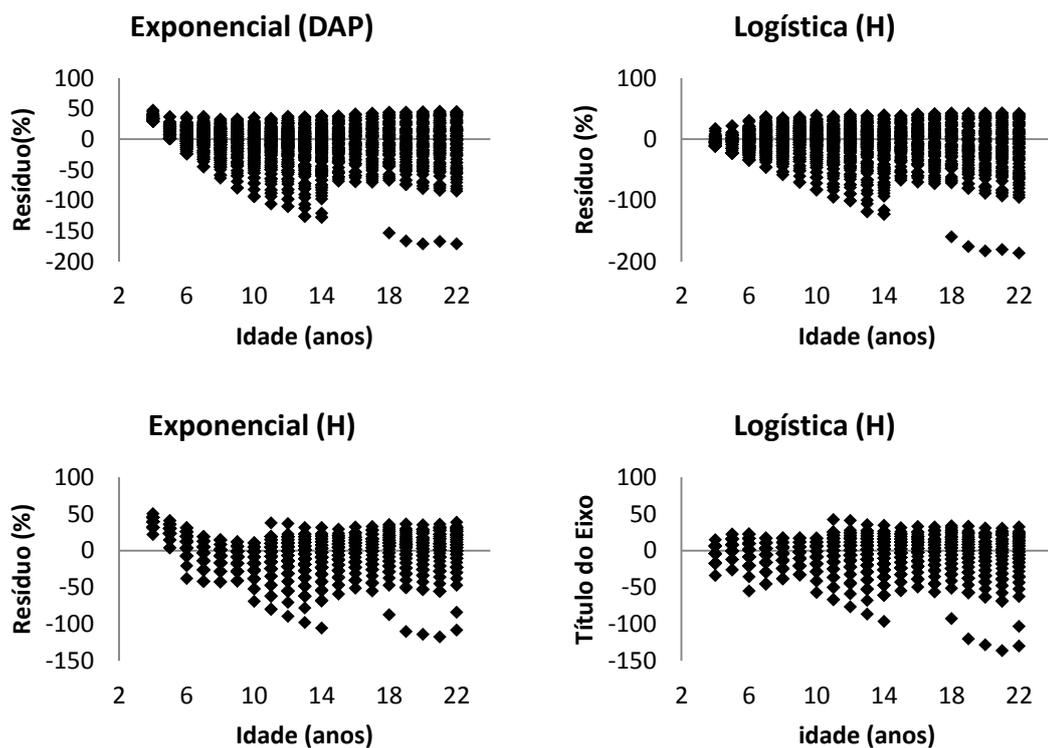


Figura 27 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o guaribu amarelo.

Tabela 44 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para a sapucaia vermelha.

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,0212*	- 6,3714*		3,212	28,63	50,65
Logístico	20,2420*	3,7179*	0,1271*	3,093	27,57	54,24

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,8138*	- 5,7824*		1,370	14,30	78,59
Logístico	15,2793*	3,2480*	0,1454*	1,291	11,50	85,60

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

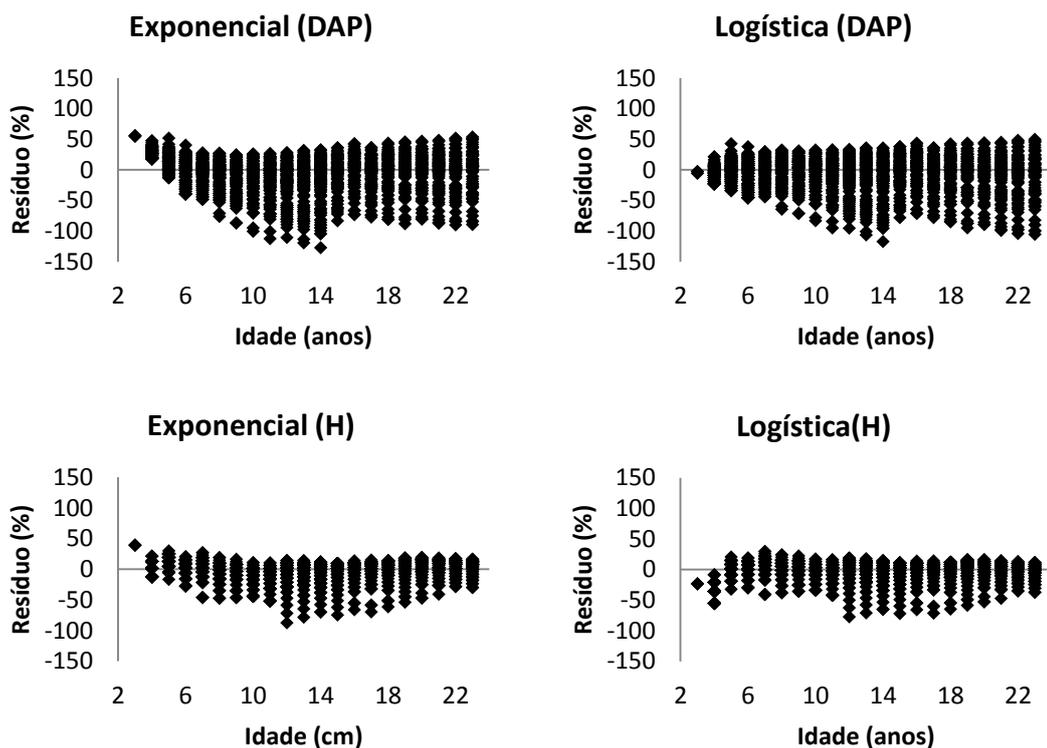


Figura 28 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para a sapucaia vermelha.

Tabela 45 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em altura e diâmetro em função da idade para o cajá

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,5962*	- 4,3522*		5,567	28,25	61,64
Logístico	35,1888*	3,8791*	0,1865*	5,049	25,63	68,44

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	2,9840*	- 3,5564*		1,822	15,57	81,74
Logístico	18,3112*	3,2430*	0,2176*	1,689	14,42	84,32

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

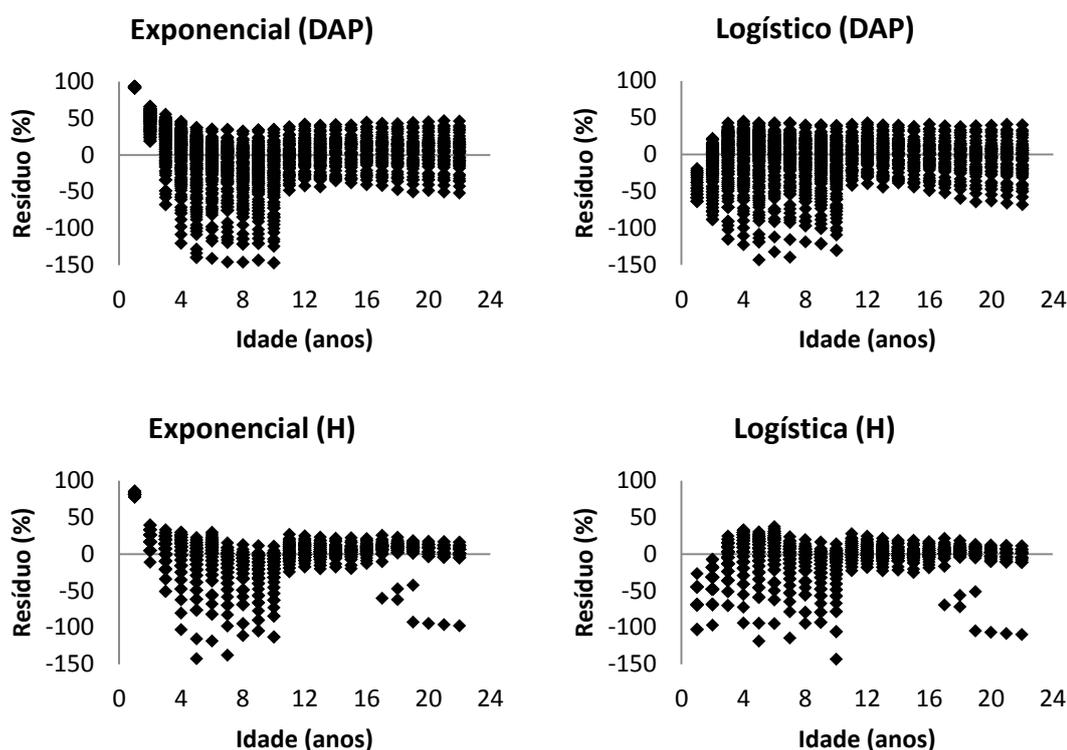


Figura 29 - – Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o cajá.

Tabela 46 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para a farinha seca.

Crescimento (Diâmetro)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,9859*	- 20,8780*		3,62	18,46	21,10
Logístico	24,8378*	39,9890*	0,2446*	3,62	18,44	21,31

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,3700*	-	12,8642*	1,28	9,84	35,52
Logístico	17,5185*	53,4012*	0,2986	1,27	9,76	36,59

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

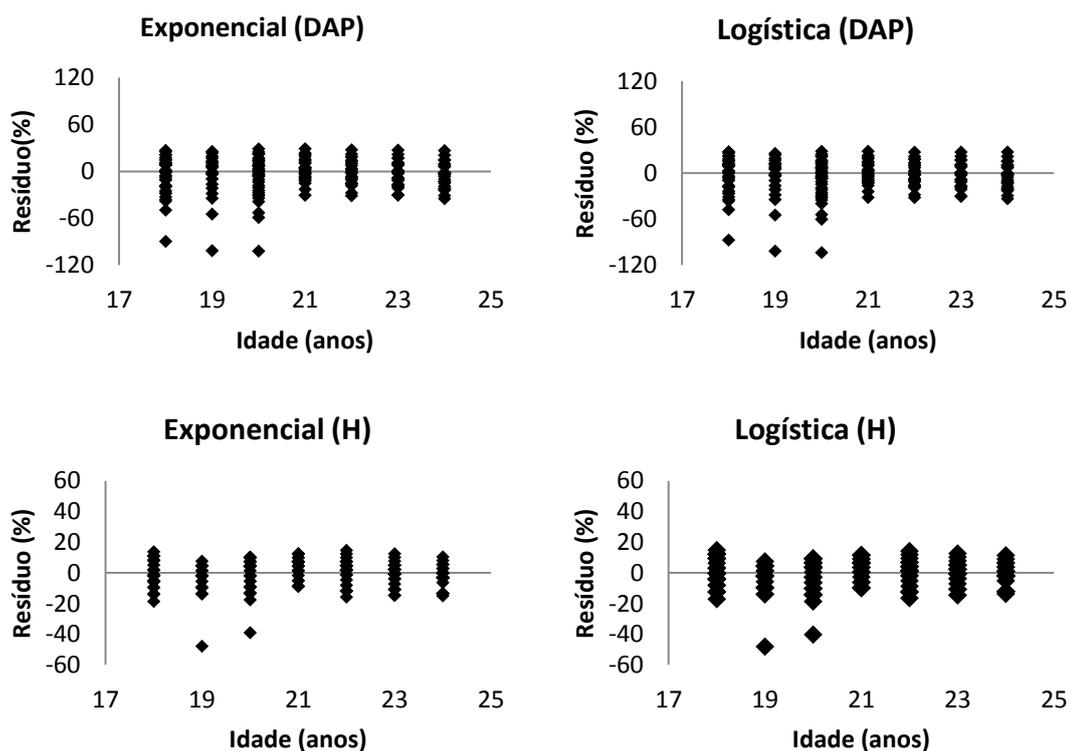


Figura 30 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para a farinha seca.

Tabela 47 - Estimativas dos parâmetros e estatísticas dos modelos de crescimento em função da idade para o nagibe.

Crescimento (Diâmetro)						
Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 aj. (%)
Exponencial	3,3485*	-	10,1259*	2,818	16,49	8,90
Logístico	18,9779*	21,8097*	0,2698*	2,819	16,49	9,06

Crescimento (Altura)

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	$R^2 \text{ aj. } (\%)$
Exponencial	3,0788*	-9,4191*		1,397	10,31	17,80
Logístico	14,8923*	20,9530 ^{ns}	0,2724*	1,395	10,30	18,13

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

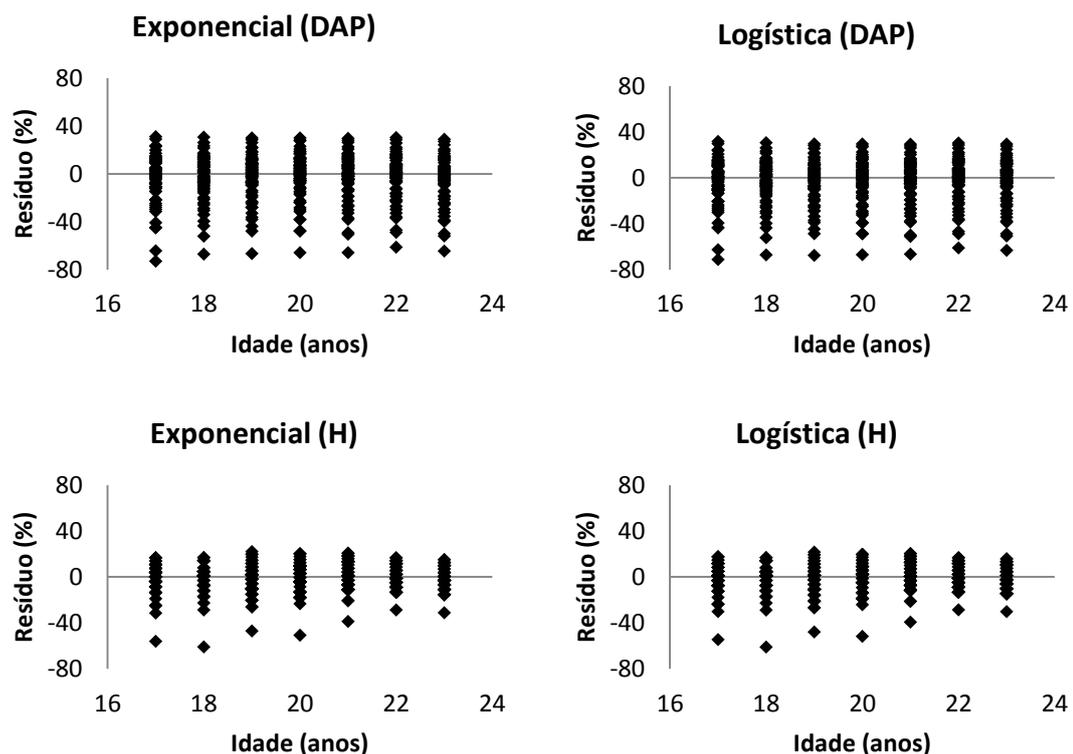


Figura 31 - Distribuição dos resíduos de diâmetro (DAP) e altura (H), em função da Idade, para os modelos testados para o nagibe.

4.7 ANÁLISE DO CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES AVALIADAS

Como pode ser evidenciado nas Tabelas 48 a 57, o crescimento em diâmetro foi variável para as espécies estudadas. O cajá foi a espécie que alcançou maior crescimento ao longo dos anos, chegando a obter um *IMA* de 1,55cm/ano aos 22 anos, valor superior às demais, já que a espécie que mais se aproximou do cajá em termos de crescimento em diâmetro foi a farinha seca, alcançando um *IMA* de 0,93cm/ano aos 24 anos. Tonini et al.(2005) encontraram para andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanha-do-Brasil

(*Bertholletia excelsa* Bonpl.), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) valores de IMA em diâmetro de 1,5cm/ano, 1,9cm/ano, 1,5cm/ano e 1,2cm/ano respectivamente, Tonini et al (2009) encontraram para teca (*Tectona grandis*) IMA de 1,27cm/ano aos sete anos de idade, valores estes menores que os encontrados para o ipê felpudo, gonçalo alves e cajá também aos sete anos neste estudo. As demais espécies cresceram em um menor ritmo. A espécie que obteve o menor crescimento diamétrico ao longo dos anos foi o tarumã, já que esta obteve um valor de IMA de 0,53cm/ano aos 23 anos. Nas Tabelas 48 a 57 pode-se evidenciar também que ao longo dos anos houve o decréscimo do crescimento. Os valores de ICA diminuíram consideravelmente, chegando a valores muito baixos como, por exemplo, para o gonçalo alves e paraju as quais os valores foram 0,05cm e 0,08cm respectivamente na idade de última medição, indicando praticamente uma estagnação do crescimento diamétrico. Isso se deve ao fato das características particulares de crescimento de cada espécie e também a falta de práticas silviculturais adequadas para o manejo dos povoamentos.

Nas Figuras 33 e 34 também podem ser evidenciados o comportamento do crescimento em diâmetro e em altura para as espécies contempladas neste estudo. Nota-se que de forma geral as espécies com maior crescimento em altura foram também as que alcançaram maior crescimento em diâmetro. Para o cajá os valores de IMA foram de 0,81m/ano, os valores de IMA para a farinha seca foram de 0,70m/ano na última idade mensurada. Já o tarumã obteve um valor de IMA de 0,39m/ano na última idade de medição. Ao se tratar sobre os valores de ICA para altura, percebe-se que para algumas espécies está ocorrendo uma diminuição gradativa do crescimento ao passar dos anos. Isto é contrariado pelo paraju e jequitibá rosa, já que para estas espécies os valores de ICA estão aumentando nas idades finais de medição, o que permite verificar um aumento do crescimento ao longo dos anos. Os valores de ICA para o paraju e jequitibá rosa em seu último ano de medição são de 0,61m/ano e 0,93m/ano.

Tabela 48 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do paraju.

T	DAP (cm)	ICA	IMA	H (m)	ICA	IMA	N
---	----------	-----	-----	-------	-----	-----	---

5	5,08	-	1,02	4,48	-	0,90	13
6	5,91	0,83	0,98	4,78	0,30	0,80	48
7	6,77	0,86	0,97	5,10	0,32	0,73	86
8	7,62	0,86	0,95	5,43	0,34	0,68	107
9	8,45	0,83	0,94	5,79	0,35	0,64	120
10	9,22	0,77	0,92	6,16	0,37	0,62	122
11	9,93	0,70	0,90	6,55	0,39	0,60	124
12	10,55	0,62	0,88	6,97	0,41	0,58	124
13	11,09	0,54	0,85	7,40	0,43	0,57	124
14	11,54	0,45	0,82	7,85	0,45	0,56	124
15	11,92	0,38	0,79	8,32	0,47	0,55	124
16	12,23	0,31	0,76	8,82	0,49	0,55	124
17	12,48	0,25	0,73	9,33	0,51	0,55	124
18	12,68	0,20	0,70	9,87	0,53	0,55	124
19	12,84	0,16	0,68	10,42	0,55	0,55	124
20	12,97	0,13	0,65	10,99	0,57	0,55	124
21	13,07	0,10	0,62	11,58	0,59	0,55	124
22	13,15	0,08	0,60	12,19	0,61	0,55	124

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N = Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 49 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do jequitibá rosa.

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
4	5,18	-	1,30	3,64	-	0,91	1
5	5,84	0,65	1,17	3,96	0,31	0,79	12
6	6,55	0,71	1,09	4,29	0,34	0,72	35
7	7,30	0,76	1,04	4,66	0,36	0,67	56
8	8,10	0,80	1,01	5,05	0,39	0,63	69
9	8,94	0,84	0,99	5,47	0,42	0,61	76

10	9,81	0,87	0,98	5,92	0,45	0,59	80
11	10,70	0,89	0,97	6,41	0,48	0,58	87
12	11,60	0,90	0,97	6,93	0,52	0,58	69
13	12,50	0,90	0,96	7,48	0,55	0,58	69
14	13,38	0,89	0,96	8,07	0,59	0,58	70
15	14,25	0,87	0,95	8,69	0,63	0,58	70
16	15,08	0,83	0,94	9,36	0,66	0,58	50
17	15,88	0,80	0,93	10,06	0,70	0,59	50
18	16,63	0,75	0,92	10,80	0,74	0,60	50
19	17,33	0,70	0,91	11,58	0,78	0,61	50
20	17,98	0,65	0,90	12,40	0,82	0,62	50
21	18,57	0,59	0,88	13,25	0,86	0,63	50
22	19,11	0,54	0,87	14,15	0,90	0,64	50
23	19,60	0,49	0,85	15,08	0,93	0,66	50

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N = Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 50 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do ipê felpudo.

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
3	6,97	-	2,32	4,88	-	1,63	43
4	7,60	0,63	1,90	5,28	0,41	1,32	
5	8,25	0,65	1,65	5,70	0,42	1,14	141
6	8,93	0,68	1,49	6,13	0,43	1,02	150
7	9,63	0,70	1,38	6,57	0,44	0,94	152
8	10,34	0,71	1,29	7,02	0,45	0,88	109

9	11,06	0,72	1,23	7,47	0,45	0,83	109
10	11,78	0,72	1,18	7,93	0,45	0,79	109
11	12,50	0,72	1,14	8,38	0,45	0,76	109
12	13,22	0,71	1,10	8,82	0,44	0,73	75
13	13,92	0,70	1,07	9,25	0,43	0,71	75
14	14,60	0,68	1,04	9,67	0,42	0,69	75
15	15,26	0,66	1,02	10,08	0,41	0,67	75
16	15,89	0,63	0,99	10,47	0,39	0,65	61
17	16,49	0,60	0,97	10,84	0,37	0,64	60
18	17,06	0,57	0,95	11,19	0,35	0,62	60
19	17,60	0,54	0,93	11,52	0,33	0,61	60
20	18,10	0,50	0,91	11,84	0,31	0,59	60
21	18,57	0,47	0,88	12,13	0,29	0,58	60
22	19,00	0,43	0,86	12,39	0,27	0,56	60
23	19,40	0,40	0,84	12,64	0,25	0,55	60

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N =Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 51 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do gonçalo alves.

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
3	5,91		1,97	4,81		1,60	92
4	6,80	0,89	1,70	5,38	0,58	1,35	159
5	7,73	0,92	1,55	5,99	0,60	1,20	190
6	8,66	0,93	1,44	6,61	0,62	1,10	188
7	9,58	0,92	1,37	7,24	0,63	1,03	129
8	10,45	0,88	1,31	7,87	0,63	0,98	129

9	11,27	0,82	1,25	8,50	0,62	0,94	129
10	12,02	0,75	1,20	9,10	0,61	0,91	129
11	12,68	0,66	1,15	9,68	0,58	0,88	129
12	13,26	0,58	1,11	10,23	0,55	0,85	101
13	13,76	0,50	1,06	10,74	0,51	0,83	101
14	14,19	0,42	1,01	11,21	0,47	0,80	101
15	14,54	0,35	0,97	11,64	0,43	0,78	101
16	14,84	0,29	0,93	12,03	0,39	0,75	56
17	15,08	0,24	0,89	12,37	0,35	0,73	56
18	15,27	0,20	0,85	12,68	0,31	0,70	55
19	15,43	0,16	0,81	12,95	0,27	0,68	55
20	15,56	0,13	0,78	13,18	0,23	0,66	55
21	15,67	0,10	0,75	13,39	0,20	0,64	55
22	15,75	0,08	0,72	13,56	0,18	0,62	55
23	15,82	0,07	0,69	13,71	0,15	0,60	55
24	15,87	0,05	0,66	13,84	0,13	0,58	55

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N = Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 52 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do tarumã.

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
3	3,43		1,14	3,08		1,03	29
4	4,92	1,49	1,23	4,20	1,12	1,05	106
5	6,11	1,19	1,22	5,06	0,86	1,01	123
6	7,06	0,95	1,18	5,72	0,67	0,95	127
7	7,83	0,77	1,12	6,25	0,53	0,89	87
8	8,46	0,63	1,06	6,68	0,43	0,84	87

9	8,98	0,52	1,00	7,04	0,35	0,78	90
10	9,43	0,44	0,94	7,33	0,30	0,73	89
11	9,81	0,38	0,89	7,59	0,25	0,69	87
12	10,13	0,33	0,84	7,80	0,22	0,65	80
13	10,42	0,29	0,80	7,99	0,19	0,61	77
14	10,67	0,25	0,76	8,16	0,16	0,58	76
15	10,89	0,22	0,73	8,30	0,15	0,55	41
16	11,09	0,20	0,69	8,43	0,13	0,53	40
17	11,27	0,18	0,66	8,55	0,12	0,50	40
18	11,43	0,16	0,64	8,65	0,10	0,48	40
19	11,58	0,15	0,61	8,75	0,09	0,46	39
20	11,71	0,13	0,59	8,83	0,09	0,44	39
21	11,83	0,12	0,56	8,91	0,08	0,42	39
22	11,94	0,11	0,54	8,98	0,07	0,41	39
23	12,05	0,105	0,525	9,05	0,07	0,39	38

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N =Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 53 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do guaribu amarelo

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
4	3,59		0,90	4,68		1,17	42
5	5,02	1,44	1,00	5,05	0,36	1,01	94
6	6,29	1,26	1,05	5,42	0,38	0,90	146
7	7,38	1,09	1,05	5,82	0,39	0,83	154
8	8,33	0,94	1,04	6,22	0,41	0,78	154
9	9,14	0,82	1,02	6,64	0,42	0,74	156
10	9,85	0,71	0,99	7,07	0,43	0,71	156

11	10,47	0,62	0,95	7,50	0,44	0,68	156
12	11,02	0,55	0,92	7,94	0,44	0,66	156
13	11,51	0,49	0,89	8,39	0,45	0,65	157
14	11,94	0,43	0,85	8,84	0,45	0,63	156
15	12,33	0,39	0,82	9,28	0,45	0,62	82
16	12,68	0,35	0,79	9,72	0,44	0,61	82
17	13,00	0,32	0,76	10,16	0,44	0,60	82
18	13,29	0,29	0,74	10,59	0,43	0,59	82
19	13,55	0,26	0,71	11,01	0,42	0,58	83
20	13,80	0,24	0,69	11,41	0,41	0,57	83
21	14,02	0,22	0,67	11,81	0,39	0,56	83
22	14,22	0,21	0,65	12,19	0,38	0,55	83
23	14,41	0,19	0,63	12,55	0,36	0,55	83

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N =Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 54 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura da sapucaia vermelha.

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
3	5,72		1,91	4,93		1,64	3
4	6,26	0,54	1,56	5,43	0,50	1,36	97
5	6,82	0,56	1,36	5,95	0,52	1,19	155
6	7,40	0,59	1,23	6,48	0,54	1,08	172
7	8,01	0,61	1,14	7,03	0,55	1,00	119
8	8,63	0,62	1,08	7,58	0,55	0,95	121
9	9,27	0,63	1,03	8,14	0,55	0,90	121

10	9,91	0,64	0,99	8,69	0,55	0,87	121
11	10,55	0,64	0,96	9,22	0,54	0,84	121
12	11,19	0,64	0,93	9,75	0,52	0,81	119
13	11,82	0,63	0,91	10,25	0,50	0,79	120
14	12,44	0,62	0,89	10,73	0,48	0,77	120
15	13,04	0,60	0,87	11,18	0,45	0,75	80
16	13,62	0,58	0,85	11,60	0,42	0,72	80
17	14,17	0,55	0,83	11,99	0,39	0,71	80
18	14,70	0,53	0,82	12,35	0,36	0,69	80
19	15,20	0,50	0,80	12,68	0,33	0,67	80
20	15,66	0,47	0,78	12,98	0,30	0,65	80
21	16,10	0,43	0,77	13,25	0,27	0,63	80
22	16,50	0,40	0,75	13,49	0,24	0,61	80
23	16,87	0,37	0,73	13,71	0,22	0,60	80

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N = Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 55 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do cajá

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
1	8,34	8,34	8,34	5,07	5,07	5,07	141
2	9,58	1,24	4,79	5,91	0,84	2,95	184
3	10,94	1,35	3,65	6,81	0,90	2,27	182
4	12,39	1,45	3,10	7,76	0,95	1,94	188
5	13,93	1,54	2,79	8,75	0,99	1,75	188
6	15,52	1,60	2,59	9,74	0,99	1,62	149
7	17,15	1,63	2,45	10,73	0,98	1,53	149
8	18,79	1,64	2,35	11,67	0,95	1,46	149

9	20,41	1,62	2,27	12,56	0,89	1,40	149
10	21,98	1,57	2,20	13,38	0,82	1,34	148
11	23,48	1,50	2,13	14,13	0,74	1,28	75
12	24,89	1,41	2,07	14,79	0,66	1,23	75
13	26,20	1,30	2,02	15,37	0,58	1,18	75
14	27,39	1,19	1,96	15,86	0,50	1,13	54
15	28,46	1,07	1,90	16,29	0,43	1,09	54
16	29,42	0,96	1,84	16,65	0,36	1,04	54
17	30,26	0,84	1,78	16,95	0,30	1,00	54
18	31,00	0,74	1,72	17,20	0,25	0,96	54
19	31,64	0,64	1,67	17,41	0,21	0,92	54
20	32,19	0,55	1,61	17,58	0,17	0,88	54
21	32,67	0,47	1,56	17,72	0,14	0,84	54
22	33,07	0,40	1,50	17,83	0,11	0,81	54

Em que:

T = Idade (anos)

DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)

ICA = Incremento corrente anual

IMA = Incremento médio anual

H = Altura

N =Número de árvores na respectiva idade de medição.

Tabela 56 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura da farinha seca.

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
18	16,67		0,93	14,04		0,78	88
19	17,95	1,28	0,94	14,80	0,76	0,78	88
20	19,10	1,15	0,96	15,42	0,62	0,77	88
21	20,11	1,01	0,96	15,91	0,49	0,76	60
22	20,98	0,87	0,95	16,30	0,39	0,74	60
23	21,71	0,73	0,94	16,60	0,30	0,72	60
24	22,32	0,61	0,93	16,82	0,23	0,70	60

Tabela 57 - Incrementos médio e corrente anual para o diâmetro e altura do nagibe

T	DAP	ICA	IMA	H	ICA	IMA	N
17	15,53		0,91	12,37		0,73	71
18	16,23	0,70	0,90	12,89	0,52	0,72	68
19	16,80	0,58	0,88	13,32	0,43	0,70	71
20	17,27	0,47	0,86	13,66	0,34	0,68	71
21	17,65	0,38	0,84	13,94	0,27	0,66	71
22	17,94	0,30	0,82	14,15	0,22	0,64	71
23	18,18	0,23	0,79	14,32	0,17	0,62	70

Em que:

- T = Idade (anos)
- DAP = Diâmetro na altura do peito (1,30m)
- ICA = Incremento corrente anual
- IMA = Incremento médio anual
- H = Altura
- N = Número de árvores na respectiva idade de medição.

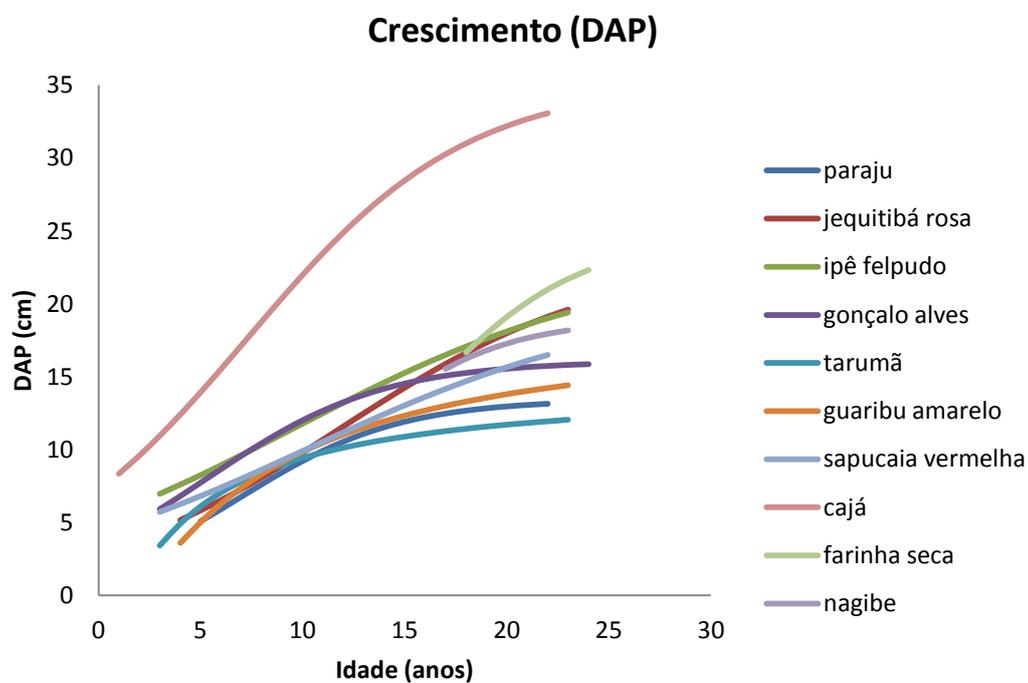


Figura 32 - Crescimento em diâmetro para as espécies avaliadas.

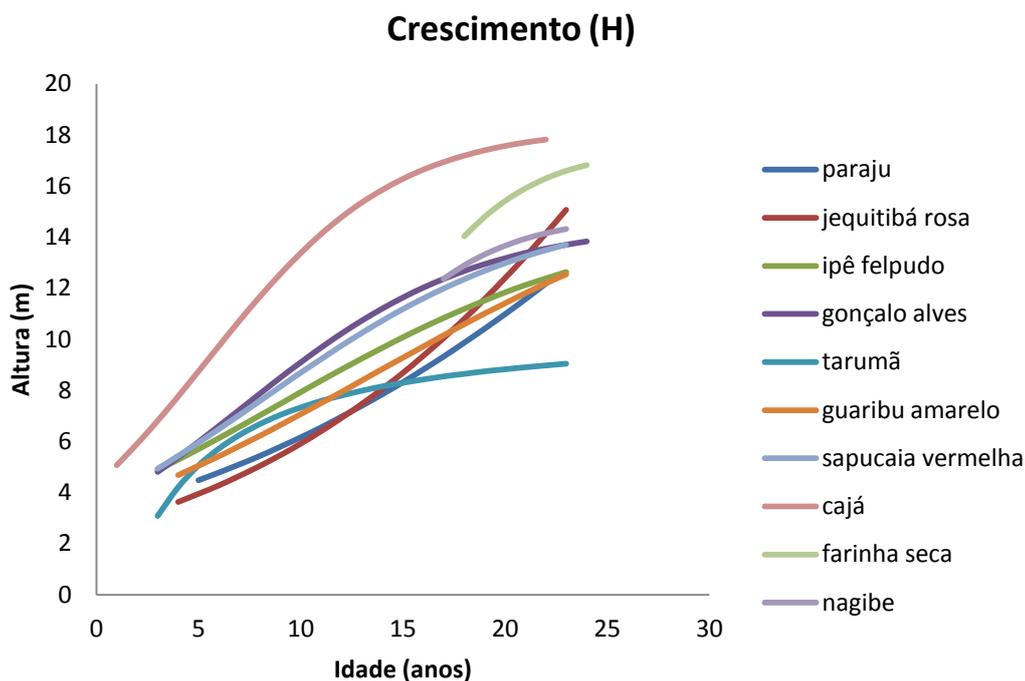


Figura 33 - Crescimento em altura para as espécies avaliadas.

5 CONCLUSÕES

- As espécies estudadas apresentaram variação quanto às variáveis dendrométricas avaliadas, sendo que a menor variação ocorreu para o fator de forma e a maior para a área basal.
- Os valores de densidade variaram sem nenhuma tendência específica de acordo com as classes diamétricas. Houve tendência de diminuição da densidade em função da posição de retirada dos discos no sentido base/topo.
- Os valores médios dos teores de nutrientes para o paraju foram de 44,49% de C, 6,53% de H e 0,25% de N. A maior variação para os teores de nutrientes ocorreu para o N, seguido do H e C.
- Foi selecionado o modelo 5 como o que melhor explica as variações ocorridas na altura para o paraju, jequitibá rosa, gonçalo alves e sapucaia vermelha. Já para as demais espécies (ipê felpudo, tarumã, guaribu amarelo, cajá, farinha seca e nagibe) o modelo selecionado foi o 4.

- Para explicar as variações ocorridas no volume foram selecionados os modelos de Stoaat para o paraju e para a sapucaia vermelha, o de Schumacher e Hall para o jequitibá rosa, guaribu amarelo e caja, o de husch para o ipê felpudo, tarumã e farinha seca, o de ogaya para o gonçalo alves e o de Spurr linear para o nagibe.
- Para explicar o crescimento em diâmetro foi selecionado o modelo Logístico para 9 das 10 espécies avaliadas. Somente para o tarumã foi selecionado o modelo exponencial.
- Para explicar o crescimento em altura foi selecionado o modelo Logístico para 9 das 10 espécies avaliadas. Somente para o tarumã foi selecionado o modelo exponencial.
- O cajá seguido pela farinha seca foram as espécies que apresentaram maior crescimento em diâmetro e altura quando comparados às demais. A espécie com menor crescimento foi o tarumã.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, S. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais, 4: " Bracatinga uma Alternativa para Reflorestamento", 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA - URPFCS, 1981: 7790. (EMBRAPA - URPFCS. Documentos, 5).

AZEVEDO, C.P.; MUROYA, K.; GARCIA, L.C. LIMA, R.M.B.; MOURA, J.B. NEVES, E.J.M. Relação hipsométrica para quatros espécies florestais em plantio homogêneo em diferentes idades na Amazônia ocidenta. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.39 p.5-29, jul./dez. 1999.

BARROS, D. A.; MACHADO, S. A.; JÚNIOR, F. W. A.; 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. P. S.; MACHADO, S. do 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, Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 517-533, 2004.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SCHEEREN, L. W.; BARRICHELLO, L. R.; WATZLAWICK, L. F. Relação hipsométrica para *Acacia mearnsii* com diferentes idades. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, jul./dez. p.57-58. 2002.

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

CARVALHO, S.P.C. **Uma nova metodologia de avaliação do crescimento e da produção de *Eucalyptus* sp clonal para fins energéticos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

CHICHORRO, J.F.; RESENDE, J.L.R.; LEITE, H.G. Equações de volume e de Taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.799-809, 2003.

COSTA, D. H. M.; REBELLO, F. K.; D'ÁVILA, J. L.; SANTOS, M. A. S.; LOPES, M.L.B. Alguns aspectos silviculturais sobre o Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber). **Série Rural**.n. 2.Belém: Banco da Amazônia1998. 19 p.

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: 33-44. 1987.

COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. Erros de medição de altura em povoamentos de *Eucalyptus* em região plana. **IPEF**, n.39, p.21-31. 1988.

CURTO, R. A. **Avaliação de métodos de estimação de altura e de estratificação vertical em uma Floresta Estacional Semidecidual**. 2011.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

FERNANDES, N. P.; ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies.4.Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após plantio. **Acta Amazônica**. 23 (2-3): 191-198.1993.

FERRARI, M.P.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D.; TREVISAN, R.; Prognose do Crescimento Volumétrico Individual de Árvores de *Eucalyptus*, em Povoamentos na Região Centro Sul. **Boletim de Pesquisas Florestais**., Colombo, n. 51, p. jul./dez. 2005.

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.

FOEKEL, C.E.B.;BRASIL, M.A.M.;BARRICHELO,L.E.G. Métodos para determinação de densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas .IPEF, Piracicaba (2/3): 65- 74, 1971.

HESS, A.F.; SCHNEIDER. P.R.;FINGER, A.A.G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 7-22, jan.-mar. 2009.

IMAÑA-ENCINAS, J. SILVA, G.F.; PINTO, J.R.R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: Universidade de Brasília.v7.n.1.40p.2005.

JESUS, R.M.de; ROLIM, S.G. Fitossociologia da Mata Atlântica de Tabuleiro. Viçosa: SIF, **Boletim técnico SIF**, n.19, 2005.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.I.B.; HERNANDEZ, J.A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 3. ed. Curitiba, FUPEF, 85 f. 2005.

LEITE, H. G.; GAMA, J.R.V.; CRUZ, J.P. SOUZA, A.L. Função de afilamento PARA *Virola surinamensis* (ROLL.) WARB1. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.30, n.1, p.99-106, 2006

LINGNAU, C., SILVA, M.N., SANTOS, D.S, MACHADO, A., LIMA, J.G.S. (2008). Mensuração de alturas de árvores individuais a partir de dados *laser* terrestre. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v.4, Edição Especial, p. 85-96, 2008.

MACHADO, S. A.; BAILEY, R. L.; BASSO, S. F.; BEVILACQUA JUNIOR, V. G. Análise do comportamento da relação hipsométrica com respeito à idade para plantações de *Pinus elliotti* no Paraná. **Revista Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 5-12.1994.

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

Mendes, L.M.; Silva, J.R.M.; Trugilho, P.F., Lima, J.T. Variação da massa específica da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl. no sentido longitudinal dos caules. **Cerne**, Lavras, v.5, n.1, p.1-7, 1999.

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 codominates para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 151-160, jun. 2011.

OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, J.C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.381-385,2003.

PEREIRA, M.G. **Caracterização da matéria orgânica de diferentes formações florestais na Reserva Nacional da Vale, Linhares-ES**. Monografia (ENGENHARIA FLORESTAL). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 25 p. 2008.

RIBEIRO, C. A. S.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; MEUNIER, I.M.J.; FERRAZ, I. Seleção de modelos volumétricos para leucena no Agreste do Estado de Pernambuco. **Brasil Florestal**. v.20, n.72, p. 37-45, 2001.

ROLIM, S.G. **Modelos e mecanismos de sucessão secundária na floresta atlântica em Linhares (ES)**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. Piracicaba 168 p. 2006.

SANTOS, F. R. **Caracterização dendrométrica e avaliação econômica de povoamentos de Eucalipto para multiprodutos**. 2010.124f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

SCHIMIDT, P.B. Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda*, L. **Floresta**. Piracicaba, v. 8, n. 1, p.24-27, 1977.

SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M.; LIMA, C.S.A. Obtenção de relações quantitativa para estimativa de volume do fuste em Floresta Estacional Semidecídua Montana. **Revista Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p. 123-134. 1994.

SHIMIZU, J. Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais: Silvicultura e usos. In: Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais, 1, 1998. **Anais...** Curitiba: Embrapa Florestas, 1998, p.64-71.

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 do coeficiente de determinação na análise do ajuste de modelos volumétricos. In: 4º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal. **Anais...**Santa Maria, RS. 2008.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa-MG, Editora UFV, 276 p., 2007.

SOARES, C.P.B.; MARTINS, F.B.; LEITE JÚNIOR, H.U.; SILVA, G.F.; FIGUEIREDO, L.T.M.; Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n5, p.1039-1051, 2011.

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.

SRBEK-ARAÚJO, A. C. CHIARELLO, A. G. Registro recente de harpia, *Harpia harpyja* (Linnaeus) (Aves, Accipitridae), na Mata Atlântica da Reserva Natural Vale do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo e implicações para a conservação regional da espécie. **Revista Brasileira de Zoologia**, 23(4):1264-1267. 2006.

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**, 16(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 avellanedae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**. V.35, n.3, p. 353-362. 2005.

TONINI, H.; OLIVEIRA JÚNIOR, M.M.C.; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v.18, n.2, p.151-158, 2008.

VALE, A.T.; DIAS, I.S.; SANTANA, M.A.E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 137-145, jan.-mar., 2010.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 92p.

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