

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

NAIANY MARGREITER

**MENSURAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE *Hovenia
dulcis* THUNB., POR DIFERENTES MÉTODOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2015

NAIANY MARGREITER

**MENSURAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE *Hovenia
dulcis* THUNB., POR DIFERENTES MÉTODOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dra. Veridiana Padoin Weber

DOIS VIZINHOS

2015

M329m Margreiter, Naiany
Mensuração do crescimento de árvores de *Hovenia dulcis* Thunb., por diferentes métodos / Naiany Margreiter – Dois Vizinhos: [s.n], 2015.
44f.:il.

Orientadora: Veridiana Padoin Weber
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de
Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2015.
Bibliografia p.40-44

1.Pesquisa florestal 2.Florestas- medição I.Weber,
Veridiana Padoin, orient. II.Universidade Tecnológica
Federal do Paraná – Dois Vizinhos. III.Título

CDD: 634.9

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



TERMO DE APROVAÇÃO

MENSURAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE *Hovenia dulcis* THUNB.,
POR DIFERENTES MÉTODOS

por

NAIANY MARGREITER

Este Trabalho de Conclusão de Curso II foi apresentado em vinte e três de junho de dois mil e quinze como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Veridiana Padoin Weber
Orientadora

Prof. Dra. Elisabete Vuaden
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dra. Fabiani Das Dores Abati Miranda
Membro titular (UTFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida.

A minha família, por ter ajudado e confiado em mim, me incentivando nas horas difíceis de desânimo e cansaço.

A minha orientadora Veridiana Padoin Weber, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções, incentivos, pela ajuda ao entrar em contato com a Universidade Federal de Santa Maria para realização de uma parte desse trabalho, além da companhia na viagem.

A professora Magda Lea Bolzan Zanon por disponibilizar o laboratório e o equipamento Lintab, também pela recepção e estadia. E aos seus estagiários por me ajudarem na utilização do equipamento.

A Professora Fabiani Das Dores Abati Miranda, por auxiliar na realização da prática digital, e esclarecer minhas dúvidas.

Ao Professor Mauricio, pelo apoio, tempo, dedicação na elaboração e conclusão desse trabalho.

A minha amiga Flavia Galvan Tedesco, por ter me ajudado principalmente nas horas de desespero, ter me acompanhado e ouvido em toda etapa do trabalho.

Ao meu namorado Renan Valiati Raldi, por me apoiar, incentivar, estar presente em todos os momentos.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

RESUMO

MARGREITER, N. **MENSURAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE *Hovenia dulcis* THUNB., POR DIFERENTES MÉTODOS.** 2015. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

A espécie *Hovenia dulcis* Thunberg é uma planta exótica pertencente à família Rhamnaceae e ocorre nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Apresenta ampla potencialidade de uso, fazendo-se necessário adquirir informações de seu desenvolvimento. Uma das maneiras de realizar estudos de crescimento de espécies arbóreas é pela técnica de análise de tronco, a qual consiste na medição de anéis de crescimento em fatias retiradas ao longo do tronco de uma árvore. Visando diminuir o tempo de realização dessa prática, e aumentar a qualidade dos resultados, novas metodologias vêm sendo desenvolvidas. Com isso o presente trabalho tem como objetivo avaliar a diferença na mensuração dos anéis de crescimento por diferentes métodos de análise de tronco e verificar o comportamento do crescimento em altura, diâmetro e volume da espécie *Hovenia dulcis* Thunberg., a partir do melhor método estudado. As diferentes técnicas de mensuração foram aplicadas em 24 fatias de madeira, de quatro árvores individuais, retiradas da mata nativa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. Os discos foram extraídos nas seguintes posições: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial e diâmetro à altura do peito. Cada disco foi lixado, e em seguida realizadas as medições das larguras dos anéis pela análise de tronco manual, digital e pelo Lintab. Através das informações obtidas nos diferentes métodos foi desenhado o perfil longitudinal de cada árvore amostrada, e em seguida obtidas as seguintes variáveis em cada idade: volume total, dap e altura. Por meio na análise estatística constatou que a metodologia de mensuração não interferiu significativamente na obtenção dos volumes e alturas, somente para DAP a metodologia interferiu significativamente. O método Lintab foi utilizado como o mais confiável e mais preciso para realização do ajuste de modelos de crescimento em volume, diâmetro e altura. Através da observação dos dados gerados pela anatro com Lintab os crescimentos das árvores mostraram-se diferentes entre os indivíduos A, B e C, D. Então o ajuste foi realizado separadamente entre as árvores semelhantes. Para estimativa do volume das árvores A e B, o modelo com melhor desempenho foi o modelo 5, $y = b_0 \cdot [1 - \exp(-b_1 \cdot t)^{b_2}]$, e para os outros indivíduos foram dois modelos com boa performance, o modelo 5, $y = b_0 \cdot [1 - \exp(-b_1 \cdot t)^{b_2}]$ e de Schumacher. Em relação a estimativa do diâmetro das árvores A e B, o modelo de Backman ofertou melhor resultado, já para as árvores C e D o modelo 5, $y = b_0 \cdot [1 - \exp(-b_1 \cdot t)^{b_2}]$ foi o mais adequado. Os modelos de Mitscherlich e Chapman-Richards conferiram os melhores resultados na estimativa da altura e revelaram desempenho semelhantes.

Palavras-chave: Análise de tronco. Anéis de crescimento. Uva-do-japão.

ABSTRACT

MARGREITER, N. **MENSURING OF GROWTH OF TREES OF *Hovenia dulcis* THUNB., BY DIFFERENT METHODS.** 2015. 44f. Work Completion of course (Diploma in Forestry) - Federal Technology University - Paraná. Dois Vizinho, 2015.

The specie *Hovenia dulcis* Thunberg it's a exotic plant belonging to the family Rhamnaceae and that happens in the south and southeast of Brazil. This plant has a wide potential of its use, so it's necessary to know about the development of this plant. One way to do the studies about the grownth of the tree species it's by the technique stem analysis, which consists of the growth rings measurement in slices taken Along the A tree trunk. Aiming to Decrease the rate of realization this practice, and Increase Quality of Results, New methodologies have been developed. With that this paper present as objective evaluate the difference in the measurement of growth rings by different methods of stem analysis and check the volume growth behavior, diameter and height of the species *Hovenia dulcis* Thunberg., through the best studied method. The different measurement techniques were applied to 24 wood chips, four trees taken from the native forest of the Federal Technological University of Paraná, Campus Two Neighbors. The discs were extracted the following positions: 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height and diameter at breast height. Each disc was sanded, and then the measurements of the widths of the rings by manual stem analysis, and the digital Lintab. Using the information obtained in the different methods was designed longitudinal profile of each tree sampled, and the following variables then obtained in each age: total volume, dap and height. Through the statistical analysis we found that the measurement methodology did not interfere significantly in getting the volumes and heights, only to DAP methodology interfered significantly. The Lintab method was used as the most reliable and accurate to perform the adjustment of growth models in volume, diameter and height. Over the observation of the data generated by Anatro with Lintab, the tree's growing have shown difference among the A,B and C,D individual. Then the adjustment was made separately between similar trees. To estimate the quantity of A and B trees, the model $y = b_0 \cdot [1 - \exp(-b_1 \cdot t)^{b_2}]$, with the best performance, and the others were two models with good performance, the model $y = b_0 \cdot [1 - \exp(-b_1 \cdot t)^{b_2}]$, and Schumacher. Regarding the estimation of the diameter of trees A and B, the best result has offered Backman model, as for C and D trees the model $y = b_0 \cdot [1 - \exp(-b_1 \cdot t)^{b_2}]$, is the most suitable. The models of Mitscherlich and Chapman-Richards gave the best results in the estimation of height and showed similar performance.

Keywords: Stem analysis. Growth rings. Japanese Raisintree

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivo Geral	9
1.1.1 Objetivo Específico.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE <i>HOVENIA DULCIS</i> THUNBERG	10
2.2 CRESCIMENTO	11
2.3 MENSURAÇÃO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	12
2.3.1 Métodos de Mensuração de Anéis de Crescimento	13
2.3.1.1 Análise de tronco manual	13
2.3.1.2 Análise de tronco pela ferramenta LINTAB	14
2.3.1.3 Análise de tronco digital	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 COLETA DE DADOS	17
3.2 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE TRONCO MANUAL.....	18
3.3 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE TRONCO PELO LINTAB	19
3.4 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE TRONCO DIGITAL.....	20
3.5 APLICAÇÕES DOS DADOS OBTIDOS.....	21
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
4 RESULTADOS ESPERADOS	23
4.1 COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS APLICADAS À ESPÉCIE <i>HOVENIA DULCIS</i> THUNB.....	23
4.1 TESTE DE MODELOS PARA AS VARIÁVEIS VOLUME, DAP E ALTURA DOS DADOS OBTIDOS NO MÉTODO LINTAB	28
4.2.1 Teste de Modelos de Crescimento em Volume para a Espécie <i>Hovenia dulcis</i> Thunb.....	30
4.2.2 Teste de Modelos de Crescimento em Diâmetro a Altura do peito para a Espécie <i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	33
4.2.3 Teste de Modelos de Crescimento em Altura para Espécie <i>Hovenia dulcis</i> Thunb.....	35
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A *Hovenia dulcis* Thunberg, conhecida popularmente como uva-do-japão, é uma espécie caducifólia que pode alcançar 25 metros de altura e 50 centímetros, ou mais, de diâmetro à altura do peito. É originária do Japão, China e Himalaia (CARVALHO, 1994, p. 9-10).

A densidade de sua madeira está entre 0,50 a 0,72 g/cm³. Apresenta boa trabalhabilidade, assim, pode ser utilizada na marcenaria, carpintaria, forro e assoalho, além de possuir alto potencial de aproveitamento, como recurso energético, lenha ou carvão vegetal (RIGATTO, 2001, p.1).

Devido ao grande potencial de utilização da uva-do-japão, mostra-se necessário a realização de estudos que avaliem seu comportamento e desenvolvimento na floresta, auxiliando no manejo e silvicultura da espécie. Portanto, é de grande importância, o desenvolvimento de pesquisas na área de mensuração para a espécie *Hovenia dulcis* Thunberg.

A dendrometria ou também denominada mensuração florestal, está relacionada com o estudo e desenvolvimento de técnicas que auxiliam na determinação de volume, peso, dimensão, idade, crescimento e produção, bem como o estudo de relações dendrométricas de árvores ou povoamentos florestais (MACHADO e FILHO, 2009, p.3).

Um dos elementos de grande interesse na mensuração florestal é o estudo do crescimento. O termo crescimento refere-se às modificações nas dimensões e forma do tronco causado pelo acréscimo ininterrupto de camadas de lenho. Esse é aplicado com o intuito de ofertar conhecimento sobre a evolução da produção de árvores ou de povoamentos florestais, assim, permite cálculos de incremento e a confecção de tabelas de produção. Além disso, fornece parâmetros para execução e ordenamento das atividades florestais, otimizando o uso dos recursos gerados (CAMPOS e LEITE, 2013, p. 318-319).

O crescimento pode ser medido por meio da técnica de análise de tronco, a qual permite reconstituir o crescimento passado de uma árvore e determinar curvas de crescimento de diversas variáveis dendrométricas, através da demarcação e mensuração dos anéis anuais de crescimento.

A análise de tronco é um método utilizado para espécies em que os anéis de crescimento são facilmente visualizados (FINGER, 2006, p. 224). Com base nessa afirmativa em conjunto com necessidade do desenvolvimento de estudos sobre o conhecimento do crescimento da espécie *Hovenia dulcis* Thunberg é que se fez a escolha da mesma para a execução do presente estudo, na qual as mudanças entre os anéis anuais de crescimento podem ser vistas facilmente a olho nu, possuindo camadas de crescimento bem demarcadas entre os lenhos tardio e inicial (CHAGAS, 2009, p. 53).

O método de análise de tronco completa manual envolve um processo trabalhoso na delimitação e contagem dos anéis, onde erros podem ser cometidos, tanto na exclusão da contagem de um anel, quanto na inclusão, quando se tem a presença de falsos anéis de crescimento. Além disso, há restrição quanto à espécie a ser estudada, pois a mesma deve apresentar fácil distinção visual dos anéis anuais de crescimento (FINGER, 2006, p. 221-223)

Por isso, o emprego de novas tecnologias e a diversificação de metodologias podem auxiliar na obtenção das informações, diminuir o tempo de leitura e aquisição da mensuração dos discos de madeira, reduzir erros, melhorar a precisão; com o intuito de facilitar a execução e qualidade da prática.

Dessa forma, mostra-se cabível a pesquisa de metodologias alternativas para realização de técnicas de mensuração de anéis de crescimento, e também a realização de comparação entre técnicas. Avanços com usos de novas tecnologias são observados no procedimento de mensuração dos anéis, evidenciando a tendência em adotar sistemas que apresentem conexão eletrônica com computadores, servindo como ferramenta de gravação e edição de dados (ROSOT, 2002, p.24), e também utilização de aparelhos exclusivos.

Como exemplo de equipamento pode-se citar o Lintab ferramenta que trabalha com sistema de medição de anéis de crescimento em que se pode obter medidas com precisão na casa do centésimo do milímetro, permitindo a transferência direta de seu arquivo digital, dessa forma reduz possíveis fontes de erro (WOFF II, 2012, p.25).

E também formas digitais de aplicação da análise de tronco, como a análise de tronco digital desenvolvida por Rosot et al. (2003, s/p) fazendo uso de técnicas fotográficas e processamento digital de imagens para medir os anéis de crescimento e estudar o crescimento passado de uma árvore. Dessa foram, torna-se necessário

a realização de estudos comparativos entre metodologias existentes, para promover o aperfeiçoamento das técnicas compreender como opera cada técnica, ou então quais os erros atribuídos pela escolha de determinada metodologia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a diferença na mensuração dos anéis de crescimento por diferentes métodos de análise de tronco e verificar o comportamento do crescimento em altura, diâmetro e volume da espécie *Hovenia dulcis* Thunberg., a partir do melhor método estudado.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a diferença na obtenção das larguras dos anéis de crescimento da espécie *Hovenia dulcis* Thunberg, pelas técnicas de:

- Análise de Tronco Manual;
- Análise de Tronco pela ferramenta Lintab;
- Análise de Tronco Digital modificada.

Testar e selecionar modelos de crescimento para ajuste das variáveis volume, altura e diâmetro à altura do peito em função da idade da espécie *Hovenia dulcis* Thunberg.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Hovenia dulcis* Thunberg

A espécie *Hovenia dulcis* Thunberg, popularmente conhecida como uva-do-japão, pertence à família Rhamnaceae. É uma árvore caducifólia, que pode atingir 25 metros de altura, apresenta tronco reto e cilíndrico e o comprimento de fuste pode atingir 8 metros. Sua casca tem aspecto liso a levemente fissurada, com espessura total de até 15 mm (CARVALHO, 1994, p. 9-10).

Constituída por folhas simples, alternas, as margens são serrilhadas e sua base é arredondada, o comprimento varia entre 6 e 14 cm. Suas flores são formadas em outubro-dezembro, possuem coloração branca e são de tamanho pequeno. Os ramos das inflorescências intumescem tornando-os suculentos, comestíveis e paladar agri-doce. Na extremidade formam-se os frutos verdadeiros, globosos, do tipo cápsula contendo sementes pequenas com forma achatada e coloração marrom-amareladas (LORENZI et al., 2003 p.319).

A espécie ocorre naturalmente no Himalaia, China e Japão. Já no Brasil, é difundida no Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. É encontrada no interior e também em bordas de florestas na Mata Atlântica. Apresenta alto desenvolvimento na Floresta Ombrófila Mista, sendo considerada espécie exótica e invasora, devido sua dispersão e seu crescimento espontâneo e agressivo (PICK-UPAU et al., 2012, p.76).

Segundo Carvalho (1994, p. 12-14), essa espécie tolera bem as geadas, e os frios fortes e longos diminuem o ritmo de crescimento. Em plantações, seu crescimento é monopodial com boa desrama natural. Possui grande capacidade de rebrota, por apresentar gemas dormentes subcorticais, assim seu manejo pode ser efetivado pelo método de talhadia.

O conhecimento da evolução da produção de indivíduos de *Hovenia dulcis*, mostra-se extremamente necessário pelo fato da espécie possuir potencial econômico. Conforme Carpanezzi et al. (2010, p. 4), a madeira de uva-do-japão é utilizada como recurso energético, lenha, carvão, e ainda apresenta características que permitem o processamento mecânico e movelaria. Segundo Lorenzi et al. (2003,

p. 319) a espécie é altamente cultivada em parques, pomares, seus frutos são consumidos por pessoas e animais, e casualmente usada na arborização de ruas, principalmente na região Sul do Brasil.

Como a constituição dos anéis de crescimento, na madeira de uva-do-japão, é bem evidenciada pela mudança brusca na frequência e tamanho dos vasos, essa é passível de estudo pela técnica de análise de tronco (CHAGAS, 2009, p. 53). Técnica essa, que permite adquirir informações indispensáveis sobre o crescimento e desenvolvimento da árvore.

2.2 CRESCIMENTO

O crescimento de uma árvore é o elemento de maior importância na floresta, exercendo influência sobre o peso, o volume e também modificações em relação à forma dos indivíduos. É constituído pelo crescimento linear (alongamento), oriundo do meristema primário, e o crescimento em diâmetro (espessamento) das raízes, tronco e galhos, sucedido pelo meristema secundário (SCOLFORO, 2006, p.9).

O fenômeno de crescimento pode apresentar variações em altura, diâmetro, volume, área basal e peso. O ritmo de crescimento está relacionado a fatores que não podem ser controlados, como os fatores genéticos das espécies e sua combinação com o ambiente. Além de fatores externos como: climáticos, pedológicos, topográficos, competição e os fatores relacionados a ações antrópicas como desbastes e incêndios (ENCINAS et al., 2005, p.24).

Segundo Finger (2006, p. 222), é preciso um longo período de observações do dimensionamento de árvores e povoamentos para estudos de crescimento. Dessa forma, um dos métodos utilizados na obtenção de dados para estudo de crescimento é a implantação de parcelas permanentes. Porém, essa possui a desvantagem do longo período entre a instalação e a aquisição dos resultados. Assim, outra técnica empregada é a análise de tronco, que possui como vantagens a boa precisão e baixo custo.

As informações usualmente adquiridas para fornecer o crescimento são: o diâmetro à altura do peito, o diâmetro ao longo do tronco e as alturas destes diâmetros, a altura total e a altura comercial da árvore (BRASIL, 2009, p.28). Além

do que, o crescimento pode ser exposto por formas diferentes: incremento corrente anual (ICA), incremento médio anual (IMA), incremento periódico (IP) (SCOLFORO, 2006, p.9).

É possível estabelecer os fundamentos matemáticos para estipular o crescimento de árvores em certo sítio. Uma curva, denominada curva de crescimento, pode ser construída ao plotar a dimensão de uma árvore (volume, diâmetro, altura) em relação à idade. Essa é expressa, pela forma de sigmoide ou de S, dispondo do tamanho acumulado até determinada idade (FINGER, 2006, p.212).

O crescimento é estimado por técnicas de modelagem, e processos estatísticos de previsão. Os modelos de crescimento e produção, podem ser classificados em três categorias, de acordo com o nível de resolução: modelos em nível de povoamento, os quais não explicam a variação do tamanho das árvores dentro do povoamento; modelos de distribuição por classe de diâmetro e modelos em nível de árvores individuais. A escolha de uma das categorias depende da quantidade e qualidade dos dados (CAMPOS e LEITE, 2013, p. 334).

Finger (2006, p. 215-220) citou alguns modelos existentes que descrevem o crescimento entre eles estão a função de Korsun; polinômio do 3º grau que pode ser ajustado com facilidade para apresentar o crescimento em função da idade; função de Backman, esta tem embasamento no tempo biológico sendo definida a partir das três fases do desenvolvimento do indivíduo: fase da juventude, adulta e senescência; função de Mitscherlich e função de Richards, caracterizada pela sua flexibilidade, adapta-se para diversas variáveis dendrométricas.

2.3 MENSURAÇÃO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO

Inicialmente, na Europa, obter valores precisos da quantidade de madeira não era algo necessário, isso porque a oferta de madeira era maior que a procura. Porém, com a contínua utilização e carente reposição desse produto, o número de madeira diminuiu drasticamente, afetando, principalmente seu valor. Por isso, fez-se indispensável o desenvolvimento de técnicas de mensuração dos produtos madeireiros (MACHADO e FILHO, 2009 p. 4).

A condução de uma floresta para o melhor aproveitamento de seus recursos necessita de informações concretas sobre a mesma, como: volume, potencialidade produtiva, crescimento, entre outros, para então estabelecer metas de manejo florestal e tomadas de decisões. Assim, a mensuração florestal torna-se importante no fornecimento de informações sobre uma floresta (CUNHA, 2004, p.20).

Uma variável de extrema importância na mensuração florestal é a idade da árvore, principalmente na estimativa da produção florestal, essencialmente empregada na verificação do crescimento, da produtividade do sítio e nos ordenamentos florestais. Além disso, da idade pode ser usada como instrumento para técnicas silviculturais, na estimativa do crescimento presente e futuro, e na determinação do plano de manejo da floresta (ENCINAS et al., 2005, p.1).

A determinação da idade das árvores é de suma importância para as ciências florestais. Diversas decisões baseiam-se na idade da árvore, dentre elas os desbastes, os ciclos de corte, e as estimativas dos volumes aceitáveis para uma produção sustentável (BOTOSSO e MATTOS, 2002, p. 11).

Por meio da medição dos anéis de crescimento, além da estimativa da idade de uma árvore, é possível adquirir informações essenciais para o manejo florestal, através dos estudos de crescimento, avaliação do incremento, definição do ponto máximo de desenvolvimento da espécie, estudos de competição, padrões de crescimento e estrutura diamétrica (MATTOS, et al., 2011, p. 27).

2.3.1 Métodos de Mensuração de Anéis de Crescimento

2.3.1.1 Análise de tronco manual

Os anéis de crescimento são originados da atividade cambial, sendo eles o resultado da deposição consecutiva de camadas de tecidos lenhosos no fuste. Dessa maneira, a atividade do câmbio acrescenta cada ano camadas sobrepostas que geram a estrutura do material lenhoso, constituindo os anéis de crescimento. Posterior à formação dos anéis pode ser realizada a contagem dos anéis de

crescimento, técnica conhecida como análise de tronco (anatro) (ENCINAS et al, 2005, p. 12-13).

Estudos com técnicas de análise de tronco convencional já são aplicados há tempos, tiveram origem no final do século XIX e início do século XX. Sua prática abrange desde a coleta de fatias de madeira das árvores, transporte, tratamento destes e mensuração manual dos anéis de crescimento, para posteriormente, realização de cálculos do crescimento passado do indivíduo (MACHADO et al., 2013, s/p).

Esse método pode ser utilizado para determinar a idade de uma árvore, adquirir conhecimento do crescimento anual em diâmetro e altura, área basal e volume de madeira, reconstituir todo o crescimento passado de uma árvore, além de valores relacionados aos incrementos médios e anuais. (ENCINAS et al., 2005, p. 13; KOHLER, 2013, p. 50). A anatro pode ser realizada por duas metodologias diferentes, análise de tronco parcial e análise de tronco completa.

A análise de tronco completa é um procedimento que permite reconstruir o crescimento passado das árvores por meio da soma dos incrementos anuais em diâmetro e altura. Na mensuração florestal essa técnica é empregada para a reconstrução do desenvolvimento em altura de indivíduos, com o intuito de ajustar equações de altura-idade (FERREIRA e SCOLFORO, 2006, p. 63).

Conforme Finger (2006, p.224-227), para análise de tronco completa a árvore precisa ser abatida e fatias de madeira devem ser removidas ao longo do tronco. Antes de realizar as medições dos anéis, as fatias precisam ser secadas, lixadas e a mensuração realizada em cada fatia sobre raios demarcados a partir da medula.

2.3.1.2 Análise de tronco pela ferramenta Lintab

Nessa técnica a contagem e mensuração de anéis de crescimento é feita por meio do equipamento Lintab, este é definido como uma plataforma com movimento horizontal, associado a um computador que utiliza o programa TSAP (Time Series Analysis Program), desenvolvido por Frank Rinn e Siegward Jaekel, em Heidelberg na Alemanha, o qual executa a mensuração, manipulação de banco de dados e exposição dos anéis de crescimento (SANTOS, 2006, p. 29).

Wolff II (2012, p. 25-26) citou que o programa contém um conjunto de equipamentos florestais e sua criação tem por objetivo auxiliar engenheiros florestais e outros pesquisadores da área, na medição e manipulação dos dados da mensuração dos anéis de crescimento. Suas principais funções estão relacionadas à análise fitossociológica, inventário florestal, simulação florestal e otimização, além do cálculo da análise de tronco. Esse sistema ainda admite medições precisas, na casa do centésimo do milímetro (0,001mm) (STEPKA, 2012, p. 13).

O equipamento Lintab e juntamente com o software TSAP oferecem rapidez no procedimento de medição de anéis de crescimento, além disso, eficácia no processamento das informações obtidas na análise de tronco (WOLFF II, 2012, p. 56).

2.3.1.3 Análise de tronco digital

Garcia (1982, p.23) define Sensoriamento Remoto como sendo a aquisição da imagem de determinado objeto sem haver contato físico, técnica essa restrita à metodologias que utilizam de energia eletromagnética (luz, calor e ondas de rádio) na captura e medidas das características desses objetos. Diante disso, Rosot et al. (2002, p. 29), destacou que imagens adquiridas por câmeras fotográficas, podem ser entendidas como fruto do sensoriamento remoto.

Imagens digitais, geradas por Sensoriamento Remoto, através de aplicativos específicos, podem ser manipuladas em computadores por técnicas de processamento de imagens digitais, entendidas como correções de imperfeições, melhoria da qualidade visual e classificação ou identificação dos temas de interesse (NOVO e PONZONI, 2001, p. 61).

O uso dessas técnicas de Sensoriamento Remoto e processamento digital de imagens vem crescendo, o que motivou o desenvolvimento de uma nova metodologia para contagem dos anéis de crescimento, desenvolvida por Rosot et al. (2003, s/p), a qual caracteriza-se pela transferência de fotografias digitais de fatias de madeira para o computador, processamento por meio de um software de processamento de imagens digital, e introdução dessas imagens em um ambiente de informações geográficas (SIGs).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem ser definidos como um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, consultar, transformar e apresentar dados geográficos para atender às necessidades de determinada aplicação. O SIG permite visualizar, compreender, questionar e interpretar dados de muitas formas que revelam relações, padrões e tendências dos fenômenos geográficos na forma de mapas, globos, relatórios e gráficos (DALAZOANA, 2001, p. 34).

Os Sistemas de Informações Geográficas simplificam a realidade ou o mundo em que vivemos e necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível, devendo existir uma base de dados integrada, que necessitam estar georreferenciados e com controle do erro e com funções de análises espaciais (SILVA, 1999, p. 36).

Ao fazer uso de ferramentas SIGs para mensuração de anéis de crescimento, e conseqüentemente, a formação de um banco de dados, admite a combinação entre informações espaciais, como a localização dos anéis na fatia, e informações não espaciais, como as características dos anéis, do povoamento, das árvores, incrementos, entre outros (ROSOT et al., 2002, p.147).

Por esse método, as áreas transversais de cada anel dos discos de madeira, são obtidas pela vetorização da imagem, que se caracteriza pela elaboração de linhas que contornam o limite de cada anel de crescimento através de um software de processamento de imagens. Essa vetorização é que possibilita os cálculos referentes ao anel, como área e diâmetro, ou seja, as informações não espaciais. (MACHADO, 2013, s/p).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA DE DADOS

Para o presente trabalho foram amostradas quatro árvores da espécie de *Hovenia dulcis* Thunb., de ocorrência espontânea, na mata nativa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. A região, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com temperaturas médias anuais de 19 °C e chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano, apresentando precipitação média anual de 2.025 mm (IAPAR, 2008, s/p).

A localidade está situada no planalto de Guarapuava na região sudoeste do estado do Paraná, com altitude de 520 m, latitude de 25 °44" Sul e longitude de 53° 04" Oeste (MAAK, 1968, p. 105-115). Os solos característicos desta região são o Latossolo, Cambissolo e Nitossolos (EMBRAPA, 2006, p.171).

Foram obtidos os valores dos diâmetros à altura do peito (DAP) através de uma suta (Figura 1), dos quatro indivíduos. Posteriormente os mesmos foram abatidos e obteve-se os valores da altura, com o auxílio de uma trena. Após, seis discos foram retirados nas posições 0%, 25%, 50%, 75%, 100% da altura comercial, e DAP. Os discos foram identificados conforme a posição em que foram retirados e ao indivíduo que pertencem.



Figura 1: Obtenção do DAP com suta
Fonte: O Autor (2015)

Com o intuito de facilitar a identificação e mensuração dos limites dos anéis de crescimento, uma das superfícies de cada disco foi lixada com o auxílio de uma lixadeira elétrica, primeiramente utilizando uma lixa com granulometria 80 e posteriormente, para conferir um melhor acabamento, uma lixa com 240 de granulometria.

3.2 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE TRONCO MANUAL

Seguindo a metodologia de Finger (2006, p. 231), em cada disco foi localizado o maior raio e a partir deste demarcou-se duas linhas diametrais, gerando um ângulo de 45° com o raio referido, resultando em quatro raios para a posterior medição.

A medição dos anéis de crescimento foi realizada diretamente sobre o disco contendo a demarcação dos raios, para tanto, foi utilizada régua de 30 cm, instrumento com precisão em milímetros. A régua foi disposta sobre o disco, sendo que o início da medição dos comprimentos dos raios ocorreu a partir da medula, conforme mostra a figura 2.

A medição resultou na obtenção de quatro valores, correspondentes a cada raio demarcado, assim o valor da largura dos anéis considerado foi a média aritmética desses quatro valores.



Figura 2: Processo de mensuração manual de anéis de crescimento
Fonte: O Autor (2014)

3.3 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE TRONCO PELO LINTAB

A mensuração dos anéis pela ferramenta Lintab foi executado no laboratório de Manejo Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen-RS. Foram utilizadas as mesmas demarcações feitas sobre os discos, como descritas no método manual. Neste procedimento as medições foram realizadas com os discos acoplados em sua plataforma de movimento horizontal, e as espessuras dos anéis obtidas com o auxílio de uma lupa alocada sobre as fatias de madeira, como exemplificado na Figura 3.

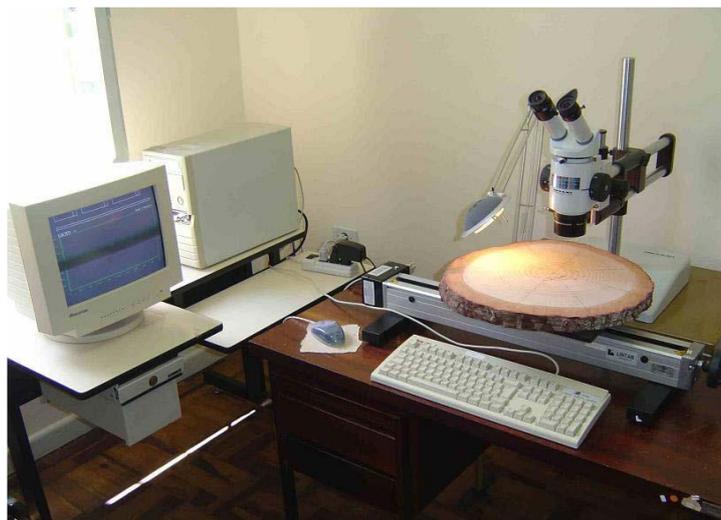


Figura 3: Equipamentos para mensuração dos anéis, processo Lintab
Fonte: Santos (2006, p. 44)

Os discos foram arranjados sobre a plataforma, coincidindo o centro do alvo da lupa com o centro da medula da fatia, onde iniciou-se a medição, ao dar a partida do movimento da plataforma. Obtendo, assim, os valores das larguras de cada anel de crescimento. Esses valores foram armazenados no computador, que utiliza o programa TSAP, e posteriormente exportados para planilha Microsoft Excel.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE TRONCO DIGITAL

Esse procedimento foi baseado na metodologia de Rosot (2002, p. 56-58), onde a captura das imagens dos discos de madeira foi realizada de forma individual em uma área plana e sobre uma folha de papel milimetrado. As imagens foram adquiridas a partir de uma câmera digital da marca Nikon D40 com lente AF-S (lentes com motor de foco), modelo 2009, com resolução de 6 de Mega Pixel; localizada a 56 cm de altura acima do disco e acoplada a um tripé, como pode ser observado na figura 4.



Figura 4: Obtenção das imagens dos discos de madeira de *Hovenia dulcis* na metodologia digital
Fonte: O Autor (2014)

As imagens digitais capturadas foram exportadas para um computador e inseridas em ambiente SIG. Nesse programa foi realizado o georreferenciamento das imagens, que permite transformar quaisquer coordenadas de imagens ou mapas para um determinado sistema de referência plana (PANCHER e FREITAS, s/a, p.11). A partir das dimensões conhecidas da folha milimetrada, foram atribuídos coordenadas à pontos nas imagens, através dos pontos conhecidos como por exemplo as extremidades da folha. Além desses pontos, foram distribuídos outros

pontos de forma homogênea, de modo a recobrir toda a imagem. A partir desses pontos de controle a imagem foi georreferenciada e possibilitou fazer as medições sobre a mesma.

Após, realizou-se a medição das larguras dos anéis de crescimento. Diferentemente da metodologia de Rosot, a imagem não foi vetorizada, e somente fez-se uso de ferramentas específicas de medição linear, fornecidas no próprio sistema.

3.5 APLIAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

As medidas das larguras dos anéis, oriundas dos diferentes métodos de análise de tronco completa foram tabulados em planilha Microsoft Excel, onde fez-se a média das medidas das larguras de cada disco. Com as seis médias obtidas em cada disco foram desenhados os perfis longitudinais de cada indivíduo. A partir desse desenho obteve-se os valores das variáveis volume, diâmetro e altura em cada idade.

Para estimar a variável volume total sem casca considerou-se o método de Smalian, conforme a seguinte fórmula:

$$V_t = V_0 + \sum V_i + V_c$$

Onde: v_t : volume total (m^3); v_0 : volume do toco ($v_0 = g_0 \times l_0$), sendo g_0 : área basal do toco e l_0 : altura do toco; v_i : volume das seções intermediárias ($v_i = [(g_i + g_{i+1}) / 2] \times l_i$), sendo g_i : área basal da i -ésima seção; g_{i+1} : área basal da i -ésima seção superior e l_i : comprimento da i -ésima seção; e v_c : volume do cone ($v_c = 1/3 \times g_n \times l_n$) sendo g_n : área basal do cone e l_n : altura do cone

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram processados no programa Microsoft Excel. Já no programa estatístico R foi realizado a análise de variância bifatorial, considerando como fatores a idade, os métodos e repetição as árvores. Essa análise permitiu avaliar a

existência de diferença significativa das variáveis volume, altura e diâmetro entre os diferentes métodos de mensuração do crescimento.

Após a análise da variância foi realizado o teste de Tukey para indicar entre quais métodos existe diferença estatística a 5% de probabilidade. O teste baseia-se na Diferença Mínima Significativa (Δ), e sua estatística é determinada da seguinte forma:

$$\Delta_{\alpha} = q_{\alpha} \sqrt{QM_E/n}$$

Onde: q_{α} (I;GL_E): é o valor tabelado em função do número de tratamentos I e do número de graus de liberdade do erro; QM_E: é o quadrado médio do erro; n: número de repetições.

Após a análise da variância, no software R foram testados e selecionados modelos de crescimento para as variáveis volume, diâmetro e altura em função da idade (Tabela 1), considerando os dados mensurados pelo método mais prático e preciso de análise de tronco completa.

Tabela 1 - Modelos de crescimento testados para ajuste das variáveis volume, altura e diâmetro à altura do peito em função da idade da espécie *Hovenia dulcis* Thunberg, Dois Vizinhos, PR.

Equação	Modelo	Autor
1	$\ln y = b_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t$	Backman
2	$y = b_0 - b_1 \cdot b_2^t$	Mitscherlich
3	$y = b_0 \cdot \exp(-b_1 \cdot 1/t)$	Schumacher
4	$y = b_0 \cdot [1 - b_1 \cdot \exp(-b_2 \cdot t)]$	Chapman-Richards
5	$y = b_0 \cdot [1 - \exp(-b_1 \cdot t)^{b_2}]$	-

Sendo: y = variável dependente, expressa por diâmetro, altura e volume; t = idade, em anos; b₀, b₁ ... = coeficientes da equação.

Fonte: SCOLFORO (2005)

A seleção do modelo foi realizada a partir dos valores gerados de: valor do erro padrão da estimativa em porcentagem (Syx%), o qual informa o erro médio ocasionado pelo uso do modelo; e a distribuição gráfica dos resíduos e dispersão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS APLICADAS À ESPÉCIE *Hovenia dulcis* THUNB.

Pelas análises de tronco foram obtidas as idades de cada indivíduo da espécie de *Hovenia dulcis*, sendo que três árvores possuíam 16 anos e uma 14 anos. Assim, optou-se por homogeneizar as idades das árvores para aplicação da análise de variância. Sendo desconsiderados os dois últimos anos das árvores com mais idade, permitindo a comparação entre indivíduos com idades iguais.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) para as variáveis volume, altura e DAP podem ser observados na Tabela 2

Tabela 2 - Análise de variância para volume, altura e diâmetro à altura do peito, de indivíduos de *Hovenia dulcis* Thunberg aos 14 anos de idade, Dois Vizinhos, PR, obtidos por diferentes metodologias de análise de tronco (manual, Lintab e digital)

ANOVA (v)					
FV	GL	SQ	QM	F	Significância
Método	2	0.01656	0.008282	2.1938	0.1157
Idade	13	2.01818	0.155245	41.1218	<2e-16 ***
Método x Idade	26	0.01504	0.000579	0.1533	1.0000
Resíduos	126	0.47568	0.003775		
Anova (h)					
FV	GL	SQ	QM	F	Significância
Método	2	1.62	0.812	0.2960	0.7443
Idade	13	2826.48	217.421	79.2227	<2e-16 ***
Método x Idade	26	1.73	0.067	0.0243	1.0000
Resíduos	126	345.80	2.744		
Anova (DAP)					
FV	GL	SQ	QM	F	Significância
Método	2	65.4	32.71	5.3246	0.006027 **
Idade	13	6442.6	495.58	80.6686	< 2.2e-16 ***
Método x Idade	26	8.7	0.33	0.0545	1.000000
Resíduos	126	774.1	6.14		

FV: Fonte de Variação, GL: Graus de liberdade, SQ: Soma de quadrados, QM: Quadrados médios, Significância: 0 '****' 0.001 '***' 0.01

Fonte: O Autor (2015)

Ao analisar o resultado da Anova para volume e altura, presentes na Tabela 2, observa-se que a metodologia de mensuração não influenciou significativamente

na obtenção dos volumes e alturas, ou seja, não há diferença entre as metodologias para a obtenção dessas variáveis. Isso pode ser comprovado no momento das medições, onde os valores observados por cada método apresentaram-se muito próximos, conforme mostra a (Figura 5)

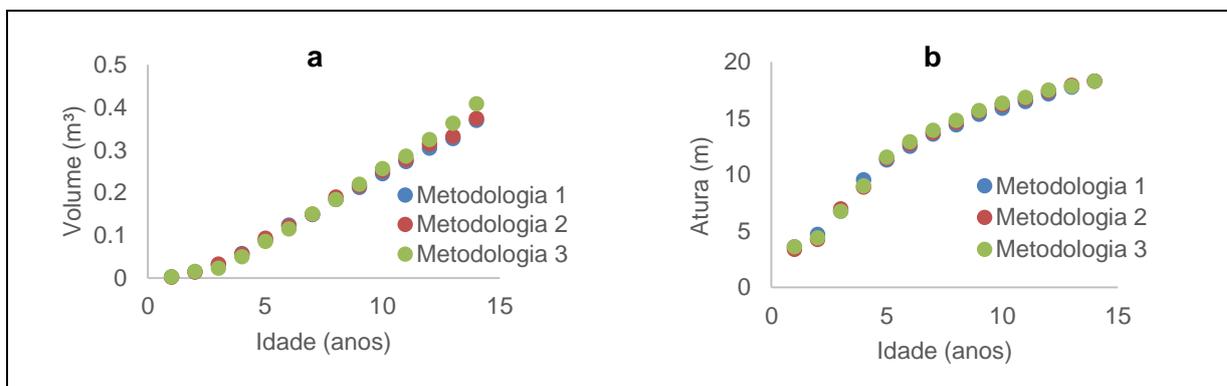


Figura 5 – Diferença entre a obtenção das variáveis volume e altura pelas técnicas de análise de tronco manual (1), Lintab (2) e digital (3) para a espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 5a: Gráfico variável volume. 5b: Gráfico Variável altura
Fonte: O Autor (2015)

O mesmo resultado foi encontrado por Machado et al. (2013, p. 335), no estudo de medição de anéis de crescimentos de *M. scabrella* e *P. taeda* pelos métodos de anatro manual e digital. O autor ressaltou que as diferenças não foram significativas entre as metodologias, e para os volumes gerados pelas duas anatro resultou em diferenças não significativas para a *M. scabrella*.

Entretanto, na análise de variância para o DAP (Tabela 2), observa-se que a metodologia influi significativamente para a estimativa dessa variável. Sendo assim, foi aplicado o teste de Tukey apresentado na tabela 3, para verificar onde se encontra essa diferença.

Tabela 3 - Teste de Tukey aplicado à variável diâmetro à altura do peito para comparação das médias das metodologias de análise de tronco manual (1) , Lintab (2) e digital (3) da espécie de *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos, PR.

Diferença	limite inferior	limite superior	p	Trat	Média	
2-1	-0.071125	-1.1820692	1.039819	0.9873707	2	13.49 a
3-1	1.286786	0.1758415	2.397730	0.0187740	1	13.56 a
3-2	1.357911	0.2469665	2.468855	0.0122059	3	14.85 b

Fonte: O Autor (2015)

A tabela 3 indica que a metodologia de anatro digital difere da metodologia manual e Lintab para a estimativa do DAP. Essa diferença pode ser visualizada no (Gráfico 1), mostrando que as larguras dos anéis de crescimento pela técnica 3 forneceu valores maiores em comparação aos outros métodos (1 e 2) consequentemente atribuindo maiores valores de diâmetro à altura do peito, e aumentando a diferença entre os tratamentos.

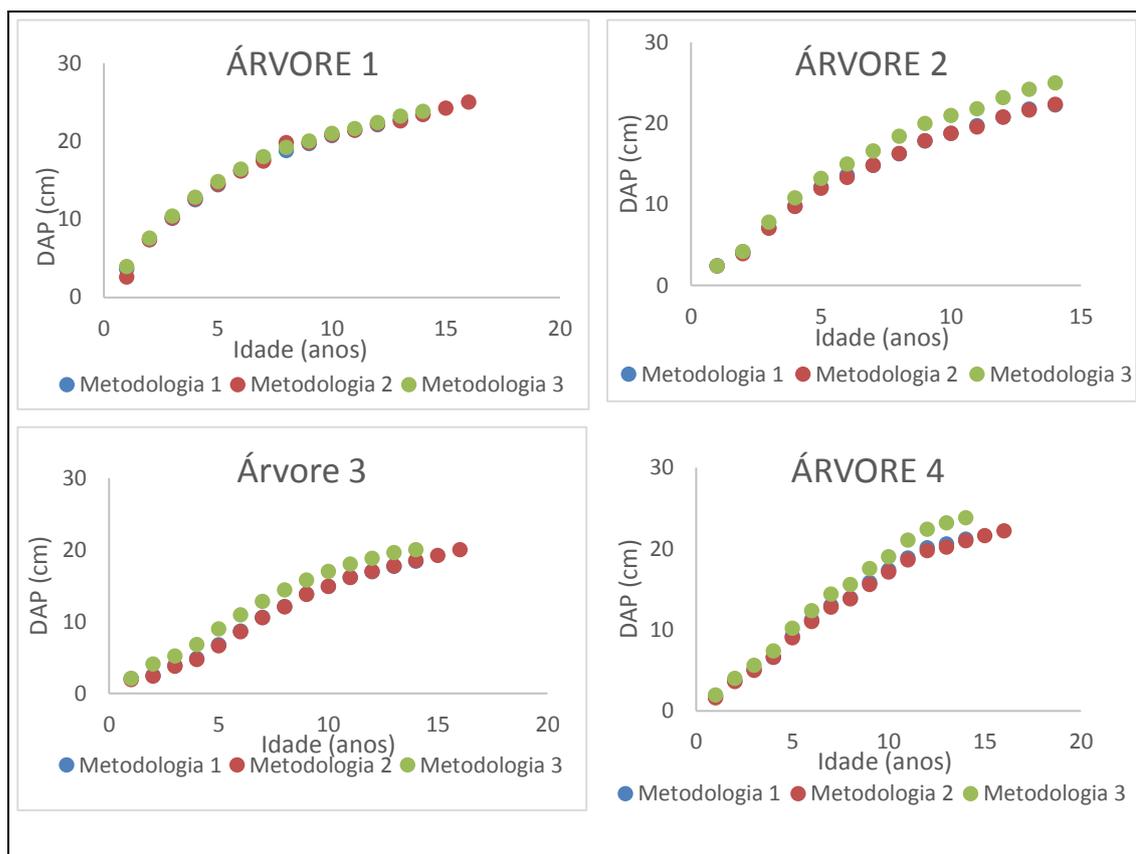


Gráfico 1 - Comparação entre a metodologia digital na obtenção dos valores de DAP em relação às metodologias manual e Lintab para espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR

Fonte: O Autor (2015)

Uma possível explicação para essa diferença obtida nos valores de largura dos anéis, pode estar relacionada à altura da superfície medida no disco em relação ao papel milimetrado utilizado como referência para o georreferenciamento da imagem. Além disso, pode ser citado a distorção da imagem decorrente da câmera fotográfica, pois segundo Leite (2008, s/ p.) toda câmera gera distorções da realidade, podendo ser em proporção, tamanho, perspectiva ou cor, não existe fotografia que reproduza exatamente a realidade.

Ainda, segundo Paula, et al. (2010, s/p.) esse procedimento é realizado com a distribuição de pontos com coordenadas conhecidas sobre a imagem, e a qualidade deste trabalho está ligada à precisão de como os pontos foram obtidos, à quantidade de pontos, sua distribuição sobre a imagem e sua marcação.

Então, pequenos erros podem ser empregados nesse processo de distribuição de pontos, e como esse estudo trata-se de medições na casa do milímetro, essas pequenas diferenças se pronunciam.

Como estatisticamente não houve diferença significativa entre as metodologias, considerou-se o método Lintab como o mais confiável e o verdadeiro, devido a utilização de estereoscópio, o que torna a mensuração dos anéis de crescimento mais precisa, fornecendo medição micrométrica.

Santos (2006, p. 86) concluiu em seu estudo de recomposição do crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze pela análise de tronco, que o sistema Lintab mostrou-se eficiente, e permitiu a mensuração dos anéis em escala de milésimos de milímetros, incluindo ainda aqueles com baixo incremento.

Assim, utilizou-se a técnica Lintab como comparativo para demonstrar a porcentagem de erro existente nos valores observados das variáveis, ao aplicar a metodologia manual e a digital através da elaboração dos (Gráficos 2 e 3).

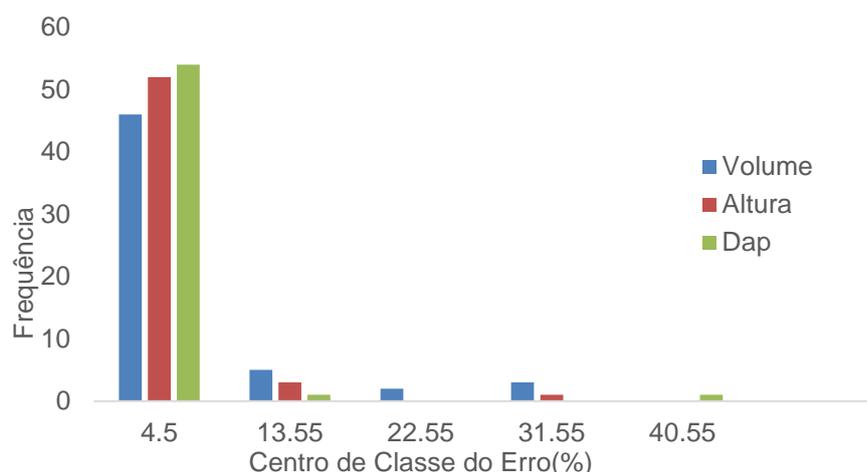


Gráfico 2 – Porcentagem de erro gerada na estimativa das variáveis volume, altura e dap, ao aplicar a metodologia de análise de tronco manual em relação a metodologia com Lintab em indivíduos de *Hovenia dulcis* Thunb.

Fonte: O Autor (2015)

Ao fazer o uso da técnica manual, as maiores frequências de porcentagem de erro encontram-se no centro de classe de 4,5 % (mais baixa porcentagem de erro),

ocorrendo igualmente, para as três variáveis (altura, DAP e volume). E o maior erro em porcentagem está situado na média de classe 40,55%.

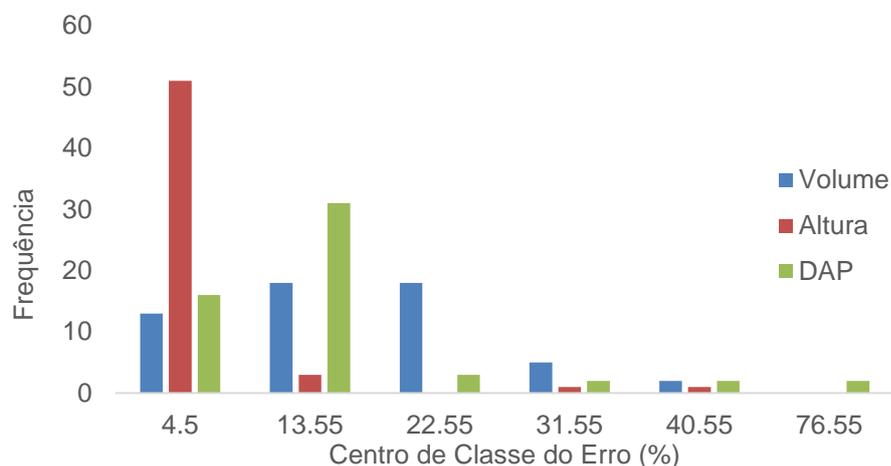


Gráfico 3 – Porcentagem de erro gerada na estimativa das variáveis volume, altura e dap, ao aplicar a metodologia de análise de tronco digital em relação a metodologia Lintab em indivíduos de *Hovenia dulcis* Thunb.
 Fonte: O Autor (2015)

O gráfico 3 revela maiores variações de porcentagens de erro nas medições das variáveis estudadas. Ao analisar o erro do volume, pelo método digital modificado, os erros 4,4%, 13,55% e 22,55% apresentaram as maiores frequências, sendo que o maior erro em porcentagem registrado foi de 44,37%. Para a altura os erros mostraram-se menores em relação ao volume, com maior frequência no centro de classe 4,5%. Já para o dap o centro de classe 13,55% de erro foi o que apresentou maior frequência, 31 valores.

Na comparação dos gráficos acima percebe-se que a anatro manual infere quantidades maiores de erro em baixas porcentagens, diferentemente, da prática digital modificada em que os erros percentuais não se concentram em um único centro de classe, e sim variam entre as variáveis volume, altura e dap. Isso mostra, que mesmo os métodos não diferirem estatisticamente entre si, os valores encontrados na mensuração das larguras dos anéis de crescimento foram diferentes em cada método. Sendo assim, ao comparar as metodologias manual e digital em relação a Lintab, como a técnica manual apresentou as maiores frequências das

porcentagens de erro nas menores classes de porcentagem de erro, essa seria a metodologia mais confiável após a técnica pela ferramenta Lintab.

4.2 TESTE DE MODELOS PARA AS VARIÁVEIS VOLUME, DAP E ALTURA DOS DADOS OBTIDOS NO MÉTODO LINTAB

A partir dos dados mensurados pelo Lintab, foi construído o gráfico 4 com os valores de volume das quatro árvores estudadas (A, B, C e D) em função da idade.

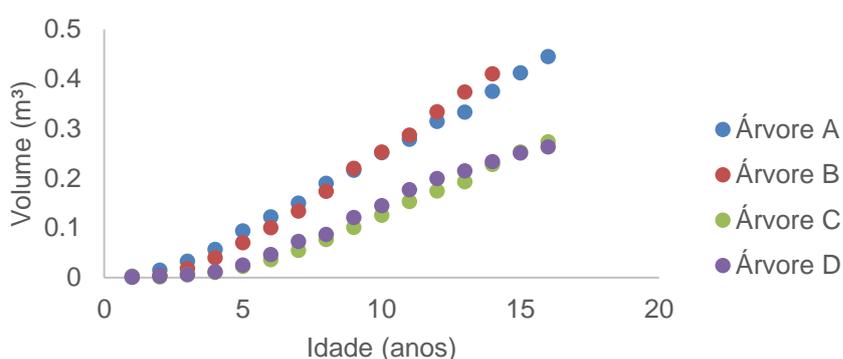


Gráfico 4: Volumes obtidos na técnica de análise de tronco completa pela ferramenta Lintab, de quatro indivíduos da espécie de *Hovenia dulcis* Thunberg, Dois Vizinhos, PR. Fonte: O Autor (2015)

O gráfico 4 indica que as árvores A e B seguem o mesmo crescimento em volume, e diferem do crescimento apresentado pelas árvores C e D. Esse fato pode talvez ser esclarecido pelas condições da área de desenvolvimento encontradas pelos indivíduos como competição, oferta de luminosidade e água. As árvores A e B mostram maior volume em comparação a mesma idade dos outros dois indivíduos, o que sugere que as mesmas não sofriram influência desses fatores, pelo que pode ser observado no gráfico.

O fator competição ou espaço foi registrado por Silveira (2014, p.89) para as espécies *Trichilia clausenii* e *Matayba elaeagnoides* de um fragmento da Floresta Estacional Subtropical em Tupancy, município de São Sepé, Rio Grande do Sul.

Esse estudo mostrou que as espécies crescem mais quando não sofrem com concorrência, e podem gerar um acréscimo significativo em área basal e conseqüentemente em volume.

O mesmo modelo de gráfico foi elaborado para as variáveis altura e DAP (Figura 6a e 6b), com o intuito de verificar se também existe semelhança entre os grupos de indivíduos A e B, e C e D para essas variáveis, como encontrado para o volume (Gráfico 4).

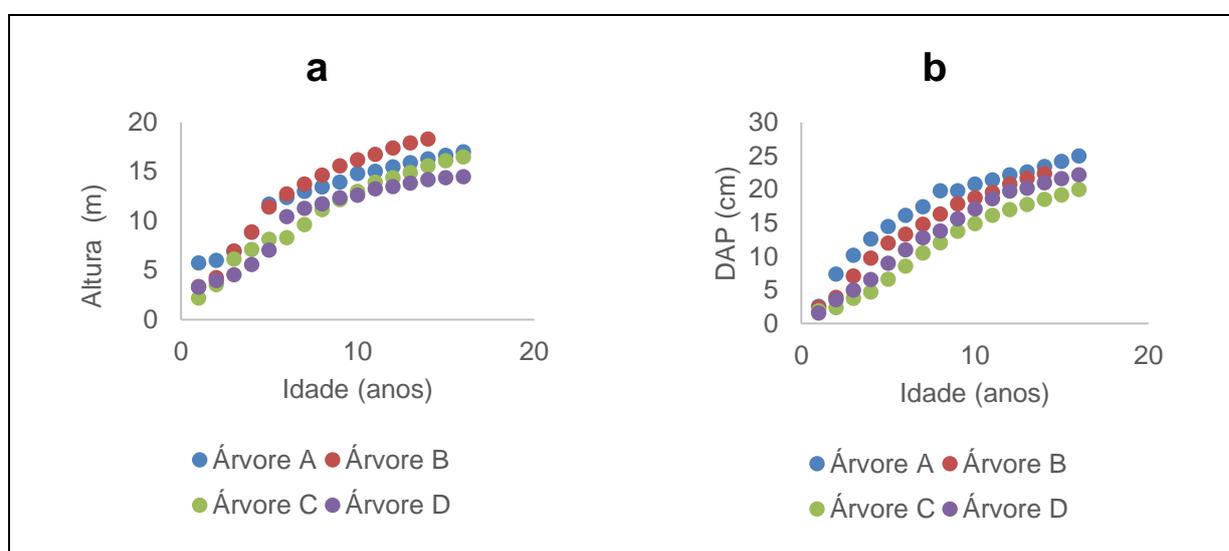


Figura 6 - Valores de altura e DAP obtidos na técnica de análise de tronco completa pela ferramenta Lintab, de quatro indivíduos da espécie de *Hovenia dulcis* Thunberg, Dois Vizinhos, PR. 6a – Gráfico dos valores de altura. 6b - Gráfico dos valores de DAP

Fonte: O Autor (2015)

Como visto no comportamento das variáveis altura e DAP para as árvores A e B apresentam desenvolvimento semelhantes, assim como para as árvores C e D. Porém essa diferença entre os conjuntos de árvores não é vista com tanta evidência quando comparada com o gráfico do volume (Gráfico 4), mas as árvores A e B estão em um nível acima dos indivíduos C e D.

Segundo Encinas et al. (2005, p.24-25) o crescimento em altura e diâmetro sofrem influências dos mesmos fatores do crescimento em volume. Esses fatores podem não ser controláveis como por exemplo os fatores genéticos, e das relações com o ambiente, além desses podem ser citados os fatores climáticos, pedológicos,

topográficos, biológicos e a competição, já citada anteriormente. Isso explica a semelhança na distribuição gráfica dessas três variáveis estudadas.

Por isso, testou-se modelos de crescimento separadamente para as árvores semelhantes, A e B e posteriormente para os indivíduos C e D. Desse modo, foram realizados os ajustes de modelos de regressão para cada variável (volume, DAP e altura) em função da idade para cada conjunto de dados (A e B, C e D).

4.2.1 Teste de Modelos de Crescimento em Volume para a Espécie *Hovenia dulcis* Thunb.

Ao realizar o ajuste dos modelos matemáticos para o conjunto de dados do volume das árvores A e B foi possível a obtenção dos valores do erro padrão de estimativa de regressão não linear (Syx) e o erro de estimativa em porcentagem (Syx%) e seus coeficientes (b0, b1 e b2) (Tabela 4).

Tabela 4 – Variáveis resposta do teste de modelos para estimativa do volume, realizados para as árvores A e B à espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR.

Modelos	Syx	Syx%	b0	b1	b2
1	0.24355	128.21	-6.53597	2.92647	-0.30188
2	0.01432	7.54	-0.89385	-0.84971	1.029701
3	0.01347	7.09	1.00312	13.49994	-
4	0.01432	7.54	-0.89385	0.950617	-0.02926
5	0.01056	5.56	0.74481	0.10570	2.53629

Modelos: (1) Backman (2) Mitscherlich, (3) Schumacher, (4) Chapman-Richards, (5)

Fonte: O Autor (2015)

Pode ser observado que o modelo 1 apresentou o maior erro de estimativa, indicando que este não é adequado para a estimativa do volume das árvores A e B. Pois quanto maior for o erro padrão menor será a confiança em relação aos valores estimados do modelo. Como o modelo de Backman (1) é linear, e segundo Mattos (2013, p.16), uma vez que muitos fenômenos comumente não são lineares, em algumas ocasiões modelos não lineares podem ser mais adequados que modelos lineares

E os modelos que apresentaram menores erros de estimativa para o volume foram modelos não lineares, 5 (5,56%) e 3 (7,09%). Com isso cabe a análise dos gráficos dos resíduos e ajuste para os dois modelos que obtiveram menores erros, objetivando a escolha do melhor modelo testado (Figura 7).

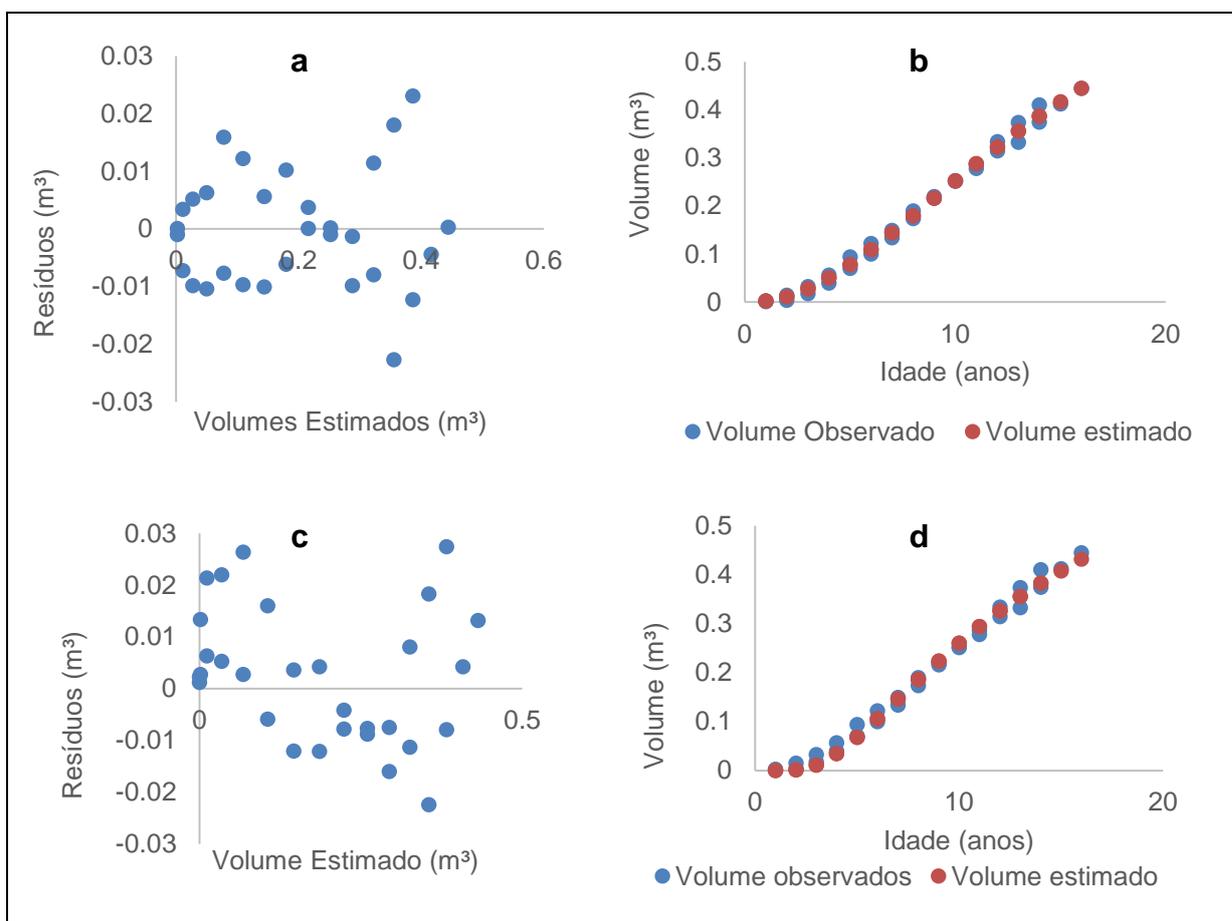


Figura 7 – Gráficos dos Resíduos e Ajuste dos modelos 5 e de Schumacher para variável volume das árvores A e B da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 7a: Resíduos do modelo 5 em função da estimativa do volume. 7b: Ajuste do volume em função da idade do modelo 5. 7c: Resíduos do modelo de Schumacher em função da estimativa do volume. 7d: Ajuste do volume em função da idade do modelo de Schumacher.

Fonte: O Autor (2015)

Ao comparar os gráficos de resíduo e dispersão gerados pelos modelos 3 e 5, pode-se afirmar que o modelo que melhores resultados apresentou, entre os testados, foi o modelo 5. Os resíduos distribuíram-se de forma mais aleatória em torno da reta se comparado com o modelo de Schumacher (3), além disso, o modelo 5 ajustou bem o volume, seguindo perfeitamente a linha dos valores observados, e o valor do Syx% foi o mais baixo encontrado (5,56%).

Também foi realizado o ajuste de modelos de volume para o conjunto de dados das árvores C e D, com esse foi possível a confecção da (Tabela 5), que auxiliou na escolha do modelo que melhor se ajusta.

Tabela 5 - Variáveis resposta do teste de modelos para estimativa do volume realizados para as árvores C e D da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR.

Modelo	Syx	Syx%	bo	b1	b2
1	0.195888	176.32	-7.3166	-0.805759	2.27933
2	0.01294	11.65	-0.2251	-0.19459	1.06173
3	0.007613	6.85	0.84140	18.21211	-
4	0.01294	11.65	-0.2251	0.86422	0.05990
5	0.007635	6.87	0.39379	0.15789	4.62105

Modelos: (1) Backman (2) Mitscherlich, (3) Schumacher, (4) Chapman-Richards, (5) Fonte: O Autor (2015)

Assim como ocorrido para as árvores A e B, o modelo 1 foi o que revelou pior resultado, e os melhores modelos foram os mesmos: o modelo de Schumacher (3) e o modelo 5. Com isso, novamente, fez-se a comparação dos resíduos e ajustes gerados por cada modelo destaque (Figura 8).

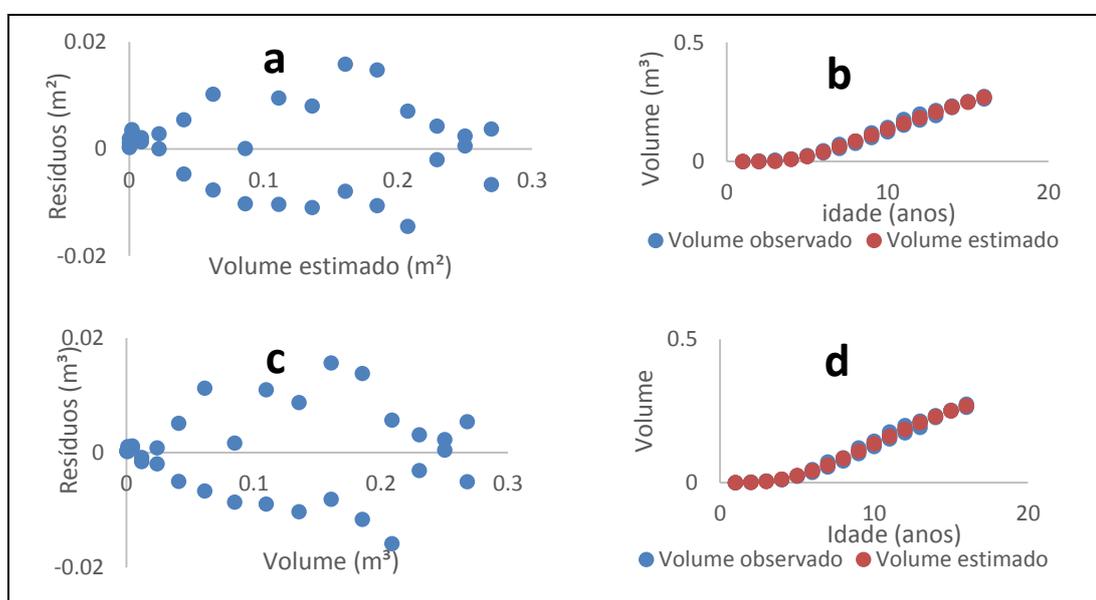


Figura 8 – Gráficos dos Resíduos e Ajuste dos modelos de Schumacher (3) e 5 para variável volume das árvores C e D da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 8a: Resíduos do modelo de Schumacher em função da estimativa do volume. 8b: Ajuste do volume em função da idade do modelo de Schumacher. 8c: Resíduos do modelo 5 em função da estimativa do volume. 8d: Ajuste do volume em função da idade do modelo 5.

Fonte: O Autor (2015)

Os gráficos dos modelos de 3 e 5 mostram-se muito parecidos, apresentam boas distribuições dos resíduos e seguem uma boa estimativa do volume. Assim sendo, optou-se pela escolha do modelo de Schumacher (3) como sendo o melhor modelo para a estimativa do volume para os indivíduos C e D, pois o mesmo além dos bons resultados de dispersão gráfica, consta com o menor valor em porcentagem de erro de estimativa (6,85%).

O modelo de Schumacher (3) também obteve melhor desempenho, quando comparado a outros modelos, no estudo de crescimento em volume da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., encontrada na região sul de Blumenau realizado por Eleotério et al. (2011, p. 737).

4.2.2 Teste de Modelos de Crescimento em Diâmetro a Altura do peito para a Espécie *Hovenia dulcis* Thunb.

Tabela 6 - Variáveis resposta do teste de modelos para estimativa do DAP realizados para as árvores da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR.

Árvores	Modelo	Syx	Syx%	b0	b1	b2
A e B	1	0.121	0.75	0.907592	1.30695	-0.17491
	2	1.247	7.78	27.3159	28.1585	0.8742
	3	1.464	9.14	29.5033	3.8375	-
	4	1.247	7.78	27.31590	1.03085	0.13444
	5	1.256	7.84	27.1795	0.1398	1.0851
C e D	1	0.135	1.06	0.467740	1.007813	-0.01545
	2	1.224	9.62	35.05452	36.43493	0.93946
	3	1.339	10.52	31.9136	6.8233	-
	4	1.224	9.62	35.05434	1.03938	0.06245
	5	1.159	9.11	26.44665	0.12785	1.57288

Modelos: (1) Backman, (2) Mitscherlich, (3) Schumacher, (4) Chapman-Richards, (5) Fonte: O Autor (2015)

Para as árvores A e B o modelo que melhor resultado apresentou para a estimativa do DAP, foi o modelo de Backman (1). Este gerou o menor erro para estimativa em porcentagem (0,75%), e também gerou o melhor ajuste, assim como a melhor distribuição dos resíduos (Figura 9).

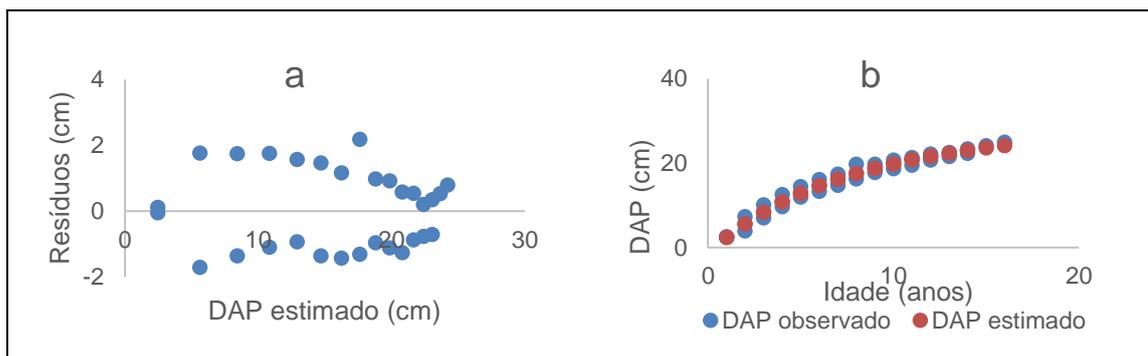


Figura 9 – Gráficos dos Resíduos e Ajuste do modelo de Backman para variável volume das árvores C e D da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 9a: Resíduos do modelo de Backman em função da estimativa do volume. 9b: Ajuste do volume em função da idade do modelo de Backman.

Fonte: O Autor (2015)

Já para as árvores C e D, apesar do erro baixo de estimativa gerado pelo modelo 1, o mesmo apresentou resultados pouco satisfatórios de distribuição dos resíduos (Figura 10a). Assim, optou-se por escolher o modelo 5 como o melhor para a estimativa de DAP, pois o mesmo apesar de apresentar Syx% maior do que o encontrado pelo modelo de Backman, mostrou melhores resultados da dispersão dos resíduos (Figura 10c)

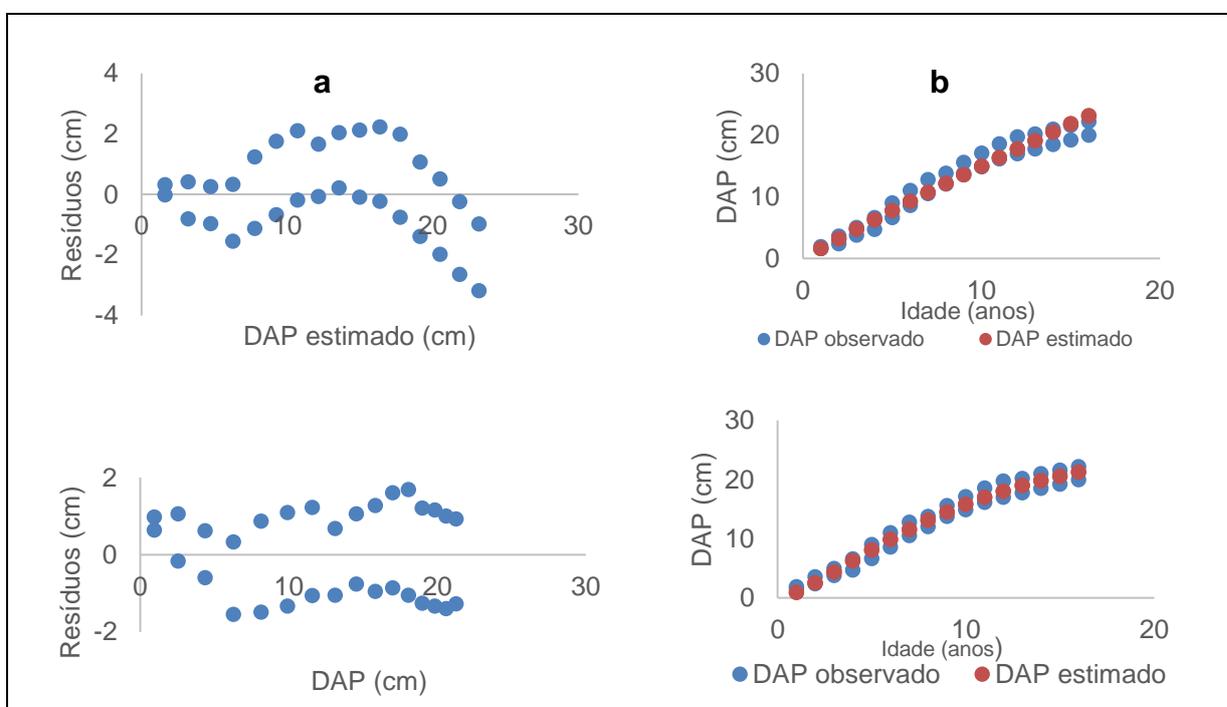


Figura 10 – Gráficos dos Resíduos e Ajuste do modelo de Backman para variável DAP das árvores C e D da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 10a: Resíduos do modelo de Backman em função da estimativa do volume. 10b: Ajuste do volume em função da idade do modelo de Backman. 10c: Resíduos do modelo 5 em função da estimativa do volume. 10d: Ajuste do volume em função da idade do modelo 5.

Fonte: O Autor (2015)

4.2.3 Teste de Modelos de Crescimento em Altura para a Espécie *Hovenia dulcis* Thunb.

Tabela 7 - Variáveis resposta do teste de modelos para estimativa da altura realizados para árvores da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR.

Árvores	Modelo	Syx	Syx%	b0	b1	b2
A e B	1	0.1292	1.02	1.359661	0.67471	-0.03817
	2	0.9222	7.25	18.97399	18.10877	0.85063
	3	1.258	9.89	20.5246	2.8840	-
	4	0.9222	7.25	18.97400	0.95440	0.16178
	5	0.9377	7.38	18.81767	0.16461	0.93443
C e D	1	0.1075	1.01	0.916197	0.74896	-0.02414
	2	0.7405	6.98	19.08575	18.77801	0.89790
	3	1.053	9.93	19.668	4.179	-
	4	0.7405	6.98	19.08584	0.98387	0.10770
	5	0.7442	7.02	18.63482	0.11523	1.00348

Modelos: (1) Backman, (2) Mitscherlich, (3) Schumacher, (4) Chapman-Richards, (5) Fonte: O Autor (2015)

A tabela 7 mostra que os menores erro de estimativa para a variável altura das árvores estudadas foi dado pelo modelo de Backman (1), com aproximadamente 1%, somente, de erro padrão de estimativa. Porém, os resíduos não mostraram bons resultados (Figura 11).

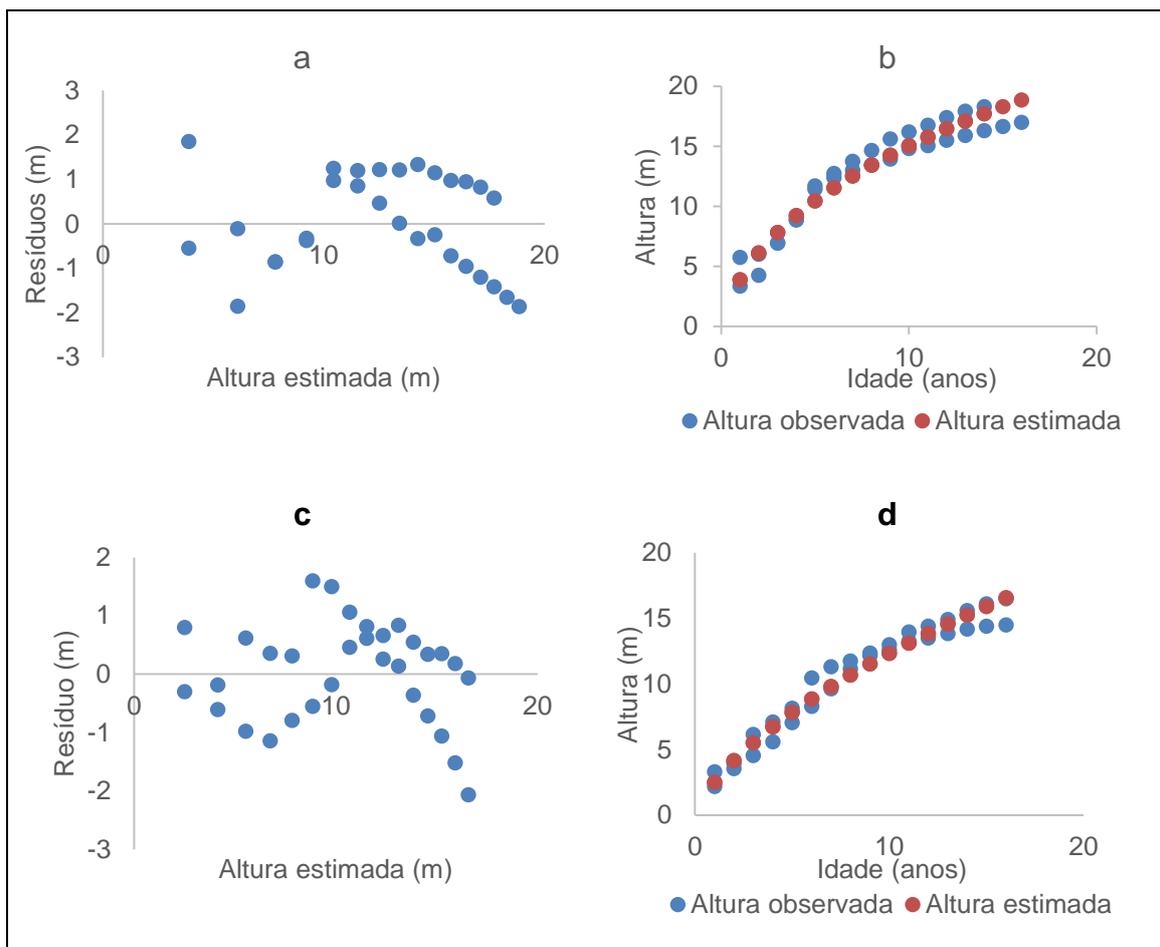


Figura 11 – Gráficos dos Resíduos e Ajuste do modelo de Backman para variável altura das árvores da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 11a: Resíduos do modelo de Backman em função da estimativa da altura das árvores A e B. 11b: Ajuste da altura das árvores A e B em função da idade do modelo de Backman. 11c: Resíduos do modelo de Backman em função da estimativa da altura das árvores C e D. 11d: Ajuste da altura das árvores C e D em função da idade do modelo de Backman.

Fonte: O Autor (2015)

Sendo assim, foi realizado a análise gráfica dos modelos que em segundo lugar apresentaram menores valores de erro padrão de estimativa (Figura 12 e 13). Esses são os modelos de Mitscherlich (2) e Chapman-Richards (4), ambos com mesmos valores de $Syx\%$, 7,25% para as árvores A e B; e 6,98% para os indivíduos C e D.

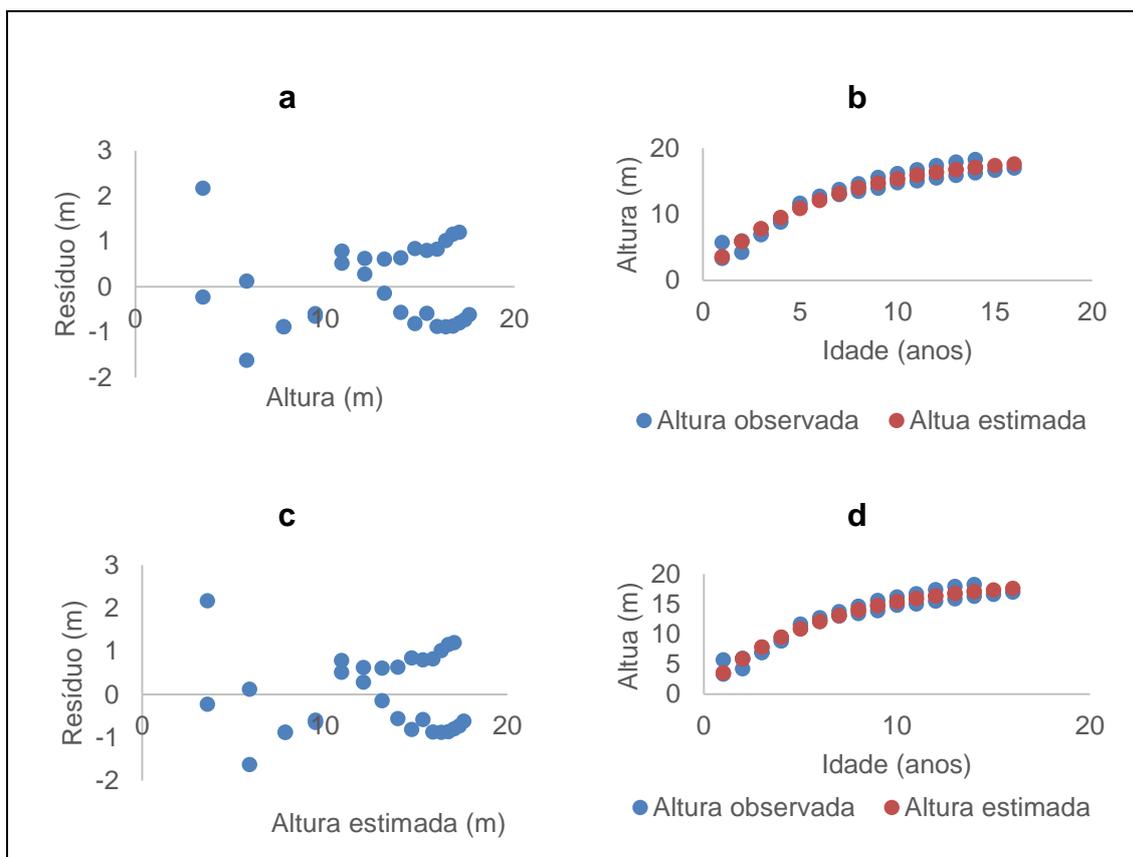


Figura 12 – Gráficos dos Resíduos e Ajuste dos modelos de Mitscherlich e Chapman-Richards e para variável altura das árvores A e B da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 12a: Resíduos do modelo de Mitscherlich em função da estimativa da altura. 12b: Ajuste da altura em função da idade do modelo de Mitscherlich. 12c: Resíduos do modelo de Chapman-Richards em função da estimativa da altura. 12d: Ajuste da altura em função da idade do modelo de Chapman-Richards.

Fonte: O Autor (2015)

Pela análise gráfica (Figura 12), os modelos de Mitscherlich (2) e Chapman-Richards (4) mostram iguais distribuições de resíduo e ajuste, ressaltando que não há diferença na estimativa das alturas das árvores A e B entre esses modelos. Os ajustes das alturas por esses modelos revelaram resultados satisfatórios e a distribuição dos resíduos mostram-se melhores que aqueles gerados pelo modelo de Backman (1).

Por essa razão, os modelos com melhores performance entre os testados para a estimativa da altura dos indivíduos A e B foram os modelos de Mitscherlich (2) e Chapman-Richards (4), não havendo distinção entre os mesmos.

Para as árvores C e D, os dois modelos (Mitscherlich e Chapman-Richards) apresentaram boa distribuição gráfica (Figura 13), e visualmente, os resultados

mostram-se semelhantes. Indicando que ambos os modelos são adequados para a estimativa da altura, assim como sucedeu para as árvores A e B.

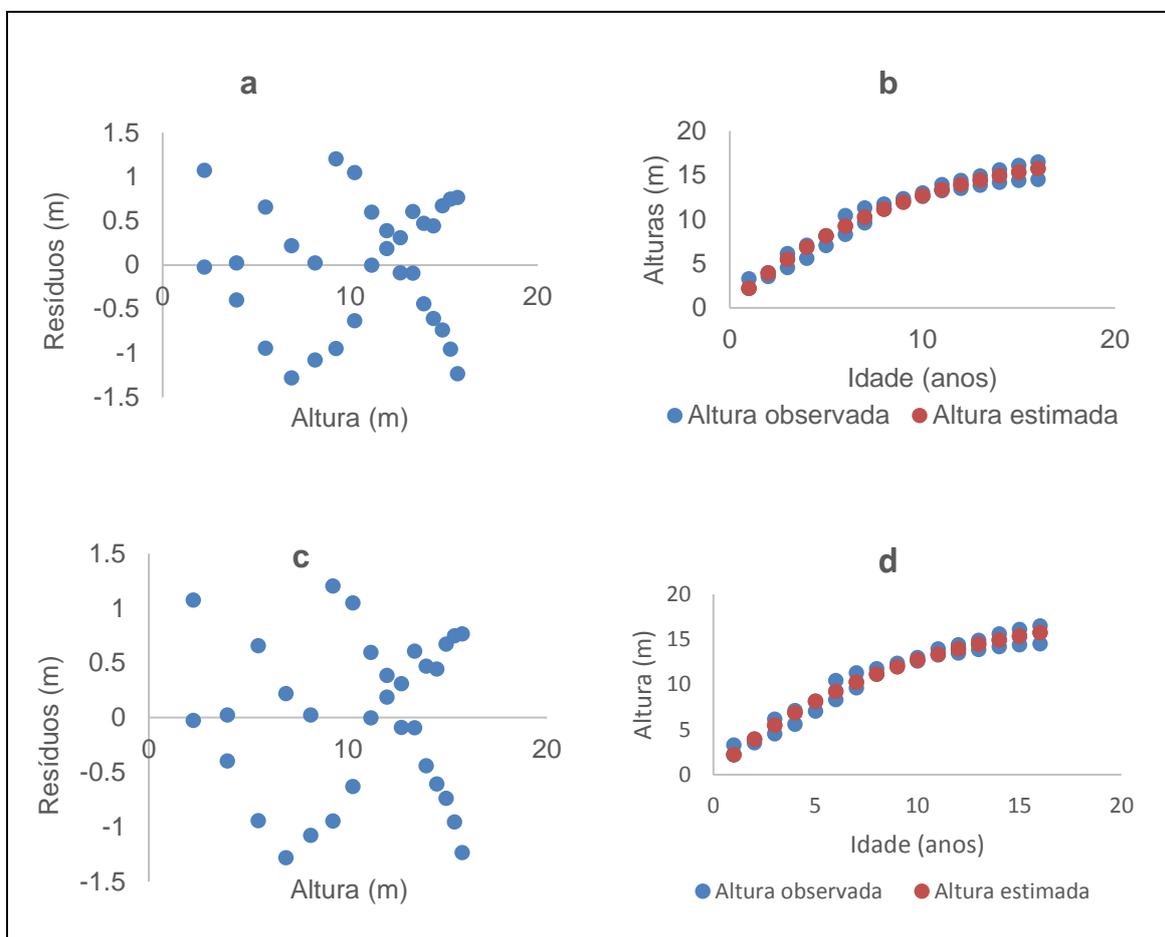


Figura 13 – Gráficos dos Resíduos e Ajuste dos modelos de Mitscherlich e Chapman-Richards e para variável altura das árvores C e D da espécie *Hovenia dulcis* Thunb., Dois Vizinhos-PR. 13a: Resíduos do modelo de Mitscherlich em função da estimativa da altura. 13b: Ajuste da altura em função da idade do modelo de Mitscherlich. 13c: Resíduos do modelo de Chapman-Richards em função da estimativa da altura. 13d: Ajuste da altura em função da idade do modelo de Chapman-Richards.

Fonte: O Autor (2015)

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados e nas suas interpretações pode-se concluir que as três metodologias estudadas não diferem significativamente entre si para a obtenção das variáveis altura e volume, porém diferem ao adquirir os valores da variável DAP.

O melhor modelo para ajuste do volume para as árvores A e B foi o de 5, $v = 0,74481 \cdot [1 - \exp(0,10570 \cdot t)]^{2,53629}$, com erro padrão de 5,56%. E para as árvores C e D o melhor modelo ajustado para o volume foi o de Schumacher, $v = 0,84140 \cdot \exp(-18,21211 \cdot 1/t)$.

Para a estimativa do DAP das árvores A e B, o modelo de Backman, $\ln DAP = 0,907592 + 1,30695 \cdot \ln t + (-0,17491) \cdot \ln^2 t$, apresentou melhor ajuste com erro padrão de 0,75%. O modelo 5, $DAP = 26,44665 \cdot [1 - \exp(0,12785 \cdot t)]^{1,57288}$, foi o que melhor estimou o DAP para as árvores C e D, com valor de erro padrão igual a 9,11%.

Dois modelos apresentaram os melhores resultados para a estimativa da altura dos indivíduos A e B, Mitscherlich, $h = 18,97399 - 18,10877 \cdot 0,85063^t$, e Chapman-Richards, $h = 18,97400 \cdot [1 - 0,95440 \cdot \exp(-0,16178 \cdot t)]$, os dois com 7,25% de erro padrão da estimativa. Assim como para as árvores C e D, a altura foi melhor estimada pelos modelos de Mitscherlich, $h = 19,08575 - 18,77801 \cdot 0,89790^t$, e Chapman-Richards, $h = 19,08584 \cdot [1 - 0,98387 \cdot \exp(-0,10770 \cdot t)]$.

REFERÊNCIAS

BOTOSSO, Paulo Cesar; MATTOS, Patrícia Póvoa de. **Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. Disponível em: <<http://www.floraef fauna.com/artigos/01%2007%2004%20Conhecer%20a%20Idade%20das%20Arvores%20Importancia%20e%20Aplicacao.PDF>>. Acesso em 30 out. 2014.

BRASIL. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural. **Apoio no gerenciamento da execução do plano de ação do programa de desenvolvimento Florestal do vale do Parnaíba (PDFLOR-PI)**. Curitiba, 2009

CAMPOS, João Carlos Chagas; LEITE, Helio Garcia. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. Ed. Minas Gerais: UFV, 2013.

CARPANEZZI, Antonio Aparecido; NEVES, Edinelson José Maciel; AGUIAR, Ananda Virgínia de; SOUSA, Valderês Aparecida de. **Espécies Lenhosas Alternativas para Fins Econômicos no Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. **Ecologia, silvicultura e usos da uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg)**. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/circtec/edicoes/circ-tec23.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2014.

CHAGAS, Matheus P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia petaphylla* Hemsli. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CUNHA, Ulisses Silva da. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Manaus. 2004. 58 f. Disponível em: <<http://engenhariaflorestal.jatai.ufg.br/up/284/o/dendroinv.pdf>>. Acesso em 30 de out. 2014.

DALAZOANA, Regiane. **Implicações na cartografia com a evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e futura adoção do SIRGAS**. 130p. Tese de Doutorado em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, 2001.

ELEOTÉRIO, Jackson Roberto; PELLENS, Gabriel Corso; COMMANDULI, Marcelo Jorge. Crescimento em diâmetro, altura e volume de *Hovenia dulcis* NA Região Sul de Blumenau, SC. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 42, n. 4, p. 733 - 740, out./dez. 2012.

EMBRAPA-CNPS- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA- CNPS, 2006. 412 p.

ENCINAS, José Imaña; SILVA, Gilson Fernandes da; PINTO, José Roberto Rodrigues. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2005.

FERREIRA, Maria Zélia; SCOLFORO, José Roberto. Métodos para estimativa da altura por meio de análise de tronco In: SCOLFORO, J. R. **Biometria Florestal: Modelos de Crescimento e Produção Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. P. 63-82.

FINGER, César Augusto Guimarães. **Biometria florestal**. Santa Maria, RS: Universidade federal de Santa Maria, 2006.

GARCIA, Gilberto José. **Sensoriamento Remoto: princípios e interpretação de imagens**. São Paulo: Nobel, 1982. 357 p.

INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Sistema de Monitoramento Agroclimático do Paraná**. 2008. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/863141/1/Cot205.pdf>>. Acesso em: 29 de jan de 2014.

KOHLER, Sintia Valerio. **Evolução do Afilamento do Tronco e do Sortimento em Plantios de pinus taeda nos Estados do Paraná e Santa Catarina**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

LEITE, Enio. **Curso, workshop e safáris fotográficos: natureza e macrofotografia**. 8. Ed. 2008. Disponível em: <<http://www.contatozine.com.br>>. Acesso em 20 mai. 2015.

LORENZI, Harri; SOUZA, Hermes Moreira de; TORRES, Mario Antonio Virmond; BACHER, Luis Benedito. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.

MAAK, Reinhard. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Banco de desenvolvimento do Paraná, 1968. 350 p.

MACHADO, Sebastião do Amaral; FILHO, Afonso Figueiredo. **Dendrometria**. 2. Ed. Guarapuava, PR: Unicentro, 2009.

MACHADO, Sebastião do Amaral; SILVA, Luís Cesar Rodrigues da; JASKIUI, Eldemar; CAVALHEIRO, Ricardo. Comparação entre análise de tronco digital e convencional em árvores de *mimosa scabrellabenthani* e *pinus taeda* L. **Revista Árvore**, vol. 37, n.2. Viçosa. 2013.

MATTOS, Patrícia Povoá de; BRAZ, Evaldo Munos; HESS, André Felipe; SALIS, Suzana Maria. **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**. Colombo: Embrapa Florestal, 2011. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/898053/1/Doc218.pdf>>. Acesso em 30 out. 2014.

MATTOS, Thalita do Bem. **Modelos Não Lineares e suas Aplicações**. 2013. 58 f. Monografia (Bacharel em Estatística) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas, Juiz de Fora, 2013.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2001. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br/sensor_remoto/Apostila_Sensoriamento_Remoto_Evlyn_Flavio.pdf>. Acesso em 26 nov. 2014.

PANCHER, Andréia Medinilha; FREITAS, Maria Isabel Castreghini de. **Georreferenciamento**. UNESP: Rio Claro, São Paulo. Disponível

em:<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/sist_inf_geografica/Aula5_6/georreferenciamento.pdf>. Acesso em 26 nov. 2014.

PICK-UPAU; PICOLO, Gabriela; SPAOLONZI, Karina; ANDRADE. J. & NASCIMENTO Andrea do; HOLLNAGEL, Heloisa Candia. Inventário Preliminar Florístico do Estrato Arbóreo-arbustivo da Terra Indígena Guarani Tenonde Porã. Catalogação Florística. Volume 01. **Darwin Society Magazine**. São Paulo. v.6 n.6, p 114, 2012. Disponível em: <http://www.pick-upau.org.br/ong/publicacoes_pick-upau/darwin_society_magazine_volume06_catalogacao_floristica_tenonde_pora/revista_darwin_society_magazine_edicao06_catalogacao_floristica_aldeia_tenonde_pora.pdf>. Acesso em 27 nov. 2014.

RIGATTO, Patrícia Aparecida; PEREIRA, José. Carlos Duarte; MATTOS, Patrícia Póvoa de; SCHAITZA, Erich Gomes. **Características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Hovenia dulcis***. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2001.

ROSOT, Maria Augusta Doetzer. **Processamento digital de imagens aplicado à medição de anéis de crescimento na análise de tronco**. 2002. 206 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ROSOT, Maria Augusta Doetzer; FILHO, Afonso Figueiredo; DISPERATI, Attilio Antonio; EMERENCIANO, Dartagnan Baggio. Análise de tronco digital: uma nova metodologia para a medição de anéis de crescimento. **Revista Floresta**, v.33, n.3, p.235-255, 2003.

SANTOS, Wagner Corrêa. **Análise de características dendrométricas e fatores edáficos no crescimento e produção de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze**. 2006. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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

SCOLFORO, José Roberto Soares. **Biometria Florestal: Modelagem de Crescimento e Produção Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393p.

SILVA, Ardemirio, Barros. Sistema de Informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos. Editora da Unicamp. Campinas: 1999.

SILVEIRA, Bruna Denardin da. **Fitossociologia, crescimento e competição de três espécies nativas da floresta estacional semidecidual da região central do Rio Grande do Sul 2014**. 2014. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

STEPKA, Thiago Floriani. **Modelagem do Crescimento e Dendrocronologia em Árvores Nativas de Araucaria angustifolia, Cedrela fissilis e Ocotea porosa no Sul do Brasil**. 2012. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

WOLFF II, Neumar Irineu. **Modelagem do crescimento e da produção de Pinus taeda L.** 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2012.