

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

SANDRA MARA KREFTA

**RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA E MORFOMETRIA DA COPA PARA
POVOAMENTO DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. EM DOIS
VIZINHOS, PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2015

SANDRA MARA KREFTA

**RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA E MORFOMETRIA DA COPA PARA
POVOAMENTO DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. EM DOIS
VIZINHOS, PARANÁ**

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 Engenheira Florestal.

Orientadora: Prof. Dr^a. Veridiana Padoin Weber

DOIS VIZINHOS

2015

K92r Krefta, Sandra Mara.
Relação hipsométrica e morfometria da copa para povoamento de Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan. em Dois Vizinhos, Paraná / Sandra Mara Krefta – Dois Vizinhos :[s.n], 2015.
88f.: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.69-78

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

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

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



TERMO DE APROVAÇÃO

RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA E MORFOMETRIA DA COPA PARA POVOAMENTO DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. EM DOIS VIZINHOS, PARANÁ

por

SANDRA MARA KREFTA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 05 de fevereiro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Veridiana Padoin Weber
Orientador(a)

Prof. Dr. Elisabete Vuaden
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dr. Maurício Romero Gorenstein
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Aos meus pais, Albino e Janete e à minha irmã
Sandiane, por todo apoio e amor recebidos.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me abençoar e nunca me abandonar.

Aos meus pais, Albino e Janete, por servirem como inspiração e exemplo para que eu conseguisse percorrer essa caminhada, além de estarem, apesar da distância, sempre presentes em minha vida me amando incondicionalmente. Vocês são tudo para mim!

À minha irmã Sandiane por ser além de irmã, minha amiga confiante, meu porto seguro, e por me fazer entender o verdadeiro significado de lutar na vida para ser exemplo de quem tanto amamos. Amo muito você!

Ao meu “namorado” Edson, por estar do meu lado em todas as situações me dando muito apoio, amor e carinho, sendo um verdadeiro companheiro. Sem você eu não teria chegado até aqui. Eu te amo!

À minha eterna amiga Renata Regina Steffani, por ter me inscrito no curso que agora concluo, e pela amizade verdadeira que foi construída ao longo dos anos, e que apesar da distância continua firme e forte. Você é muito importante para mim!

À Ana Regina Junges por toda amizade, incentivo e pensamentos de tranquilidade e positivismo repassados ao longo do tempo. Adoro muito você!

Aos amigos, Aline D. Germano, João Vítor Frigeri, Luana Maria dos Santos, Luísa Carolina Silva Lelis, Matheus da Fonseca Silva, Mayara Luma Ferreira e Renata P.Reffatti, por fazerem minha vida mais divertida e por aguentarem minha “insanidade” durante esses anos de graduação. Gosto muito de vocês!

À minha equipe de coleta e tabulação de dados Ademir de Holanda, Edson R. Junges, José da Rosa Jr, Henrique M. Dias, Hugo O. Santos, Luana M. dos Santos e Sandiane Carla Krefta. Graças à vocês o trabalho tornou-se muito mais alegre. Muito Obrigada!

À minha orientadora, Veridiana Padoin Weber por toda paciência, dedicação e ensinamentos fornecidos ao longo dos anos de orientação que muito colaboraram para minha formação acadêmica e pessoal. Serei eternamente grata!

Aos professores Maurício Romero Gorenstein e Elisabete Vuaden pelas sugestões construtivas, que contribuíram para a realização do presente trabalho. Muito Obrigada!

Ao grupo PET Engenharia Florestal e ao Professor Eleandro José Brun, pelo aprendizado de se trabalhar em grupo e com seriedade. Muito Obrigada!

A todos que de forma direta ou indireta ajudaram a tornar possível mais esta conquista.

MUITO OBRIGADA!

*“Duas estradas se bifurcaram no meio da minha vida,
Ouvi um sábio dizer.
Peguei a estrada menos usada.
E isso fez toda a diferença cada noite e cada dia.”*

Larry Norman

RESUMO

KREFTA, Sandra Mara. **Relação Hipsométrica e Morfometria da Copa para Povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. em Dois Vizinhos, Paraná.** 2014. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso II (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

O presente trabalho teve como objetivo determinar e verificar o comportamento da relação hipsométrica e dos índices morfométricos da copa de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, em função de diferentes classes diamétricas e de diferentes espaçamentos. O estudo foi realizado na região Sudoeste do Paraná no município de Dois Vizinhos em um plantio de *P. rigida* com dez anos de idade, e que possui dois espaçamentos sendo um de 2x2m e outro de 1,5x2m. Foram mensuradas as árvores com circunferência à altura do peito maior que 15cm, sendo que para cada indivíduo determinaram-se: altura do peito (DAP), altura total (h), altura de inserção de copa (hic), altura de copa (hc), comprimento de copa (cc), raio de copa (rc), diâmetro de copa (dc), área de copa (ac), índice de abrangência (IA), índice de saliência (IS), formal de copa (FC), vitalidade de copa (VC), distribuição dos galhos (DG), qualidade do fuste (QF), posição sociológica (PS). Além dessas variáveis, para as árvores do espaçamento 1,5x2m determinou-se também a infestação de lianas (IL). Com os dados coletados determinaram-se modelos matemáticos para descrever a altura, diâmetro de copa e índices morfométricos em função do diâmetro à altura do peito para todo o povoamento, e posteriormente para cada classe diamétrica e para cada espaçamento. Os dados coletados foram processados utilizando-se os Softwares Microsoft Office Excel[®], *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.2 e Assistat 7.6 beta. Para a descrição diamétrica do povoamento foram utilizadas oito classes. As variáveis dendrométricas, morfométricas e qualitativas diferenciaram-se nas diferentes classes diamétricas. As árvores apresentaram valores semelhantes para ambos os espaçamentos quando avaliados: diâmetro à altura do peito, altura total, altura comercial, diâmetro de copa, índice de abrangência e índice de saliência. Porém árvores que se desenvolveram no espaçamento 2x2m investiram mais em comprimento e proporção de copa, e apresentaram consequentemente resultados menores para altura de inserção de copa e formal de copa. As equações escolhidas para relação hipsométrica e para descrever o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito foram respectivamente: $\ln(h_i) = 2,83601 - 5,26255 \cdot (1/d_i)$ e $dc_i = 1,38216 + 0,24803 \cdot d_i$. Ao estratificar os dados por classe diamétrica para aplicação dos modelos que estimam a altura total, diâmetro à altura do peito e os índices morfométricos em função do diâmetro à altura do peito não foram constatadas melhoras nos parâmetros estatísticos quando comparados aos estabelecidos para todo o povoamento. Entretanto, ao testar os modelos para cada espaçamento, notou-se que o uso de equações diferentes em função do espaçamento foi vantajoso para descrever a altura, diâmetro de copa, comprimento de copa, proporção de copa e índice de saliência em função do diâmetro à altura do peito. Quanto aos métodos de obtenção de copa evidencia-se que os mesmos não diferiram significativamente do método que utiliza oito raios.

Palavras-chave: Angico-vermelho; Modelagem; Manejo Florestal.

ABSTRACT

KREFTA, Sandra Mara. **Hypsometric relationship and morphometry cup for *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. stand at Dois Vizinhos, Paraná.** 2014. 88 f. Completion of course work II. (Undergraduate degree in Forest Engineering) - Federal Technology University – Parana. Dois Vizinhos, 2014.

In order to determine and verify the behavior of the hypsometric relation and morphometric cup indices from *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, in different diameter classes and different spacing. This study was conducted in southwestern Paraná-Brazil, in the city of Dois Vizinhos in a ten year old *P. rigida* planting, which has two different spacings: One with 2x2m between rows between plants and the other with 1,5x2m. Trees with circumference at breast height greater than 15cm were measured, and for each individual was determined: breast height (DBH), total height (h), crown insertion height (hic), crown height (hc), crown length (cc), crown radius (rc), crown diameter (dc), crown area (c), scope index (AI), boss index (IS), formal living room (FC), pep room (VC), distribution of branches (DG), trunk quality (QF), sociological position (PS) and in addition to these variables, for the trees in spacing 2, the lianas infestation was determined (IL). With the collected data, mathematical models were determined to describe the height, crown diameter and morphometric indices depending on the diameter at breast height for the entire population, and then for each diameter class and for each spacing. The data collected was processed using Microsoft Office Excel® software, Statistical Analysis System (SAS) version 9.2 and 7.6 beta Assisat. For the stand diameter description was used eight classes. The dendrometric variables, morphometric and qualitative differed in different diameter classes. It was noticed that the trees were very similar for both spacings when evaluated: diameter at breast height, total height, commercial height, crown diameter, breadth of content and projection index. In one hand, trees that have developed in spacing 1 invested more in length and proportion of canopy, on the other hand they had lower results for crown insertion height and formal canopy. The equations chosen to hypsometric relation and to describe the crown diameter depending on the diameter at breast height were: $\ln(h_i) = 2.83601 + 5.26255 \cdot (1 / d_i)$ and $DCI = 1.38216 + 0,24803 \cdot d_i$. When stratifying the data by diameter class for models application improvements were not found in the statistical parameters compared to those established for the entire population. However to test the models for each spacing, it was noticed that the use of different equations depending on the spacing was beneficial to describe the height, crown diameter, crown length, proportion of canopy and boss index as a function of diameter at breast height. The methods of obtaining canopy becomes evident that they did not differ significantly from the method using eight spokes.

Keywords: Angico red; Modelling; Forest Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição natural de <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan. no Brasil.	13
Figura 2 - Mapa do Estado do Paraná com localização do município de Dois Vizinhos.	24
Figura 3- Método para obtenção da altura total (h), altura comercial (hc) e altura de inserção da copa (hic).	26
Figura 4- Método para obtenção dos oito raios de copa.	27
Figura 5 - Esquema para representar a vitalidade de copa (1).	31
Figura 6 - Esquema para representar a vitalidade de copa (2).	31
Figura 7 - Esquema para representar a vitalidade de copa (3).	32
Figura 8 - Esquema para representação das diferentes posições sociológicas.	33
Figura 9 - Distribuição de frequência por centro de classe diamétrica das árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> abrangendo os dois espaçamentos de coleta, Dois Vizinhos, Paraná.	39
Figura 10 - A) Comparação do ajustamento da linha de regressão da altura (h) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) da equação selecionada 6: $(\ln(h_i) = 2,83601 - 5,26255 \cdot (1/d_i))$, com a equação 3: $(\ln(h_i) = 2,76064 - 3,73809 \cdot (1/d_i) - 6,73508 \cdot (1/d_i^2))$. B) Resíduos e valores estimados para altura total, de todas as árvores do povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.	49
Figura 11 – A) Curva de regressão da altura (h) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) por espaçamento; Resíduos e valores estimados para altura total das árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> B) no espaçamento 1 (2x2m) e C) no espaçamento 2 (1,5x2m), Dois Vizinhos, Paraná.	52
Figura 12 – A) Comparação do ajustamento da linha de regressão da diâmetro de copa (dc) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) da equação selecionada 1: $dc_i = 1,38216 + 0,24803 \cdot d_i$ com a equação 2: $\ln(dc_i) = -0,23391 + 0,67706 \cdot \ln(d_i)$. B) Resíduos e valores estimados para diâmetro de copa, de todas as árvores do povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.	54
Figura 13 – A) Curva de regressão do diâmetro de copa (dc) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) por espaçamento; Resíduos e valores estimados para diâmetro de copa das árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> B) no espaçamento 1 (2x2m) e C) no espaçamento 2 (1,5x2m), Dois Vizinhos, Paraná.	57
Figura 14– Relação entre características morfométricas e o diâmetro a altura do peito (DAP): A) relação entre comprimento de copa (cc) e diâmetro à altura do peito (DAP); B) relação entre proporção de copa (PC) e diâmetro à altura do peito (DAP); C) relação entre índice de abrangência (IA) e diâmetro à altura do peito (DAP); D) relação entre índice de saliência (IS) e diâmetro à altura do peito (DAP), para todas as árvores de um povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.	59
Figura 15 – Resíduos e valores estimados para A) comprimento de copa (cc); B) proporção de copa (PC); C) índice de abrangência (IA); D) índice de saliência (IS) para todas as árvores de um povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.	61
Figura 16 – Curvas de regressão por espaçamento : A) comprimento de copa (cc) ; B) proporção de copa (PC); C) Formas de copa (FC); D) Índice de Abrangência (IA); E) Índice de Saliência (IS), em função do diâmetro à altura do peito (DAP), de um povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.	63
Figura 17 – Resíduos e valores estimados para os índices morfométricos A) comprimento de copa (cc); B) proporção de copa (PC); C) formas de copa (FC); D) índice de abrangência (IA); E) índice de saliência (IS) para 1) Espaçamento 1 (2x2m) e 2) Espaçamento 2 (1,5x2m).	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos lineares que foram testados para estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito, para indivíduos de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos (PR).....	34
Tabela 2 - Modelos lineares que foram testados para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito, para indivíduos de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos (PR).....	35
Tabela 3 - Valores médios por classe diamétrica das variáveis dendrométricas de árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	41
Tabela 4 - Valores médios por classe diamétrica das variáveis morfométricas de árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	42
Tabela 5 - Valores modais por classe diamétrica das variáveis qualitativas de árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	43
Tabela 6 - Valores médios, mínimos e máximos por espaçamento das variáveis dendrométricas e morfométricas de árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.	45
Tabela 7 - Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas e morfométricas de árvores de <i>Parapiptadenia rigida</i> abrangendo os dois espaçamentos de coleta, Dois Vizinhos, Paraná.	47
Tabela 8 - Parâmetros estatísticos para seleção do modelo à estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito de árvores <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	48
Tabela 9 - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\ln(h_i) = b_0 + b_1(1/d_i)$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	50
Tabela 10 - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\ln(h_i) = b_0 + b_1(1/d_i)$ por espaçamento, e para todo o povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	51
Tabela 11 - Parâmetros estatísticos para seleção do modelo à estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito de árvores <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	53
Tabela 12 - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $dc_i = b_0 + b_1.d_i$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	55
Tabela 13 - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $dc_i = b_0 + b_1.d_i$ por espaçamento, e para todo o povoamento de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	55
Tabela 14 - Modelos de regressão para as variáveis morfométricas de <i>Parapiptadenia rigida</i> em Dois Vizinhos, Paraná.....	58
Tabela 15 - Valores médios calculados para área de copa de <i>Parapiptadenia rigida</i> através de diferentes métodos, Dois Vizinhos, Paraná.....	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE <i>PARAPIPTADENIA RIGIDA</i> (BENTH.) BRENAN.....	13
3.2 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA	15
3.3 MORFOMETRIA DAS COPAS DAS ÁRVORES	17
3.4 MODELOS MATEMÁTICOS	19
3.5 CLASSES DIAMÉTRICAS	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	25
4.2.1 Variáveis Dendrométricas	25
4.2.2 Variáveis Morfométricas	27
4.2.3 Variáveis Qualitativas	31
4.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	33
4.3.1 Distribuição Diamétrica.....	33
4.3.2 Caracterização Dendrométrica, Morfométrica e Qualitativa	34
4.3.3 Relação Hipsométrica, Diâmetro de Copa e Relações Morfométricas.....	34
4.3.4 Critério de Seleção das Equações.....	36
4.3.5 Área de Copa	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES POR CLASSE DIAMÉTRICA E POR ESPAÇAMENTO	38
5.2 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, MORFOMÉTRICAS E QUALITATIVAS	40
5.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	46
5.4 RELAÇÃO ENTRE ALTURA E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO.....	47
5.4.1 Relação entre Altura e Diâmetro à Altura do Peito por Classe Diamétrica	50
5.4.2 Relação entre Altura e Diâmetro à Altura do Peito por Espaçamento.....	51
5.5 RELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO DE COPA E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO	53
5.5.1 Relação entre Diâmetro de Copa e Diâmetro à Altura do Peito por Classe Diamétrica.....	54
5.5.2 Relação entre Diâmetro de Copa e Diâmetro à Altura do Peito por Espaçamento	55
5.6 RELAÇÃO ENTRE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO	57
5.6.1 Relação entre os Índices Morfométricos e Diâmetro à Altura do Peito por Espaçamento	61
5.7 ESTIMATIVAS PARA ÁREA DE COPA	65
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICES	79

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies florestais, entretanto, em seu território, os reflorestamentos existentes são principalmente de espécies exóticas, onde se destacam os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, e as pesquisas e trabalhos ficam focados quase que exclusivamente nestes gêneros. Desta forma, ficamos limitados a poucos gêneros, o que resulta em uma carência de informações sobre a flora nativa e seu potencial (FRANCK FILHO, 2005, p. 13).

Costa (2013, p. 17) ainda destaca que o mercado madeireiro está em constante crescimento e que a busca por espécies de boa qualidade para suprir esta demanda, sem que ocorra total dependência de produtos advindos de espécies exóticas ou da região norte do país, vem aumentando cada vez mais. Desta forma, a valorização da riqueza florestal de cada região é de grande importância, principalmente para estimular o uso de espécies nativas, em reflorestamentos com finalidade econômica.

Contudo, somente a implantação de florestas não é suficiente para mudar este cenário brasileiro, por isso, análises sobre o comportamento das árvores são essenciais, e nestas as relações hipsométricas ganham destaque, uma vez que representam através de um modelo matemático a relação entre a altura e o diâmetro de um povoamento, tornando o processo de levantamento de dados a campo mais rápido e menos oneroso (ZANON et al., 1996, p. 88).

Outro aspecto importante no conhecimento sobre determinado povoamento florestal, de acordo com Durlo e Dernardi (1998, p. 57), é a obtenção das dimensões de copa, para conhecer o espaço ocupado por uma árvore e, conseqüentemente, estimar o número máximo de árvores para um plantio, assim como, fazer inferências sobre produtividade, vitalidade e estabilidade dos indivíduos de determinada espécie.

Para Carelli Netto (2009, p. 17) o estudo das variações de um povoamento em função da distribuição diamétrica, pode auxiliar ainda mais no controle das atividades a serem desenvolvidas em um plantio, fornecendo informações para um bom planejamento através de análises mais detalhadas sobre a estrutura das árvores.

Cunha (2008, p. 16) comenta que informações sobre as variações no tamanho e na forma das árvores, são indispensáveis na elaboração de planos de manejo, pois servem como subsídio para atividades de condução e exploração das florestas.

Apesar de existirem estudos sobre crescimento e comportamento morfométrico de espécies nativas em plantios comerciais, não há muitos trabalhos sobre a espécie

Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan (angico-vermelho), que por possuir um grande potencial madeireiro e se desenvolver muito bem em grande parte do Brasil, tem se destacado nos últimos anos, principalmente por seu amplo uso na construção civil, carpintaria e marcenaria (LORENZI, 2008, p. 203). Além disso, tem sido muito utilizada em plantios para recuperação de áreas degradadas, seja em plantios homogêneos ou em consórcio com outras espécies.

Sendo assim, o conhecimento incipiente sobre o comportamento de *Parapiptadenia rigida*, aliado a necessidade crescente de produtos madeireiros, requer informações básicas passíveis de serem utilizadas no manejo florestal. Neste contexto, a determinação da vitalidade da copa, qualidade do fuste e posição sociológica, assim como o ajuste de modelos matemáticos para as variáveis quantitativas, são de suma importância para o planejamento da produção de determinado povoamento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo geral determinar e verificar o comportamento da relação hipsométrica e dos índices morfométricos da copa de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, em função de diferentes classes diamétricas e de diferentes espaçamentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O presente trabalho teve por objetivos específicos:

- a) Verificar o comportamento das variáveis qualitativas e das variáveis relacionadas ao tamanho e forma das árvores nas diferentes classes diamétricas e nos diferentes espaçamentos;
- b) Testar e selecionar um modelo matemático para descrever a relação entre altura e diâmetro à altura do peito;
- c) Testar e selecionar um modelo matemático para descrever o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito;
- d) Determinar e modelar os índices morfométricos em função da variável diâmetro à altura do peito;
- e) Comparar a estimativa da área de copa por diferentes métodos de mensuração.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan

A espécie *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan conhecida popularmente na região Sul do Brasil como angico-vermelho pertence à família Fabaceae e a subfamília Mimosoideae. Sua sinonímia botânica pode ser encontrada como *Piptadenia rigida* Benth., *Acacia angico* Mart. e *Piptadenia rigida* var. *grandis* Lindm (LORENZI, 2008, p. 203).

No Brasil esta espécie ocorre naturalmente no Espírito Santo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Bahia (Figura 1), abrangendo altitudes de 30 m a 1100 m. Evidencia-se ainda que o angico-vermelho é encontrado na Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai (CARVALHO, 2002, p.2).

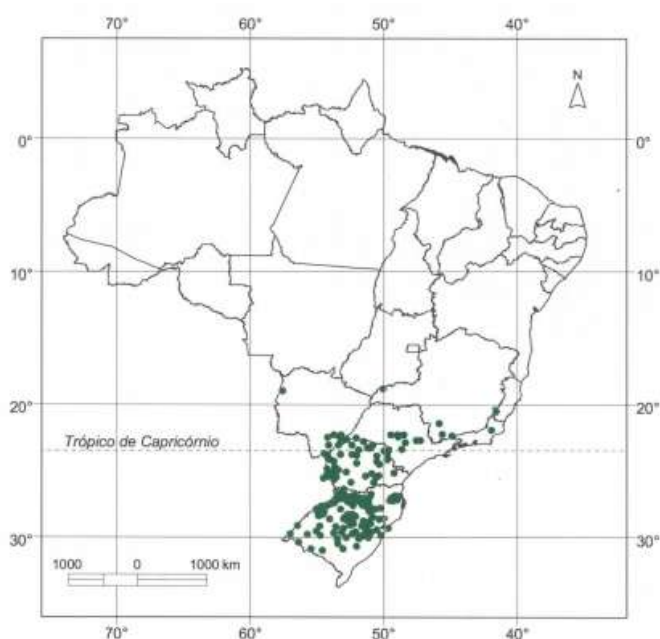


Figura 1 - Distribuição natural de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. no Brasil.
Fonte: Carvalho (2002, p. 14).

Trata-se de uma árvore decídua, heliófita, independente das condições físicas do solo, e pioneira, na sucessão de capoeiras e florestas secundárias, sendo abundante na Floresta Estacional sul-brasileira e dominante em matas de galeria ou de várzea (MARCHIORI, 1997, p. 25). De acordo com Carvalho (2003, p. 76), o angico-vermelho é agressivo, apresentando

nos três estados sulinos ampla e expressiva dispersão, com intensa regeneração natural em clareiras de floresta e também em plantios homogêneos. Dados de levantamentos fitossociológicos realizados no Paraná evidenciam que o angico-vermelho ocupa os primeiros lugares em número de indivíduos e área basal, podendo-se citar os seguintes estudos em florestas nativas: Gorenstein et al., (2010, p.4) em fragmento florestal situado em Dois Vizinhos em que o angico-vermelho ocupou o quinto lugar referente à área basal, e Nunes (2012, p. 25) que estudou a fitossociologia de dois fragmentos situados em Medianeira, onde o angico-vermelho ocupou em ambas áreas, quarto lugar para o índice número de indivíduos.

Vale ressaltar ainda, o amplo desenvolvimento desta espécie em sub-bosques de florestas plantadas, como constatado no estudo de Krefta et al., (2012, p. 4), em um plantio de *Eucalyptus* sp. em Dois Vizinhos, em que o angico-vermelho entre as espécies levantadas ocupou o oitavo lugar para variável número de indivíduos. Gorenstein et al. (2014, p. 4) através de seu trabalho realizado em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Dois Vizinhos, também constataram a presença de angico-vermelho, que ocupou o terceiro lugar para variável densidade relativa. Sendo assim, nota-se a grande importância e ocorrência dessa espécie na região Sudoeste do Paraná.

O angico-vermelho apresenta grande porte podendo atingir até 30 m de altura e 1 m de diâmetro. Os indivíduos desta espécie apresentam troncos cilíndricos e geralmente inclinados, não possuindo desrama natural o que denota a importância do uso de espaçamentos menores nos plantios, com a finalidade de minimizar a tortuosidade do tronco (BACKES e IRGANG, 2002, p. 47).

O tronco do angico-vermelho é revestido por uma casca interna de coloração parda-avermelhada, que caracteriza e nomeia popularmente a espécie, mais externamente encontra-se outra casca que pode atingir até 30 mm e possui coloração marrom-escuro, que em alguns indivíduos se desprende em lasca e fica aderida parcialmente a casca interna (Fotografia 1) (CARVALHO, 2002, p. 3). Segundo Pedroso et al., (2009, p. 45) a casca desta espécie apresenta grande valor medicinal sendo empregada na cura de feridas, tratamento de reumatismo, sinusite, entre outros.

Conforme Reitz, Klein e Reis (1988, p. 96) e Carvalho (2002, p.2) esta espécie possui copa ampla, do tipo corimbiforme, ou seja, constituída por ramos que atingem uma altura semelhante, e estes por sua vez são formados por folhagem escura, cujas folhas são alternas, espiraladas, compostas bipinadas com três a nove pares de pinas opostas; cada pina com doze a trinta pares de folíolos; pecíolo com aproximadamente 4cm de comprimento, com

glândula elipsoidal no pecíolo, que é juntamente com a coloração da casca interna uma das principais características para identificação da espécie.



**Fotografia 1- Casca externa se desprendendo da casca interna.
Fonte: O autor (2014).**

De acordo com Marchiori (1997, p. 21) a floração do angico-vermelho ocorre de novembro a janeiro e a frutificação de junho a julho, suas flores são hermafroditas, e a dispersão dos frutos acontece de maneira autocórica, anemocórica e hidrocórica.

A madeira de *Parapiptadenia rigida* é dura, resistente e pesada com densidade de 0,89 a 0,95g.cm⁻³, amplamente usada pela indústria madeireira na fabricação de vigas, caibros, ripas, marcos de porta, janelas e tábuas para assoalhos. Em função de sua grande durabilidade natural a madeira de angico-vermelho é empregada na confecção de mourões, postes, estacas e vigas, sendo valorizada também na carpintaria, construção naval, e para finalidade energética como lenha e carvão. Além disso, devido sua grande distribuição, esta espécie possui importância significativa para o paisagismo, recuperação ambiental e reflorestamentos (LORENZI, 2008, p. 203; RUSCHEL et al., 2009, p.159).

3.2 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Informações sobre a estrutura vertical de um povoamento florestal são muito importantes, pois através delas, a análise estrutural da floresta, assim como a quantificação do volume de madeira podem ser obtidas. Para obtenção da altura existem os métodos diretos, os

indiretos, e os que estimam as alturas através de equações, sendo as mais conhecidas, as chamadas relações hipsométricas (ANDRADE et al., 2006, p. 31).

Segundo Pontes Neto (2012, p. 14), relações hipsométricas são aquelas estabelecidas por meio da regressão da altura das árvores em função do diâmetro, comumente simbolizadas por “h/d”, e bastante valorizadas no inventário florestal, pois através do uso das mesmas a coleta de dados a campo torna-se mais rápida e menos onerosa.

Normalmente em inventários de florestas plantadas são medidos os diâmetros de todas as árvores de uma parcela e a altura de parte destes indivíduos. O conjunto desses dados é usado para estabelecer a relação hipsométrica, a qual é usada para estimar a altura das demais árvores que não foram mensuradas, usando como base os dados referentes ao diâmetro à altura do peito, que é uma variável de fácil obtenção (MACHADO, BASSO e BEVILACQUA JUNIOR, 1993, p. 554; OLIVEIRA et al., 2011, p. 331).

Scolforo (1997, p. 59) relata que a relação hipsométrica tem grande destaque principalmente no inventário de populações com árvores de grande porte, e com copas bem desenvolvidas, que inúmeras vezes acabam formando um emaranhado, e dificultando a visualização e diferenciação dos indivíduos. Em função disso, os resultados obtidos através de relações hipsométricas são considerados tão ou mais precisos quanto aos encontrados através da medição da altura de todas as árvores.

Conforme Barros et al., (2002, p.5) e Bartoszeck et al., (2002, p. 190) a relação hipsométrica é influenciada por diversos fatores, podendo-se citar qualidade do sítio, densidade do povoamento, espécie, idade, posição sociológica, tamanho da copa e práticas silviculturais.

Referente à posição sociológica e a densidade, Finger (1992, p. 55) relata que a altura de árvores dominantes é pouco afetada pelo espaçamento, enquanto que em árvores dominadas a influência do espaçamento na altura é acentuada. Já referente ao diâmetro, salienta-se que o mesmo é bastante influenciado por qualquer posição sociológica independente do espaçamento, neste sentido árvores dominadas normalmente apresentam relação h/d maior que árvores dominantes.

Miguel (2009, p.41) assegura que quanto maior for a uniformidade de um povoamento maior será a correlação entre diâmetro e altura, fazendo com que o uso da relação hipsométrica seja bem sucedido. Entretanto, Prodan et al., (1997) *apud* Bartoszeck et al., (2004a, p. 518) ressaltam que mesmo em povoamentos homogêneos, a relação hipsométrica pode variar, portanto o ajuste de apenas uma equação pode ser pouco preciso, uma vez que dentro desta estariam englobadas outras diversas relações hipsométricas, o que

pode levar a grandes variações em torno da linha de regressão da altura sobre o diâmetro. Para tanto, o ajuste de equações independentes para cada grupo com características semelhantes torna-se uma forma de solucionar este problema.

Cardoso (1989, p.4) destaca que as curvas obtidas com relações hipsométricas podem variar na forma, inclinação e origem, sendo que a forma pode fornecer informações referentes ao crescimento e desenvolvimento do povoamento florestal, enquanto que a inclinação quando íngreme indica sítios bons e povoamentos novos, e quando pouco acentuada provavelmente povoamentos mais velhos.

Em função da grande praticidade proporcionada pelas relações hipsométricas, elas vem sendo usadas de maneira rotineira e para isso existem vários modelos citados na literatura florestal, entretanto esses devem ser testados e analisados em cada situação, visando maior precisão e redução de erros (LOBO et al., 2009. p. 1).

Machado et al., (2008, p. 6) salientam que atualmente tem-se estudado e utilizado intensamente, além dos modelos tradicionais, os modelos modificados também chamados de “genéricos”, que por incluírem outras variáveis como: idade, sítio, densidade e altura dominante, características consideradas inerentes ao povoamento e que influenciam na relação h/d, são considerados melhores. Entretanto, para Scolforo (1997, p. 59) os modelos tradicionais, ou seja, aqueles que apenas expressam uma relação matemática entre as variáveis envolvidas são muito práticos e de fácil obtenção.

Para Batista, Couto e Marquesini (2001, p. 150), independente do tipo de modelo, a comparação do desempenho entre eles é essencial para seleção do melhor. Com o objetivo de selecionar modelos matemáticos adequados para estimar a altura de candeia (*Eremanthus erythropappus*) Araújo et al., (2012, p. 268) testaram dez modelos hipsométricos, e perceberam que os modelos de Henricksen, Stofells, Assman, Trorey e Curtis foram os mais adequados na estimativa dessa variável.

3.3 MORFOMETRIA DAS COPAS DAS ÁRVORES

De acordo com Costa (2011, p. 25) as dimensões morfométricas são obtidas através de medições a campo, e de relações entre estas medições, sendo que a características dimensionais mais comuns utilizadas são o diâmetro à altura do peito, altura total, área basal, altura do fuste, área de projeção de copa e volume da copa.

Através de estudos morfométricos das árvores podem ser obtidas informações referentes ao grau de competição de um povoamento, espaço vital que um indivíduo precisa para se desenvolver, e também dados de vitalidade, produtividade, volume e biomassa (DURLO e DENARDI, 1998, p. 61). Além disso, para Roman, Bressan e Durlo (2009, p. 473) o conhecimento sobre relações morfométricas e sobre as formas das árvores permite que intervenções silviculturais sejam melhoradas, principalmente para aumentar o uso de espécies nativas em plantios homogêneos com finalidade econômica.

Entretanto, o estudo mais direcionado para as relações morfométricas da copa é de extrema importância, sendo que por meio do mesmo, informações sobre a capacidade de crescimento e de produção de frutos e sementes da planta são obtidas (WADSWORTH, 2000, p. 200).

Orellana e Koehler (2008, p. 231) destacam que algumas características dimensionais menos conhecidas, mas muito importantes para a determinação morfométrica da copa são a proporção de copa (PC), índice de saliência (IS), índice de abrangência (IA) e formal de copa (FC), que podem ser facilmente correlacionadas com o diâmetro à altura do peito, que é de fácil obtenção a campo, e pode ser utilizado como variável independente em equações de regressão.

Segundo os mesmos autores a proporção de copa é definida como a relação entre a altura da copa e a altura total da árvore, sendo expressa em porcentagem, e quanto maior seu valor melhor a qualidade e vitalidade da copa.

O índice de saliência determinado através da razão entre o diâmetro da copa e o diâmetro à altura do peito, indica quantas vezes a copa é maior que o diâmetro, sendo importante na determinação de desbaste, pois através desta correlação pode-se determinar o espaço necessário para uma planta se desenvolver de maneira satisfatória. Já o índice de abrangência resulta da relação entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore, caso ocorra uma alta correlação entre estas variáveis, este índice também pode ser utilizado para avaliação de desbaste (DURLO e DENARDI, 1998, p. 62).

Orellana et al., (2008, p.1) definem formal de copa como sendo a relação entre o diâmetro de copa e a altura de copa, quanto menor o valor encontrado, mais esbelta e maior é a capacidade produtiva da árvore, por outro lado, valores altos indicam copas achatadas.

As medições das variáveis da copa podem ser obtidas através da mensuração dos raios da projeção horizontal da copa, que variam em número de quatro a oito (NUTTO et al., 2001, p. 139).

Assim, o conjunto dessas informações morfométricas aliadas às técnicas silviculturais de um povoamento florestal, são cada vez mais usadas e podem resultar em uma produção sustentável de ótima qualidade (DURLO, SUTILI e DENARDI, 2004, p. 82).

Com o objetivo de definir diretrizes para o desbaste de quatro espécies nativas da Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl., *Carapa guianensis* Aubl., *Handroanthus avellanadae* (Lorentz ex Griseb.) Mattos e *Hymenaea courbaril* L.), plantadas em povoamentos homogêneos, Tonini e Arco-Verde (2005, p. 634) levaram em consideração as relações entre os principais índices morfométricos da copa e o crescimento em diâmetro e altura destas espécies e comprovaram que a relação existente entre eles é significativa.

Estudos de Roman, Bressan e Durlo (2009, p. 474) também utilizaram variáveis morfométricas, porém para descrever as relações interdimensionais de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. em uma formação induzida, e chegaram a conclusão de que existe uma grande amplitude de variação na morfometria dos indivíduos desta espécie, e isso pode ocorrer não só em virtude das dimensões das árvores, mas também em função das características do sítio.

Outro aspecto muito importante que deve ser levado em consideração, pois afeta consideravelmente a morfometria das copas das árvores é a posição sociológica que estas ocupam, sendo que indivíduos considerados dominantes são aqueles que se sobressaem no dossel da floresta, e possuem copa bem desenvolvida, enquanto os codominantes e dominados são sombreados pelas árvores circunvizinhas, e apresentam copas menos desenvolvidas (DURLO, 2001, p.141).

Em função disso, em seus estudos Souza, Finger e Schneider (2009, p. 306), levaram em consideração a posição sociológica das árvores, e perceberam que esta variável afeta consideravelmente as formas dos indivíduos de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez e conseqüentemente o volume dos mesmos.

3.4 MODELOS MATEMÁTICOS

Os modelos matemáticos tem uma longa tradição na ciência florestal, sendo que desde que se iniciaram os plantios de florestas manejadas, surgiu também a necessidade de resultados serem extrapolados com base em um número limitado de dados advindos de medições a campo (SPATHELF e NUTTO, 2000, p.6). Mais especificamente, segundo

Ribeiro (2012, p.24) os modelos matemáticos são empregados no meio florestal há 200 anos, e desde então os mesmos tem alcançado grandes progressos referentes à análise quantitativa do desenvolvimento florestal.

Para Spathelf e Nutto (2000, p.6) modelos matemáticos são sistemas de equações, através dos quais se torna possível estimar a produção de madeira em volume e qualidade e o crescimento de árvores e de povoamentos, além de permitir o estudo de relações dendrométricas e morfométricas, sendo apenas uma aproximação da realidade, possuindo assim caráter probabilístico.

Rossi (2007, p. 5) relata que as equações são igualdades entre sentenças matemáticas, sendo compostas por coeficientes e variáveis, onde os coeficientes são aqueles que possuem valores conhecidos e as variáveis são aquelas que podem receber qualquer valor. Referente às equações sabe-se que as mesmas podem ser lineares onde os coeficientes estão elevados a um e encontram-se em condições de subtração e adição, e não lineares, onde os coeficientes possuem expoente diferente de um, e estão em condições de multiplicação, divisão, radiciação e exponenciação.

Conforme Scolforo (2005, p. 23) os modelos empregados podem ser classificados em descritivos, biométricos e mecanicísticos. Evidencia-se que os mesmos, se ajustam muito bem às situações reais das florestas, e podem ainda, ser diferenciados em modelos para povoamento, para classe diamétrica ou para árvores individuais, podendo ser aplicados tanto em florestas plantadas, como em nativas. Para Nogueira et al., (2005, p.580) os modelos específicos para classe diamétrica possibilitam a avaliação econômica de multiprodutos de um povoamento, além de facilitarem e serem flexíveis em análises para desbastes.

O emprego de equações já criadas e estabelecidas constitui um procedimento simples e prático de ser realizado, sendo que as mesmas podem ser tão boas quanto aquelas provenientes da modelagem (AZEVEDO, 2009, p. 12). No entanto, apesar da eficiência de algumas equações, elas nem sempre se ajustam à todas espécies e condições, em função disso, sua escolha deve ser criteriosa e baseada em testes (THOMAS et al., 2006, p.231).

Segundo Guimarães (2001, p. 39), a modelagem consiste em encontrar os coeficientes da equação que melhor descrevem o comportamento do conjunto de dados. O autor ainda destaca que para que o ajuste de modelos matemáticos seja realizado de maneira correta a variável independente deve ser de fácil coleta a campo e apresentar acuracidade de medição, além de possuir alta correlação com a variável dependente.

Um dos métodos muito empregados para ajuste de equações é o método dos mínimos quadrados ordinários, que consiste segundo Weisberg (2005) *apud* Oliveira (2012, p.7) em

definir uma curva de maneira que seja mínima a soma dos quadrados das distâncias entre resíduos e valores observados, diferentemente do método dos mínimos quadrados generalizados que minimiza a soma ponderada dos quadrados residuais, este método reduz a soma dos quadrados dos resíduos.

Esses modelos são amplamente utilizados na regressão, que é uma técnica estatística empregada para a análise de dados, que visa descrever a relação entre uma variável resposta e um conjunto de variáveis explicativas (MUCELIN, 2006, p. 109).

Dentre os procedimentos adotados na regressão, pode-se citar o *STEPWISE* também conhecido como regressão passo a passo, que é considerado um dos melhores métodos para seleção de variáveis que constituirão um modelo matemático. O mesmo é caracterizado por ser uma tentativa onde se busca alcançar a melhor equação através da inserção de variáveis, sendo que essas variáveis são introduzidas uma por vez (RIBEIRO, 2012, p. 48).

Ainda de acordo com o mesmo autor, a primeira variável a ser considerada deve ser aquela que apresentar maior correlação com a variável dependente. Posterior a isso outras poderão ou não ser inclusas por meio da análise do coeficiente de correlação parcial. A cada variável inserida os valores de coeficiente de determinação e o valor parcial do teste F são analisados, e se os mesmos são bons a variável permanece, do contrário é eliminada.

Vários critérios são descritos para a seleção de modelos matemáticos, sendo que os mais utilizados são: coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa (S_{xy}), análise gráfica dos resíduos e valor da estatística F, entretanto cabe ao pesquisador avaliar qual deles vai usar para escolher o melhor modelo, ou seja, aquele capaz de atender suas necessidades (BAYER, 2008, p.28).

Azevedo et al., (2011,p. 4) ao testar modelos hipsométricos para quatro espécies (*Alchornea triplinervea* (Spreng.) Müll. Arg; *Tabebuia roseo-alba* (Ridl); *Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl. e *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich) utilizaram como critério de seleção as seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado em porcentagem, erro-padrão da estimativa em porcentagem, teste de significância (teste “t” de Student) e análise gráfica da distribuição dos resíduos.

Já Matos (2010, p.79) ao testar equações para determinação das variáveis morfométricas em função do diâmetro à altura do peito de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. levou em consideração os seguintes critérios: coeficiente de determinação, erro-padrão da estimativa, valor de F e análise gráfica dos resíduos.

Atualmente os modelos são indispensáveis, principalmente pelo fato de terem grande importância na escolha de boas práticas de manejo florestal, auxiliando assim na conquista de

maiores rentabilidades e de um desenvolvimento sustentável (GOMES, 2000, p.2). Além disso, de acordo com Zanon (2007, p. 48) a modelagem ajuda a prever alterações futuras da produtividade das florestas, servindo como base para o planejamento e a tomada de decisões da política florestal.

3.5 CLASSES DIAMÉTRICAS

O conhecimento da distribuição diamétrica é essencial para as atividades de manejo, pois permite a caracterização de plantios florestais de maneira fácil e eficiente, sendo possível por meio das classes diamétricas descrever o povoamento e as árvores que o compõe, o que auxilia na decisão sobre os momentos certos de intervenção e na definição da melhor alternativa de rotação para cada unidade a ser manejada (STEPKA, 2008, p. 12; BARTOSZECK et al., 2004b, p.21).

Para Cunha (1994, p.5) e Barra et al., (2004, p. 390) o agrupamento de árvores em certos intervalos de diâmetro à altura do peito, permite avaliar de maneira mais detalhada a produção do povoamento, facilitando assim o planejamento de empresas florestais. Carelli Neto (2008, p. 25) ainda ressalta que através das classes de diâmetro os estudos de sortimentos de plantios florestais podem ser aprimorados com maior precisão.

Segundo Mucelin (2006, p. 27) no momento da decisão do número de classes diamétricas deve prevalecer o bom senso, uma vez que classes com frequência nula ou exagerada devem ser evitadas. No entanto de acordo com Machado e Figueiredo Filho (2009, p. 71) não há uma regra rígida quanto a divisão de uma sequência de diâmetros em classes, sendo que em casos onde a amplitude total da variação dos diâmetros é grande, devem ser adotados intervalos de classe maiores e vice-versa.

Conforme Leão (2006, p. 54) as amplitudes das classes diamétricas devem ser iguais, e determinadas com a escolha dos limites nos intervalos de duas observações, sendo que estes limites devem facilitar o agrupamento dos indivíduos, além disso, aconselha-se que o número de 20 classes não seja ultrapassado.

Uma das maneiras mais conhecidas para se determinar o número de classes para um conjunto de dados é através da fórmula de Sturges (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009, p.72):

$$nc = 1 + 3,3 \log n$$

Onde: nc : número de classes; n : número de observações e \log : logaritmo decimal.

De acordo com o mesmo autor, neste caso o intervalo de classes é definido por meio da divisão da amplitude total pelo número de classes.

Santos et al., (2006, p. 111) salientam que a separação de árvores por classes diamétricas, tem extrema importância no momento da modelagem, uma vez que modelos gerados para classes distintas apresentam maior precisão do que equações geradas com todas as árvores do povoamento. Isso se evidencia através do trabalho de Curto et al., (2014, p.65) que ao avaliar o ajuste de modelos de relação hipsométrica para uma floresta inequiânea, notaram que por meio da estratificação dos dados por classe diamétrica as estimativas de alturas em função do diâmetro à altura do peito apresentaram valores mais precisos do que os encontrados com ajuste de modelos não estratificados.

Condé et al., (2013, p. 22) ao estudar a morfometria de quatro espécies florestais nativas (*Carapa guianensis* Aubl; *Bertholletia excelsa* H.B.K; *Copaifera langsdorffii* Desf. e *Swietenia macrophylla* King.) em sistema agroflorestal também perceberam que ao separar os indivíduos por classe de diâmetro os resultados foram mais promissores do que os determinados com dados não separados.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado no município de Dois Vizinhos localizado na região Sudoeste do Paraná (Figura 2), em um povoamento de angico-vermelho, que foi plantado no ano de 2004 em uma área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



Figura 2 - Mapa do Estado do Paraná com localização do município de Dois Vizinhos e área de estudo.
Fonte: Portal Dois Vizinhos (2014, s/p).

O plantio de angico-vermelho encontra-se situado entre as coordenadas $25^{\circ}41'57''$ de latitude sul e $53^{\circ}05'57''$ de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 525 m em relação ao nível do mar (GOOGLE MAPS, 2014, s/p). O povoamento é dividido em duas partes em função da existência de espaçamentos diferentes, sendo assim, em uma parte o espaçamento empregado é de 2m entre linhas x 2m entre plantas e na outra é de 1,5x2m. Vale ressaltar ainda, que neste povoamento não foram empregadas práticas silviculturais e de manejo, tais como: desrama, desbaste entre outras.

Segundo classificação de Köppen a região possui clima do tipo Cfa, ou seja, clima subtropical úmido mesotérmico, sendo caracterizada pela presença de verões quentes, com temperaturas superiores à 22°C e invernos com temperatura média do mês mais frio inferior à 18°C . Geadas são pouco frequentes e a época com maior índice de pluviosidade coincide com os meses de verão, no entanto não existe estação seca definida e as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano alcançando a média de 2.250 mm/ano (IAPAR, 2010, s/p).

Conforme Embrapa (2006, p.74), o solo predominante da região, é o Latossolo Vermelho Distroférico típico de textura argilosa, com coloração vermelha acentuada, em função dos altos teores de óxidos de ferro. Este solo é caracterizado também pela presença de blocos e poros em sua estrutura, sendo formado em substrato de derrame basáltico antigo. De acordo com Bognola et al., (2011, p.9) esse tipo de solo normalmente é profundo, bem drenado e friável a muito friável.

A vegetação da região é classificada como um ecótono entre as tipologias: Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista, sendo que essa última ocorre em locais com altitudes mais elevadas (PADILHA JÚNIOR, 2004, p.97).

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para o estudo da relação hipsométrica, da morfometria de copa e das variáveis qualitativas de *Parapiptadenia rigida* o levantamento dos dados foi realizado pelo censo das árvores individuais que apresentavam circunferência à altura do peito (CAP) maior que 15cm, excluindo-se, no entanto, os indivíduos de borda. Para cada árvore foram obtidas as seguintes variáveis:

4.2.1 Variáveis Dendrométricas

- Circunferência à altura do peito (CAP): foi obtida com o auxílio de uma fita métrica, em centímetros, a uma altura de 1,30m do solo, e posteriormente foi determinado o diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros por meio da equação 1:

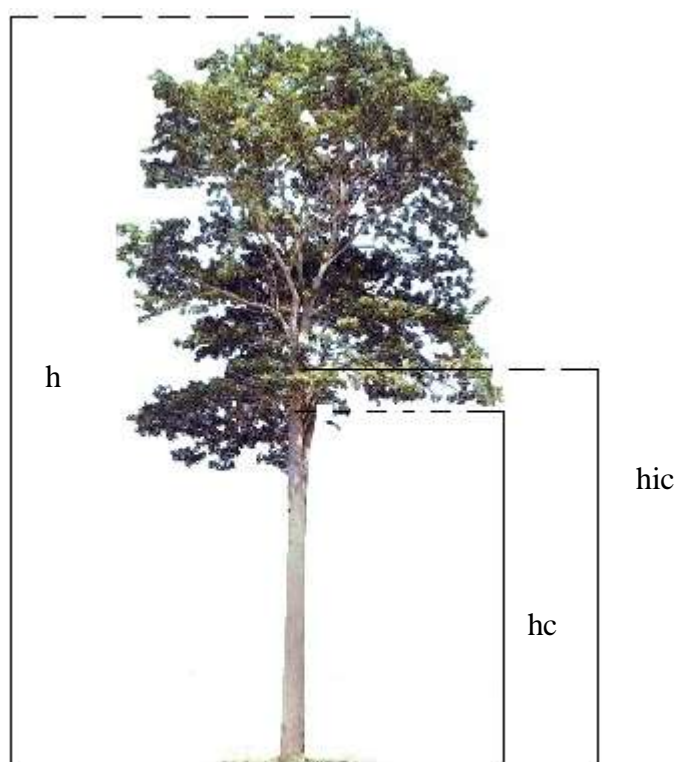
$$DAP = CAP / \pi \quad (1)$$

Onde: DAP: diâmetro à altura do peito (cm); CAP: circunferência à altura do peito (cm).

- Altura total (h): medida em metros, do solo até o topo da árvore, que foi obtida com hipsômetro Vertex IV (Figura 3).

- Altura comercial (hc): foi obtida com o auxílio do hipsômetro Vertex IV e determinada em metros, correspondendo a distância do solo até o limite onde ocorria um possível aproveitamento da madeira para diversos fins, ou seja, até onde poderia ocorrer uma tora de boa qualidade, como pode ser visualizado na Figura 3.

- Altura de inserção da copa (hic): medida em metros desde o solo até a parte onde a copa começa a ficar bem estruturada, que foi obtida com o uso de hipsômetro Vertex IV, sendo assim, não necessariamente esta altura coincidiu com o primeiro galho vivo (Figura 3).



**Figura3-Método para obtenção da altura total (h), altura comercial (hc) e altura de inserção da copa (hic).
Fonte: Viva Terra Nativa (2014, s/p) adaptado.**

4.2.2 Variáveis Morfométricas

- Comprimento de copa (cc): foi determinado em função da diferença entre a altura total e a altura de inserção da copa em metros, através da equação 2:

$$cc = h - hic \quad (2)$$

Onde: cc: comprimento de copa (m); h: altura total da árvore (m); hic: altura de inserção da copa (m).

- Raios de copa (rc): foram obtidos oito raios de copa, em metros, nas seguintes direções fixas: Norte (N), Noroeste (NO), Oeste (O), Sudoeste (SO), Sul (S), Sudeste (SE), Leste (L) e Nordeste (NE). Esse procedimento foi executado com o auxílio da função *Distance Measuring Equipment* (DME) do hipsômetro Vertex IV e da orientação de uma bússola. Visando a melhor orientação nas posições cardeais, uma pessoa ficava na árvore indicando o local certo onde a outra pessoa deveria se posicionar, conforme a Figura 4.

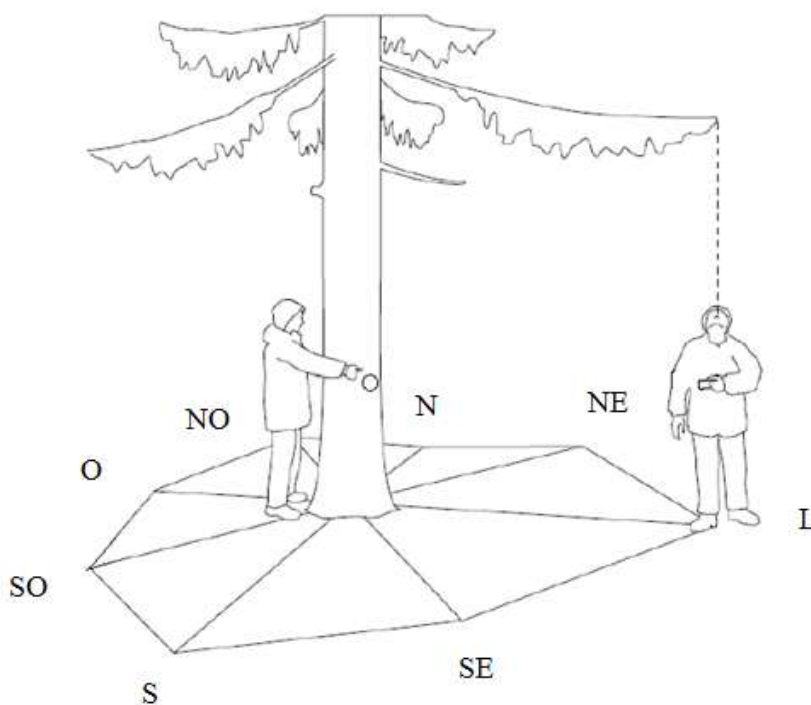


Figura 4-Método para obtenção dos oito raios de copa.
Fonte: Pretzsch (2009) adaptado.

- Diâmetro de copa (dc): foi determinado em metros, através da duplicação do raio de copa médio obtido com os oito raios medidos a campo, de acordo com a equação 3:

$$dc = 2 * \overline{rc} \quad (3)$$

Onde: dc: diâmetro de copa (m); \overline{rc} : raio de copa médio (m).

- Área de copa (ac): foi calculada em metros quadrados, com base nos valores dos raios de copa. Para determinação da área de copa serão comparados sete métodos que se encontram em continuidade:

Área de copa elíptica (ACE): será calculada em metros quadrados, a partir de dois raios de copa, sendo eles o maior e o menor de cada árvore, conforme equação 4:

$$ACE = \pi * (a * b) \quad (4)$$

Onde: ACE: área de copa elíptica (m²); a: maior raio de copa (m); b: menor raio de copa (m).

Área de copa circular com dois raios (ACC2_A): foi calculada em metros quadrados, a partir de dois raios de copa, obtidos nos pontos cardeais Norte e Sul, conforme equação 5:

$$ACC2_A = \pi * rc_2^2 \quad (5)$$

Onde: ACC2_A: área de copa circular com os raios Norte e Sul (m²); rc₂: média de dois raios de copa (m).

Área de copa circular com dois raios (ACC2_B): foi calculada em metros quadrados, a partir de dois raios de copa, obtidos nos pontos cardeais Leste e Oeste, conforme equação 6:

$$ACC2_B = \pi * rc_2^2 \quad (6)$$

Onde: ACC2_B: área de copa circular com os raios Leste e Oeste (m²); rc₂: média de dois raios de copa (m).

Área de copa circular com quatro raios (ACC4): foi obtida em metros quadrados, a partir da média dos raios de copa obtidos nos pontos cardeais Norte, Sul, Leste e Oeste de cada indivíduo, conforme a equação 7:

$$ACC4 = \pi * rc_4^2 \quad (7)$$

Onde: ACC4: área de copa circular com os raios Norte, Sul, Leste e Oeste (m²); rc₄: média de quatro raios de copa (m).

Área de copa circular com seis raios (ACC6_A): foi obtida em metros quadrados, a partir da média dos raios de copa obtidos nos pontos cardeais Norte, Sul, Leste, Oeste, Sudoeste e Nordeste de cada indivíduo, conforme a equação 8:

$$ACC6_A = \pi * rc_6^2 \quad (8)$$

Onde: ACC6_A: área de copa circular com os raios Norte, Sul, Leste, Oeste, Sudoeste e Nordeste (m²); rc₆: média de seis raios de copa (m).

Área de copa circular com seis raios (ACC6_B): foi obtida em metros quadrados, a partir da média dos raios de copa obtidos nos pontos cardeais Norte, Sul, Leste, Noroeste, Sudeste de cada indivíduo, conforme a equação 9:

$$ACC6_B = \pi * rc_6^2 \quad (9)$$

Onde: ACC6_B: área de copa circular com os raios Norte, Sul, Leste, Oeste, Noroeste e Sudeste (m²); rc₆: média de seis raios de copa (m).

Área de copa circular com oito raios (ACC8): foi obtida em metros quadrados, a partir da média dos raios de copa obtidos nos pontos cardeais Norte, Noroeste, Oeste, Sudoeste, Sul, Sudeste, Leste e Nordeste de cada indivíduo, conforme a equação 10. Evidencia-se que pelo fato deste método conseguir maior recobrimento da copa, o mesmo foi utilizado como método controle, a partir do qual foram comparados os demais métodos:

$$ACC8 = \pi * rc_8^2 \quad (10)$$

Onde: ACC8: área de copa circular com os raios Norte, Noroeste, Oeste, Sudoeste, Sul, Sudeste, Leste e Nordeste (m²); rc₈: média de oito raios de copa (m).

- Proporção da copa (PC): foi determinada em porcentagem por meio da razão entre o comprimento da copa e a altura total da árvore, conforme equação 11:

$$PC = (cc / h) * 100 \quad (11)$$

Onde: PC: proporção de copa (%); cc: comprimento da copa (m); h: altura total da árvore (m).

- Formal de copa (FC): foi determinado em valor absoluto por meio da razão entre o diâmetro de copa e o comprimento de copa, conforme equação 12:

$$FC = dc / cc \quad (12)$$

Onde: FC: formal de copa; dc: diâmetro de copa (m); cc: comprimento da copa (m).

- Índice de Abrangência (IA): foi determinado em valor absoluto por meio da razão entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore, conforme equação 13:

$$IA = dc / h \quad (13)$$

Onde: IA: índice de abrangência; dc: diâmetro de copa (m); h: altura total da árvore (m).

- Índice de Saliência (IS): foi determinado em valor absoluto por meio da razão entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito, conforme equação 14:

$$IS = dc / DAP \quad (14)$$

Onde: IS: índice de saliência; dc: diâmetro de copa (m); DAP: diâmetro à altura do peito (m).

4.2.3 Variáveis Qualitativas

- Vitalidade da copa (VC): foi avaliada a quantidade e a distribuição de folhas verdes na copa, assim como a fitossanidade das mesmas. Dessa maneira, conforme metodologia proposta por Weber (2013, p. 31;32), essa variável recebeu valores de 1 a 3, sendo:

1 - vitalidade alta, grande quantidade de folhas saudáveis, verdes e com boa distribuição na copa (Figura 5).



Figura 5 - Esquema para representar a vitalidade de copa (1).

Fonte: Weber (2013, p. 30).

2 - vitalidade média, com quantidade intermediária de folhas saudáveis, assim como distribuição mediana das mesmas na copa, conforme representação da Figura 6.



Figura 6 - Esquema para representar a vitalidade de copa (2).

Fonte: Weber (2013, p. 31).

3 - vitalidade baixa, poucas folhas saudáveis e verdes, com distribuição irregular na copa, para melhor entendimento segue a Figura 7.



**Figura 7 - Esquema para representar a vitalidade de copa (3).
Fonte: Weber (2013, p. 31).**

- Distribuição dos galhos (DG): foi analisada em função de quatro quadrantes projetados a partir do eixo central da árvore onde se avaliou a distribuição dos galhos e a homogeneidade das folhas nos mesmos, sendo assim, conforme metodologia proposta por Weber (2013, p. 31) essa variável recebeu os seguintes valores: (1) distribuição da copa em todos os quadrantes; (2) distribuição da copa em 3 quadrantes e (3) distribuição da copa em 1 ou 2 quadrantes.

- Qualidade do fuste (QF): foi analisada em relação ao aproveitamento e forma do fuste, onde os valores variaram de 1 a 4, seguindo a metodologia proposta por IBDF (1978) e modificada por Weber (2013, p.32), sendo: (1) fuste cilíndrico, com bom aproveitamento; (2) fuste levemente torto, com qualidade intermediária; (3) fuste torto, com aproveitamento restrito e (4) fuste muito torto, inaproveitável.

- Posição sociológica (PS): nesta variável, as árvores foram classificadas em função da exposição à luz e também quanto a sua posição vertical no dossel do povoamento, como pode ser observado na Figura 8. Sendo assim, conforme metodologia proposta por Weber (2013, p.32) essa variável recebeu os seguintes valores: (1) árvores dominantes do estrato superior do povoamento com alta exposição da copa à luz solar; (2) árvores codominantes do estrato intermediário do povoamento, com exposição média da copa à luz solar e (3) árvores dominadas do estrato inferior do povoamento com baixa exposição da copa à luz solar.

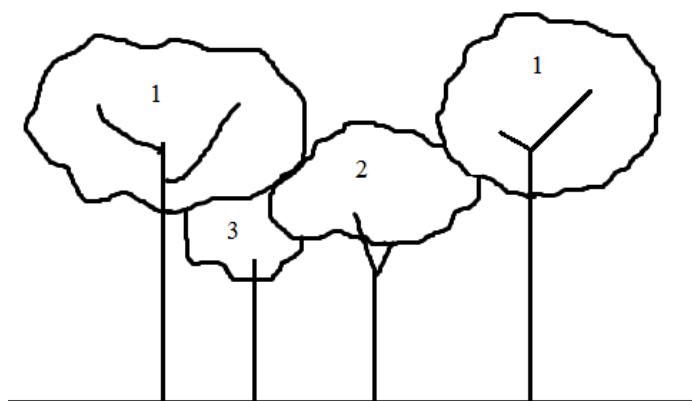


Figura 8 - Esquema para representação das diferentes posições sociológicas.

Fonte: O autor (2014).

- Infestação de Lianas (IL): Sobre a infestação de lianas evidencia-se que a existência delas foi observada somente no espaçamento 2 (1,5 x 2m), sendo assim, a análise do grau de infestação das mesmas seguiu a seguinte classificação: (0) árvore livre de liana; (1) leve presença de liana no fuste; (2) severa ocorrência de liana no fuste e (3) ocorrência de liana no fuste e na copa.

4.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

4.3.1 Distribuição Diamétrica

Para verificar o comportamento da relação hipsométrica, dos índices morfométricos da copa e das variáveis qualitativas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, em função da distribuição diamétrica, foi utilizada a fórmula de Sturges representada pela equação 15 (FINGER, 1992), para determinação do número de classes:

$$nc = 1 + 3,3 \log n \quad (15)$$

Onde: nc : número de classes; n : número de observações e \log : logaritmo decimal.

A partir desse resultado foi determinado o intervalo das classes, por meio da divisão da amplitude total pelo número de classes.

4.3.2 Caracterização Dendrométrica, Morfométrica e Qualitativa

Para caracterização do povoamento, compararam-se as médias das variáveis dendrométricas e morfométricas por classe diamétrica e por espaçamento, utilizando-se a Análise de Variância e o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através do software Assistat® 7.6 beta.

Para as variáveis qualitativas, as árvores também foram separadas por classe diamétrica e por espaçamento, no entanto utilizou-se a moda dessas variáveis para a caracterização do plantio.

4.3.3 Relação Hipsométrica, Diâmetro de Copa e Relações Morfométricas

Para o processamento de dados foram utilizados os softwares Microsoft Office Excel® 2010 e o *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.2. Foi estabelecida uma correlação linear simples de Pearson entre as variáveis dendrométricas e morfométricas a 1% e a 5% de probabilidade de erro, através do procedimento PROC CORR.

Para a estimativa da relação hipsométrica de indivíduos de angico-vermelho foram testados os seguintes modelos de regressão (Tabela 1):

Tabela 1- Modelos lineares que foram testados para estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito, para indivíduos de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos (PR).

Equação	Modelo	Autor
1	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i) + b_2 \cdot d_i$	Gramm
2	$\frac{1}{\sqrt{h_i}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d_i}$	-

3	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1 / d_i) + b_2 \cdot (1 / d_i^2)$	-
4	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Stofells
5	$h_i = b_0 + b_1 \cdot d_i + b_2 \cdot d_i^2$	Trorey
6	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1 / d_i)$	Curtis
7	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i) + b_2 \cdot \ln^2(d_i)$	Backman Modificado
8	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Henricksen
9	$h_i = b_0 + b_1 \cdot d$	Linear

Onde: b_0 , b_1 e b_2 : parâmetros dos modelos; \ln : logaritmo natural; h_i : altura total da i -ésima árvore; d_i : diâmetro à altura do peito da i -ésima árvore.

Fonte: O autor (2014).

Para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito, foram analisadas algumas equações propostas por Costa (2008, p. 39) que podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Modelos lineares que foram testados para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito, para indivíduos de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos (PR).

Equação	Modelo	Autor
1	$dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i$	Longhi (1980)
2	$\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Durlo (2001)
3	$dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i^2$	Nutto et al. (2001)
4	$\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot d_i$	Orellana e Koehler (2008)

Onde: b_0 e b_1 : parâmetros dos modelos; \ln : logaritmo natural; dc_i : diâmetro de copa da i -ésima árvore; d_i : diâmetro à altura do peito da i -ésima árvore.

Fonte: Costa (2008, p. 39) adaptado.

Para o ajuste dos modelos lineares que visam estimar a altura e o diâmetro de copa, utilizou-se a análise de variância pelo procedimento PROC GLM (5% de probabilidade de erro). Para a modelagem das variáveis morfométricas (comprimento de copa, proporção de copa, formal de copa, índice de abrangência e índice de saliência) foi empregado o procedimento PROC *STEPWISE*, utilizando-se para tanto o diâmetro à altura do peito como variável independente, na sua forma simples, quadrática, inversa, logarítmica e radicial (d , d^2 , $1/d$, $\ln(d)$, \sqrt{d}).

Tanto para os modelos lineares como para a modelagem das variáveis morfométricas, primeiramente ajustaram-se as equações para todos os dados sem distinção de classe diamétrica ou de espaçamento. Nesse processo, foi escolhida a melhor equação e posteriormente, a mesma foi ajustada para um novo conjunto de dados, sendo esse por classe diamétrica e por espaçamento, e a partir disso analisou-se se os parâmetros estatísticos das equações melhoraram ou pioraram com a estratificação dos dados.

4.3.4 Critério de Seleção das Equações

Para a seleção dos melhores modelos, foram avaliados os seguintes critérios: distribuição gráfica dos resíduos, ajuste da regressão para os dados observados, coeficiente de variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e valor de F.

Distribuição gráfica dos resíduos: mostra a distribuição dos resíduos em função dos valores estimados das variáveis dependentes, indicando se o ajuste foi bom ao longo de toda a linha de estimativa, se existe ou não tendenciosidade no ajuste e se a variância é homogênea ao longo da linha de regressão, sendo que quanto menor a variação nos resíduos, melhor o ajuste (MUCELIN, 2006, p.200).

Coeficiente de variação (CV%): indica a dispersão de um conjunto de dados em porcentagem, sendo que quanto menor o valor, melhor o ajuste (equação 16):

$$CV\% = \left(S_{yx} / \bar{y} \right) * 100 \quad (16)$$

Onde: CV%: coeficiente de variação em porcentagem; S_{yx} : erro padrão da estimativa absoluto; \bar{y} : média aritmética da variável dependente.

Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}): representa a quantidade de variação total explicada pela regressão, sendo que quanto mais próximo de 1 o valor, melhor o ajuste. Esse critério será obtido por meio da equação 17 (MUCELIN, 2006, p.200):

$$R^2_{aj} = R^2 - [(K - 1)/(N - K)] * (1 - R^2) \quad (17)$$

Onde: R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; R^2 : coeficiente de determinação; K: número de variáveis independentes da equação; N: número de observações.

Valor de F: indica a razão entre a variância da regressão e a variância residual, sendo que quanto maior o valor, melhor o ajuste (MUCELIN, 2006, p.200).

4.3.5 Área de Copa

Para comparar as médias dos diferentes métodos para obtenção da área de copa com o método de oito raios (ACC8), que foi considerado o método controle, se utilizou a Análise de Variância e o teste de comparação de médias de Dunnett a 5% de probabilidade de erro (equação 18), através do software Assistat® 7.6 beta.

$$dms = d \sqrt{\frac{2QMR}{r}} \quad (18)$$

Onde: dms: diferença mínima significante; d: valor crítico; QMR: Quadrado médio do resíduo da análise de variância; r: número de repetições dentro de cada tratamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES POR CLASSE DIAMÉTRICA E POR ESPAÇAMENTO

Com base nos dados obtidos a campo, constatou-se que foram mensurados ao total, ou seja, nos dois espaçamentos, 392 indivíduos arbóreos, o que através da fórmula de Sturges resultou na distribuição das árvores em aproximadamente 10 classes de diâmetro. No entanto, ao se fazer essa distribuição percebeu-se que o uso desse número de classes diamétricas não foi adequado para o presente trabalho, pois as últimas classes ficaram com um número muito pequeno de indivíduos, impossibilitando a regressão das mesmas, em função disso, reduziu-se o mesmo a 8 classes, para que a distribuição diamétrica do povoamento fosse representada da maneira mais real possível. Sendo assim, estipulou-se com base nos dados coletados, o diâmetro máximo de 28cm, o mínimo de 4cm e o intervalo de classe de 3cm.

Após o estabelecimento das classes diamétricas, verificou-se a distribuição de frequência por centro de classe, que de acordo com Weber (2013, p. 51) permite a obtenção de mais informações sobre a estrutura de determinado povoamento florestal, identificando as dimensões mais interessantes a serem manejadas.

Na Figura 9 percebe-se que a primeira classe diamétrica inicia com 61 indivíduos, e que esse número aumenta rapidamente para classe seguinte, a qual apresentou o maior número de árvores. Além disso, é possível notar que os maiores números de indivíduos por classe diamétrica foram encontrados nas quatro primeiras classes, e a partir daí observou-se que as árvores com maiores diâmetros ocorreram de maneira mais escassa no povoamento.

Dessa forma, evidencia-se que os centros de classe 8,5, 11,5 e 14,5cm foram os que concentram maior número de indivíduos, sendo que juntos somaram mais da metade das árvores observadas. Isso pode ser explicado pelo fato de que o plantio analisado ainda é novo, e que em idades mais avançadas a espécie *Parapiptadenia rigida* de acordo com Backes e Irgang (2002, p. 47) pode atingir até 100cm de diâmetro, o que mostra que as árvores estudadas tem muito a se desenvolver e conseqüentemente ingressar em classes de maior dimensão com o passar do tempo e com o auxílio de práticas de manejo adequadas.

Para a mesma espécie, no Rio Grande de Sul em uma Floresta Ombrófila Mista em estágio médio de desenvolvimento, Borsoi, Muller e Brena (2013, p. 364) encontraram um

intervalo de diâmetro de 15 a 75cm, sendo esse mais um indicativo de que as árvores estudadas atingirão maiores dimensões diamétricas com o decorrer do tempo e com o auxílio de práticas adequadas de manejo.

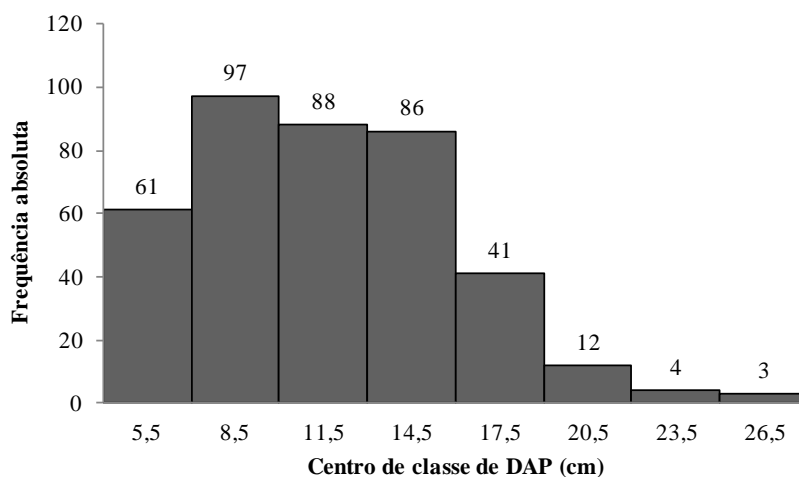


Figura 9 - Distribuição de frequência por centro de classe diamétrica de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* abrangendo dois espaçamentos, Dois Vizinhos, Paraná.

Fonte: O autor (2014).

Após a classificação diamétrica das árvores individuais, as mesmas foram classificadas em função do espaçamento. Notou-se que o espaçamento 1 foi o que apresentou maior número de indivíduos, com 252 árvores, o que representa mais da metade do total amostrado.

Este resultado foi obtido, pois mesmo sendo menor a área útil proporcionada para cada planta no espaçamento 2 (1,5x2m), isso não totaliza maior número de árvores quando comparado ao espaçamento 1, uma vez que o espaçamento 2 é menos extenso que o 1 e teve maior índice de mortalidade.

5.2 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, MORFOMÉTRICAS E QUALITATIVAS

5.2.1 Análise das características por classe diamétrica

A análise de variância por classe diamétrica apresentada pela Tabela 3 mostrou que ocorreu diferença significativa a 5% de probabilidade de erro entre os valores médios das seguintes variáveis: diâmetro à altura do peito, altura total, altura comercial e altura de inserção de copa.

Como era esperado, quanto maior o diâmetro das árvores maior foi a altura total encontrada, no entanto pode-se ressaltar que a partir da classe diamétrica de 11,5cm todas as alturas estudadas não diferiram significativamente entre si, sendo que ocorreram aumentos nos diâmetros mas a altura não acompanhou esse acréscimo de uma classe para outra. Este fato pode estar relacionado de acordo com Batista, Couto e Silva Filho (2014, p.215) à estagnação de crescimento que pode ocorrer em povoamentos florestais quando os mesmos estão mudando da fase jovem para a adulta. Evidencia-se que esse processo se torna tão intenso que aparentemente as árvores não apresentam nenhum crescimento, o que pode durar décadas.

Aliado a isso, Caldeira et al. (1996, p.3) relata que fatores genéticos (origem), qualidade de sítio, grau de competição e condições biológicas, edáficas e climáticas também podem afetar e influenciar o crescimento em altura das espécies florestais, fazendo muitas vezes com que o mesmo seja negativo.

Nota-se também que a classe diamétrica de 23,5cm, para altura comercial e para a altura de inserção de copa apresentou redução de cerca de 2m quando comparados aos valores encontrados para classe anterior. Isso ocorreu, pois, as árvores pertencentes ao intervalo de 22 a 24,9cm eram muito ramificadas, fazendo com que a altura comercial e também a de início de estabelecimento de copa fossem menores.

Segundo Machado e Figueiredo Filho (2014, p.85) as espécies folhosas, notadamente as das regiões tropicais e subtropicais, onde estão situadas as árvores estudadas, apresentam uma grande variedade de forma, tortuosidade, e defeitos como inserção de galhos ao longo do fuste e irregularidades que podem atingir até 5 metros de altura, o que pode vir à afetar de maneira significativa a altura comercial e de início de copa.

Além disso, outra explicação para essa redução para altura comercial e altura de inserção de copa pode ser dada em função do grau de competição do povoamento, sendo que na classe diamétrica de 23,5 as árvores já pertencem ao estrato superior, recebendo maior luminosidade, o que deveria auxiliar no bom desenvolvimento das plantas, no entanto, os indivíduos da classe de 26,5cm ficam acima do dossel causando a diminuição de luz e afetando os resultados da classe de 23,5cm.

Tabela 3 - Valores médios por classe diamétrica das variáveis dendrométricas de um povoamento de *Parapiptadenia rigida*, Dois Vizinhos, Paraná.

Classe DAP (cm)	C.C DAP (cm)	DAP (cm)	h (m)	hc (m)	hic (m)
4 a 6,9	5,5	6,15 h*	7,22 e	2,49 b	5,40 c
7 a 9,9	8,5	8,30 g	9,18 d	3,40 b	6,97 b
10 a 12,9	11,5	11,62 f	11,02 ac	4,16 a	8,26 a
13 a 15,9	14,5	14,50 e	12,16 ab	4,69 a	8,74 a
16 a 18,9	17,5	17,06 d	12,28 ab	4,85 a	9,05 a
19 a 21,9	20,5	20,28 c	12,33 a	5,16 a	9,11 a
22 a 24,9	23,5	23,36 b	12,92 a	3,98 ab	7,85 a
25 a 28	26,5	26,26 a	13,37 a	5,63 a	10,23 a
Média Geral		11,64	10,43	3,94	7,72
CV%		6,95	14,36	24,95	17,99

Onde: Classe DAP = classe diamétrica; C.C DAP = centro de classe diamétrica; DAP = diâmetro à altura do peito; h = altura total; hc = altura comercial; hic = altura de inserção de copa; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem. *Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2014).

Os dados da Tabela 4 mostram que as variáveis proporção de copa e formal de copa não diferiram significativamente a 5% de probabilidade de erro e que as demais variáveis morfométricas se diferenciaram entre as classes diamétricas.

Os valores médios das variáveis morfométricas com exceção do diâmetro de copa, não acompanharam a ordem crescente das classes diamétricas, e os mesmos oscilaram de uma classe para outra. Isso ocorre, pois, as variáveis morfométricas são dependentes de outras duas variáveis, além de serem afetadas de acordo com Sterba (2006) apud Vuaden (2013, p.44) pelos diferentes graus de concorrência a que estão submetidas.

Sobre o diâmetro de copa, evidencia-se que quanto maior o centro de classe maior a média encontrada para essa variável, indicando assim, que as classes superiores ocupam

maior espaço horizontal, pelo fato de se sobressaírem em relação às classes inferiores e receberem maior quantidade de luminosidade, fato esse constatado também no trabalho de Schröder (2013, p. 76) ao estudar essa mesma espécie em um fragmento da Floresta Estacional Decidual na comunidade de Arroio Grande – Rio Grande do Sul. No entanto no trabalho de Schröder na classe diamétrica de 26,2cm as árvores já apresentavam valores de 10m de diâmetro de copa, valor maior do que o encontrado no presente estudo para classe de 26,5cm.

Tabela 4 - Valores médios por classe diamétrica das variáveis morfométricas de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Classe DAP (cm)	C.C DAP (cm)	cc (m)	dc (m)	PC (%)	FC	IA	IS
4 a 6,9	5,5	1,82 d*	2,91 f	25,17 ns	1,93 ns	0,42 ab	47,52 a
7 a 9,9	8,5	2,21 cd	3,36 f	23,88 ns	1,90 ns	0,38 b	40,65 ab
10 a 12,9	11,5	2,76 bcd	4,36 e	24,62 ns	2,13 ns	0,41 b	37,75 abc
13 a 15,9	14,5	3,41 a	5,02 bd	27,89 ns	1,79 ns	0,42 ab	34,48 abc
16 a 18,9	17,5	3,23 ab	5,72 bc	25,75 ns	2,18 ns	0,48 ab	33,46 abc
19 a 21,9	20,5	3,22 abc	5,79 b	26,20 ns	1,81 ns	0,47 ab	28,65 c
22 a 24,9	23,5	5,08 a	6,74 ab	38,74 ns	1,39 ns	0,52 ab	28,86 bc
25 a 28	26,5	3,13 abcd	8,31 a	24,09 ns	2,66 ns	0,63 a	31,63 abc
Média Geral		2,71	4,27	25,55	1,96	0,41	38,41
CV%		44,74	26,78	39,40	76,30	30,05	26,95

Onde: Classe DAP = classe diamétrica; C.C DAP = centro de classe diamétrica; cc = comprimento de copa; dc = diâmetro de copa; PC = Proporção de copa; FC = formal de copa; IA = índice de abrangência; IS = índice de saliência; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem.; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem. *Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2014).

Na Tabela 5, pode-se confirmar o que foi exposto referente ao diâmetro de copa na Tabela 4, observando-se os valores correspondentes à posição sociológica de cada classe diamétrica nota-se que os maiores resultados de diâmetro de copa foram encontrados para as árvores mais grossas, o que coincide com as classes que foram consideradas dominantes, ou seja, com as que ocupavam o estrato superior do povoamento e conseqüentemente recebiam mais luz. Cabe ressaltar também que através da vitalidade de copa revelou que as classes diamétricas maiores apresentaram maior quantidade de folhas verdes, assim como uma boa fitossanidade, o que resultou em um melhor desenvolvimento da copa dessas classes.

A distribuição dos galhos apresentou-se boa para todas as classes, o que caracteriza a espécie estudada por possuir uma copa bem desenvolvida (Tabela 5). Referente à qualidade do fuste, percebe-se que as árvores foram classificadas com fuste tortuoso para classes diamétricas menores e levemente tortuoso para classes diamétricas maiores (Tabela 5), o que está intrinsecamente relacionado ao grau de concorrência, uma vez que a espécie *Parapiptadenia rigida* quando submetida à espaços menores e com maior competição tende à apresentar fuste menos tortuoso (MATTOS, 2002, p.23), resultado esse que coincide com as classes diamétricas maiores, que são as submetidas à condições de maior densidade.

Tabela 5 - Valores modais por classe diamétrica das variáveis qualitativas de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Classe DAP (cm)	C.C DAP (cm)	VC	DG	QF	PS
4 a 6,9	5,5	3	1	3	3
7 a 9,9	8,5	3	1	3	2
10 a 12,9	11,5	2	1	2	2
13 a 15,9	14,5	1	1	2	2
16 a 18,9	17,5	1	1	2	1
19 a 21,9	20,5	1	1	2	1
22 a 24,9	23,5	1	1	2	1
25 a 28	26,5	1	1	2	1

Onde: Classe DAP = classe diamétrica; C.C DAP = centro de classe diamétrica; VC = vitalidade da copa; DG = distribuição dos galhos; QF = qualidade do fuste; PS = posição Sociológica.
Fonte: O autor (2014).

5.2.2 Análise das Características por Espaçamento

A análise de variância juntamente com os valores médios, mínimos e máximos das variáveis dendrométricas e morfométricas para *Parapiptadenia rigida* demonstram o comportamento desta espécie conduzida no espaçamento 1 (2x2m) e no espaçamento 2 (1,5x2m), como pode ser visualizado na Tabela 6.

Ao analisar os dados, percebe-se que ocorreram diferenças significativas a 5% de probabilidade de erro entre os espaçamentos para as variáveis: altura de inserção de copa, comprimento de copa, proporção de copa e formal de copa. Sendo assim, nota-se que os

indivíduos de *Parapiptadenia rigida*, que cresceram no espaçamento menor apresentaram características parecidas com aqueles que se desenvolveram no maior espaçamento, não se diferenciando significativamente nas seguintes variáveis: diâmetro à altura do peito, altura total, altura comercial, diâmetro de copa, índice de abrangência e índice de saliência.

Ao avaliar os valores absolutos evidencia-se que o diâmetro à altura do peito do espaçamento 1 teve média inferior ao do espaçamento 2, o que não era esperado, assim como esperavam-se resultados diferentes estatisticamente, uma vez que em condições com menor grau de competição, as árvores tendem a crescer mais em diâmetro. No entanto, as árvores do espaçamento 1 alcançaram valor mínimo e máximo maiores que do espaçamento 2, mostrando que a ocorrência de um espaço maior para os indivíduos desenvolverem-se pode ter influenciado nisso.

A média mais alta da variável altura total foi encontrada para as árvores que se desenvolveram no espaçamento 2, no entanto não diferiu estatisticamente, isso pode ser explicado de acordo com Schneider e Schneider (2008) pelo fato de que em condições de alta competição as árvores tendem a crescer mais longitudinalmente do que aquelas que se encontram em condições de menor densidade.

As árvores de *Parapiptadenia rigida* do espaçamento 2 apresentaram maior altura comercial e de inserção de copa do que as árvores do espaçamento 1, isso mostra que se for realizado o manejo adequado dessa espécie em espaçamentos pequenos as árvores fornecerão fustes melhores e mais longos.

A variável comprimento de copa para o local mais espaçado apresentou média maior do que para o local mais denso, isso aconteceu, pois no espaçamento 1, as árvores tiveram mais espaço para desenvolver ramos e galhos, configurando desta maneira uma boa formação de copa a uma altura mais baixa do que no espaçamento 2.

Referente ao diâmetro de copa ressalta-se que esta variável, apresentou pouca diferença entre os espaçamentos demonstrando que mesmo em condições de maior competição os indivíduos de *Parapiptadenia rigida* conseguem manter a expansão horizontal de suas copas.

A proporção de copa, o índice de abrangência e o índice de saliência apresentaram-se maiores para o espaçamento 1, uma vez que os valores de diâmetro à altura do peito e altura total, que são inversamente proporcionais à estas variáveis morfométricas foram mais baixos para o espaçamento 1, quando comparados aos valores encontrados para o espaçamento 2.

Já para a variável formal de copa percebeu-se que o maior valor foi obtido no espaçamento 2, pois o diâmetro de copa nesse espaçamento era menor sendo o mesmo

inversamente proporcional ao formal de copa. Esse resultado indica que as árvores desse espaçamento possuem copas achatadas e menos esbeltas que as do outro espaçamento.

Tabela 6 - Valores médios, mínimos e máximos por espaçamento das variáveis dendrométricas e morfométricas de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Variável	FV	Média	Mín.	Máx.	Média Geral	CV%
DAP (cm)	Esp.1	11,39 ns	4,81	28,00	11,64	36,71
	Esp.2	12,12 ns	4,77	25,78		
h (m)	Esp.1	10,32 ns	4,60	16,00	10,43	22,53
	Esp.2	10,64 ns	4,20	15,50		
hc (m)	Esp.1	3,93 ns	1,10	7,70	3,94	32,14
	Esp.2	3,95 ns	1,50	6,30		
hic (m)	Esp.1	7,38 b	2,40	13,60	7,72	23,40
	Esp.2	8,34 a	3,30	1,40		
cc (m)	Esp.1	2,94 a	0,20	7,10	2,71	48,72
	Esp.2	2,30 b	0,70	5,80		
dc (m)	Esp.1	4,27 ns	0,51	9,64	4,27	36,19
	Esp.2	4,28 ns	1,28	9,04		
PC (%)	Esp.1	28,48 a	2,47	60,00	25,55	7,82
	Esp.2	21,62 b	8,64	53,85		
FC	Esp.1	1,80 b	0,20	6,93	1,96	75,33
	Esp.2	2,12 a	0,58	5,33		
IA	Esp.1	0,42 ns	0,55	0,94	0,41	31,02
	Esp.2	0,40 ns	0,15	0,74		
IS	Esp.1	38,37 ns	7,49	71,31	38,41	29,69
	Esp.2	38,30 ns	18,49	65,42		

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito; h = altura total; hc = altura comercial; hic = altura de inserção de copa; cc = comprimento de copa; dc = diâmetro de copa; PC = Proporção de copa; FC = formal de copa; IA = índice de abrangência; IS = índice de saliência; Esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2m); Esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m); Mín = valor mínimo; Máx = valor máximo; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2014).

Percebeu-se que para os dois espaçamentos estudados a distribuição de galhos ocorreu nos quatro quadrantes e que as árvores foram classificadas quanto à posição sociológica como codominantes. Com esse resultado evidencia-se que a maioria dos indivíduos de *Parapiptadenia rigida* ocupam o estrato intermediário do povoamento possuindo um bom desenvolvimento de copa, o que segundo IPEF (2014, s/p) é uma característica típica da espécie que por ser exigente quanto à luz procura ocupar os estratos intermediários e superiores e investir no desenvolvimento de sua copa.

A vitalidade de copa apresentou diferença entre os dois espaçamentos, sendo que no espaçamento 1 a mesma foi classificada como alta, e no 2 foi considerada intermediária,

resultado este obtido em função da área que é proporcionada em cada local para o desenvolvimento das plantas. O fato do espaçamento 2 proporcionar menor área que o espaçamento 1, acaba resultando em copas com quantidade média de folhas saudáveis e distribuídas de maneira mediana nos galhos.

Por outro lado essa redução de área no espaçamento 2, fez com que a qualidade do fuste das árvores que ali se desenvolveram fosse melhor que a encontrada no espaçamento 1. Estudos realizados por Mattos (2002, p. 64) em um fragmento florestal situado no município de São João do Polêsine, no Rio Grande do Sul, mostraram que 64,6% dos fustes das árvores de *Parapiptadenia rigida* foram considerados retilíneos, o que segundo o autor é uma consequência da alta densidade de plantas que a floresta comporta, o que coincide com a explicação do presente trabalho.

Sobre a infestação de lianas cabe ressaltar que a existência delas somente no espaçamento 2 pode ter ocorrido em função dessa parte do povoamento ser mais estreita do que o espaçamento 1, o que possibilita maior incidência de luz em suas laterais, pois de acordo com Engel, Fonseca e Oliveira (1998, p. 45) a maioria das espécies de lianas é heliófita. Aliado a isso, os mesmos autores ainda relatam que a fase de alongamento das lianas é estimulada pela sombra, o que mais uma vez é proporcionado pelo espaçamento 2, que é mais denso e forma um dossel fechado.

A maioria das árvores apresentaram leve infestação de liana e somente no fuste, o que conciliado com os dados dendrométricos e morfométricos parece não ter influenciado no desenvolvimento das árvores. No entanto, Costa, Silva e Carvalho (2008, p. 74) recomendam o corte das lianas como uma prática de manejo que visa evitar infestações severas que podem vir a prejudicar o desenvolvimento das árvores.

5.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Ao estabelecer correlações lineares simples entre as variáveis dendrométricas e morfométricas (Tabela 7), percebe-se que quase todas as variáveis apresentaram correlação significativa com o diâmetro à altura do peito, com exceção do formal de copa, o que indica que ele não varia com a mudança do diâmetro à altura do peito.

Evidencia-se que à medida que as árvores engrossam, a altura total, altura comercial, altura de inserção de copa, comprimento de copa, diâmetro de copa, proporção de copa e

índice de abrangência aumentam, sendo que a correlação dos mesmos foi positiva. Para o índice de saliência a correlação foi negativa mostrando que à medida que o diâmetro à altura do peito aumenta esse índice diminui.

Durlo (2001, p.148) ao analisar a relação entre o diâmetro à altura do peito e as características da copa de *Cabrlea canjerana* constatou que com o aumento do diâmetro à altura do peito também aumentavam a altura de inserção de copa, índice de abrangência, diâmetro de copa e porcentagem de copa, e diminuía o índice de saliência, o que corrobora com o presente trabalho.

Também é possível perceber na Tabela 7, que a altura total foi a variável mais correlacionada com o diâmetro à altura do peito, seguida do diâmetro de copa, da altura de inserção de copa e da altura de copa, sendo que a correlações encontradas para essas variáveis foram maiores que 0,6.

Tabela 7 - Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas e morfométricas de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* abrangendo dois espaçamentos, Dois Vizinhos, Paraná.

Var	DAP	h	hc	hic	cc	dc	PC	FC	IA
DAP	-								
h	0,74*	-							
hc	0,61*	0,72*	-						
hic	0,62*	0,82*	0,75*	-					
cc	0,43*	0,61*	0,22*	0,05 ^{ns}	-				
dc	0,69*	0,52*	0,41*	0,40*	0,35*	-			
PC	0,11**	0,19*	-0,13**	-0,39*	0,87*	0,13*	-		
FC	0,01 ^{ns}	-0,25*	0,06 ^{ns}	0,17*	-0,66*	0,30*	-0,72*	-	
IA	0,21*	-0,17*	-0,08 ^{ns}	-0,17*	-0,07 ^{ns}	0,73*	0,008 ^{ns}	0,56*	-
IS	-0,41*	-0,35*	-0,32*	-0,33*	-0,17*	0,25*	-0,02 ^{ns}	0,36*	0,58*

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito; h = altura total; hc = altura comercial; hic = altura de inserção de copa; cc = comprimento de copa; dc = diâmetro de copa; PC = Proporção de copa; FC = formal de copa; IA = índice de abrangência; IS = índice de saliência; * = significativo 1% de probabilidade de erro; ** = significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo.

Fonte: O autor (2014).

5.4 RELAÇÃO ENTRE ALTURA E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO

Inicialmente, utilizando-se todos os dados de altura e diâmetro à altura do peito do povoamento de *Parapiptadenia rigida*, foram testados nove modelos de regressão para encontrar a melhor relação hipsométrica (Tabela 8). Em função dos resultados das estatísticas

das equações, nota-se que de maneira geral, os modelos apresentaram bons resultados, entretanto o que se sobressaiu foi o modelo 6, que apresentou desempenho muito próximo ao encontrado para o modelo 3 em relação a todos os critérios de seleção utilizados.

Tabela 8 - Parâmetros estatísticos para seleção do modelo à estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Equação	Coeficientes			R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1	b_2			
1	-7,14183	9,27268	-0,39089	0,6349	13,63	340,95
2	0,2299	0,8777		0,6385	7,92	691,53
3	2,76084	-3,73809	-6,73508	0,6479	6,32	362,28
4	1,08705	0,51520		0,6071	6,72	605,28
5	1,63630	1,12175	-0,02772	0,6248	13,82	326,51
6	2,83601	-5,26255		0,6489	6,33	720,54
7	-13,44635	15,48041	-2,23830	0,6342	13,64	339,98
8	-1,28904	4,91250		0,6142	14,01	623,55
9	5,71705	0,40503		0,5423	15,26	464,28

Onde: Equação 1: $h_i = b_0 + b_1 \ln(d_i) + b_2 \cdot d_i$; 2: $1/\sqrt{h_i} = b_0 + b_1 \cdot 1/d_i$; 3: $\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/d_i) + b_2 \cdot (1/d_i^2)$; 4: $\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$; 5: $h_i = b_0 + b_1 \cdot d_i + b_2 \cdot d_i^2$; 6: $\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/d_i)$; 7: $h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i) + b_2 \cdot \ln^2(d_i)$; 8: $h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$; 9: $h_i = b_0 + b_1 \cdot d_i$; b_0 = coeficiente linear; b_1 e b_2 = coeficientes angulares; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Com a finalidade de se optar pelo melhor modelo, analisou-se também, graficamente, a dispersão dos valores observados em torno das curvas dos valores estimados pelos modelos 3 e 6, através da Figura 10 – A.

De maneira geral percebe-se que à medida que as árvores engrossam a altura tende a aumentar, além de que é possível notar que as estimativas foram muito próximas para as duas equações, exceto para as últimas classes diamétricas, onde a equação 6, apresentou uma melhor curvatura, mostrando que a altura tende ainda a aumentar com o engrossamento da árvore, o que realmente acontece uma vez que a espécie *Parapiptadenia rigida* alcança diâmetros e alturas maiores do que os encontrados até o momento para área analisada. Já a equação 3, mostra que com o aumento do diâmetro vai ocorrendo um crescimento muito lento tendendo a estabilização da altura, o que biologicamente não vai ocorrer. Em função disso, a equação escolhida foi a 6, ou seja, a equação de Curtis, notada por: $\ln(h_i) = 2,83601 -$

5,26255. $(1/d_i)$. A dispersão dos valores observados em torno das curvas dos valores estimados para as demais equações testadas pode ser observada no Apêndice A.

Visando selecionar modelos matemáticos para estimar a altura de ipê-branco e ipê-roxo em função do diâmetro à altura do peito, Azevedo et al., (2011, p. 11) testaram treze modelos hipsométricos, e perceberam que entre eles o modelo de Curtis foi o mais adequado para essa variável o que coincide com o presente trabalho. Além disso, Machado et al., (2008, p. 15) também consideraram o modelo de Curtis um dos melhores para estimar a altura de *Araucaria angustifolia*, o que novamente mostra a eficiência do mesmo.

Na Figura 10 – A, pode-se verificar ainda que a tendência dos dados estimados foi a mesma que a dos dados observados, porém ocorreu uma discrepância maior dos dados nas últimas classes diamétricas.

Ao examinar a dispersão residual para o modelo selecionado na Figura 10 – B e para os demais modelos no Apêndice B, percebe-se que o modelo selecionado foi o que apresentou menor discrepância dos resíduos, sem superestimar ou subestimar a variável dependente ao longo da observação dos valores estimados.

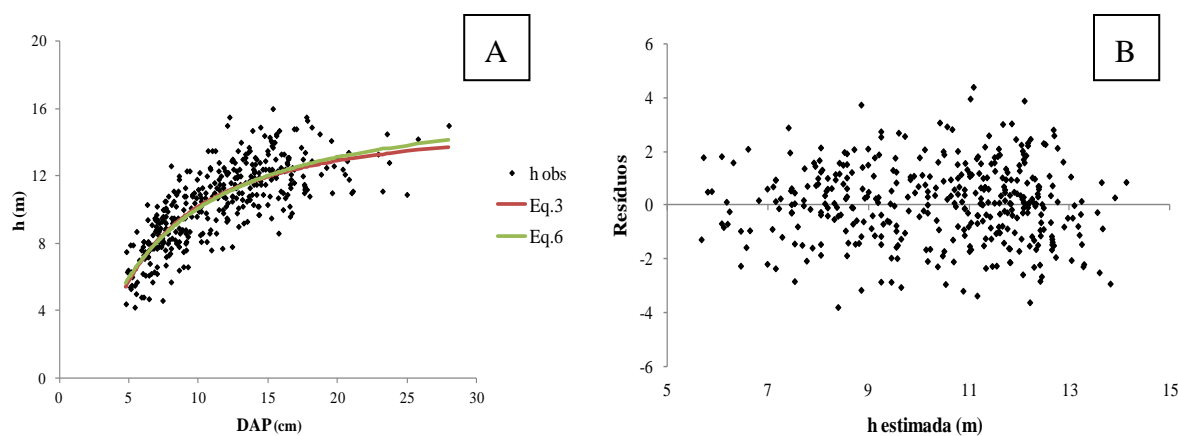


Figura 10 - A) Comparação do ajustamento da linha de regressão da altura (h) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) da equação selecionada 6: $(\ln(h_i) = 2,83601 - 5,26255 \cdot (1/d_i))$, com a equação 3: $(\ln(h_i) = 2,76064 - 3,73809 \cdot (1/d_i) - 6,73508 \cdot (1/d_i^2))$. B) Resíduos e valores estimados para altura total, de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Fonte: O autor (2014).

5.4.1 Relação entre Altura e Diâmetro à Altura do Peito por Classe Diamétrica

A equação 6 foi ajustada para cada classe diamétrica do povoamento, podendo-se observar o ajuste da mesma na Tabela 9. Percebe-se que em algumas classes diamétricas o coeficiente de variação apresentou uma pequena melhora, no entanto isso pode ser explicado pelo fato de que os dados quando agrupados por classe diamétrica tendem a ser mais homogêneos, o que conseqüentemente irá gerar uma menor variação. Contudo, quando analisados os outros parâmetros estatísticos nota-se que os mesmos não apresentaram melhoras quando ocorreu a estratificação dos dados do povoamento, devido a diminuição da amostra.

Sendo assim, o uso de equações separadas não é necessário, uma vez que uma única equação pode ser utilizada para descrever a altura em relação ao diâmetro à altura do peito para todo o povoamento de maneira mais precisa.

Andrade et al., (2006, p.37) encontraram resultado semelhante ao presente trabalho ao verificar se uma equação hipsométrica estimada para cada classe de diâmetro diferia da equação hipsométrica estimada para todos os dados agrupados. Como resultado os autores perceberam que ao juntar os dados as estatísticas da equação foram melhores do que as encontradas para as equações com os dados estratificados.

Tabela 9 - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\ln(h_i) = b_0 + b_1(1/d_i)$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

C.C DAP (cm)	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
5,5	2,88626	-5,65468	0,2439	9,63	20,35
8,5	2,74310	-4,43756	0,0812	7,41	9,48
11,5	2,91553	-6,07667	0,0693	5,87	7,48
14,5	2,96246	-6,81708	0,0396	4,87	4,50
17,5	3,38756	-15,10640	0,0735	4,69	4,17
20,5	1,62359	17,94374	0,0393	3,13	1,45
23,5	4,05180	-34,96170	0,4388	5,23	0,09
26,5	5,00115	-63,33736	0,3518	5,32	2,09
Todo povoamento	2,83601	-5,26255	0,6479	6,36	720,54

Onde: b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

5.4.2 Relação entre Altura e Diâmetro à Altura do Peito por Espaçamento

Ao ajustar a equação 6 para cada espaçamento compreendido no povoamento estudado, pode-se perceber que os parâmetros estatísticos melhoraram somente para o espaçamento 2 (Tabela 10). No entanto, evidencia-se que mesmo não havendo melhora das estatísticas para o espaçamento 1, os valores ficaram próximos aos encontrados para todo o povoamento, o que indica que a separação dos dados por espaçamento para o ajuste da altura em função do diâmetro à altura do peito é vantajosa..

Tabela 10– Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\ln (h_i) = b_0 + b_1. (1/d_i)$ por espaçamento, e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Espaçamento	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
1	2,83602	-5,35800	0,6054	6,70	386,15
2	2,83988	-5,12907	0,7234	5,67	364,47
Todo povoamento	2,83601	-5,26255	0,6479	6,36	720,54

Onde: Esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2 m); Esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m); b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Quando comparadas as alturas totais determinadas por duas equações que relacionam as mesmas com diâmetro à altura do peito (Figura 11 - A), nota-se que para um mesmo diâmetro as árvores do espaçamento 2 tendem a apresentar levemente alturas maiores. Esse fato pode ser explicado, pois a espécie em questão precisa de luminosidade para se desenvolver e como o espaçamento 2 é mais adensado as árvores investem em altura para atingir o dossel.

Em função disso, evidencia-se a necessidade do uso de equações com diferentes coeficientes para descrever a relação hipsométrica da espécie em questão, sendo que a equação para o espaçamento 1 ficou definida como: $\ln (h_i) = 2,83602 - 5,35800. (1/d_i)$ e para o espaçamento 2: $\ln (h_i) = 2,83988 - 5,12907. (1/d_i)$.

Vuaden (2013, p. 51) ao comparar a relação hipsométrica de *Cordia trichotoma* entre as condições livre e sob competição, o que configura maior e menor espaço para o desenvolvimento das árvores, também julgou necessário o uso de equações com coeficientes

diferentes para que os resultados fossem melhorados, sendo que os louros sob competição apresentaram alturas maiores do que os encontrados em condição livre, assim como no presente trabalho.

Ao comparar a Figura 11 – B e C, nota-se que em ambos os espaçamentos as equações desenvolvidas não apresentaram tendência em super ou subestimar, entretanto observa-se que o espaçamento 1 apresentou maior variância do que o espaçamento 2 uma vez que a amplitude de seus resíduos encontrada foi maior.

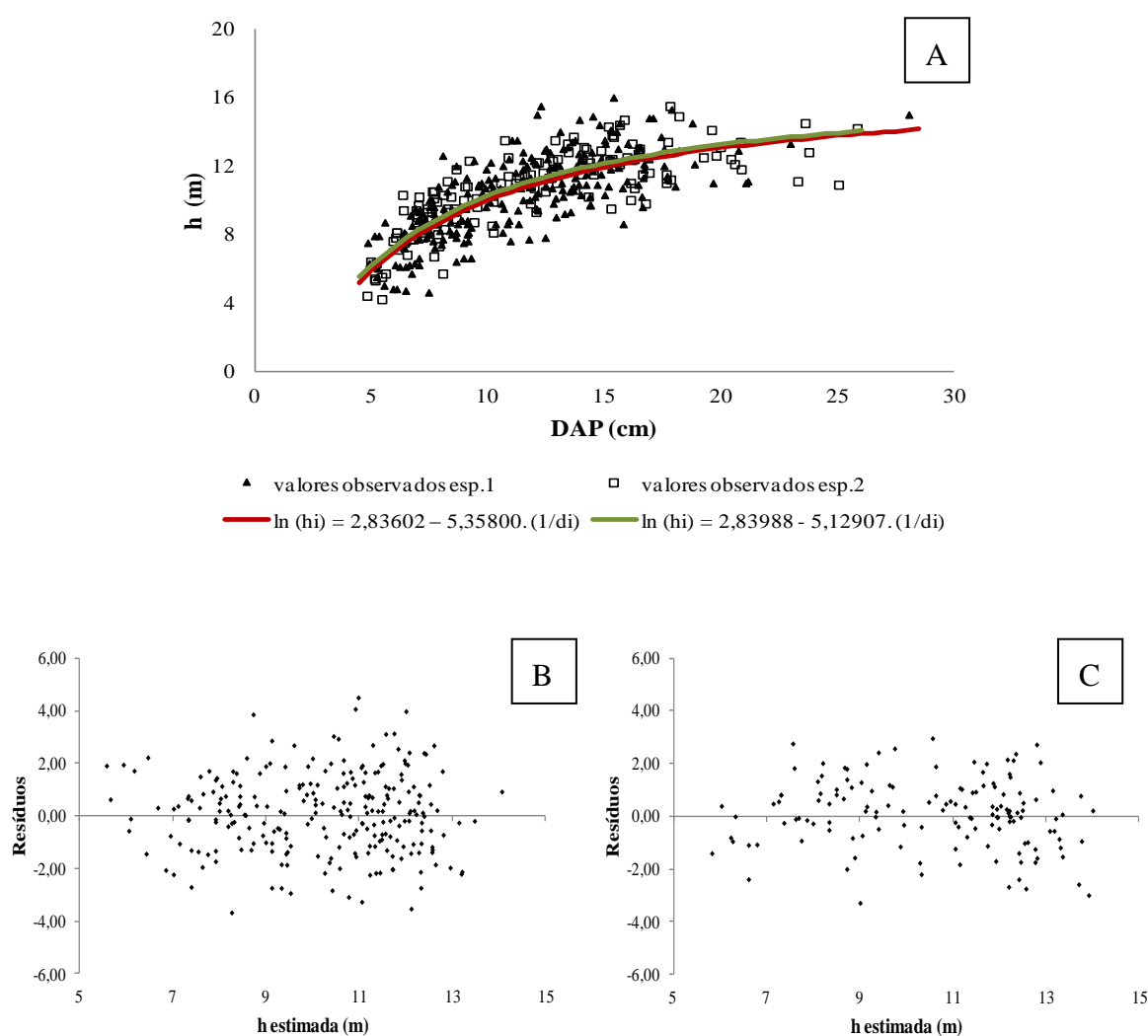


Figura 11 – A) Curva de regressão da altura (h) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) por espaçamento; Resíduos e valores estimados para altura total de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* B) no espaçamento 1 (2x2 m) e C) no espaçamento 2 (1,5x2m), Dois Vizinhos, Paraná
Fonte: O autor (2014).

5.5 RELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO DE COPA E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO

Na Tabela 11 podem-se observar quatro modelos, os coeficientes e estatísticas de ajuste que descrevem o comportamento do diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito para um povoamento de *Parapiptadenia rigida*. Com base nestes dados pode-se perceber que o modelo 1 apresentou bom desempenho, no entanto não apresentou muita diferença do modelo 2.

Tabela 11 - Parâmetros estatísticos para seleção do modelo à estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Equação	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
1	1,38216	0,24803	0,4721	26,26	350,69
2	-0,23391	0,67706	0,4204	21,57	284,66
3	2,87244	0,00908	0,4440	26,95	313,26
4	0,69596	0,05889	0,4133	21,71	276,49

Onde: Equação 1 = $dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i$; 2 = $\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$; 3 = $dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i^2$; 4 = $\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot d_i$; b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Ao comparar os valores observados em torno da curva dos valores estimados pelos modelos 1 e 2 (Figura 12 - A) verificou-se que com o aumento em diâmetro das árvores o diâmetro de copa também aumenta.

Com a Figura 12 – A também se evidencia que a equação 1 descreveu melhor o comportamento dos dados, pois conseguiu seguir a inclinação de tendência natural dos valores observados. Além disso, a equação 2 apresentou-se deslocada para a parte mais inferior dos valores observados, afastando-se da parte central, sendo este mais um critério para que a mesma não fosse utilizada. Portanto o modelo selecionado foi o 1, ou seja o modelo proposto por Longhi (1990), que ficou notado da seguinte maneira: $dc_i = 1,38216 + 0,24803 \cdot d_i$. O comportamento dos valores estimados e observados para os demais modelos testados podem ser observados no Apêndice C.

Costa (2011, p. 56) ao testar os mesmos modelos do presente estudo, para determinar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito de *Araucaria angustifolia* percebeu que a equação proposta por Longhi foi a que apresentou melhor desempenho para as

árvores classificadas como dominadas, o que demonstra que a equação consegue adaptar-se à diversas espécies.

A distribuição residual por meio da Figura 12 – B, e do Apêndice D, mostra que a equação 1 foi a que proporcionou melhor comportamento dos resíduos, sem tendenciosidade.

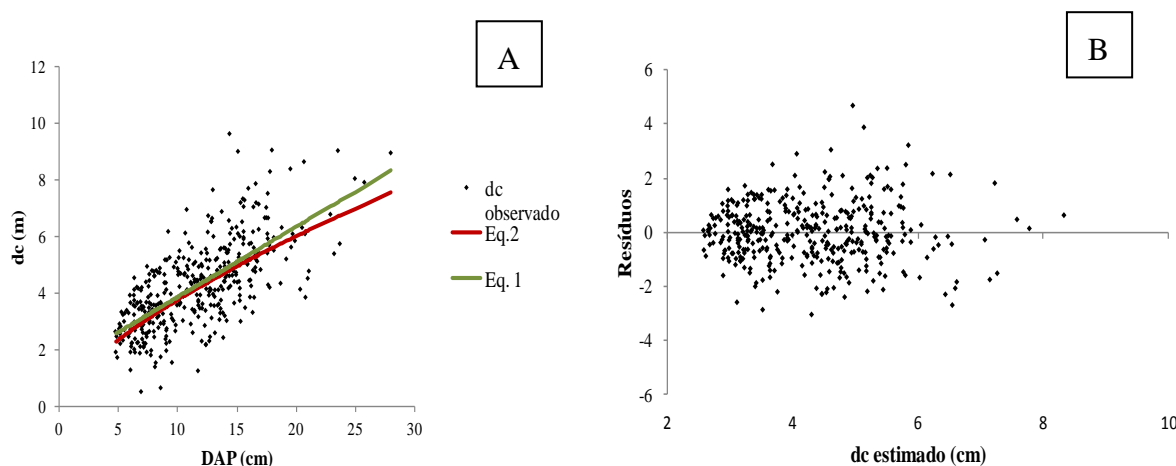


Figura 12 – A) Comparação do ajustamento da linha de regressão do diâmetro de copa (dc) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) da equação selecionada 1: $dc_i = 1,38216 + 0,24803.d_i$ com a equação 2: $\ln(dc_i) = -0,23391 + 0,67706. \ln(d_i)$. B) Resíduos e valores estimados para diâmetro de copa, de todas as árvores do povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Fonte: O autor (2014).

5.5.1 Relação entre Diâmetro de Copa e Diâmetro à Altura do Peito por Classe Diamétrica

Os resultados expressos na Tabela 12 evidenciam que não ocorreram melhoras para as estatísticas da equação 1 quando a mesma foi testada para cada classe diamétrica, além disso, ressalta-se que assim como no caso da relação hipsométrica algumas classes diamétricas apresentaram menores coeficientes de variação do que o encontrado para todo o conjunto de dados. Isso aconteceu, pois ao se agrupar dados com menores intervalos de variação a dispersão dos mesmos tende a diminuir e resultar em coeficientes de variação mais baixos.

Com base nas informações anteriores pode-se dizer então, que a estratificação dos dados por classe diamétrica não se torna necessária para a determinação do diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito, uma vez que para todo o povoamento a relação entre essas variáveis apresenta melhores estatísticas tornando, portanto, o uso de uma única equação mais adequado.

Tabela 12 - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

C.C DAP (cm)	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
5,5	1,22395	0,27378	0,0373	26,88	3,33
8,5	1,58119	0,21428	0,0178	30,23	2,74
11,5	4,11190	0,02147	0,0114	26,62	0,02
14,5	-3,79780	0,60767	0,1452	27,36	15,44
17,5	-3,69053	0,55139	0,0793	21,53	4,44
20,5	18,40509	-0,62205	0,0215	26,29	0,77
23,5	-7,92777	0,62804	0,2732	29,57	0,04
26,5	-0,54036	0,33693	0,3326	23,53	6,48
Todo povoamento	1,38216	0,24803	0,4721	26,26	350,69

Onde: b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

5.5.2 Relação entre Diâmetro de Copa e Diâmetro à Altura do Peito por Espaçamento

Com a aplicação da equação 1 de maneira separada para cada espaçamento notou-se que os resultados referentes ao coeficiente de determinação ajustado e ao coeficiente de variação para espaçamento 2 foram melhores do que os encontrados para todo o povoamento, já para o espaçamento 1 eles pioraram, como pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 13 - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i$ por espaçamento, e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Espaçamento	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
1	1,02279	0,28438	0,4715	27,53	224,89
2	1,75993	0,20850	0,5145	22,97	148,29
Todo povoamento	1,38216	0,24803	0,4721	26,26	350,69

Onde: Esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2m); Esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m); b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

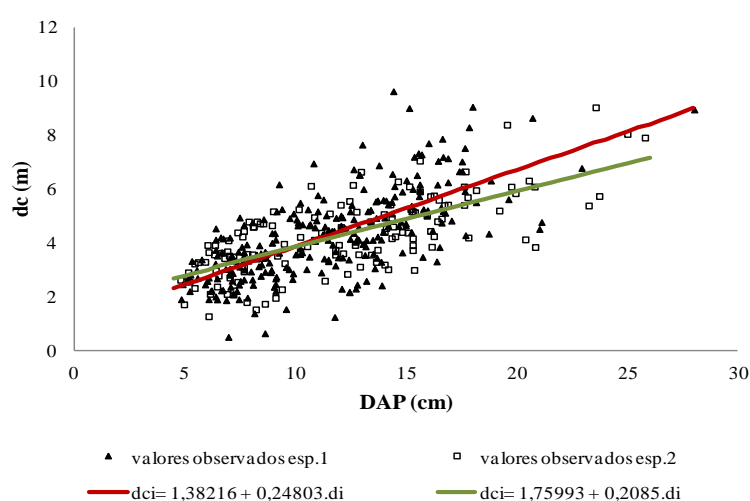
Fonte: O autor (2014).

Com a Figura 13 – A, é possível perceber que os indivíduos de *Parapiptadenia rigida* que se desenvolveram no espaçamento 1 tendem a ter diâmetros de copa menores que os do espaçamento 2 nas classes diamétricas inferiores. Com o engrossamento das árvores isso é revertido, sendo que em algumas classes diamétricas superiores as copas das árvores do espaçamento 1 ficam maiores diametricamente quando comparadas ao local mais adensado, o que pode ser explicado por indivíduos que acabam puxando a equação desse espaçamento para baixo.

Aliando essas informações com os dados dos parâmetros estatísticos, evidencia-se que o uso de equações com coeficientes diferentes para cada espaçamento, é necessário para descrever a relação entre diâmetro de copa e diâmetro à altura do peito da espécie *Parapiptadenia rigida*.

Para tanto, o modelo que descreve o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito para o espaçamento 1 ficou determinado como: $dc_i = 1,02279 + 0,28438.d_i$, sendo o mesmo mais íngreme em função dos dados observados para este espaçamento. Já para o espaçamento 2 a equação foi definida como: $dc_i = 1,75993 + 0,20850.d_i$, o que formou uma reta mais suave e não tão inclinada como a do espaçamento 1, demonstrando que a medida que o diâmetro à altura do peito aumenta o diâmetro de copa também aumenta, mas sem muita disparidade (Figura 13 - A).

Bertolini (2013, p. 35) ao estudar a espécie *Araucaria angustifolia* em duas condições de manejo, uma proporcionando menor e outra maior grau de competição, percebeu não ser necessária a estratificação dos dados, pois os parâmetros estatísticos da equação que descrevia a relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito foram melhores para um único conjunto de dados.



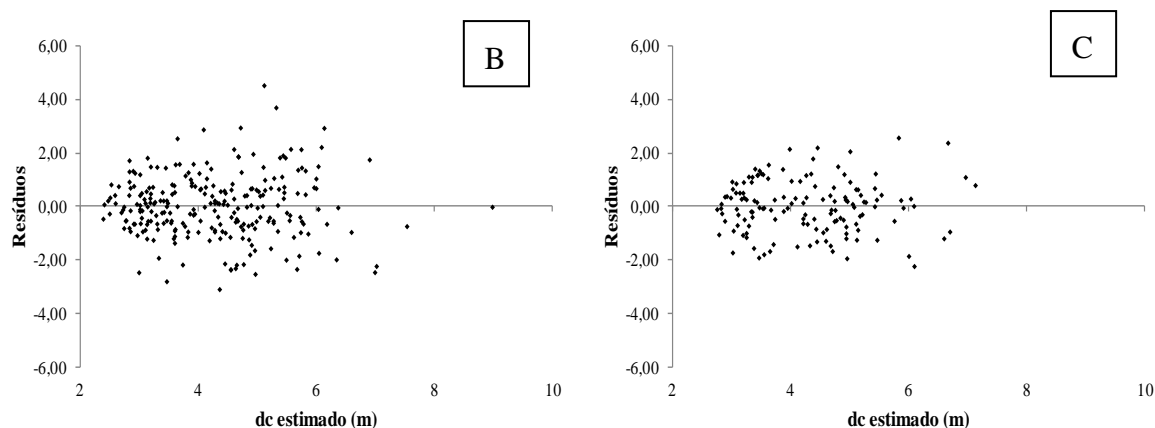


Figura 13 – A) Curva de regressão do diâmetro de copa (dc) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) por espaçamento; Resíduos e valores estimados para diâmetro de copa de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* B) no espaçamento 1 (2x2m) e C) no espaçamento 2 (1,5x2m), Dois Vizinhos, Paraná.

Fonte: O autor (2014).

Ao analisar a dispersão de resíduos pela Figura 13 – B e C, nota-se que o espaçamento 1 apresenta maior variância de dados do que o espaçamento 2, sendo assim ressalta-se que as equações separadas conseguiram reduzir a dispersão de resíduos.

5.6 RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES MORFOMÉTRICOS E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO

Para gerar os modelos matemáticos que descrevessem a relação entre os índices morfométricos e o diâmetro à altura do peito, foram utilizados os dados do povoamento em único conjunto. Os modelos de regressão e os parâmetros estatísticos testados para descrever o comprimento de copa, proporção de copa, índice de abrangência e índice de saliência em função do diâmetro à altura do peito encontram-se expressos nos Apêndices E, F, G e H, respectivamente. Os modelos escolhidos juntamente com os valores de seus parâmetros estatísticos podem ser observados na Tabela 14.

Cabe ressaltar que no procedimento de *STEPWISE* a única equação encontrada para a relação formal de copa e diâmetro à altura do peito não teve significância para o valor de F até o nível de 10% de probabilidade de erro (significância do F de 0,1227), além disso, seu coeficiente de determinação ajustado foi de 0,0048, e seu coeficiente de variação de 72%. Esse fato aliado à não significância da correlação entre formal de copa e diâmetro à altura do

peito, mostra que o formal de copa não é dependente do diâmetro à altura do peito, portanto, a relação entre os mesmos não foi considerada no presente trabalho.

Roman, Bressan e Durlo (2009, p. 477) ao tentar descrever o formal de copa em função do diâmetro à altura do peito para *Cordia trichotoma* também perceberam que não ocorre uma boa relação entre essas variáveis, uma vez que a significância do valor de F foi de 0,3602, fazendo com que a possibilidade do uso de uma equação fosse descartada, coincidindo com o presente estudo.

Com a Tabela 14, nota-se que o melhor coeficiente de determinação ajustado para as equações que determinam os índices morfométricos em função do diâmetro à altura do peito, foi encontrado para a variável comprimento de copa, seguido do índice de saliência, índice de abrangência e por último a proporção de copa.

Sobre o modelo gerado para descrever a relação entre proporção de copa e diâmetro à altura do peito, pode-se inferir que o valor do coeficiente de determinação ajustado encontrado foi muito baixo o que não permite uma dedução segura com relação à modificação de uma variável em função da outra, porém o comportamento dessa relação deve ser considerado uma tendência, pois o valor de F obtido foi considerado significativo.

Tabela 14 - Modelos de regressão para as variáveis morfométricas de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Variável morfométrica	Modelo	R ² _{aj}	CV (%)	F
cc	$\sqrt{cc_i} = 0,41152 + 0,41152 \cdot \ln(d_i)$	0,2106	22,39	110,39
PC	$\ln(PC_i) = 3,02184 + 0,01195 \cdot (d_i)$	0,0131	12,87	6,71
IA	$IA_i = 0,37336 + 0,00026697 \cdot (d_i^2)$	0,0538	15,62	23,24
IS	$IS_i = 25,28982 + 132,85952 \cdot (1/d_i)$	0,1943	26,61	95,31

Onde: cc: Comprimento de copa; PC: proporção de copa; FC: Formal de Copa; IA: Índice de Abrangência e IS: Índice de Saliência; R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Ao observar a Figura 14, pode-se comparar os valores observados em torno da curva dos valores estimados pelos modelos matemáticos utilizados para descrever as relações entre os índices morfométricos e o diâmetro à altura do peito. Nota-se que os valores observados para o comprimento de copa (Figura 14 - A), índice de abrangência (Figura 14 - C) e índice de saliência (Figura 14 - D) conseguem seguir certa tendência relacionando-se assim com o diâmetro à altura do peito, o que faz com que os modelos utilizados consigam estimar melhor os resultados.

Os dados observados para proporção de copa (Figura 14 - B) apresentaram-se sem muita tendência uma vez que se pode notar que os pontos parecem uma nuvem homogênea que não variam conforme o diâmetro à altura do peito, em função disso o modelo utilizado ficou representado quase por uma reta. Isso está relacionado com o fato de que a correlação entre a proporção de copa e diâmetro de copa foi considerada baixa.

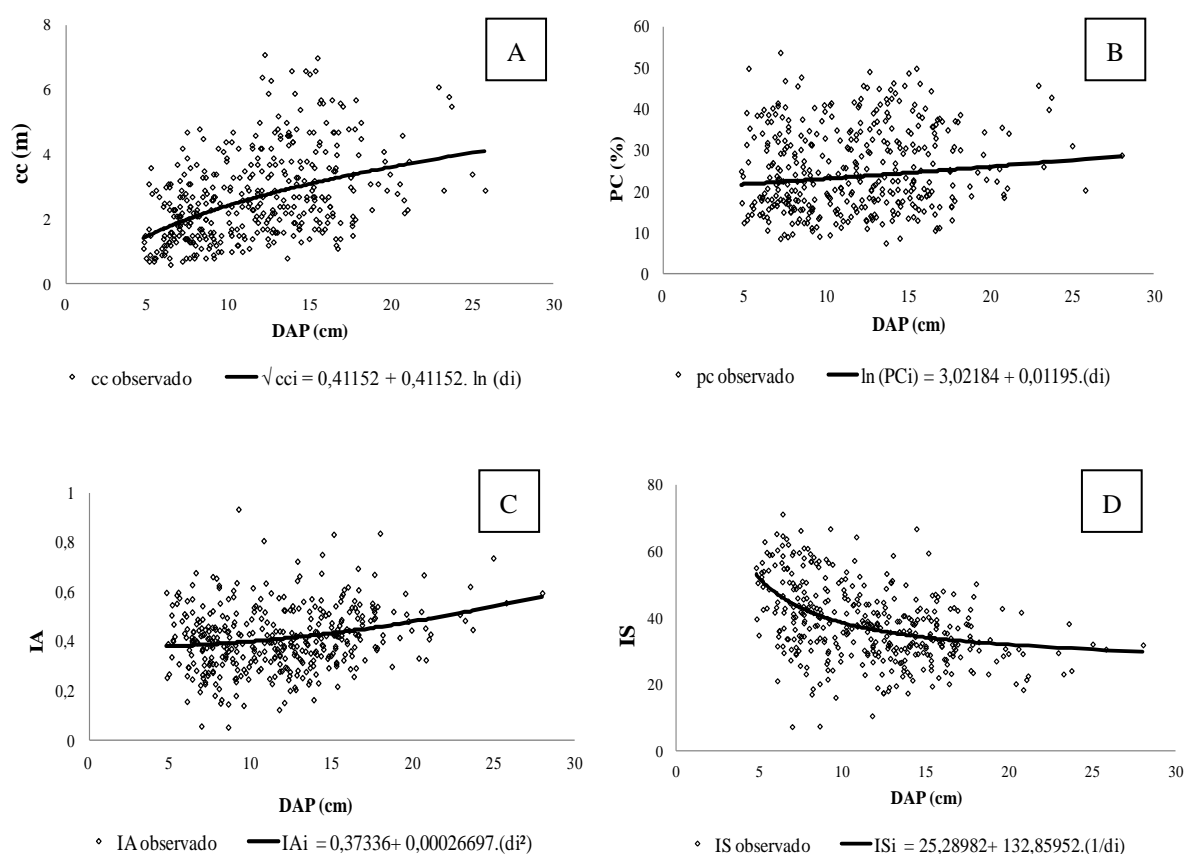


Figura 14– Relação entre características morfométricas e o diâmetro a altura do peito (DAP): A) relação entre comprimento de copa (cc) e diâmetro à altura do peito (DAP); B) relação entre proporção de copa (PC) e diâmetro à altura do peito (DAP); C) relação entre índice de abrangência (IA) e diâmetro à altura do peito (DAP); D) relação entre índice de saliência (IS) e diâmetro à altura do peito (DAP), para todas as árvores de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Fonte: O autor (2014).

Nota-se que o comprimento de copa tende a aumentar com o aumento do diâmetro de copa (Figura 14 - A), o que de acordo com Roman, Bressan e Durlo (2009, p. 478) evidencia que a velocidade do crescimento apical é maior que a velocidade de mortalidade dos ramos na base da copa.

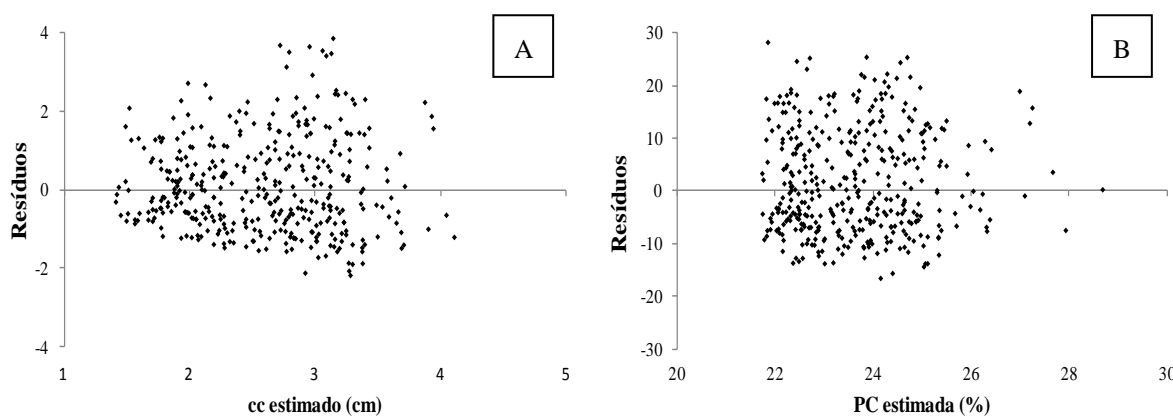
Sobre o índice de abrangência pode-se relatar que a medida que as árvores aumentam diametricamente ele também aumenta (Figura 14 - C), demonstrando assim, que com o

engrossamento das árvores o diâmetro de copa aumenta mais do que a altura. Resultado encontrado também por Zanon (2007, p. 71), ao analisar um povoamento da espécie *Araucaria angustifolia* aos 40 e 60 anos.

Quando analisado o índice de saliência (Figura 14 - D), pode-se perceber que ele tende a diminuir a medida que as árvores engrossam, indicando que o diâmetro à altura o peito cresce mais que o diâmetro de copa. Essa tendência também foi encontrada no trabalho de Tonini e Arco-Verde (2005, p.638) ao analisar o índice de saliência e o crescimento diamétrico *Carapa guianensis*, *Bertholletia excelsa*, *Tabebuia avellanadae* e *Hymenaea courbaril*.

A distribuição residual apresentada na Figura 15, evidencia uma estimativa para o índice de Saliência (Figura 15 – D) sem tendenciosidade e heterogeneidade dos erros, o que configura estimativas de boa confiabilidade. Para o comprimento de copa (Figura 15 –A) e proporção de copa (Figura 15 - B) com o gráfico de resíduos notou-se que os dados foram um pouco subestimados.

Referente ao índice de abrangência cabe salientar que a dispersão gráfica dos resíduos do mesmo, mostrou que existe heterosticidade nos valores estimados (Figura 15 - C), sendo que o ajustamento gerou variância dos dados e consequentemente um intervalo de confiança relativamente estreito.



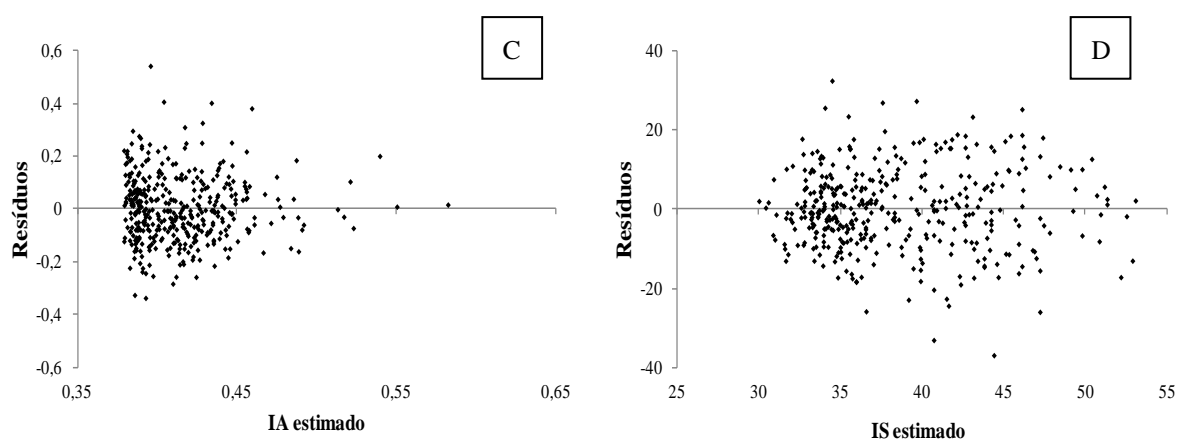


Figura 15 – Resíduos e valores estimados para A) comprimento de copa (cc); B) proporção de copa (PC); C) índice de abrangência (IA); D) índice de saliência (IS) para todas as árvores de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Fonte: O autor (2014).

Ao testar os modelos que descrevem cada índice morfométrico em função do diâmetro à altura do peito para as oito classes diamétricas notou-se que não ocorreram melhoras significativas nos parâmetros estatísticos das equações, o que pode ser observado nos Apêndices I, J, K, L para comprimento de copa, proporção de copa, índice de abrangência e índice de saliência respectivamente. Em função desses resultados não se tornou necessário o uso de equações com diferentes coeficientes para as classes de diâmetro à altura do peito.

5.6.1 Relação entre os Índices Morfométricos e Diâmetro à Altura do Peito por Espaçamento

Com a aplicação separada por espaçamento da melhor equação obtida para cada índice morfométrico, percebeu-se a melhora dos parâmetros estatísticos de pelo menos um dos espaçamentos. Assim, pode-se inferir que para as relações entre comprimento de copa, proporção de copa e índice de saliência com o diâmetro à altura do peito, os melhores parâmetros foram encontrados para o espaçamento 2, o que pode ser visualizado nos Apêndices M, N e O. Já no caso do índice de abrangência as estatísticas das equações foram melhoradas no espaçamento 1 (Apêndice P).

Em função da existência de vantagens ao estimar os índices morfométricos pelo diâmetro à altura do peito para os diferentes espaçamentos estudados, construíram-se os gráficos das curvas de regressão para essas relações.

Na Figura 16 podem ser observados esses gráficos, e por meio dos mesmos nota-se que os indivíduos de *Parapiptadenia rigida* que se desenvolveram no espaçamento 1 apresentaram os valores mais altos e também os mais baixos para os índices morfométricos em função do diâmetro à altura do peito, evidenciando assim, que os resultados do espaçamento 1 variaram mais do que do espaçamento 2. Fato esse que pode ter ocorrido em função de que no local menos denso a área proporcionada para cada árvore é maior, o que faz com que as mesmas consigam se comportar de maneira mais diferenciada uma da outra.

Para o índice de saliência nota-se que os valores observados para os dois espaçamentos não variaram muito, apresentando-se de maneira bem semelhante. Evidencia-se que isto aconteceu, pois esse índice descreve a relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito, que não se diferenciaram de maneira significativa entre os espaçamentos, gerando conseqüentemente valores parecidos para o índice de saliência.

As Figuras 16 - A, B e D mostraram que o uso de equações separadas por espaçamento melhoraram as curvas que descrevem os índices morfométricos em função do diâmetro à altura do peito, principalmente para o espaçamento 2, onde os dados observados conseguiram relacionar-se melhor ao diâmetro à altura do peito.

Ao observar a Figura 16 – C evidencia-se que não ocorreram melhoras nas curvas que descrevem o índice de abrangência por espaçamento quando comparadas à curva encontrada para todo o povoamento, sendo assim, mesmo os parâmetros estatísticos melhorando com o uso de equações diferentes para cada espaçamento, a realidade biológica dos dados demonstra que o uso de um único modelo para todo o conjunto de dados é mais apropriado.

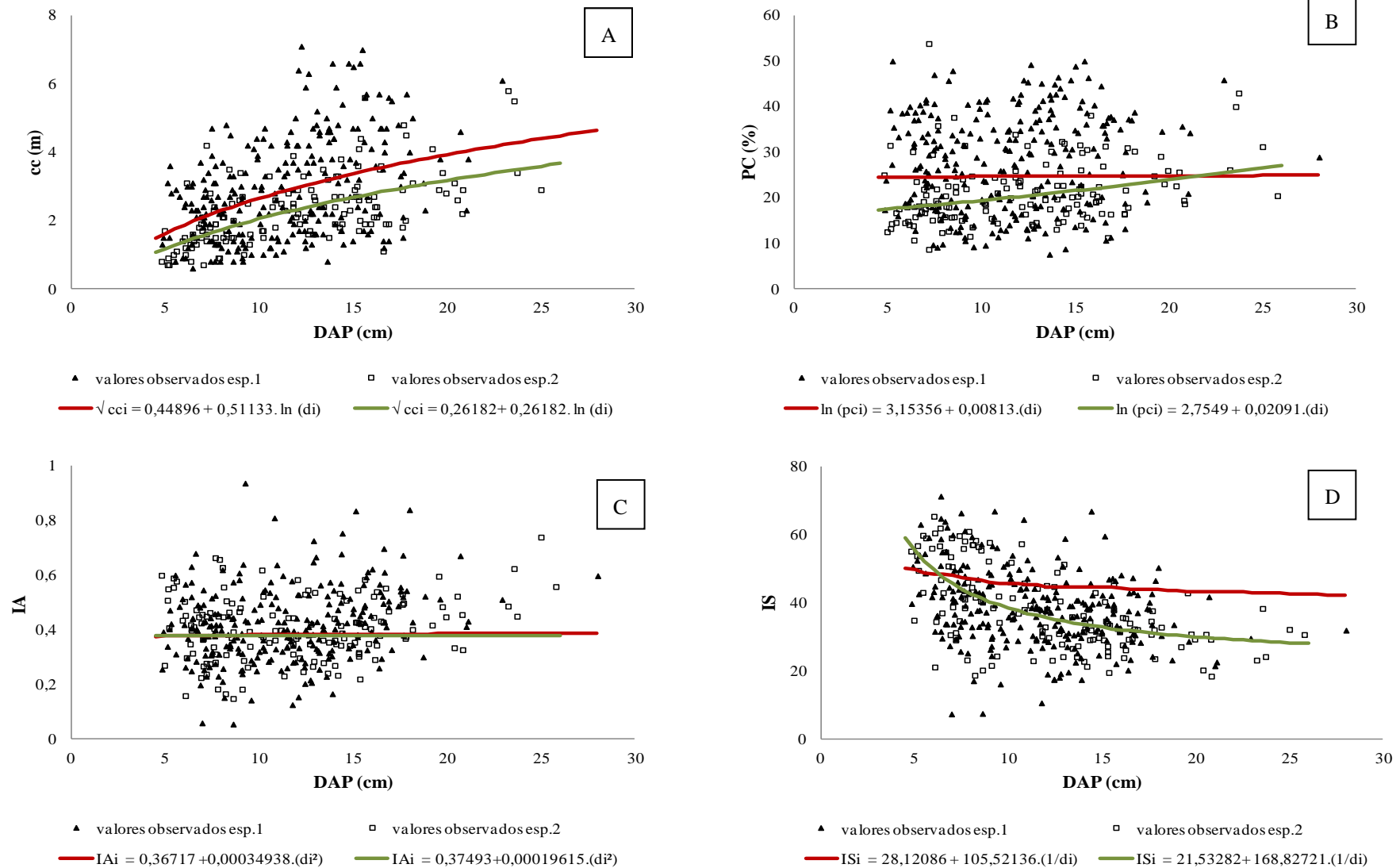
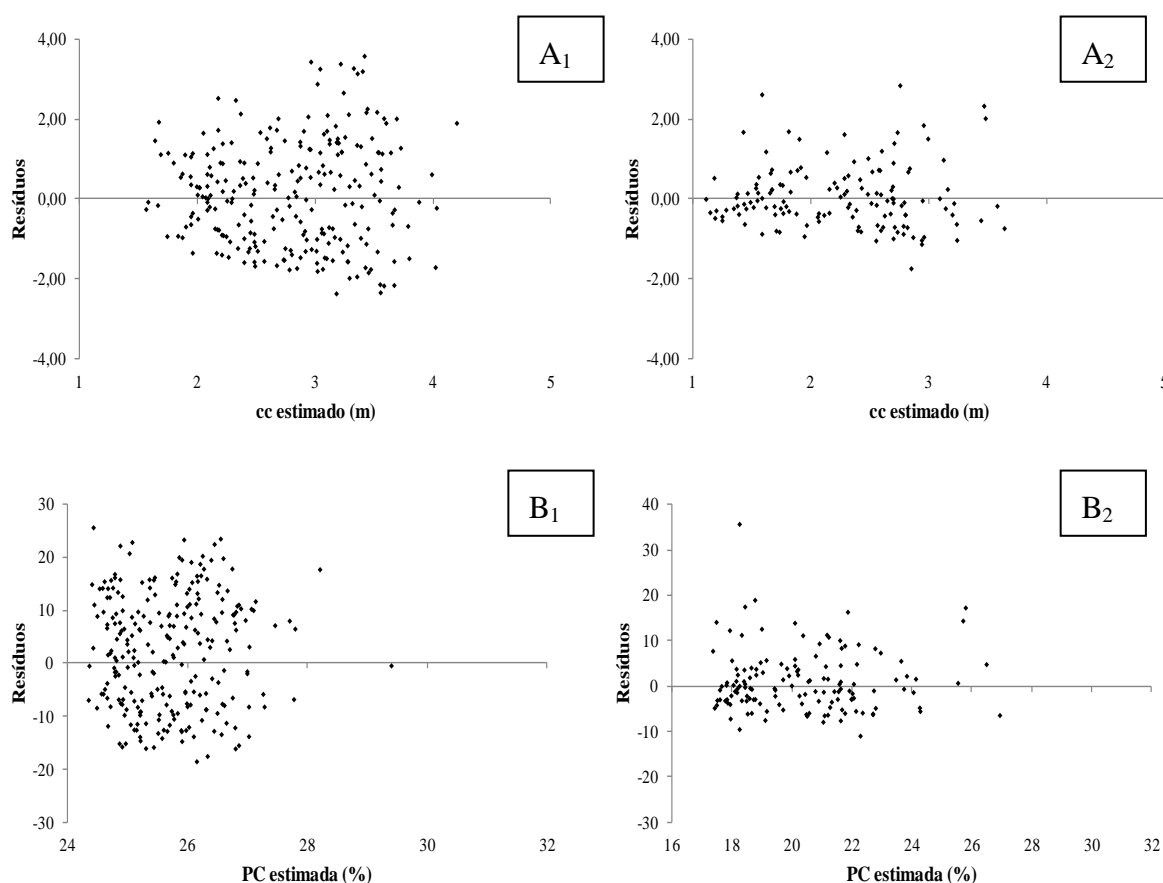


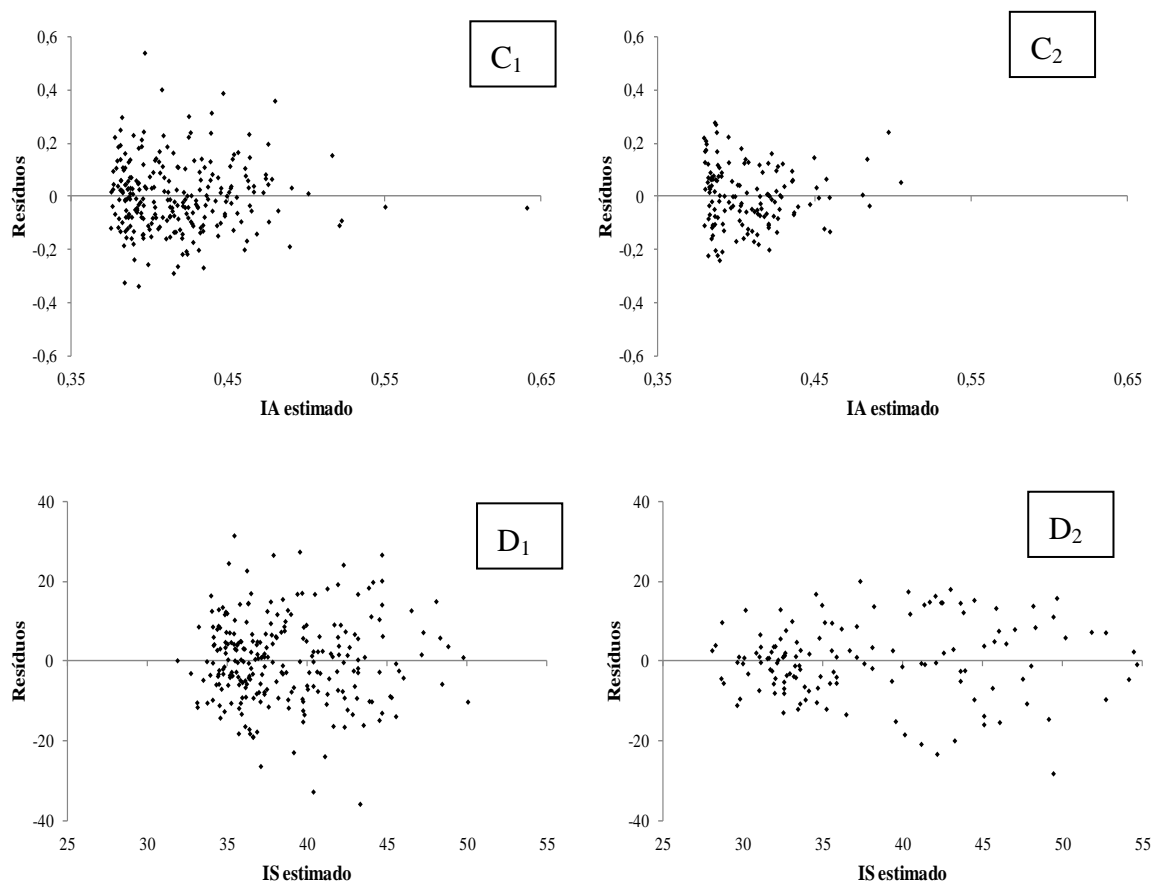
Figura 16 – Curvas de regressão por espaçamento : A) comprimento de copa (cc) ; B) proporção de copa (PC); C) Formal de copa (FC); D) Índice de Abrangência (IA); E) Índice de Saliência (IS), em função do diâmetro à altura do peito (DAP), de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Onde: esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2m); esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m).

O exame dos resíduos referentes aos valores estimados para os índices morfométricos de árvores de *Parapiptadenia rigida* indicou que as equações não apresentaram tendência e que a discrepância para as variáveis dependentes ao longo dos resíduos foi menor para o espaçamento 2. Evidencia-se que isso foi observado para proporção de copa (Figura 17 - B_{1,2}) e índice de saliência (Figura 17 - D_{1,2}).

Quando se observa a Figura 17 C_{1,2}, que trata da distribuição dos resíduos dos modelos ajustados para o índice de saliência, observa-se que o erro apresenta tendenciosidade dos resíduos, mostrando que a equação quando separada por espaçamento não se mostrou muito eficiente de maneira geral, reafirmando o que foi observado na curva de regressão entre esta variável e o diâmetro à altura do peito.





**Figura 17 – Resíduos e valores estimados para os índices morfométricos A) comprimento de copa (cc); B) proporção de copa (PC); C) formal de copa (FC); D) índice de abrangência (IA); E) índice de saliência (IS) para 1) Espaçamento 1 (2x2m) e 2) Espaçamento 2 (1,5x2m).
Fonte: O autor (2014).**

5.7 ESTIMATIVAS PARA ÁREA DE COPA

Os métodos de obtenção de área de copa para a espécie *Parapiptadenia rigida* não se diferenciaram significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro do método de referência, que no presente estudo foi considerado aquele que utilizou 8 raios de copa, como pode ser observado na Tabela 16, e isso pois, a copa do angico-vermelho apresentou-se ampla e bem uniforme.

Sendo assim, nota-se que qualquer um dos métodos estudados pode ser utilizado para determinar a área de copa do angico-vermelho. No entanto, ao se analisar os valores absolutos, percebe-se que o método de área de copa circular com seis raios sendo eles: Norte, Sul, Leste, Oeste, Sudoeste e Nordeste igualou-se ao método de oito raios. Além disso, evidencia-se que o método com dois raios, sendo eles Norte e Sul, foi o que apresentou maior

diferença do método considerado como método controle, seguido do método de área de copa elíptica, e do método que utiliza os raios Leste e Oeste.

Ao estudar a espécie *Pinus elliottii* Engelm, Nutto et al., (2001, p.130) compararam a estimativa da área de copa obtida com os métodos de quatro e oito raios, e constataram que a diferença entre estes métodos foi considerada alta, o que não corrobora com o presente estudo nessas condições de plantio e mostra que a copa de *Parapiptadenia rigida* é mais homogênea que a do *Pinus elliotti*.

Ao empregar a mesma metodologia utilizada neste trabalho para a área de copa de *Luehea divaricata*, Krefta et al., (2014, p. 55) encontraram resultados semelhantes ao presente estudo, sendo que os métodos de quatro, seis e oito raios resultaram em valores muito próximos. Entretanto, a área de copa determinada de maneira elíptica se distanciou muito da área circular com oito raios, o que não coincide com o resultado apresentado para o angico-vermelho. Essa diferença pode ter ocorrido em função de que a espécie *Parapiptadenia rigida* apresenta uma copa ampla e frondosa, fazendo com que a amostragem de qualquer um dos raios represente bem a copa.

Com base nas informações anteriores e levando em consideração os dados apresentados na Tabela 15, recomenda-se que a escolha para o uso do método fique entre os que utilizam quatro, seis e oito raios, sendo que o tempo disponível e a prática dos responsáveis pela mensuração dos raios devem ser critérios levados em consideração.

Tabela 15 - Valores médios calculados para área de copa de *Parapiptadenia rigida* por diferentes métodos, DoisVizinhos, Paraná.

Métodos para obtenção da área de copa	Área de copa (m ²)
ACC8	16,19
ACE	15,31 ns*
ACC2 _A	17,64 ns
ACC2 _B	16,70 ns
ACC4	16,47 ns
ACC6 _A	16,19 ns
ACC6 _B	16,48 ns
Média	16,43

Onde: *ns = Média não difere estatisticamente do tratamento de referência (ACC8) pelo teste de Dunnet a 5%. ACC8 = Área de Copa Circular com oito raios (N, S, L, O, NO, NE, SE, SO); ACE = Área de Copa Elíptica; ACC2_A = Área de Copa Circular com dois raios (N,S); ACC2_B = Área de Copa Circular com dois raios (L,O); ACC4 = Área de Copa Circular com quatro raios (N,S,L,O); ACC6_A = Área de Copa Circular com seis raios (N, S, L, O, SO, NE); ACC6_B = Área de Copa Circular com seis raios (N, S, L, O, NO, SE).
Fonte: O autor (2014).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo permitiram concluir que:

a) de maneira geral os indivíduos de *Parapiptadenia rigida* apresentaram distinção dendrométrica, morfométrica e qualitativa para as diferentes classes diamétricas.

b) as árvores que se desenvolveram no local menos adensado (espaçamento 1) apresentaram características semelhantes às que se desenvolvem no local mais adensado (espaçamento 2), podendo-se citar as variáveis: diâmetro à altura do peito, altura total, altura comercial, diâmetro de copa, índice de abrangência e índice de saliência.

c) as árvores que se desenvolveram no espaçamento 1 investiram mais em comprimento e proporção de copa, contudo apresentaram resultados menores para altura de inserção de copa e formal de copa.

d) existe correlação significativa positiva entre o diâmetro à altura do peito e a altura total, altura comercial, altura de inserção de copa, comprimento de copa, diâmetro de copa, proporção de copa e índice de abrangência, e correlação negativa entre diâmetro à altura do peito e índice de saliência.

e) não existe correlação entre diâmetro à altura do peito e formal de copa, o que fez com que essa variável morfométrica não fosse modelada em função do diâmetro à altura do peito.

f) ao estratificar os dados por classe diamétrica para a aplicação dos modelos que estimam a altura total, diâmetro à altura do peito e os índices morfométricos em função do diâmetro à altura do peito os resultados se mostraram pouco eficientes, sendo desconsiderada a possibilidade do uso de diferentes equações para cada classe de diâmetro.

g) ao estratificar os dados por espaçamento para a aplicação dos modelos que estimam a altura total, diâmetro à altura do peito e os índices morfométricos em função do diâmetro à altura do peito, os resultados apresentaram-se mais vantajosos dos que os

encontrados para todo o povoamento, recomendando-se, portanto o uso de equações diferentes para cada espaçamento, com exceção do índice de saliência, para o qual indica-se o uso da mesma equação para ambos os espaçamentos

h) os métodos utilizados para estimar a área de copa não diferiram significativamente do método de referência (área de copa circular com oito raios), no entanto quando não é possível utilizar o método de oito raios são recomendados os métodos de quatro e seis raios, por apresentarem valores mais próximos ao encontrados para o método controle.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Valdir Carlos Lima et al. Influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**. Piracicaba (SP). n.70, p.31-37, 2006.

ARAÚJO, Emanuel José Gomes et al. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo (PR). v. 32. n.71, p. 257-268, 2012.

AZEVEDO, Gileno Brito et al. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no Planalto da Conquista na Bahia. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia (GO). v. 7. n.12, p. 1-13, 2011.

AZEVEDO, Taciana Lima. **Ajuste de equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp, localizado na floresta nacional do Ibura, Sergipe**. 2009. 49 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais. Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2009.

BACKES, Paulo; IRGANG, Bruno. **Árvores do Sul - Guia de Identificação e Interesse Ecológico**: As principais espécies nativas sul-brasileiras. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. 345 p.

BARRA, Oscar Santiago Vallejos et al. Proposta metodológica para o ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Revista Floresta**. Curitiba (PR). v. 34, n.3, p. 387-393, 2004.

BARROS, Dalmo Arrantes et al. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo (PR), n.45, p. 3-28, 2002.

BARTOSZECK, Alexandra Consuelo de Plácido e Silva et al. A distribuição diamétrica para bracatingais em diferentes idades, sítios e densidades na região metropolitana de Curitiba. **Revista Floresta**. Curitiba (PR). v. 34, n.3, p. 305-323, 2004. (b).

BARTOSZECK, Alexandra Consuelo de Plácido e Silva et al. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Árvore**. Viçosa (MG). v. 28, n.4, 517-533, 2004 (a).

BARTOSZECK, Alexandra Consuelo de Plácido e Silva et al. Modelagem da relação hipsométrica para bracatingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Revista Floresta**. Curitiba (PR). v. 32, n.2, p. 189-204, 2002.

BATISTA, João Luis Ferreira; COUTO, Hilton Thadeu Zarete; MARQUESINI, Marcelo. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**. Piracicaba (SP). v. 20. n.60, p.149-163, 2001.

BATISTA, João Luis Ferreira; COUTO, Hilton Thadeu Zarete; SILVA FILHO, Demóstenes F. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. São Paulo: Oficina de Textos, 1ª ed. 2014.384 p.

BAYER, Fábio Mariano. **Modelagem e Inferência em Regressão Beta**. 2011. 115f. Tese (Doutorado em Estatística) – Departamento de Estatística, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

BERTOLINI, Íris Cristina. **Dendrometria e morfometria da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze sob diferentes condições de manejo**. 2013. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos. Dois Vizinhos. 2013.

BOGNOLA, Itamar et al. Caracterização dos solos experimentais com *Grevilia*, no Estado do Paraná. **Documento 228**. Embrapa Florestas, n. 228, p.1-33, 2011.

BORSOI, Geedre Adriano; MÜLLER, Bruna Verediana; BRENA, Doádi Antônio. Determinação do percentual de casca para árvores de diferentes grupos de valor econômico em uma Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**. Gurapuava (PR). v. 9, n. 2, p. 359-368, 2014.

CALDEIRA, Marcos Vinicius W. et al. Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Encruzilhada do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v.6, n.1, p.1-13, 1996.

CARDOSO, Denise Jeton. **Avaliação da influência dos fatores sítio, idade, densidade e posição sociológica na relação hipsométrica para *Pinus taeda* nas regiões central e sudoeste do Estado do Paraná**. 1989. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

CARELLI NETTO, Camila. **Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de povoamentos de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e povoamentos**. 2008. 106 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2008.

CARVALHO, Paulo Hernani Ramalho. Angico-Gurucaia. **Circular Técnica 58**. Colombo, PR, 2002. 14 p.

CARVALHO, Paulo Hernani Ramalho. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, 2003. 1039 p.

CONDÉ, Tiago Monteiro et al. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. **Revista Agroambiente online**. Boa Vista (RR). v.7, n.1, p. 18-27. 2013. Disponível em: <http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/viewFile/932/1016>. Acesso em: 29 de julho de 2014.

COSTA, Dulce Helena Martins; SILVA, José Natalino Macedo; CARVALHO, João Olegário Pereira. Crescimento de Árvores em uma Área de Terra Firme na Floresta Nacional de Tapajós após a Colheita de Madeira. **Revista Ciências Agrárias**. Belém. n. 50, p. 63-76, 2008.

COSTA, Emanuel Arnoni. **Influência de variáveis dendrométricas e morfométricas da copa no incremento periódico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2011.

COSTA, Rosidete Maria Karpinski da. **Características empreendedoras do setor madeireiro: um estudo para o desenvolvimento do setor de esquadrrias, nas Gêmeas do Iguaçu**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional, Universidade do Contestado. Canoinhas, 2013.

CUNHA, Tiago Augusto da. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

CUNHA, Ulisses Silva da. **Distribuições diamétricas e relações hipsométricas de uma floresta tropical úmida de 100 ha, Estação Experimental de Curuá-Uma, Santarém – Brasil**. 1994. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1994.

CURTO, Rafaella de Angeli et al. Relações hipsométricas em floresta estacional semidecidual. **Revista Ciências Agrárias**. Recife (PE). v. 57, n. 1, p. 57-66, 2014.

DURLO, Miguel Antão; DENARDI, Luciano. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.

DURLO, Miguel Antão. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**. Santa Maria (RS), v.11, p.141-149, 2001.

DURLO, Miguel Antão; SUTILI, Fabricio Jaques; DENARDI, Luciano. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v. 14, n. 2, p. 79-89, 2004.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa: Rio de Janeiro, 2006, 306 p.

ENGEL, Vera Lex.; FONSECA, Renata Cristina Batista.; OLIVEIRA, Renata Evangelista de. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**. v. 12, n. 32, p. 43-64, 1998.

FINGER, César Augusto Guimarães. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/Fatec, 1992. 269p.

FRANCK FILHO, Francisco Humberto. **Seleção de espécies arbóreas nativas da região sul do Brasil para reflorestamento e emprego na arquitetura e no design**. 2005. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

GOMES, Francisco Walter de Lima. Comparação entre modelos matemáticos para o estudo do crescimento e produção florestal. **Apostila**. 2000. 16 p. Disponível em: <http://www.ucb.br/sites/100/103/TCC/12006/FranciscoWalterdeLimaGomes.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2014.

GORENSTEIN, Maurício Romero et al. Avaliação da regeneração natural de povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. com diferentes espaçamentos, através do método de Bitterlich. In: CORTE, Ana Paula. **Atualidades em Mensuração Florestal [livro eletrônico]**. Curitiba. 2014. p. 154 – 157.

GORENSTEIN, Maurício Romero et al. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, *Campus Dois Vizinhos* através do método de quadrantes. In: IV SSPA SEMINÁRIO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 1, 2010, Dois Vizinhos. **Anais...** Dois Vizinhos – Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010. 5p.

GUIMARÃES, Paulo Sérgio. **Ajuste de curvas experimentais**. Santa Maria: UFSM, 2001. 233p.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná: Classificação climática**. 2010. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 18 de julho de 2014.

IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Dados da espécie *Parapiptadenia rigida* Benth.) Brenan**. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=13>. Acesso em: 15 de novembro de 2014.

KREFTA, Sandra Mara et al. Determinação da área de copa de *Luehea divaricata* Mart. & Zucc por meio de diferentes métodos. In: CORTE, Ana Paula. **Atualidades em Mensuração Florestal [livro eletrônico]**. Curitiba. 2014. p. 55 – 58.

KREFTA, Sandra Mara et al. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas no sub-bosque de *Eucalyptus* sp. em Dois Vizinhos – Paraná – Brasil. In: 15^{as} JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 2, 2012, Eldorado. **Anais...** Eldorado – Misiones: Facultad de Ciencias Forestales. 2012. p. 1-8.

LEÃO, Dorival. **Estatística Básica**. São Carlos: Stamp Consultoria em Estatística e Qualidade. 2006, 113 p.

LÔBO, Danillo Jorge. Análise e comparação de modelos de relação hipsométrica para clones de *Eucalyptus* sp. cultivadas na região do pólo gesseiro do Araripe. In: IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 1, 2009, Recife. **Anais...** Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009. 5p.

LONGHI, Solon Jones. **A estrutura de uma florestal natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 1980, 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008, 384 p.

MACHADO, Sebastião do Amaral; BASSO, S.F.; BEVILACQUA JUNIOR, Vitor Gomes. Teste de modelos matemáticos para o ajuste da relação hipsométrica em diferentes sítios e idades para plantações de *Pinus elliottii* no Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, 1995, Curitiba, **Anais...** São Paulo – SP: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993, p. 553-556.

MACHADO, Sebastião do Amaral et al. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo (PR), n.56, p.5-16, 2008.

MACHADO, Sebastião do Amaral; FIGUEIREDO FILHO, Afonso. **Dendrometria**. 2 ed. Guarapuava: UNICENTRO. 2009. 316p.

MARCHIORI, José Newton Cardoso. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: UFSM, 1997, 200 p.

MATOS, Adriana Kelly Mota Gemaque. **Biometria e morfologia de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. (Inajá) em sistema silvipastoril no Nordeste Paraense**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Pós – Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2010.

MATTOS, Rodrigo Borges. **Características qualitativas e Possibilidade de Ganho de Fuste em Espécies Euxilóforas Nativas da Região Central do Rio Grande do Sul**. 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2002.

MIGUEL, Eder Pereira. **Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (s.t. blake) na região norte do estado de Goiás**. 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

MUCELIN, Carlos Alberto. **Estatística Elementar e Experimental aplicada às tecnologias**. 1 ed. Medianeira: Editora Valério. 2006. 245p.

NOGUEIRA, Gilciano Saraiva et al. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**. Viçosa (MG), v. 29, n. 4, p.579-589, 2005.

NUNES, Josiane. **Levantamento fitossociológico da vegetação de pequenos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no município de Medianeira – PR.** 2012. 54 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) –Diretoria de Ensino e Educação Profissional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012.

NUTTO, Leif et al. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo (PR), n.42, p.123-138, 2001.

OLIVEIRA, Francisco Garcia Romeiro Barbosa et al. Desempenho de modelos hipsométricos para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* no município de Jaguaquara, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia (GO), v.7, n.13, p.331-338, 2011.

OLIVEIRA, JULIANNE DE CASTRO. **Modelagem de crescimento e produção de povoamentos de Eucalipto empregando mínimos quadrados generalizados.** 2012. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.

ORELLANA, Enrique et al. Estudo de variáveis biométricas e morfométricas para *Ocotea odorifera* no sul do Paraná. In: X SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS E I SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL, 5, 2008, Irati. **Anais...** Irati – Paraná. Universidade Estadual do Centro-Oeste. 2008. p. 1-2.

ORELLANA, Enrique; KOEHLER, Alexandre Bernardi. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba (PR), v. 6, n. 2, p. 229-237, 2008.

PADILHA JÚNIOR, João Batista. **O Impacto da Reserva Legal Florestal sobre a Agropecuária Paranaense, em um Ambiente de Risco.** 2004. 194f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004.

PEDROSO, Keylla et al. Levantamento de plantas medicinais arbóreas e ocorrência em Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, Guarapuava (PR), v. 3, n.1, p. 39-50, 2007.

PONTES NETO, Tarcício Pio. **Comparação de modelos lineares e não-lineares em relações hipsométricas para clones de *Eucalyptus* spp., no polo gesseiro do ARARIPE-PE.** 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco. 2012.

PRETZSCH, Hans. **Forest Dynamics, Growth and Yield**. Berlin: Springer, 2009, 664p.

REITZ, Raulino; KLEIN, Roberto M.; REIS, Ademir. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Herbário Barbosa Rodrigues-H.B.R.; Superintendência do desenvolvimento da Região Sul-SUDESUL; Secretaria da Agricultura e Abastecimento-DRNR, 1988, 525 p.

RIBEIRO, Andressa. **Modelagem e quantificação de nutrientes em povoamentos nativos de Bracatinga**. 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

ROMAN, Maína; BRESSAN, Delmar Antônio; DURLO, Miguel Antão. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v. 19, n. 4, p. 473-480, 2009.

ROSSI, Luiz Marcelo Brum. **Processo de difusão para simulação da dinâmica de florestal natural**. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2007.

RUSCHEL, Ademir Roberto et al. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta Estacional Decidual do Alto-Uruguaí, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v. 13, n. 1, p. 153-166, 2003.

SANTOS, Kleber et al. Equações Volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Irati (PR). v. 8, n.1, p. 99-112. 2006

SCHNEIDER, Paulo Renato; SCHNEIDER, Paulo Sérgio Pigatto. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2 ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.

SCHRÖDER, Thomas. **Cipós e sua associação com Parapiptadenia rigida (Benth) Brenan em um fragmento de Floresta Estacional Decidual**. 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

SCOLFORO, José Roberto Soares. **Biometria Florestal: Parte I: Modelos de regressão linear e não linear**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 352 p.

SCOLFORO, José Roberto Soares. **Biometria Florestal, técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira.** Lavras: UFLA/FAEP. 1997. 292p.

SOARES, Thelma Shirlen et al. Uso de Diferentes Alternativas para Viabilizar a Relação Hipsométrica no Povoamento Florestal. **Revista Árvore.** Viçosa (MG). v. 28, n. 6, p.845-854, 2004.

SOUZA, Luis Henrique da Silva; FINGER, César Augusto Guimarães; SCHNEIDER, Paulo Renato. Incremento volumétrico de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v.19, n. 3, p. 305 - 314, 2009.

SPATHELF, Peter; NUTTO, Leif. Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal – com exemplos e exercícios. **Apostila.** Santa Maria (RS), 2000, 71p.

STEPKA, Thiago Floriani. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação.** 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati. 2008.

THOMAS, Cláudio et al. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v. 6, n. 3, p. 319-327, 2006.

TONINI, Hélio; ARCO-VERDE, Marcelo Francia. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.40, n.7, p.633-638, 2005.

VIVA TERRA NATIVA. **Árvores e Arbustos nativos do Brasil.** 2014. Disponível em: http://www.vivaterra.org.br/arvores_nativas.htm. Acesso em: 20 de julho de 2014.

VUADEN, Elisabete. **Morfometria e incremento de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. na região central do Rio Grande do Sul.** 2013. 102 f. Tese (Doutorado Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

WADSWORTH, F. **Producción florestal para America Tropical.** Washington: USDA, 2000, 602 p.

WEBER, Veridiana Padoin. **Relação Morfométrica e de Competição no Crescimento de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex Nees) Liberato Barroso na região central de Santa**

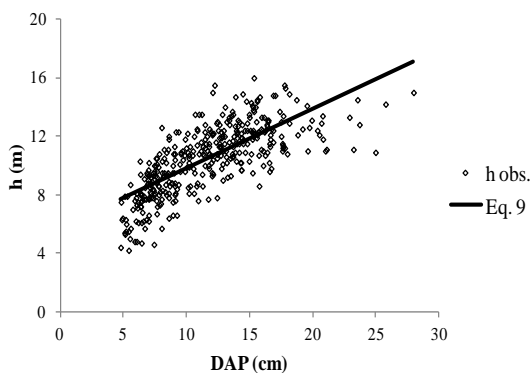
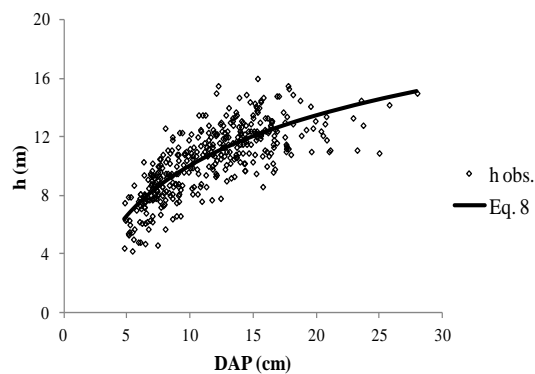
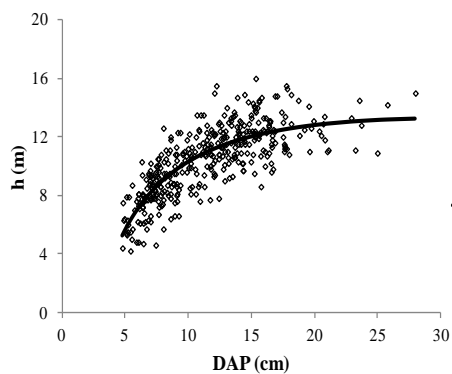
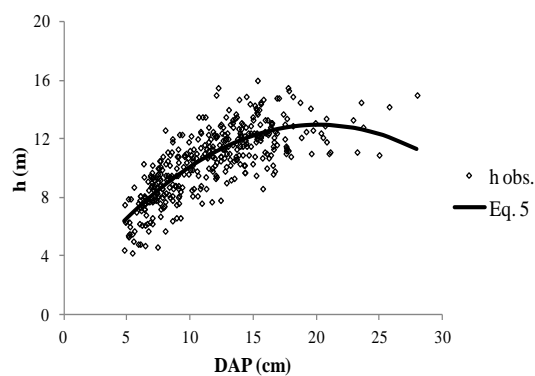
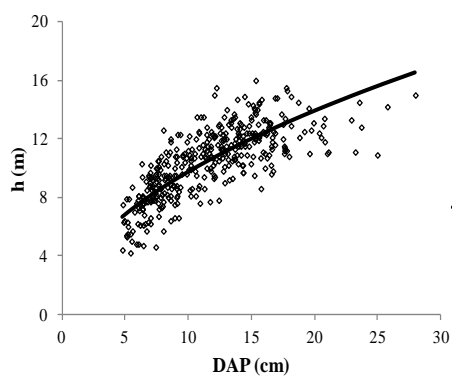
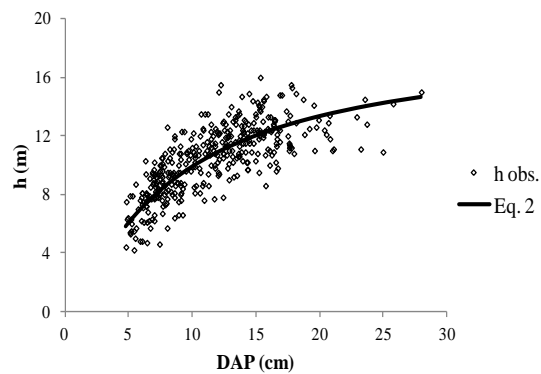
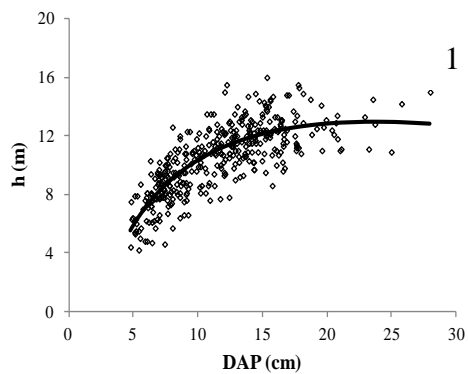
Catarina. 2013. 101 f. Tese (Doutorado Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

ZANON, Magda Lea Bolzan. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioica.** 2007. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2007.

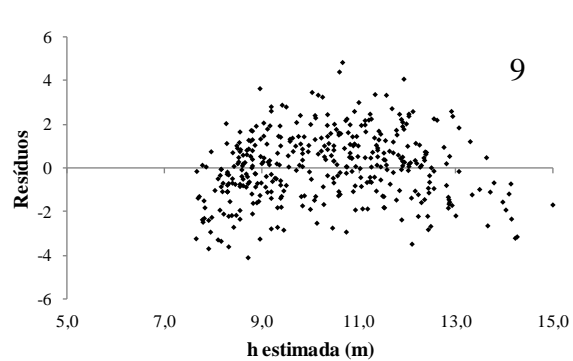
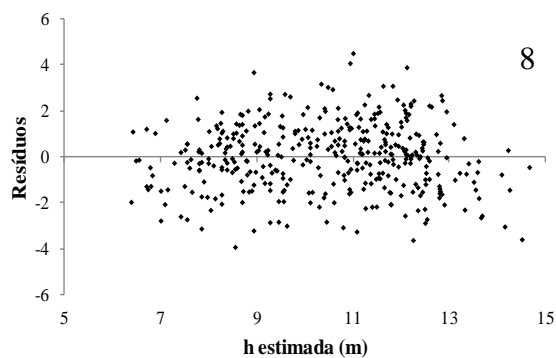
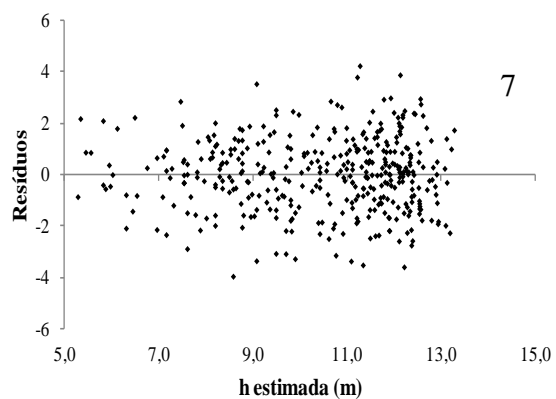
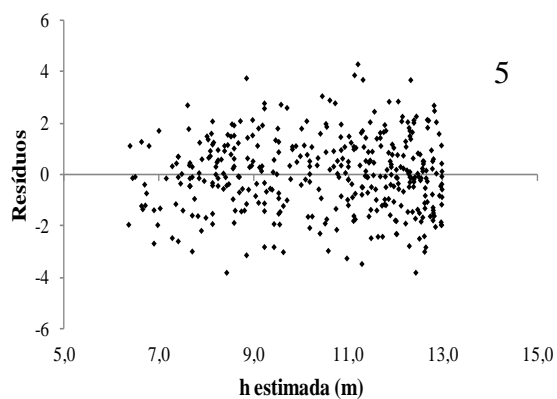
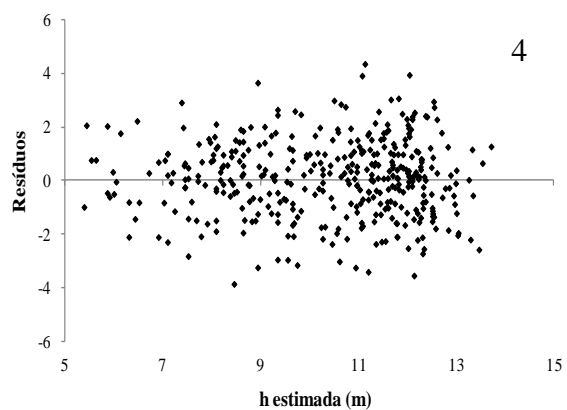
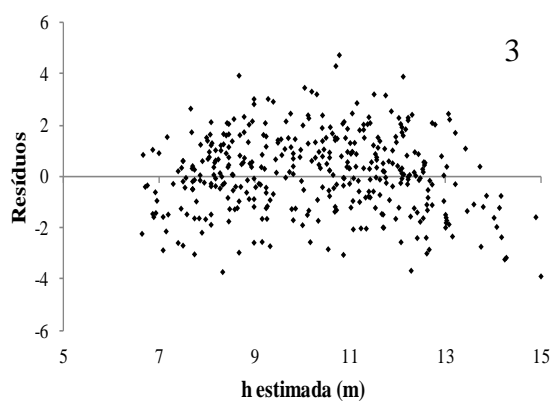
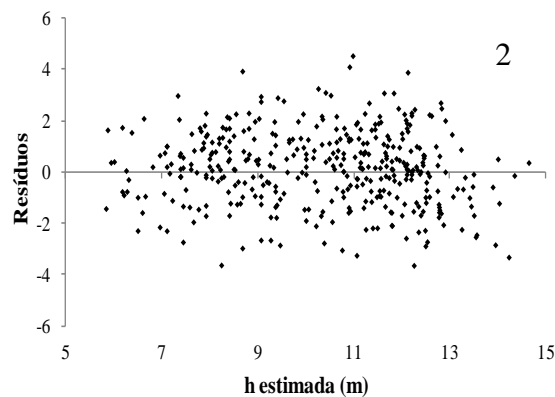
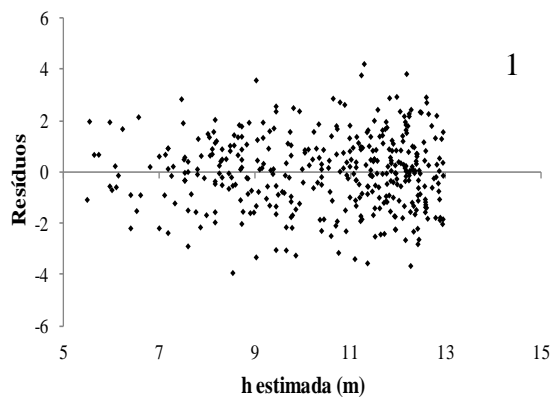
ZANON, Magda Lea Bolzan et al. Funções para descrever a relação altura diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Rural**, Santa Maria (RS), v. 26, n. 1, p. 87-90, 1996.

APÊNDICES

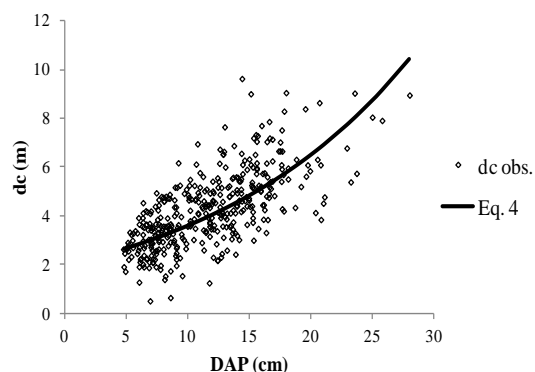
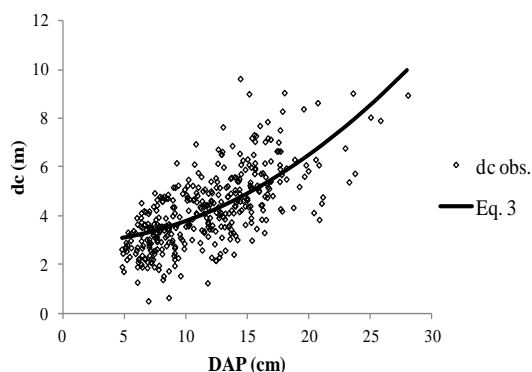
Apêndice A - Ajustes da altura total em função do diâmetro à altura do peito pelas equações de números 1, 2, 4, 5, 7, 8 e 9 respectivamente, para árvores *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.



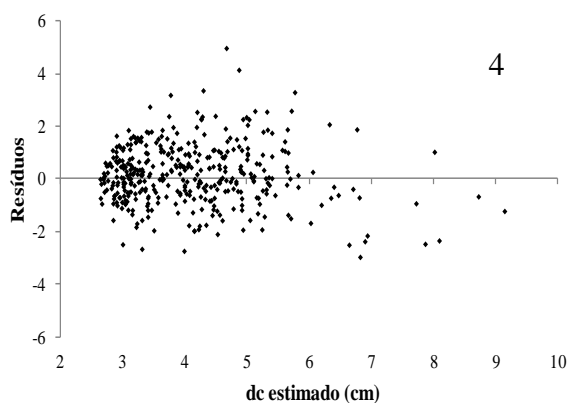
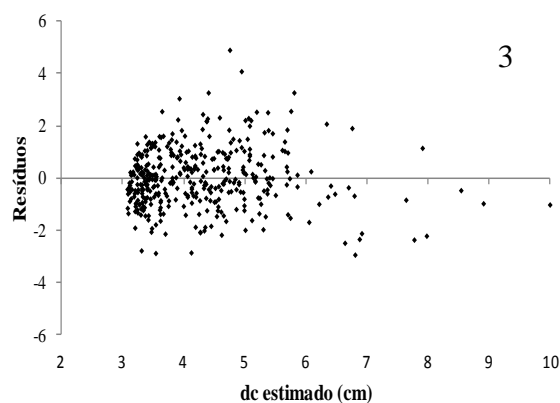
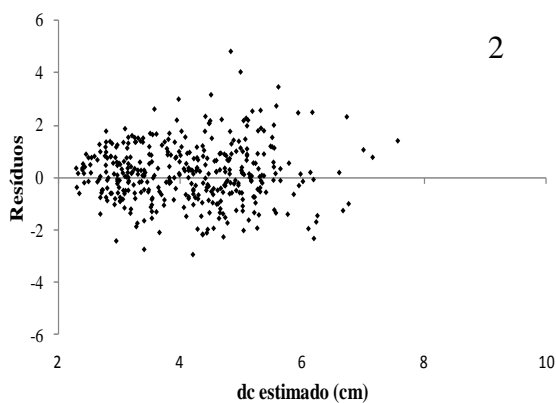
Apêndice B - Dispersão dos resíduos em função da estimativa da altura total pelas equações de números 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 9 respectivamente, para árvores *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.



Apêndice C - Ajustes do diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito pelas equações de números 3 e 4 respectivamente, para árvores *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.



Apêndice D - Dispersão dos resíduos em função da estimativa do diâmetro de copa pelas equações de números 2, 3 e 4 respectivamente, para árvores *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.



Apêndice E - Modelos de regressão e parâmetros estatísticos testados para descrever o comprimento de copa em função do diâmetro à altura do peito de árvores *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Equação	Y	X	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
			b_0	b_1			
1	cc	ln (d)	-1,08536	1,61312	0,1962	44,68	96,19
2	cc ²	ln (d)	-14,30262	9,85041	0,1591	91,43	74,79
3	ln (cc)	1/d	1,50362	-6,39096	0,2190	52,24	110,37
4	\sqrt{cc}	ln (d)	0,41152	0,49736	0,2106	22,39	110,39
5	1/cc	1/d	0,15114	3,31623	0,2190	49,31	105,02

Onde: Equação 1: $cc_i = b_0 + b_1 \ln(d_i)$; 2: $cc_i^2 = b_0 + b_1 \ln(d_i)$; 3: $\ln(cc_i) = b_0 + b_1 (1/d_i)$; 4: $\sqrt{cc_i} = b_0 + b_1 \ln(d_i)$; 5: $1/cc_i = b_0 + b_1 (1/d_i)$; Y = variável dependente; X = variável independente; b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice F - Modelos de regressão e parâmetros estatísticos testados para descrever a proporção de copa em função do diâmetro à altura do peito de árvores *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Equação	Y	X	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
			b_0	b_1			
1	PC	d	22,47486	0,26656	0,0102	39,35	5,03
2	PC ²	d	606,04053	12,90934	0,0066	76,35	3,58
3	ln (PC)	d	3,02184	0,01195	0,0131	12,87	6,71
4	\sqrt{PC}	d	4,63363	0,02790	0,0118	20,00	5,68
5	1/PC	d ²	0,04962	-0,00002264	0,0144	42,49	6,69

Onde: Equação 1: $PC_i = b_0 + b_1(d_i)$; 2: $PC_i^2 = b_0 + b_1(d_i)$; 3: $\ln(PC_i) = b_0 + b_1(d_i)$; 4: $\sqrt{PC_i} = b_0 + b_1(d_i)$; 5: $1/PC_i = b_0 + b_1(d_i^2)$; Y = variável dependente; X = variável independente; b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice G - Modelos de regressão e parâmetros estatísticos testados para descrever o índice de abrangência em função do diâmetro à altura do peito de árvores de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Eq	Y	X	Coeficientes			R^2_{aj}	CV (%)	F
			b_0	b_1	b_2			
1	IA	d^2	0,37336	0,00026697		0,0538	15,62	23,24
2	IA ²	d^2	0,15322	0,00022739		0,0465	60,48	20,07
3	IA ²	1/d e d^2	0,06551	0,62080	0,00039907	0,0571	60,14	12,85
4	\sqrt{IA}	d^2	0,60280	0,00021346		0,0510	30,15	13,10
5	1/IA	d^2	3,09991	-0,00234		0,0298	53,13	22,96

Onde: Equação 1: $IA_i = b_0 + b_1.(d_i^2)$; 2: $IA_i^2 = b_0 + b_1.(d_i^2)$; 3: $IA_i^2 = b_0 + b_1.(1/d_i) + b_2.(d_i^2)$; 4: $\sqrt{IA_i} = b_0 + b_1.(d_i^2)$; 5: $1/IA_i = b_0 + b_1.(d_i^2)$. Y = variável dependente; X = variável independente; b_0 = coeficiente linear; b_1, b_2, b_3 = coeficientes angulares; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice H - Modelos de regressão e parâmetros estatísticos testados para descrever o índice de saliência em função do diâmetro à altura do peito de árvores de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Equação	Y	X	Coeficientes			R^2_{aj}	CV (%)	F
			b_0	b_1	b_2			
1	IS	1/d	25,28982	132,85952		0,1943	26,61	95,31
2	IS ²	d^2	0,15322	0,00022739		0,0465	60,48	20,07
3	IS ²	1/d e d^2	0,06551	0,62080	0,00039907	0,0571	60,15	12,58
4	ln (IS)	1/d	3,28182	3,22901		0,1434	28,26	66,45
5	\sqrt{IS}	1/d	5,10839	10,31400		0,1737	13,86	83,22
6	1/IS	1/d	0,03674	-0,07911		0,0602	40,25	26,04

Onde: Equação 1: $IS_i = b_0 + b_1.(1/d_i)$; 2 : $IA_i^2 = b_0 + b_1.(d_i^2)$; 3: $IS_i^2 = b_0 + b_1.(1/d_i) + b_2.(d_i^2)$; 4: $\ln (IS_i) = b_0 + b_1.(1/d_i^2)$; 5: $\sqrt{IS_i} = b_0 + b_1.(1/d_i^2)$; 6: $1/IS_i = b_0 + b_1.(1/d_i^2)$. Y = variável dependente; X = variável independente; b_0 = coeficiente linear; b_1, b_2 = coeficientes angulares; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice I - Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\sqrt{cc_i} = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

C.C DAP (cm)	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
5,5	0,40463	0,49691	0,2010	22,57	99,17
8,5	0,45148	0,47860	0,2016	22,22	94,16
11,5	0,46654	0,47568	0,2006	22,11	93,58
14,5	0,43000	0,48985	0,2098	22,21	97,39
17,5	0,41655	0,49733	0,2103	22,30	99,04
20,5	0,43662	0,48667	0,2064	22,29	94,91
23,5	0,42441	0,49281	0,2083	22,40	96,22
26,5	0,43662	0,48667	0,2064	22,29	94,91
Todo povoamento	0,41152	0,49736	0,2106	22,39	110,39

Onde: b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice J – Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\ln(PC_i) = b_0 + b_1 \cdot (d_i)$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

C.C DAP (cm)	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
5,5	3,00094	0,01277	0,0129	12,99	6,37
8,5	3,03532	0,01051	0,0094	12,69	4,52
11,5	3,05225	0,00969	0,0080	12,68	4,00
14,5	3,02216	0,01201	0,0131	12,73	5,81
17,5	3,02185	0,01232	0,0127	12,75	6,08
20,5	3,02716	0,01142	0,0115	12,75	5,19
23,5	3,02420	0,01184	0,0125	12,78	5,57
26,5	3,02716	0,01142	0,0115	12,75	5,19
Todo povoamento	3,02184	0,01195	0,0131	12,87	6,69

Onde: b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice K – Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $IA_i = b_0 + b_1.(d_i^2)$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

C.C DAP (cm)	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
5,5	0,37814	0,00024006	0,0400	30,13	16,30
8,5	0,37899	0,00023295	0,0385	29,78	15,78
11,5	0,37600	0,00025479	0,0500	29,84	20,97
14,5	0,37789	0,00025228	0,0443	30,14	17,83
17,5	0,37828	0,00024000	0,0405	30,01	16,39
20,5	0,37908	0,00023789	0,0399	29,92	16,92
23,5	0,37907	0,00023857	0,0402	29,87	16,18
26,5	0,37908	0,00023789	0,0399	29,92	16,02
Todo povoamento	0,37336	0,00026697	0,0532	30,15	13,10

Onde: b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice L – Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $IS_i = b_0 + b_1.(1/d_i)$ por classe diamétrica e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

C.C DAP (cm)	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
5,5	25,03624	136,74017	0,1939	26,56	84,99
8,5	24,81818	138,80884	0,1897	26,35	88,94
11,5	25,36854	133,78784	0,1886	26,39	82,69
14,5	25,24643	136,11728	0,1890	26,39	83,61
17,5	25,05491	137,40557	0,1921	26,41	86,75
20,5	25,07658	137,40526	0,1867	26,36	85,05
23,5	25,15228	136,86861	0,1855	26,34	84,61
26,5	25,07658	137,40526	0,1767	26,36	85,05
Todo povoamento	25,28982	132,85952	0,1943	26,61	95,31

Onde: b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice M – Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\sqrt{cc_i} = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$ por espaçamento, e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Espaçamento	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
1	0,44896	0,51133	0,1683	23,45	51,58
2	0,26182	0,50698	0,4198	16,70	101,59
Todo povoamento	0,41152	0,49736	0,2106	22,39	110,39

Onde: Esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2m); Esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m); b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice N – Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $\ln(PC_i) = b_0 + b_1 \cdot (d_i)$ por espaçamento, e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Espaçamento	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
1	3,15356	0,00813	0,0014	13,35	1,35
2	2,75490	0,02091	0,1025	9,71	16,87
Todo povoamento	3,02184	0,01195	0,0131	12,87	6,69

Onde: Esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2m); Esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m); b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice O – Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $IS_i = b_0 + b_1 \cdot (1/d_i)$ por espaçamento, e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Espaçamento	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
1	28,12086	105,52136	0,1099	27,40	31,99
2	21,53282	168,82721	0,3565	24,73	78,01
Todo povoamento	25,28982	132,85952	0,1943	26,61	95,31

Onde: Esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2m); Esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m); b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).

Apêndice P – Parâmetros estatísticos obtidos com o modelo $IA_i = b_0 + b_1(d_i^2)$ por espaçamento, e para todo o povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

Espaçamento	Coeficientes		R^2_{aj}	CV (%)	F
	b_0	b_1			
1	0,36717	0,00034938	0,0634	31,35	17,98
2	0,37493	0,00019615	0,0444	27,55	7,54
Todo povoamento	0,37336	0,00026697	0,0532	30,15	13,10

Onde: Esp. 1 = Espaçamento 1 (2x2m); Esp.2 = Espaçamento 2 (1,5x2m); b_0 = coeficiente linear; b_1 = coeficiente angular; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Fonte: O autor (2014).