

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

DANIELI REGINA KLEIN

**DENDROCRONOLOGIA DE *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.
Mill. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. NO MUNICÍPIO DE
REALEZA, PR.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS
2014

DANIELI REGINA KLEIN

**DENDROCRONOLOGIA DE *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.
Mill. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. NO MUNICÍPIO DE
REALEZA, PR.**

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 para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientadora: Prof. Dra. Veridiana Padoin Weber

DOIS VIZINHOS
2014



TERMO DE APROVAÇÃO

DENDROCRONOLOGIA DE *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill. E
Aspidosperma polyneuron Müll. Arg. NO MUNICÍPIO DE REALEZA, PR.

por

Danieli Regina Klein

Este Trabalho de Conclusão de Curso I foi apresentado em 11 de agosto de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Veridiana Padoin Weber
Orientadora

Prof. Dra. Elisabete Vuaden
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dr. Mauricio Romero Goreinstein
Membro titular (UTFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela proteção, força e bênçãos em todos os momentos.

À professora Veridiana Padoin Weber por aceitar a orientação neste trabalho, pela paciência, incentivo, ensinamentos científicos e profissionais e além de tudo pela amizade.

Ao meu pai Osmar por me apoiar em TUDO, e também nas coletas a campo. Ao “mateiro” Joraci pelo auxílio na coleta dos dados a campo. Ao Douglas pelo apoio em muitos momentos importantes.

As amigas de longa data, Izabel Cristina que com seus ensinamentos e consolos foi como uma mãe e a Francieli, que esteve ao meu lado como uma irmã.

Aos amigos, Ana Cláudia e Paulo Henrique, agradeço pela fiel e agradável amizade, os levarei sempre em meu coração.

Agradeço a todos os professores de graduação por proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas, de caráter e de educação no processo de formação profissional.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos, direção e administração, pelo apoio e disponibilidade de recursos para realização deste trabalho.

A professora Elisabete Vuaden e ao professor Maurício R. Goreinstein pelas valiosas sugestões e considerações para a melhoria deste trabalho.

A todos que de forma direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Muito Obrigada!

“A Sabedoria é mais ágil que qualquer movimento;
É um reflexo da luz eterna;
Embora única, tudo pode;
Permanecendo em si mesma, tudo renova.
Ela se estende com vigor de uma
extremidade a outra do mundo
e governa o universo com bondade.”
(SABEDORIA 7, 24-26-27; 8,1)

RESUMO

KLEIN, Danieli Regina. **Dendrocronologia de *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. no município de Realeza, PR.** 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

Aspidosperma polyneuron e *Cordia americana* representam espécies de grande importância dentro das florestas, tanto pelas suas funções ecológicas, quanto pela qualidade da madeira. O presente estudo foi realizado no município de Realeza – PR, com objetivo verificar a delimitação dos anéis de crescimento de cada uma das espécies, estimar o crescimento diamétrico em função da idade por meio do ajuste de equações matemáticas para *Cordia americana*, comparar variáveis dendrométricas e morfométricas com o incremento periódico anual diamétrico e incremento periódico anual em área basal, além de modelar o incremento para as espécies de *Cordia americana* e *Aspidosperma polyneuron*, servindo, assim, como subsídio para futuras práticas de manejo sustentável das mesmas. Para cada árvore foram mensuradas: diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (h), altura de início de copa (hic), altura de copa (hc), comprimento de copa (cc), raio de copa (rc), diâmetro de copa (dc), índice de abrangência (IA), índice de saliência (IS), grau de esbeltez (GE), formal de copa (FC), vitalidade de copa (Vc), distribuição dos galhos (Dg), qualidade do fuste (Qf), posição sociológica (Ps), exposição do terreno (ET), espessura simples de casca (Ec), forma de copa (Fc), infestação de lianas (IL), e para análise do crescimento foram coletados das árvores rolos de incremento. Para a análise dos dados foi utilizado o Software Microsoft Excel e *Statistical Analysis System* (SAS, 1999). A delimitação dos anéis de *Cordia americana* foi possível a partir da alteração no espaçamento das faixas tangenciais de parênquima tangencial, sendo visíveis, pois possuem parênquima marginal limitando o início e fim de cada anel. Para *Aspidosperma polyneuron* há espessamento diferencial das paredes das fibras no fim do período vegetativo, além de possuir camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Ao avaliar a influência das variáveis amostradas no IPAd de *Cordia americana*, apenas o DAP e diâmetro de copa apresentaram correlação significativa. Já para as variáveis qualitativas houve alta amplitude dos dados de IPAd. Para *Aspidosperma polyneuron* as variáveis DAP, h, hic, hc, Dc, IS, GE obtiveram correlação significativa com o IPAg. Sendo que, para as variáveis qualitativas os maiores valores de IPAg eram de indivíduos com as características melhores, porém, os dados também apresentaram amplitude no valores. Para explicar o IPAd dos indivíduos de *Cordia americana*, o DAP foi a variável que obteve maior significância, e o modelo selecionado através da modelagem foi $IPAd=0,52505+0,02464*DAP$. A estimativa do IPAg de *Aspidosperma polyneuron*, também pôde ser explicada apenas em função do DAP, e o modelo selecionado foi $IPAg=1,06463+0,46330*DAP$. O modelo de Backman foi à equação que melhor ajustou os dados de crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana*.

Palavras-chave: Diâmetro. Manejo Florestal. Anéis de crescimento.

ABSTRACT

KLEIN, Danieli Regina. **Dendrochronology to *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. in the municipality of Realeza, PR.** 69f. Monograph (Degree in Forestry) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

Aspidosperma polyneuron and *Cordia americana* represent species of great importance within the forests, both for its ecological functions, as the quality of the wood. This study was conducted in the municipality of Realeza - PR, with objective to verify the delimitation of growth rings each species, estimate the diameter growth as a function of age by fitting mathematical equations to *Cordia americana*, compare dendrometric variables and morphometric to the regular annual increment and annual diametric periodic basal area increment in addition to model the increment for the species of *Cordia americana*. and *Aspidosperma polyneuron*, thereby serving as a subsidy for future sustainable management practices thereof. For each tree were measured: diameter at breast height (DAP), total height (h), height of canopy top (hic), canopy height (hc), crown length (cc), crown radius (rc), crown diameter (dc), coverage index (IA), protrusion index (IS), degree of slenderness (GE), formal canopy (FC), vitality canopy (Vc), distribution of branches (Dg) trunk quality (Qf), sociological position (Ps), display of the terrain (ET), single bark thickness (Ec), form canopy (Fc), liana infestation (IL), and growth analysis will be collected from trees rolls increment. For data analysis we used the Microsoft Excel Software and Statistical Analysis System (SAS, 1999). The delimitation of *Cordia americana* rings was possible from the change in the spacing of the tangential parenchyma bands, being visible, because they have marginal parenchyma limiting the start and end of each ring. For *Aspidosperma polyneuron* there is a differential in the fiber wall thickening end of the growing period, and have slightly different growth layers demarcated by tangential fibrous darker areas. Comparing the IPAd and *Cordia americana* variables sampled only the DAP and canopy diameter were significantly correlated. As for the qualitative variables was no influence of vitality canopy, canopy shape, sociological position and distribution of branches. To *Aspidosperma polyneuron* the DAP, h, hic, hc, Dc, S, GE variables had significant correlation with the IPAg. Since the qualitative variables vitality canopy, canopy shape, distribution of branches and sociological position were that influenced the IPAg. To explain the IPAd individuals of *Cordia americana*, DAP was the variable with highest significance, and the model was selected through modeling $IPAd = 0.52505 + 0.02464 * DAP$. The estimate of the IPAg *Aspidosperma polyneuron*, could be explained only in terms of DAP, and the model was selected $IPAg = 1.06463 + 0.46330 * DAP$. The model Backman was the equation that best fit the data of diameter growth as a function of age of *Cordia americana*.

Keywords: Diameter. Forest Management. Growth rings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estados onde há ocorrência natural de <i>Cordia americana</i>	20
Figura 2: Estados onde há ocorrência natural de <i>Aspidosperma Polyneuron</i>	24
Figura 3: Imagem aérea da localização da área de coleta dos dados. A: Indivíduos de <i>Aspidosperma polyneuron</i> , B: <i>Cordia americana</i>	32
Figura 4: Procedimento a campo para obtenção do DAP, h, hc e hic.....	34
Figura 5: Procedimento a campo para obtenção dos raios de copa.....	34
Figura 6: Esquema representativo para avaliação da vitalidade de copa.....	36
Figura 7: Esquema representativo para avaliação da distribuição de galhos.....	36
Figura 8: Esquema representativo para avaliação da qualidade do fuste.....	37
Figura 9: Esquema representativo para avaliação da posição sociológica de cada indivíduo.....	38

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: A: Aspectos da folha, B: Indivíduo adulto de <i>Cordia americana</i>	21
Fotografia 2: Caracterização de indivíduos com múltiplos fustes de <i>Cordia americana</i>	22
Fotografia 3: A: Aspectos do porte de <i>Aspidosperma polyneuron</i> na floresta.....	24
Fotografia 4: A: Identificação da espécie na floresta, B: Aspectos da casca de <i>Aspidosperma polyneuron</i>	25
Fotografia 5: A e B: Delimitação dos anéis de crescimento de <i>Cordia americana</i> ...	42
Fotografia 6: A: Plano transversal, camada de crescimento (seta), B: Distinção dos anéis de crescimento de <i>Aspidosperma polyneuron</i>	43

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual diamétrico em função do diâmetro à altura do peito para indivíduos de *Cordia americana*..... 45
- Gráfico 2 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual diamétrico em função do diâmetro de copa para indivíduos de *Cordia americana*.. 45
- Gráfico 3 – Influência das variáveis A: Vitalidade de copa; B: Forma de copa; C: Distribuição de galhos; D: Posição sociológica; E: Qualidade do fuste; F: Infestação de lianas; G: Exposição do terreno no IPAd de *Cordia americana*..... 47
- Gráfico 4 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do diâmetro à altura do peito para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 49
- Gráfico 5 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função da altura para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 50
- Gráfico 6 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função da altura de início de copa para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 51
- Gráfico 7 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função da altura comercial para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 52
- Gráfico 8 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do diâmetro de copa para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 53
- Gráfico 9 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do índice de saliência para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 54
- Gráfico 10 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do grau de esbeltez para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 55
- Gráfico 11: Influência das variáveis A: Vitalidade de copa; B: Forma de copa; C: Distribuição de galhos; D: Posição sociológica; E: Qualidade do fuste; F: Infestação de lianas; G: Exposição do terreno no IPAg de *Aspidosperma polyneuron*..... 56
- Gráfico 12 - A: Dispersão dos valores de IPAd observados e estimados; B: Dispersão dos resíduos para modelagem de *Cordia americana*..... 58

Gráfico 13 – A: Dispersão dos valores de IPAg observados e estimados; B: Dispersão dos resíduos de *Aspidosperma polyneuron*..... 59

Gráfico 14 – A: Dispersão dos valores de DAP observados e estimados; B: Dispersão dos resíduos do modelo testado para *Cordia americana*..... 61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelos Matemáticos que foram testados para prever o crescimento diamétrico de *Cordia americana* e *Aspidosperma polyneuron* em Realeza – PR.... 41

Tabela 2: Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e o incremento periódico anual diamétrico de *Cordia americana*.... 44

Tabela 3: Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e o incremento periódico anual em área basal de *Aspidosperma polyneuron*..... 48

Tabela 4: Estimativas dos coeficientes (b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , b_5), coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), coeficiente de variação (CV%) e F calculado para cada modelo testado..... 60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 <i>Cordia americana</i> (L.) GOTTSCHLING & J.S. MILL.	20
2.2 <i>Aspidosperma polyneuron</i> MÜLL. ARG.....	23
2.3 CRESCIMENTO E DENDROCRONOLOGIA.....	27
2.4 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO.....	28
2.5 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS, MORFOMÉTRICAS E MODELOS MATEMÁTICOS	30
3. METODOLOGIA	32
3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE COLETA DE DADOS	32
3.2 COLETA DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS, MORFOMÉTRICAS E QUALITATIVAS.....	33
3.3 COLETA DO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO.....	38
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 DELIMITAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO	42
4.2 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS QUANTITATIVAS (DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS) E QUALITATIVAS NO IPAD DE <i>Cordia americana</i>	43
4.3 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS QUANTITATIVAS (DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS) E QUALITATIVAS NO IPAG DE <i>Aspidosperma polyneuron</i>	47
4.4 MODELAGEM DO INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL DIAMÉTRICO PARA <i>Cordia americana</i>	56
4.5 MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE <i>Cordia americana</i>	60
5. CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS.....	63

1. INTRODUÇÃO

Os reflorestamentos existentes no país são caracterizados, em sua maioria, pelo uso de espécies exóticas, que proporcionam rápido desenvolvimento, facilitando a sua comercialização. O conhecimento sobre as características dessas espécies e o manejo adequado é amplo, o que garante a qualidade desses plantios.

Entretanto, o valor agregado da madeira destes reflorestamentos é inferior quando comparado com espécies nativas de madeiras que possuem alta qualidade, principalmente, quando se trata em seu uso para serraria. Porém, o grande impasse para o cultivo de espécies nativas, se dá, principalmente, ao restrito conhecimento do seu crescimento e de seu manejo sustentável, que visa produção adequada para fins econômicos, sociais e ecológicos.

O território brasileiro possui grande variedade de número de espécies arbóreas. Essa abundância de espécies atenta para o potencial do desenvolvimento de estudos dendrocronológicos, assim como a busca por espécies que apresentem maior potencial de crescimento. Nas duas últimas décadas a aplicação da dendrocronologia obteve um amplo desenvolvimento no país, sendo utilizada para estudos de reconstrução climática, acúmulo de biomassa, ecologia da vegetação e estudos no manejo florestal (MAGALHÃES *et al.*, 2013, p. 08).

Weber (2013, p. 17) comenta que apesar de existir estudos em florestas nativas sobre sua dinâmica como um todo, não se conhece ainda o real potencial e o ritmo de crescimento de cada uma das espécies dessa floresta, ou seja, como e quanto elas crescem, quais variáveis influenciam no seu crescimento e em quais locais possuem maior ou menor crescimento.

Segundo dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2004, p. 12), houve considerável redução da área de cobertura florestal original da Região Sudoeste do Paraná, principalmente, pela ocupação do território e a exploração de algumas espécies vegetais de interesse econômico.

Dentro dessa porcentagem, algumas espécies nativas com potencial madeireiro se destacam, como por exemplo, a canafístula (*Peltophorum dubium*), cedro (*Cedrela fissilis*), canjarana (*Cabralea canjerana*), pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*), assim como a

guajuvira (*Cordia americana*) e a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) (IPARDES, 2004, p. 23).

Uma maneira precisa e rápida de conhecer a taxa de crescimento dessas espécies, necessária para o manejo sustentável, é a dendrocronologia, a qual baseia-se no estudo dos anéis de crescimento das árvores, sendo a forma mais rápida para recuperar informações de crescimento das espécies florestais (MATTOS *et al.*, 2011, p. 14). Além disso, permite conhecer precisamente a reação do crescimento passado em função das mudanças ambientais que ocorreram, bem como, realizar uma análise do efeito que a idade propicia ao crescimento florestal das espécies.

O crescimento diamétrico conforme Schneider e Schneider (2008, p. 103) determina o grau de aproveitamento da madeira, sendo por isso, muito importante para o produtor. Além disso, Vuaden (2013, p. 22) destaca que os modelos de crescimento são de vital importância para o planejamento da produção florestal, pois a partir destes, se pode prever o crescimento e rendimento de sítios locais para criar uma condição prévia para planejar a administração de florestas em qualquer nível.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o crescimento e incremento diamétrico por técnicas de dendrocronologia para *Cordia americana* e *Aspidosperma polyneuron*, utilizando variáveis quantitativas e qualitativas, no município de Realeza, PR.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a delimitação dos anéis de crescimento para as espécies *Cordia americana* e *Aspidosperma polyneuron*
- Avaliar a influência das variáveis quantitativas (dendrométricas e morfométricas) e qualitativas de indivíduos de *Cordia americana* com o incremento periódico anual diamétrico e de *Aspidosperma polyneuron* com o incremento periódico anual em área basal;
- Modelar o incremento periódico anual diamétrico de *Cordia americana* e o incremento periódico anual em área basal de *Aspidosperma polyneuron* em função de variáveis dendrométricas e morfométricas;
- Testar funções matemáticas já existentes para descrever o crescimento diamétrico em função da idade das árvores de *Cordia americana*;

1.2 JUSTIFICATIVA

As espécies arbóreas nativas são fundamentais para a diversidade do ecossistema, pois proporcionam fonte de alimento e abrigo para a fauna nativa, proteção do solo, entre outros atributos ecológicos, além disso, essas espécies possuem uma madeira de qualidade passível para diversas finalidades. Entretanto, devido à retirada de forma irracional, sem a utilização de um manejo florestal adequado e a ampla demanda dessa madeira, muitas espécies encontram-se ameaçadas (SEMA, 2011).

Conforme preconiza Silva (2003, p. 13), entender a dinâmica de crescimento de espécies arbóreas é de fundamental importância para conciliar e atender produção e conservação. Esse entendimento, no manejo florestal, é decisivo para tomadas de decisões como escolha das espécies a serem exploradas e protegidas, projeção do ciclo de corte e tratamentos silviculturais.

Soares *et al.* (2013, p. 73) salienta que *Cordia americana*, também conhecida popularmente como guajuvira, é uma árvore de grande porte, com potencial energético e econômico, tanto na área de construção civil, paisagística e medicinal, porém, as informações disponíveis para a espécie são insuficientes, o que denota a necessidade de novos estudos.

Maltez (1997, p. 21), evidencia que *Aspidosperma polyneuron*, popularmente chamada de peroba-rosa, além de possuir alto valor econômico por ser uma madeira de excelente qualidade, tem uma grande importância ecológica devido ao seu porte emergente, a qual fornece estrutura à floresta e auxilia no desenvolvimento dos demais estratos da floresta.

A modelagem é uma ferramenta importante que auxilia no conhecimento do ritmo de crescimento das espécies, é extremamente importante para os pesquisadores da área florestal que estejam interessados em um melhor entendimento das relações existentes na produção florestal durante a vida de um determinado povoamento (VANCLAY, 1994).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill.

Cordia americana pertence à família Boraginaceae e está no grupo das secundárias iniciais a tardias. Há predominância de sua ocorrência na Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, englobando os estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, como pode-se observar na Figura 1. É uma espécie que floresce, em suas áreas de ocorrência, entre os meses de julho a novembro, apresenta crescimento lento a moderado, nas capoeiras formam associações quase puras, demonstrando um crescimento rápido (CARVALHO, 2003).



Figura 1: Estados onde há ocorrência natural de *Cordia americana*

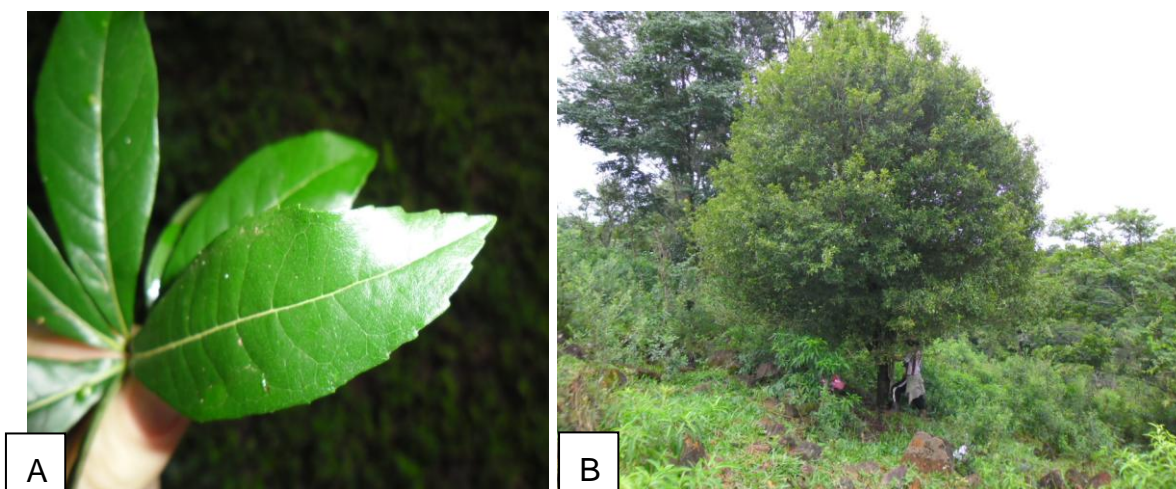
Fonte: Carvalho (2004)

A espécie possui grande porte, com altura entre 10 a 25 m, com tronco geralmente tortuoso e irregular de 70 a 80 cm de diâmetro. É popularmente

conhecida no país comoapé-branco, guajubira, guaraiúva e pau-d’arco, nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, também é chamada de goarapovira, guaiabi, guaiabira, guaiabira, guaiabi, guaijbira, guaiuíra, guaiuvira e guajuvira. (CARVALHO, 2004, p. 01)

Cordia americana é uma espécie de fácil visualização em campo, com folhas de margens serrilhadas da parte central até a extremidade (Fotografia 1), com característica de ser semidecídua, monóica e com dispersão dos frutos e sementes por anemocoria e autocoria (barocoria).

Sua germinação é epígea, com início entre 12 a 78 dias após a sementeira, seu poder germinativo é em média 80%, atingindo até 100%, as sementes não apresentam dormência. As mudas atingem porte apropriado para plantio, cerca de quatro meses após a sementeira. Outra alternativa para a produção de mudas da espécie se dá pela propagação vegetativa através de estacas de galhos (EMBRAPA, 2013).



Fotografia 1: A: Aspectos da folha; B: Indivíduo adulto de *Cordia americana*.

Fonte: O autor (2014)

Sendo uma espécie semi-heliófila, ela tolera sombreamento de baixa a média intensidade na fase juvenil, além de ser tolerante a baixas temperaturas, onde na idade adulta podem admitir temperaturas mínimas de até $- 11^{\circ}\text{C}$ (CARVALHO, 2004, p. 01).

O crescimento da espécie ocorre melhor em solos de boa fertilidade química, com propriedades físicas adequadas, bem drenados e com textura de areno-argilosa a argilosa, entretanto devem ser evitados os solos hidromórficos. Não possui desrama natural eficiente, o que denota a necessidade periódica de podas, sendo principalmente, a de formação e de galhos. Estes tratamentos silviculturais aumentam o aproveitamento madeireiro da espécie (EMBRAPA, 2013), e evita a formação de indivíduos com múltiplos fustes, como se verifica na Fotografia 2.



Fotografia 2: Caracterização de indivíduos com múltiplos fustes de *Cordia americana*
Fonte: O autor (2014)

A característica da madeira é dura, resistente e de alta durabilidade (cerne), mesmo em contato com o solo e umidade, apresenta um cerne de alta permeabilidade às soluções preservantes. Além disso, a utilização da espécie é para as mais diversas finalidades, tanto em arborização de parques, praças e passeios, além de ser recomendada também para proteção das barrancas dos rios, devido ao amplo sistema radicular (EMBRAPA, 2013).

Rodrigues *et al.* (2007, p. 27) em um estudo realizado com agricultores que cultivavam espécies arbóreas nativas na Serra dos Tapes (RS), verificou que *Cordia americana* está associada ao maior número de utilidades, tanto para a construção civil, onde é utilizada como esteio e na confecção das linhas da estrutura, como também na confecção de cabos das mais diversas ferramentas, sendo que com a madeira também se faz jugo, cheda, armação de carro, cambotas, rodas de carreta, arado, mangual e dormentes.

2.2 *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.

Aspidosperma polyneuron é uma espécie pertencente à família Apocynaceae, sendo uma árvore com característica secundária tardia ou clímax, tolerante à sombra, perenifólia, presente geralmente no interior de florestas primárias densas. Em média sua altura pode variar de 20 a 30 m e seu DAP de 50 a 100 cm (Fotografia 3), podendo atingir até 50 m de altura e 390 cm de DAP, em idade adulta (CARVALHO, 2004, p. 01; FONSECA, 2001, p. 23; LORENZI, 2001, p. 39).



Fotografia 3: Aspectos do porte de *Aspidosperma polyneuron* na floresta.
Fonte: O autor (2014)

A espécie é característica da Floresta Estacional Semidecidual, na formação montana e submontana (VELOSO *et al.*, 1991, p. 71). A sua ocorrência natural se dá, principalmente, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, como pode ser observado na Figura 2. É popularmente conhecida como peroba-rosa, peroba-paulista; peroba-rajada; peroba-do-rio; perobinha; perova (CARVALHO, 2004, p. 02).

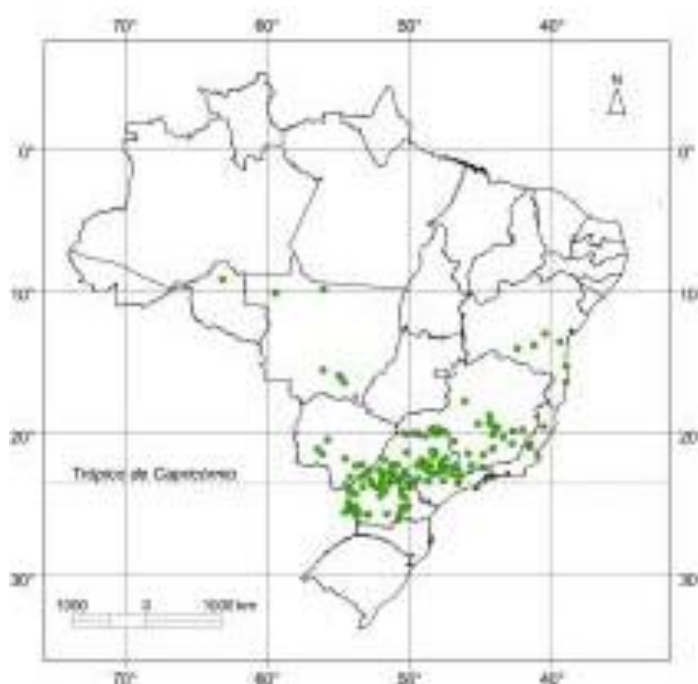


Figura 2: Estados onde há ocorrência natural de *Aspidosperma polyneuron*
Fonte: Carvalho (2004)

É uma espécie que se ramifica somente na parte superior do tronco, e possui uma copa alta, densa, com ramos trifurcados, o que facilita sua identificação no meio das demais árvores, caracterizado na Fotografia 4A.

Além disso, a casca pode apresentar uma espessura de até 50 mm, sendo que externamente é cinzenta a castanho-grisácea, áspera, profundamente fissurada longitudinalmente, e internamente, ao ser raspada, apresenta um róseo muito intenso por dentro e a parte viva amarelada (Fotografia 4B). Suas folhas são

simples, alternas, variáveis quanto à forma, com ápice arredondado e margem inteira (CARVALHO, 2004, p. 02).



Fotografia 4: A: Identificação da espécie na floresta; B: Aspecto da casca de *Aspidosperma polyneuron*. Fonte: O autor (2014)

Aspidosperma polyneuron é uma planta monóica, possui flores pequenas e numerosas, a floração ocorre entre os meses de setembro a janeiro, nos diferentes estados de ocorrência natural, porém, não floresce anualmente, produz uma grande quantidade de sementes apenas em intervalos de 2 a 4 anos (LORENZI, 1992, p. 40).

O fruto é um fóliculo deiscente, geralmente achatado e semilenhoso, coberto por lenticelas com 2 a 5 sementes por fruto. A frutificação ocorre entre maio à setembro, as sementes não possuem dormência e tem comportamento recalcitrante,

a formação da muda se dá a partir de 9 meses após a semeadura (CARVALHO, 2004, p. 02).

A espécie tem característica semi-heliófila, na fase juvenil necessita de sombreamento, porém, após seu desenvolvimento se torna tolerante a luz. Carvalho (2004, p. 04) ainda destaca que a planta apresenta resistência a baixas temperaturas, em florestas naturais, árvores adultas suportam temperaturas mínimas de até -6°C.

De acordo com Kageyama e Castro (1989, p.87) em função de sua exigência ecológica, necessita de uma espécie estimuladora como vizinha para ter seu crescimento e tronco favorecidos. Além disso, é considerada uma espécie de grande importância em plantios mistos de recuperação de áreas degradadas. Em plantios densos, a espécie apresenta desrama natural e boa cicatrização, entretanto, em plantios com espaçamento maior há necessidade de intervenções para que a desrama seja eficaz, devido a bifurcações localizadas próximo ao solo.

A madeira de *Aspidosperma polyneuron* apresenta densidade média variando de 790 a 898 kg m³, pouca resistência ao ataque de organismos xilófagos e baixa permeabilidade às soluções preservantes, em tratamentos sob pressão. A utilização de sua madeira é para diversas finalidades, dentre elas, para madeira roliça e serrada na indústria de móveis e construção civil, para energia possui boa qualidade, com poder calorífico de 4.750 kcal/kg, entretanto, a espécie é inadequada para celulose e papel (CARVALHO, 2004, p. 06; 07).

Pinazo *et al.* (2009, p. 238) destaca que *Aspidosperma polyneuron* é uma das espécies das florestas paranaenses que apresentam alto valor agregado em sua madeira, e devido a isso sofreu com a intensa exploração, o que ocasionou a proibição de seu corte.

A importância da manutenção dessa espécie, conforme afirma Sato *et al.* (2008, p. 24), está relacionado com programas de conservação e melhoramento, subsidiando alternativas de plantios para exploração econômica e diminuindo a pressão sobre populações nativas.

Aspidosperma polyneuron é classificada, segundo lista da IUCN (2003, p. 01), na categoria “em perigo”, ou seja, em perigo de extinção e cuja sobrevivência é improvável se os fatores causais continuarem operando. Na lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção no Paraná (IAP, 2008, p.01), a espécie é

classificada como categoria “rara”, apresentam poucos indivíduos, tanto em vasta área quanto em pequena, ou revelam-se endêmicos.

2.3 CRESCIMENTO E DENDROCRONOLOGIA

As árvores constituintes de uma floresta crescem em diâmetro e altura, esse crescimento é diferente para cada espécie, e resulta no aumento do volume de madeira. O desenvolvimento ocorre em dois períodos distintos, conhecidos como lenho inicial ou primaveril e lenho tardio ou outonal.

O lenho inicial ocorre na primavera, ou seja, quando as árvores saem do seu período de dormência que se encontravam no inverno e recomeçam suas atividades fisiológicas. Esse período tem a característica de exibir uma coloração clara devido às células formadas terem paredes finas e lúmens grandes. O lenho outonal possui um acréscimo anual produzido na proximidade do final do período vegetativo, geralmente no outono, apresenta coloração escura, decorrente do aumento na espessura de suas paredes e diminuição de seus lúmens em consequência da redução da atividade fisiológica (BURGER; RICHTER, 1991, p. 16).

Silva e Paula Neto (1979, p. 08) com a realização de vários estudos comprovaram que o método de análise dos anéis de crescimento prevê com precisão a idade das árvores. Além disso, Burger e Richter (1991, p. 21) acrescentam que a análise dos anéis de crescimento mostram algumas informações importantes sobre as diferentes espécies, como por exemplo, se a espécie tem um incremento rápido ou lento, anéis com espaços grandes ou pequenos e até mesmo conhecer quais anos foram favoráveis ou não ao seu crescimento.

O estudo dos anéis de crescimento das árvores proporcionou o desenvolvimento da ciência conhecida como dendrocronologia. Essa técnica, conforme expõe Gonçalves (2007, p.04), possibilita a obtenção de informações das alterações nos fatores externos às árvores, como, solo, ar, temperatura, umidade, radiação solar, entre outros. Isso possibilitou a realização de um registro ambiental das árvores através do uso dessa técnica.

Além disso, a dendrocronologia é utilizada para a reconstrução da estrutura da floresta no passado, determinação da idade, bem como, a avaliação e

quantificação dos efeitos de fatores que agiram sobre toda a comunidade em um período. Assim, a dinâmica de um povoamento pode ser reconstruída desde seu início, organizando grupos de espécies conforme sua função no desenvolvimento da floresta, proporcionando auxílio a futuras práticas silviculturais e de manejo (ISHIBASHI; TANAKA, 1995, p. 26; SEITZ, 1988, p. 43).

A dendrocronologia, como comenta Alvarado (2009, p. 35) é um elemento importante para tomada de decisão relacionada com o manejo florestal, pois, através dela se obtém uma variada quantidade de informações, como registros de crescimento, qualificação e acompanhamento dos volumes de madeira produzidos, estimativas da biomassa e do CO₂ fixado na madeira, bem como, o conhecimento da heterogeneidade, formação e defeitos de uma floresta.

Para a análise dos anéis de crescimento é importante verificar as estruturas anatômicas das espécies, como, por exemplo, nas folhosas, atentar-se à anéis de crescimento que são delimitados por uma faixa de células parenquimáticas, existência de alargamento dos raios nos limites dos anéis de crescimento, observar a maior presença ou dimensão dos poros no início do período vegetativo, constatar se há células com paredes mais espessas e, a alteração no espaço entre as faixas tangenciais de um parênquima axial (BURGER; RICHTER, 1991, p. 27).

Há duas técnicas utilizadas para definir a idade das árvores utilizando a demarcação, contagem e mensuração dos anéis de crescimento. Uma delas é a forma destrutiva, a qual consiste em seccionar as árvores, obtendo-se discos das mesmas (cubagem). A outra é a forma não destrutiva, baseada na retirada de amostras do lenho (rolos), sem a necessidade da derrubada da árvore. Nesse método é usado um equipamento do tipo broca oca com extremidade afiada, conhecido também como trado, onde este é encostado no tronco da árvore na altura do peito (DAP) e comprimido fortemente, rodando de forma lenta a haste. Após a entrada do equipamento até a profundidade desejada, remove-o e retira a amostra de seu interior (CHAGAS, 2009, p. 20; SILVA; PAULA NETO, 1979, p. 08; 09).

2.4 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO

Nos planejamentos de manejo de recursos florestais uma variável é de extrema importância: o crescimento. Sua modelagem é fundamental na prognose da produtividade, qualidade do local e dinâmica de populações.

A técnica de modelagem permite conhecer o crescimento de uma espécie, para isso, existem vários modelos capazes de prever o crescimento e também a produção. Estes dividem-se em: 1) biométricos voltados para produção e manejo florestal, os quais são classificados por classe de diâmetro, árvores individuais e aqueles com base no nível de povoamento; 2) modelos baseados em processos, sendo eles os modelos climáticos, ecofisiológicos e aqueles com base na arquitetura das árvores (SCOLFORO, 2006, *apud* WEBER, 2013, p. 21).

Conforme destaca Garcia (1988, p. 15), os modelos de crescimento possuem grande importância para o planejamento da produção florestal, pois através deles, pode-se analisar o crescimento e rendimento de sítios locais. Isso permite criar uma condição inicial de planejamento e administração de florestas em qualquer nível.

Porém, é necessário conhecer as técnicas de modelagem do crescimento e também suas limitações. Estas limitações, conforme Sanquetta (1996, p. 11) comenta, ocorrem devido aos modelos não serem o próprio objeto, mas uma representação, não sendo assim perfeitos, podendo ser apenas uma representação bem-feita ou não da realidade. Entretanto, no ajuste de modelos de crescimento deve-se buscar aqueles cujos parâmetros tem significado biológico.

Para a modelagem é importante observar a confiabilidade das medições, Fritts (1976, p. 354) salienta que deve considerar, por exemplo, a posição sociológica das árvores amostradas, inclinação do local, concorrência e tipos de perturbações ocorridas no local do estudo. Para garantir a confiabilidade dos dados, faz-se a replicação destes dados com no mínimo dois rolos de incremento por árvore amostrada, e após a coleta, deve-se assegurar a preparação adequada e correta dos rolos de incremento.

Finger *et al.* (1996, p. 102), afirmaram que o conhecimento do crescimento de várias espécies nativas, relacionados as variáveis dendrométricas diâmetro, altura e volume é escasso. Essas informações são importantes para subsídios à silvicultura e ao manejo de florestas, pois fornece dados do potencial quanto ao diâmetro, altura e volume, individual e coletivo. Isso permite realizar a quantificação do tempo necessário para que a árvore alcance uma determinada dimensão, e avaliar o investimento do cultivo e manejo da floresta.

Em florestas inequidistantes com um variado número de espécies, Kierman *et al.* (2008, p. 147) afirmaram que a determinação do crescimento e incremento deve ser realizada considerando as árvores de forma individual. Pois, cada espécie apresenta um conjunto de características particulares, como ritmo de crescimento, necessidades por nutrientes, luz e espaço para crescimento, em um período de desenvolvimento bem mais longo quando comparado a uma floresta pura.

Assim como assegura Della-Flora (2001, p. 38), nos modelos em que se consideram as árvores de forma individual, não é mais o povoamento a unidade de prognose, mas sim cada árvore individual do povoamento. Mesmo que estes modelos sejam mais complexos, possuem vantagem quanto ao detalhamento da estrutura do povoamento sendo potencialmente aplicáveis para as florestas naturais, permitindo a análise de aspectos fisiológicos e de coexistência.

2.5 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS, MORFOMÉTRICAS E MODELOS MATEMÁTICOS

A morfometria das árvores, conforme Durlo e Denardi (1998, p 61), permitem analisar o grau de competição, realizar a modelagem do crescimento, avaliar o espaço em que cada árvore ocupa para se desenvolver, bem como, sua vitalidade e produtividade, além de gerar estimativas de volume e de biomassa. Conhecer as relações morfométricas e a dinâmica da forma das árvores é importante para aperfeiçoar as práticas silviculturais, principalmente de espécies nativas.

Em florestas naturais, o comportamento de cada espécie é diferente, as taxas de crescimento, o desenvolvimento destas ocorre em estágios distintos. Com isso, o dossel da floresta é composto por várias espécies dominantes e diferenciações de classes sociológicas. Essa dinâmica pode ocorrer devido a influência da proporção e vitalidade da copa sobre o crescimento diamétrico das árvores (DURLO, 2001, p 144).

Em um trabalho realizado por Orellana e Koehler (2008, p 232), verificou-se que as características morfométricas da copa variam de acordo com a posição sociológica, indicando que a morfometria da copa varia conforme o espaço ocupado pela árvore na floresta.

As variáveis dendrométricas são bastante utilizadas na modelagem para prognosticar o crescimento das espécies (ZEIDE, 1993, p. 558). Hess (2006, p. 52) ressalta que conhecer o padrão desse crescimento traduz em benefícios ambientais, sociais e econômicos, pois expressa o crescimento das variáveis dendrométricas em função do tempo. Isso influencia na administração dos recursos florestais conforme as necessidades do homem.

Os modelos matemáticos são caracterizados por sistemas de equações, onde é possível prognosticar o crescimento e a produção sob várias condições, permite estimar a produção de madeira, em volume e qualidade, além de avaliar os impactos de fatores ambientais sobre o crescimento de árvores e povoamentos florestais (SPATHELF e NETTO, 2000, p. 6).

Além disso, Zanon (2007, p. 48) reforça que os modelos matemáticos são imprescindíveis para prognosticar futuros recursos florestais, além da escolha de alternativas silviculturais, o apoio à tomada de decisões de manejo e a política florestal.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE COLETA DE DADOS

O presente estudo foi desenvolvido no interior do município de Realeza-PR, em uma região de ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, o qual se localiza na região sudoeste do Estado do Paraná, com latitude Sul de 25° 45' 50" e longitude Oeste de 53° 32' 30". A Figura 3 ilustra a área de coleta dos dados para o estudo.

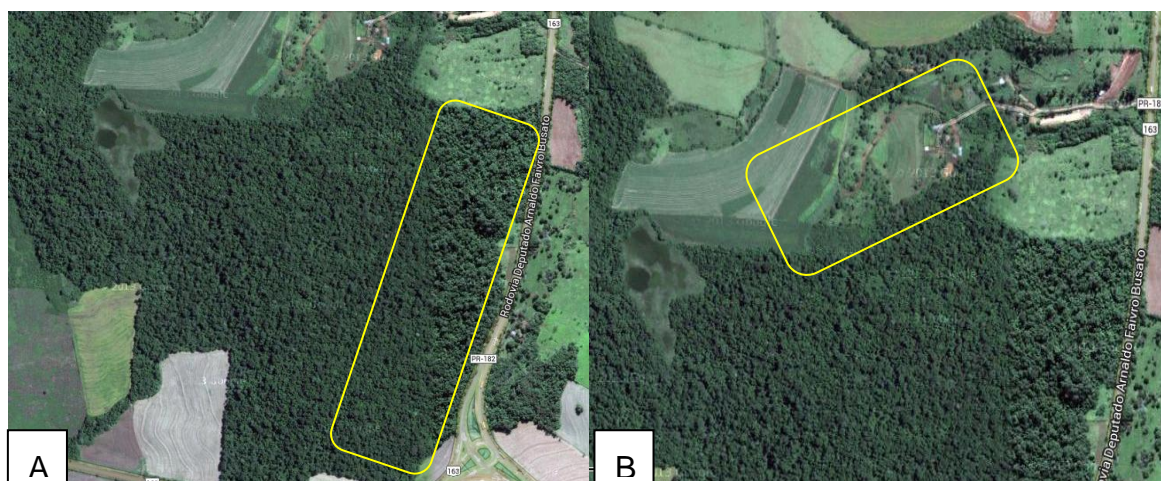


Figura 3: Imagem aérea da localização da área de coleta dos dados. A: Indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*, B: *Cordia americana*. Fonte: Google Earth, 2013.

O município de Realeza está localizado no bioma de Mata Atlântica, com clima temperado subtropical semiúmido do tipo Cfa conforme classificação de Köppen, a altitude média do local de estudo é de 390 metros acima do nível do mar, relevo suave ondulado, solo com características de Latossolo. A vegetação predominante no início da colonização era de araucária, erva-mate, canela, cedro e outras, sendo que atualmente, a vegetação encontra-se bastante devastada, cedendo espaço, principalmente, às explorações agropecuárias (IBGE, 2013).

Os desmatamentos ocorridos devido à ocupação do território e da exploração seletiva de algumas espécies vegetais de interesse econômico determinaram uma

redução nos recursos florestais, dos quais se tem, atualmente, 68.972,6 hectares de cobertura florestal que correspondem a 6% da área de cobertura original da Região Sudoeste. O total da área florestal ainda existente representa 3% da cobertura florestal do Estado, posicionando a Região Sudoeste na penúltima posição entre as mesorregiões quanto à contribuição do estoque florestal do Paraná (IPARDES, 2004).

3.2 COLETA DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS, MORFOMÉTRICAS E QUALITATIVAS

A coleta dos dados foi realizada em 14 árvores individuais de *Cordia americana* e 26 de *Aspidosperma polyneuron* na propriedade em estudo, nas quais foram mensuradas as seguintes variáveis:

- Diâmetro à altura do peito (DAP): primeiramente foi obtida a medida da circunferência à altura do peito (CAP), em centímetros, com uma fita métrica, para posterior obtenção do DAP conforme a equação 1:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

- Altura total (h): medida em metros, da base até as últimas folhas da copa, obtida através do hipsômetro Vertex IV, como pode ser observado na Figura 4;
- Altura comercial (hc): medida em metros, da base do tronco até a altura de aproveitamento do fuste, obtida com o hipsômetro Vertex IV, conforme Figura 4;
- Altura de início da copa (hic): medida em metros, da base do tronco até a inserção da copa, obtida com o hipsômetro Vertex IV, como mostra Figura 4;

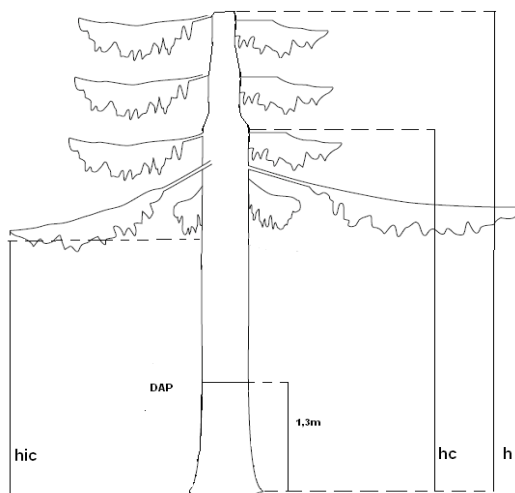


Figura 4: Procedimento a campo para obtenção do DAP, h, hc e hic
 Fonte: Pretzsch (2009) adaptado.

- Comprimento de copa (cc): calculado em metros pela diferença entre a altura total e a altura de início de copa ($h-hc$);
- Raio de copa (rc): Para obter o raio médio de copa foram considerados oito raios nas posições cardeais: N, S, LE, O, NE, SE, NO e SO, os quais foram delimitadas com o uso da bússola e posteriormente, para a mensuração dos oito raios foi utilizada a função DME do hipsômetro Vertex IV, obtendo-se assim os raios de copa, em metros. A Figura 5 exemplifica o procedimento a campo;

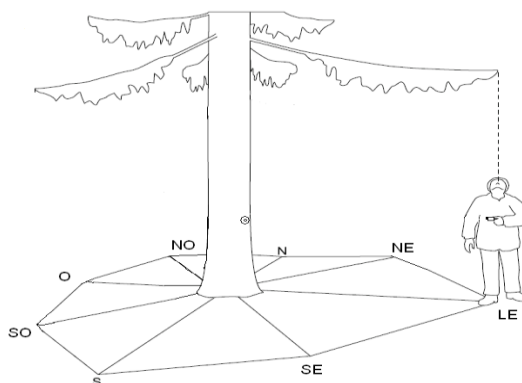


Figura 5: Procedimento a campo para obtenção dos raios de copa.
 Fonte: Fonte: Pretzsch (2009) adaptado.

- Diâmetro de copa (D_c): foi calculado em metros utilizando o raio médio de copa, obtido a partir dos oito raios, conforme a equação 2:

$$D_c = 2 \times r_{cm} \quad (2)$$

Onde: D_c = Diâmetro de copa (m); r_{cm} = Raio de copa médio (m);

- Índice de abrangência (IA): foi calculado pela razão entre o diâmetro de copa e a altura da árvore;

$$IA = dc/h \quad (3)$$

- Índice de saliência (IS): foi calculado pela razão entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito da árvore;

$$IS = dc/DAP \quad (4)$$

- Grau de esbeltez (GE): foi calculado pela razão entre a altura total das árvores e o diâmetro à altura do peito;

$$GE = h/DAP \quad (5)$$

- Formal de copa (FC): foi calculado pela razão entre o diâmetro de copa e o comprimento de copa;

$$FC = dc/cc \quad (6)$$

- Vitalidade da copa (V_c): foi observada a quantidade de folhas verdes e a distribuição destas na copa das árvores, e a sua sanidade, conforme Figura 6. Classificadas segundo Weber (2013) em:

- (1) Vitalidade alta: com folhas verdes saudáveis, densas e bem distribuídas na copa;
- (2) Vitalidade média: com folhas verdes de sanidade e densidade intermediárias medianamente distribuídas na copa;
- (3) Vitalidade baixa: com pouca quantidade de folhas verdes saudáveis e mal distribuídas na copa;

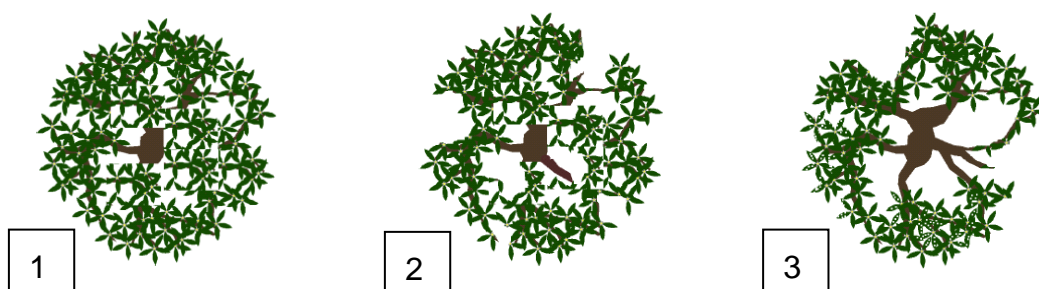


Figura 6: Esquema representativo para avaliação da vitalidade de copa.
Fonte: Weber (2013).

- Distribuição dos galhos (Dg): na disposição dos galhos foram considerados os quatro quadrantes e a uniforme das folhas nestes, conforme Figura 7. Classificadas segundo a metodologia proposta por Weber (2013):
 - (1) copa bem distribuída nos quatro quadrantes;
 - (2) copa distribuída em três quadrantes;
 - (3) copa distribuída em dois ou um quadrante;

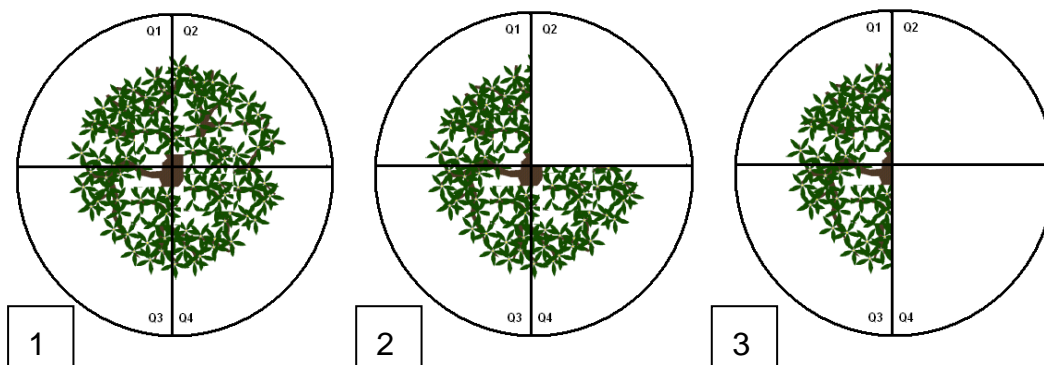


Figura 7: Esquema representativo para avaliação da distribuição de galhos.
Fonte: Weber (2013) adaptado.

- Qualidade do fuste (Qf): para avaliação foi observada a classificação realizada por IBDF (1978) modificada por Weber (2013) em que relaciona a vitalidade, forma e o possível aproveitamento do fuste, representado na Figura 8, classificadas em:

- (1) fuste cilíndrico e sem defeitos, madeira de alta qualidade;
- (2) fuste tortuoso e com defeitos visíveis, madeira de qualidade regular com aproveitamento restrito;
- (3) fuste inaproveitável.

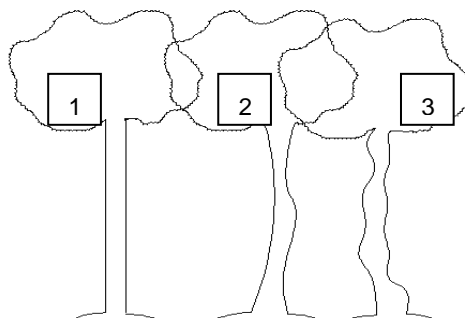


Figura 8: Esquema representativo para avaliação da qualidade do fuste.
Fonte: O autor (2014).

- Posição sociológica ou índice de iluminação da copa (P_s): a avaliação dessa variável considerou o estrato em que a árvore encontrava-se na floresta e sua exposição em relação à luz solar, ilustrado pela Figura 9. Sendo classificado conforme Weber (2013):
 - (1) árvore dominante do estrato superior com boa exposição solar;
 - (2) árvore codominante do estrato médio com média exposição solar;
 - (3) árvore dominada ou suprimida do estrato inferior com má exposição solar;

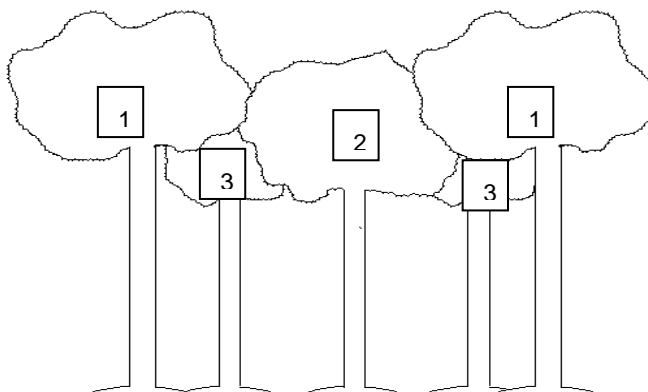


Figura 9: Esquema representativo para avaliação da posição sociológica de cada indivíduo.

Fonte: O autor (2014).

- Exposição do terreno (ET): para a avaliação considerou a declividade do terreno em relação aos quatro pontos cardeais norte (1), sul (2), leste (3), oeste (4);
- Espessura simples de casca (Ec): foi retirada das árvores com o auxílio do trado de Pressler e medida em milímetros, com o auxílio do software Image-Pro Plus (IPWin32). Para obter a média da espessura simples de casca foi calculada a média aritmética entre as duas amostras de casca dos dois rolos de incremento de cada árvore amostrada;
- Forma de copa (Fc): Identificação visual por falhas existentes na forma da copa. Foram consideradas quatro classes de fatores em função dos descontos determinados. Para descontos superiores a 75% fator 4, fator 3 para descontos de 50 a 75%, entre 25 e 50% fator 2 e para descontos inferiores a 25% fator 1.
- Infestação de lianas (IL): foram avaliados visualmente dois níveis de presença de lianas que diminuem a incidência de luz solar na árvore:
 - (1) Árvore livre de liana;
 - (2) Presença de lianas no fuste e na copa;

3.3 COLETA DO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO

Para definir o crescimento diamétrico da *Cordia americana* e o incremento periódico anual em diâmetro de *Aspidosperma polyneuron* utilizando técnicas de dendrocronologia, foi empregada a análise parcial de tronco pelo método não destrutivo, na qual consiste na coleta de rolos de incremento de cada indivíduo, utilizando o trado de Pressler. Para cada indivíduo amostrado, foram retiradas duas amostras perpendiculares entre si na altura de 1,3 m do nível do solo, obtendo com isso a média dos anéis de crescimento, e assim facilitar a presença de anéis falsos.

Posterior à retirada dos rolos de incremento das árvores, estes foram colocados em suportes de madeira identificados com o número das árvores coletadas e fixados com fita adesiva, para impedir defeitos no momento da secagem, como por exemplo, o empenamento. Para a secagem, as amostras ficaram expostas ao ar livre, por aproximadamente uma semana. Após, foram lixadas com lixas de papel em diferentes granulometrias para possibilitar a melhor visualização e marcação do limite dos anéis de crescimento.

As amostras foram levadas ao laboratório de Tecnologia da Madeira da UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos para a marcação dos anéis de crescimento, com o auxílio de lápis e um estereoscópio, para posterior digitalização das amostras em alta resolução.

Com o software Image-Pro Plus (IPWin32) foram medidas as larguras dos anéis de cada amostra, assim, foi calculada a média aritmética entre as larguras dos anéis de crescimento dos dois rolos de incremento amostrados para cada árvore individual de *Cordia americana* e de *Aspidosperma polyneuron*, obtendo o valor do incremento absoluto em diâmetro.

Para o cálculo do crescimento em diâmetro foi descontado a espessura de casca e o último ano incrementado (2013), pois a coleta foi realizada antes da formação completa do último anel de crescimento (período de inverno). Assim, descontando a casca e o último anel de crescimento tem-se a equação 7:

$$DAP_i = DAP_{2013} - 2 \cdot e - 2 \cdot \text{largura}_i \quad (7)$$

Onde i = iésimo ano, DAP_i = diâmetro à altura do peito sem casca no iésimo ano em centímetros; DAP_{2013} = diâmetro à altura do peito com casca mensurado no ano de 2013 em centímetros; e = espessura simples de casca em centímetros; largura do anel incompleto do ano de 2013.

A partir dessa equação foi fornecido o diâmetro em todas as idades i das árvores, obtendo-se assim o crescimento e incremento em diâmetro.

Para obtenção do incremento periódico anual em diâmetro, foram considerados apenas os últimos três anos de crescimento, correlacionando-o com as variáveis de copa atuais, considerando que as copas atuais eram as mesmas de três anos passados. Para este cálculo foi utilizada a equação 8:

$$IPA_d = (DAP_{2012} - DAP_{2009})/3 \quad (8)$$

Onde: IPA_d = incremento periódico anual diamétrico em centímetros; DAP_{2012} = diâmetro à altura do peito no ano de 2012 em centímetros; DAP_{2009} = diâmetro à altura do peito no ano de 2009 em centímetros.

O incremento periódico anual em área basal foi obtido considerados apenas os últimos três anos de crescimento, a partir da equação 9:

$$IPA_g = (g_{2012} - g_{2009})/3 \quad (9)$$

Onde: IPA_g = incremento periódico anual em área basal (cm); g_{2012} = área basal do ano de 2012 (cm); g_{2009} = área basal do ano de 2009 (cm).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados foi utilizado o Software Microsoft Excel e *Statistical Analysis System* (SAS, 1999). Entre as variáveis de crescimento e variáveis dendrométricas e morfométricas foi estabelecida correlação linear simples de Pearson, considerando-se significância a 5% de probabilidade de erro, além da análise do comportamento por gráficos de dispersão.

Para o estudo da predição do crescimento diâmetro foram analisados alguns modelos propostos por Kiviste et al. (2002), com a finalidade de selecionar uma equação para estimar a variável diâmetro em função da idade:

Tabela 1 – Modelos matemáticos que foram testados para prever o crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana* em Realeza, PR.

Nº	Autor	Modelo	Nº de parâmetros
1	Backman	$y=e^{b_0+b_1 \ln t+b_2 \ln^2 t}$	3
2	Chapman-Richards	$y=b_0(1-e^{-b_1 t})^{b_2}$	3
3	Smalian	$y=t/(b_0+b_1 t+b_2 t^2)$	3
4	Polinomial 2º Grau	$y=b_0+b_1 t+b_2 t^2$	3
5	Polinomial 3º Grau	$y=b_0+b_1 t+b_2 t^2+b_3 t^3$	4
6	Polinomial 5º Grau	$y=b_0+b_1 t+b_2 t^2+b_3 t^3+b_4 t^4+b_5 t^5$	6

Onde: y= diâmetro a altura do peito (cm); t= idade (anos); b_0 ; b_1 ; b_2 ; b_3 ; b_4 ; b_5 = parâmetros.

Fonte: Kiviste et al. (2002)

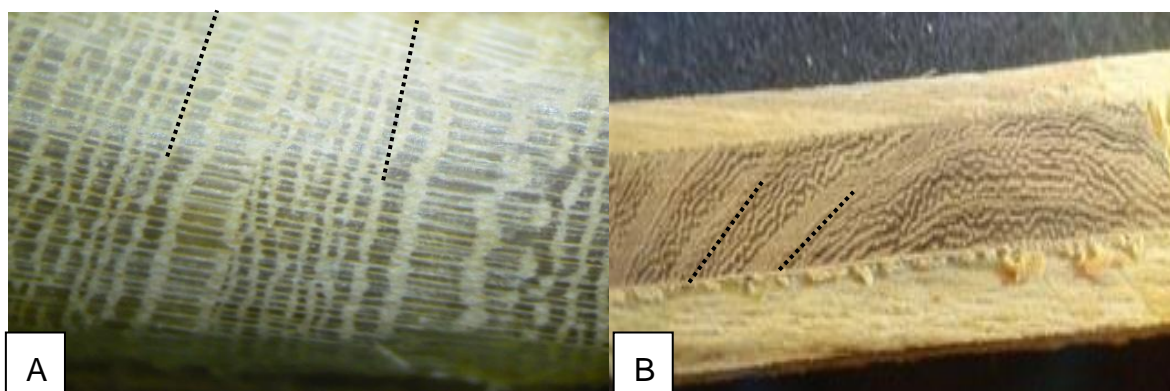
Para a modelagem do incremento periódico anual diamétrico e em área basal foi utilizado o procedimento PROC STEPWISE. E para o ajuste dos modelos de crescimento diamétrico em função da idade foi usado o procedimento PROC GLM para modelos lineares e para o modelo de Chapman-Richards foi utilizado o procedimento PROC NLIN. A seleção dos modelos de regressão para estimar o crescimento e o incremento foi realizada observando-se o coeficiente de variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), valor de F, avaliação da distribuição dos resíduos e dos valores estimados juntamente com os observados.

Para avaliar o comportamento do Incremento Periódico Anual diamétrico e em área basal com as variáveis dendrométricas e morfométricas, foram utilizados gráficos de dispersão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DELIMITAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

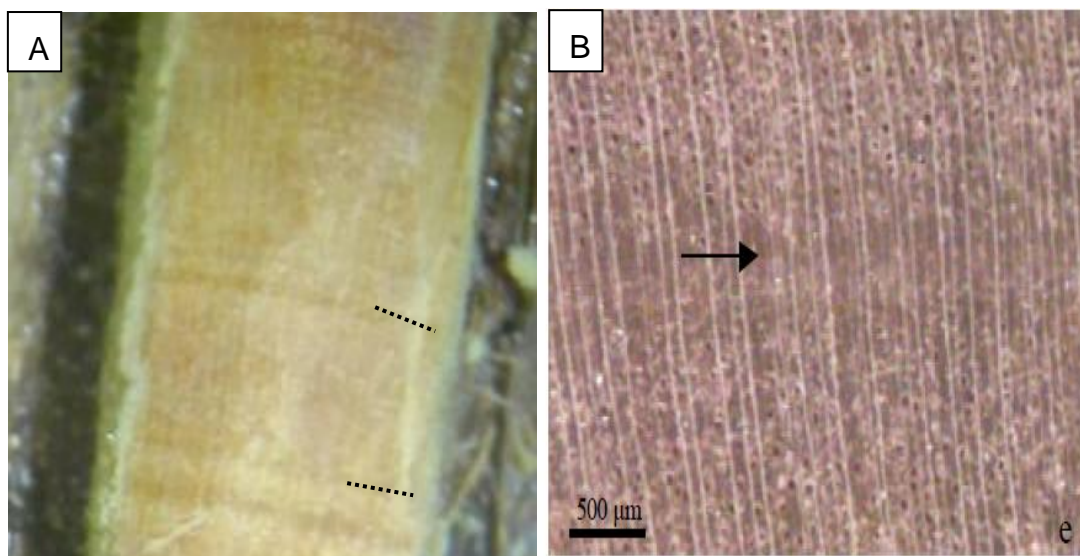
A identificação da delimitação dos anéis de *Cordia americana* foi realizada a partir da alteração no espaçamento das faixas tangenciais de parênquima tangencial conforme pode ser observado Fotografia 5A. Soares (2013, p. 19) em um estudo de ajuste de equações de crescimento em diâmetro para *Cordia americana* também constatou que os anéis de crescimento da espécie são visíveis, pois possuem parênquima marginal limitando o início e fim de cada anel, Fotografia 5B.



Fotografia 5: A e B: Delimitação dos anéis de crescimento de *Cordia americana*.

Fonte: A: O autor (2014), B: Soares (2013).

Para *Aspidosperma polyneuron* foi identificado o espessamento diferencial das paredes das fibras no fim do período vegetativo, Fotografia 6A. Cury (2001, p. 50) apresentou em seu estudo que a espécie de *Aspidosperma polyneuron* possui camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras, conforme observados na Fotografia 6B.



**Fotografia 6: A: Plano transversal, camada de crescimento (seta) B: Distinção dos anéis de crescimento de *Aspidosperma polyneuron*.
Fonte: A: O autor (2014), B: Cury (2001).**

Boninsegna *et al.* (1989, p. 166) realizaram estudos com 13 espécies subtropicais, na província de Misiones (Argentina), incluindo *Aspidosperma polyneuron*, e a partir dessa análise, evidenciaram que para essa espécie os anéis distintos representavam um ano de crescimento. Isso auxilia na viabilidade de estudos pela análise de tronco a partir da influência de estacionalidade (formação de anéis anuais).

4.2 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS QUANTITATIVAS (DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS) E QUALITATIVAS NO IPAD DE *Cordia americana*

As variáveis que apresentaram correlação significativa com o incremento periódico anual diamétrico de *Cordia americana* foram DAP e diâmetro de copa, como demonstra a Tabela 2.

As variáveis apresentaram influência no IPAd, principalmente, pelas características das copas dos seus indivíduos, ou seja, copas amplas, conforme evidenciou-se no estudo, proporciona um acréscimo no IPAd para a espécie. Sendo assim, o estudo propõe que para obter altos valores de incremento é necessário destinar um espaço maior para o plantio dessa espécie, favorecendo assim seu crescimento em diâmetro e o desenvolvimento da copa.

Tabela 2: Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e o incremento periódico anual diamétrico de *Cordia americana*.

	DAP	h	hic	hc	Cc	Dc	IA	IS	GE	FC
DAP	-									
h	0.57 *	-								
hic	0.40 ^{ns}	0.60 *	-							
hc	0.23 ^{ns}	0.72 *	0.76 *	-						
Cc	0.52 ^{ns}	0.94*	0.30 ^{ns}	0.53 *	-					
Dc	0.81**	0.82**	0.61 *	0.53 *	0.72 *	-				
IA	0.12 ^{ns}	-0.46 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	-0.48 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-			
IS	-0.43 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-		
GE	-0.37 ^{ns}	0.53 *	0.18 ^{ns}	0.49 ^{ns}	0.56 ^{ns}	0.09 ^{ns}	-0.66 ^{ns}	0.69 *	-	
FC	-0.17 ^{ns}	-0.63 *	0.09 ^{ns}	-0.26 ^{ns}	-0.79 *	-0.20 ^{ns}	0.75 *	-0.03 ^{ns}	-0.60 *	-
IPAd	0.72 *	0.31 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.59 *	0.21 ^{ns}	-0.34 ^{ns}	-0.38 ^{ns}	0.16 ^{ns}

Onde: DAP: diâmetro à altura do peito (cm); h: altura total (m); hic: altura de início de copa (m); hc: altura comercial (m); Cc: comprimento de copa (m); Dc: diâmetro de copa (m); IA: Índice de abrangência; IS: Índice de saliência; GE: Grau de esbeltez; FC: Formal de copa; IPAd: Incremento periódico anual diamétrico (cm); *: Significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo.

4.2.1. Relação Entre IPAd com o Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e o Diâmetro de Copa (Dc)

A variável DAP apresentou correlação significativa com IPAd (0.72), no gráfico 1 é possível verificar que, o aumento do DAP implica também em indivíduos com maior incremento. Mattos (2007, p.82) afirmou que, a tendência de algumas influências nas variáveis pode ser observada nas medições a campo como, por exemplo, as árvores com grandes diâmetros irão refletir em indivíduos com incrementos maiores.

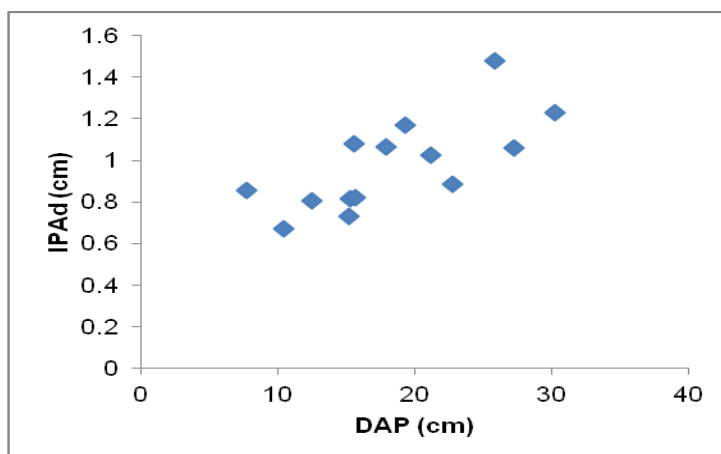


Gráfico 1 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual diamétrico em função do diâmetro à altura do peito para indivíduos de *Cordia americana*.

Fonte: O autor (2014).

O IPAd correlacionou-se significativamente com o diâmetro de copa dos indivíduos amostrados (0.59). Conforme o comportamento do IPAd em função do Dc, exposto no gráfico 2, percebe-se que há um acréscimo no incremento em grupos de dados que apresentam Dc entre 5 a 7 metros, pois os incrementos após esse intervalo tendem a diminuir, ou então, não exercem influência positiva para a espécie no presente estudo.

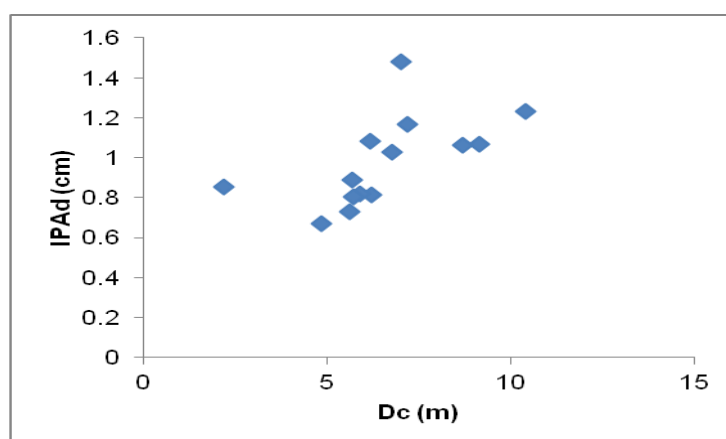


Gráfico 2 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual diamétrico em função do diâmetro de copa para indivíduos de *Cordia americana*.

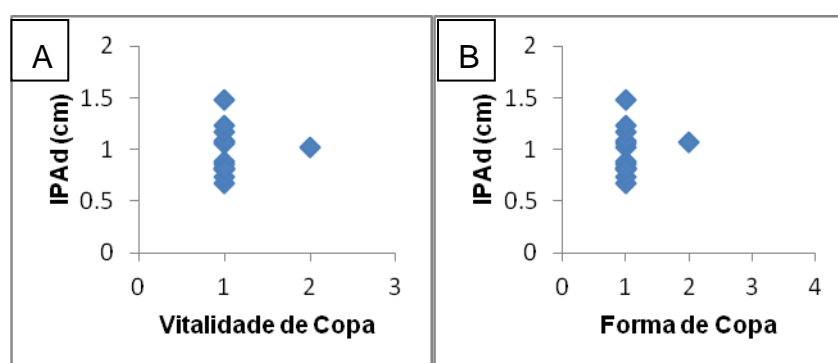
Fonte: O autor (2014).

4.2.2 Influência das Variáveis Qualitativas de *Cordia americana* no IPAd

O comportamento das variáveis qualitativas em relação ao IPAd de *Cordia americana*, é analisado no gráfico 3, neste observa-se que a maioria dos indivíduos coletados apresentavam alta vitalidade da copa, com folhas verdes saudáveis, densas e bem distribuídas na copa (3A), assim como forma de copa com descontos inferiores a 25% (3B), distribuição dos galhos nos 4 quadrantes (3C), e árvores que ocupavam a posição de dominantes (3D). Para a variável qualidade do fuste, o indivíduo com maior valor de incremento apresentava fuste tortuoso (3E) e também com a presença de lianas na copa ou no fuste (3F).

A análise dos gráficos demonstra que, apesar de os indivíduos apresentarem boas características qualitativas, estes também exibiram uma alta amplitude na variação dos valores de IPAd, isso remete-se a impulsionar novos estudos, com maior grau de detalhamento e número de dados, para verificar a influência de tais variáveis no incremento da espécie.

Alguns estudos que analisaram a influência das variáveis qualitativas no incremento de diferentes espécies, concluíram que as variáveis: iluminação da copa (posição sociológica), vitalidade de copa e a forma da copa foram as que obtiveram maior influência no incremento (ROIK, 2012, p.122; LIMA; AZEVEDO 2012, p. 102; SCHAAF *et al.* 2005, p. 288).



hic	0.61*	0.83*								
hc	0.73*	0.96*	0.88*							
Cc	0.18 ^{ns}	0.25 ^{ns}	-0.33 ^{ns}	0.09 ^{ns}						
Dc	0.58*	0.72*	0.66*	0.69*	0.07 ^{ns}					
IA	0.15 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.76*				
IS	-0.82*	-0.55*	-0.53*	-0.61*	-0.01 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.29 ^{ns}			
GE	-0.90*	-0.62*	-0.67*	-0.68*	0.12 ^{ns}	-0.54*	-0.23 ^{ns}	0.83*		
Fc	0.11 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.58*	0.31 ^{ns}	-0.70*	0.47*	0.52*	-0.03 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	
IPAg	0.91*	0.76*	0.61*	0.76*	0.24 ^{ns}	0.65*	0.22 ^{ns}	-0.72*	-0.83*	0.19 ^{ns}

Onde: DAP: diâmetro à altura do peito (cm); h: altura total (m); hic: altura de início de copa (m); hc: altura comercial (m); Cc: comprimento de copa (m); Dc: diâmetro de copa (m); IA: Índice de abrangência; IS: Índice de saliência; GE: Grau de esbeltez; FC: Formas de copa; IPAg: Incremento periódico anual em área basal (cm²); *: Significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo.

4.3.1 Relação Entre IPAg e Diâmetro à Altura do Peito (DAP)

A variável DAP apresentou correlação significativa com o IPAg (0.91), isso demonstra alta relação entre as variáveis, pois, conforme a distribuição no gráfico 4, quanto maior o DAP maior será o IPAg. Silveira (2013, p.35) em estudo realizado com *Cordia trichotoma* no município de Salto do Lontra (PR), também observou o aumento do IPAg conforme ocorre o aumento do diâmetro à altura do peito, tanto para árvores livres como as sob competição.

Outro estudo realizado por Vuaden (2013, p.63) com *Cordia trichotoma* na região central do RS, constatou que a melhor correlação do IPAg foi obtida com o diâmetro à altura do peito, indicando ser uma variável importante para a prognose do crescimento em área basal.

Mattos (2007, p. 74) avaliou as espécies de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissillis* e *Cordia trichotoma* e verificou que estas também possuem incremento em área basal ascendente à medida que apresentam maiores diâmetros.

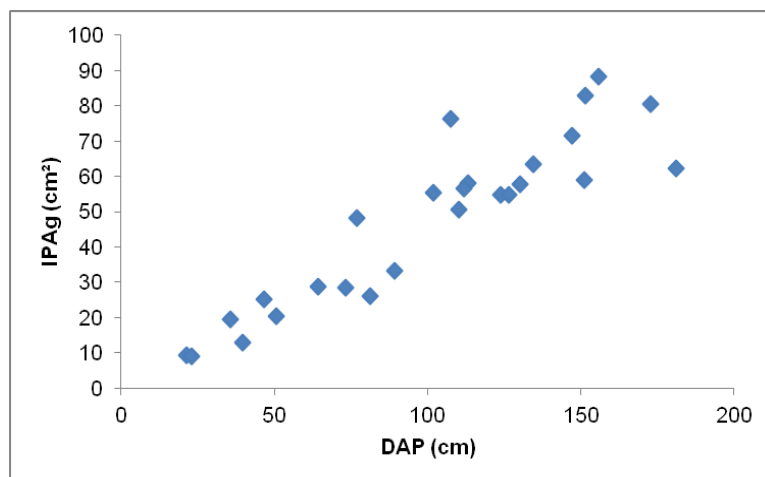


Gráfico 4 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do diâmetro à altura do peito para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*.

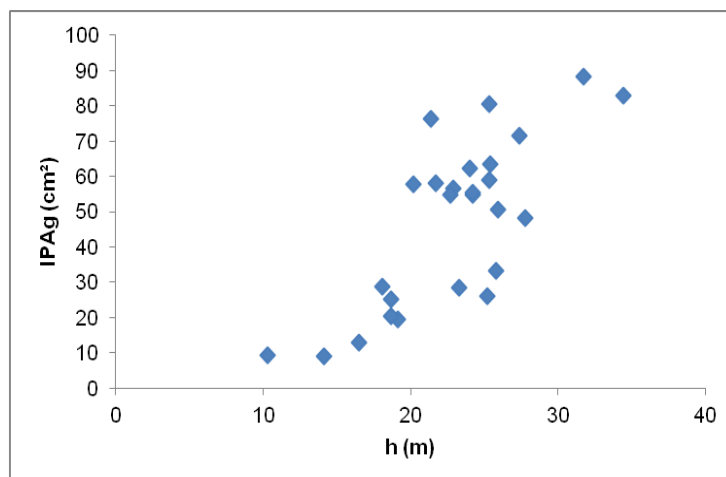
Fonte: O autor (2014).

4.3.2 Relação Entre IPAg e Altura (h)

A altura foi outra variável que apresentou correlação positiva com o IPAg (0.77), essa influência é oriunda das características dos indivíduos amostrados de *Aspidosperma polyneuron*, os quais eram adultos, com grande porte, destacando a espécie no dossel da floresta, demonstrando os altos valores em altura.

As árvores de maior altura atingem o dossel da floresta e, portanto, recebem mais luz em suas copas, o que permite que as plantas adquiram mais energia para crescer (GHAZOUL e SHEIL, 2010, p.415). Sendo assim, Sfair *et. al* (2013, p. 258) acrescentaram que, as árvores quando atingem o dossel da floresta tem a possibilidade de adquirir mais luz e, conseqüentemente, possuir vantagens competitivas em relação a árvores que recebem menos luz, principalmente, quando se trata de espécies heliófilas, como a espécie em estudo.

O estudo mostra que à medida que a espécie cresce em altura o incremento periódico anual em área basal também aumenta. O gráfico 5 demonstra que, em geral, as árvores mais altas possuíram os maiores IPAg.



**Gráfico 5 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função da altura para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*.
Fonte: O autor (2014).**

4.3.3 Relação Entre IPAg e Altura de Início de Copa (hic)

As árvores de *Aspidosperma polyneuron* amostradas apresentavam ramificações somente na parte superior do fuste, implicando em alturas de início de copa altas, sendo que a variável hic teve uma correlação significativa com o IPAg (0.61).

No estudo observou-se que a copa dos indivíduos, os quais recebiam luz do início da mesma até o ápice, contribuiu para a aumento do IPAg. O gráfico 6 expõe a dispersão dos dados, e a correlação positiva indica que quanto mais alta for a altura de início de copa maior será o IPAg.

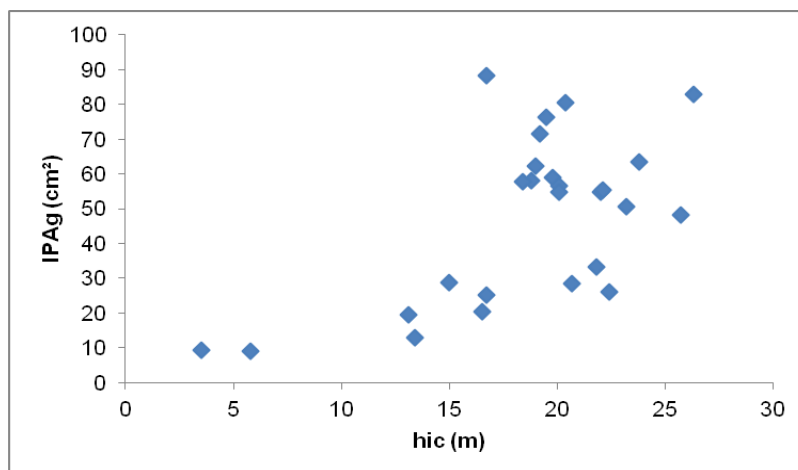


Gráfico 6 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função da altura de início de copa para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*.

Fonte: O autor (2014).

4.3.4 Relação Entre IPAg e Altura Comercial (hc)

A altura comercial também apresentou alta correlação com o IPAg (0.77), o que é pouco comum nesse tipo de pesquisa, porém, a espécie em estudo possui um alto comprimento do fuste e raramente há bifurcações próximo ao solo, o que auxilia no incremento.

Os altos valores de hc indicam que as copas das árvores amostradas eram mais elevadas, o que, conseqüentemente, resultava em maior iluminação, essa característica faz com que o incremento dos indivíduos seja maior. No gráfico 7 observa-se que os altos valores de IPAg ocorrem em maiores alturas comerciais.

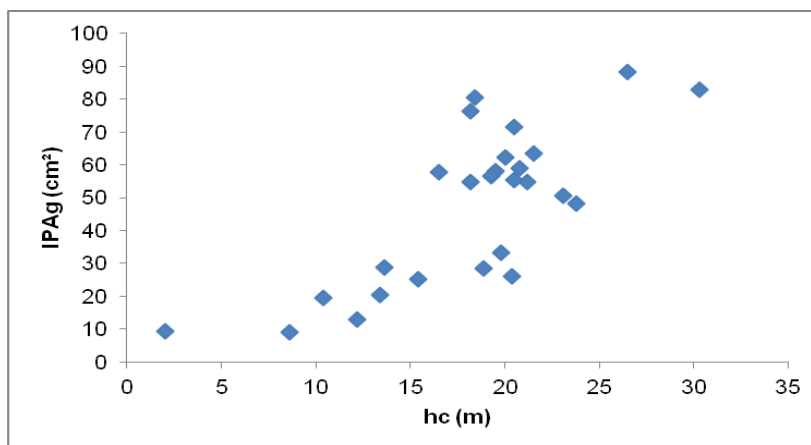


Gráfico 7 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função da altura comercial para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*.

Fonte: O autor (2014).

4.3.5 Relação Entre IPAg e Diâmetro de Copa (Dc)

A correlação entre IPAg com Dc também foi positiva (0.65), sendo que, a variável Dc possui importância, pois, indica o espaço que a copa da árvore ocupa na floresta para obter um determinado incremento. A espécie de *Aspidosperma polyneuron* apresentou altos valores de Dc, e a partir da análise de correlação evidenciaram que os maiores diâmetros de copas resultaram em incrementos periódicos anuais em área basal maiores.

Conforme afirmaram Sanquetta *et. al* (2013, p. 36), a copa é o órgão da árvore que influencia na interceptação da energia fotossintética e, conseqüentemente, no seu crescimento. Além disso, Leite *et. al* (2012, p. 52) constataram que as dimensões da copa implicam nos processos fisiológicos e na capacidade de uma árvore competir por recursos, como foi evidenciado no presente estudo, o qual mostra que, em geral, altos valores para o IPAg ocorre em indivíduos com copas de diâmetros maiores (gráfico 8).

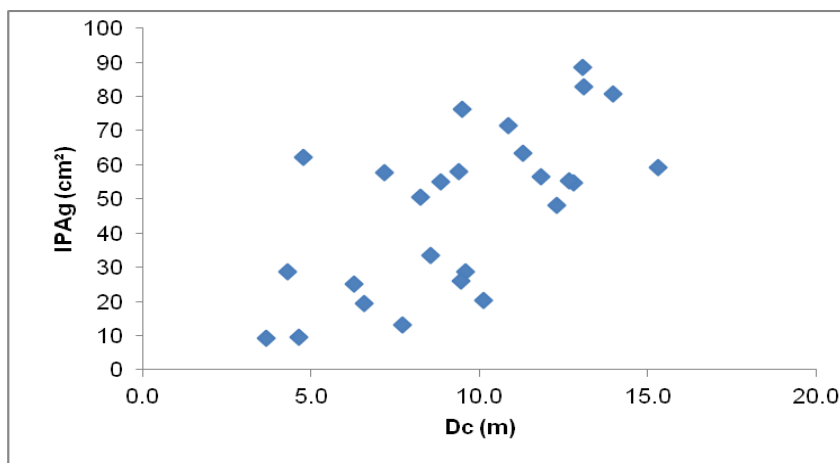


Gráfico 8 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do diâmetro de copa para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*.

Fonte: O autor (2014).

4.3.6 Relação Entre IPAg e Índice de Saliência (IS)

O índice de saliência (D_c/DAP) teve correlação negativa com o IPAg (-0.72), o que significa que à medida que o IS diminui, os valores de IPAg aumentam. Sterba (1992, p. 127), Durlo e Denardi (1998, p. 61) afirmaram que quanto menor o IS de um indivíduo, maior será a área basal deste, corroborando com o presente estudo, conforme mostra o gráfico 9, onde os valores encontrados para IPAg eram maiores quando o IS era menor.

Esse índice corresponde ao espaço vital que uma árvore ocupa, podendo-se estimar o espaço a ser liberado no entorno de uma árvore, para que esta se desenvolva sem concorrência e com favorecimento do seu incremento.

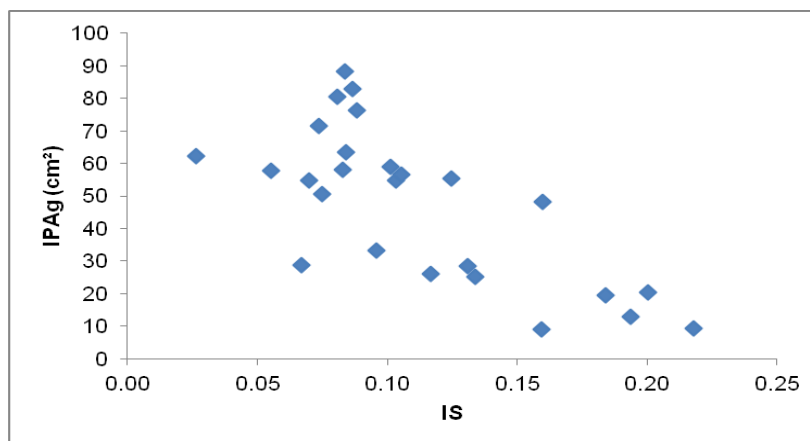


Gráfico 9 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do índice de saliência para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*.

Fonte: O autor (2014).

4.3.7 Relação Entre IPAg e Grau de Esbeltez (GE)

O IPAg e o grau de esbeltez (h/DAP) apresentaram correlação negativa (-0.83), sendo assim, quando GE diminui o IPAg aumenta. Selle e Vuaden (2010, p. 187) afirmaram que a diminuição do grau de esbeltez, com o aumento da altura das árvores, significa que estas, a cada metro que crescem em altura, crescem mais que um centímetro em dap, tornando-se mais robustas e estáveis, sendo que, a relação decrescente do GE é uma característica desejável.

Mattos (2007, p. 70) verificou que para as espécies de *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissillis* e *Cordia trichotoma* a relação entre o IPAg e o GE também é inversa, ou seja, um menor GE influencia em valores maiores de incremento.

No gráfico 10 observa-se que os indivíduos amostrados apresentavam, em geral, GE baixos, pois, caracterizavam-se em árvores com desenvolvimento maior em DAP.

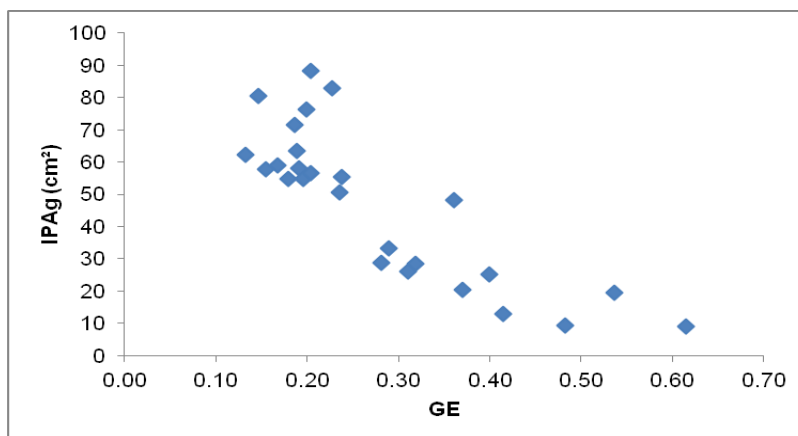


Gráfico 10 - Dispersão dos valores observados de incremento periódico anual em área basal em função do grau de esbeltez para indivíduos de *Aspidosperma polyneuron*.

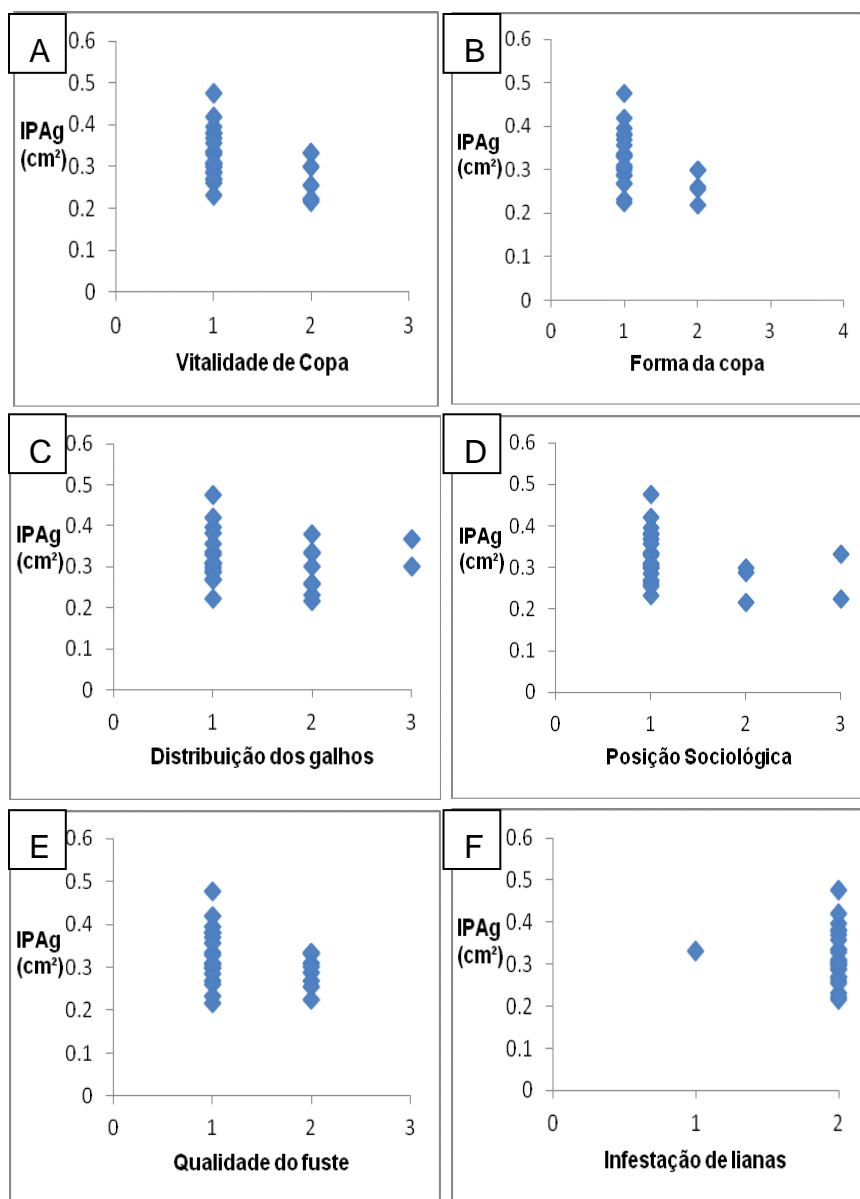
Fonte: O autor (2014).

4.3.8 Influência das Variáveis Qualitativas de *Aspidosperma polyneuron* no IPAg

O gráfico 11 apresenta o comportamento das variáveis qualitativas de *Aspidosperma polyneuron* em relação ao IPAg, nele verifica-se que os indivíduos amostrados, em sua maioria, exibiram vitalidade da copa alta, de folhas densas, verdes saudáveis, distribuídas de forma igualitária na copa (11A), com descontos inferiores a 25% na forma de copa (11B) e galhos distribuídos nos 4 quadrantes (11C). A maioria dos indivíduos eram dominantes (11D), com fuste retilíneo (11E) e apresentavam lianas ou no fuste (11F).

As árvores de *Aspidosperma polyneuron* atingiram maior incremento quando suas características qualitativas eram melhores, porém, houve variação na amplitude dos valores de IPAg, para tanto, faz-se necessário estudos que evidenciam a influência de variáveis qualitativas no incremento da espécie, com um maior número de amostras para cada classe.

Mattos (2007, p. 71) apresenta que algumas influências podem ser observadas na coleta dos dados a campo, por exemplo, as árvores que ocupavam a posição sociológica dominante, conseqüentemente, irão apresentar seu crescimento favorecido pela iluminação, o que resulta em maiores incrementos. Além disso, o mesmo autor identificou a correlação significativa da variável IPAg com a posição sociológica para *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissillis* e *Cordia trichotoma*.



**Gráfico 11: Influência das variáveis A: Vitalidade de copa; B: Forma de copa; C: Distribuição de galhos; D: Posição sociológica; E: Qualidade do fuste; F: Infestação de lianas no IPAg de *Aspidosperma polyneuron*.
Fonte: O autor (2014).**

4.4 MODELAGEM DO INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL DIAMÉTRICO PARA *Cordia americana*

As variáveis DAP e diâmetro de copa apresentaram correlação significativa com o incremento periódico anual diamétrico de *Cordia americana*, com isso, estas foram utilizadas como variáveis independentes na elaboração de modelos para estimar o incremento periódico anual diamétrico.

Para explicar o incremento periódico anual diamétrico dos indivíduos de *Cordia americana*, o diâmetro a altura do peito foi a variável que obteve maior significância para predizer esse incremento. Isso ocorreu devido a alta correlação existente entre o DAP e o IPAd (0.72).

O modelo selecionado através da modelagem que melhor estimou os valores de IPAd foi $IPAd=0,52505+0,02464*DAP$, o qual apresentou CV de 16,36%, R^2_{aj} de 0,4812, valor de F de 13,06, com significância de 0,0036 e a melhor distribuição gráfica dos resíduos.

No gráfico 12A, verifica-se o comportamento dos valores de IPAd observados e estimados, pelo modelo elaborado na modelagem. O gráfico 12B mostra a dispersão dos resíduos do modelo, nele observa-se baixa amplitude de dispersão, com exceção apenas de um valor (0,32 cm, destacado no gráfico 12B), o qual está subestimando os dados, ou seja, implica que o valor observado é maior que o estimado pelo modelo.

Alguns indivíduos demonstraram comportamento distinto, pois, apresentavam maiores valores de IPAd (1,48cm; 1,23cm e 1,17cm). Estes encontravam-se em condições de desenvolvimento amplo, sem a influência da competição de outras espécies, além de estarem localizados próximos à área de agricultura, a qual constantemente recebem doses de adubação no solo e aplicações de defensivos. Essa proximidade também pode explicar o melhor desenvolvimento do incremento de alguns indivíduos amostrados.

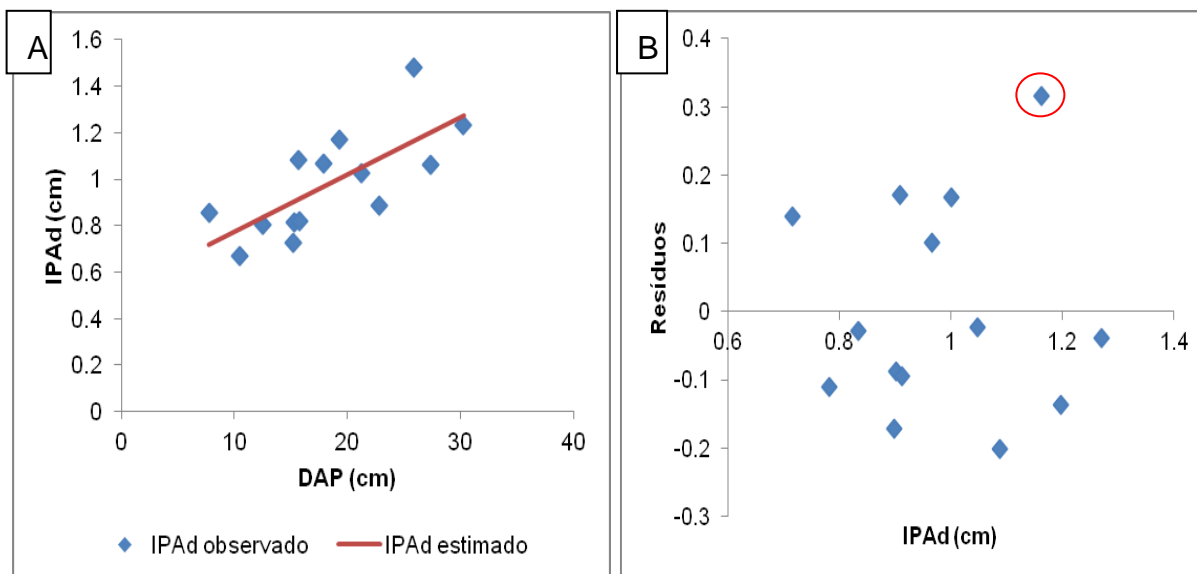


Gráfico 12 - A: Dispersão dos valores de IPAd observados e estimados; B: Dispersão dos resíduos para modelagem de *Cordia americana*.

Fonte: O autor (2014).

4.5 MODELAGEM DO INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL EM ÁREA BASAL PARA *Aspidosperma polyneuron*

O incremento periódico anual em área basal de *Aspidosperma polyneuron* teve correlação significativa com as variáveis DAP, h, hic, hc, Dc, IS, GE, sendo que essas foram utilizadas como variáveis independentes na modelagem da variável IPAg.

A variável que apresentou correlação significância para predizer o IPAg de *Aspidosperma polyneuron*, foi o diâmetro à altura do peito (0.91), e o modelo selecionado pela modelagem que melhor estimou os valores de IPAg foi $IPAg = 1,06463 + 0,46330 * DAP$.

Este modelo apresentou CV de 20,71%, R^2_{aj} de 0,8258, valor de F de 119,5, com significância de $<0,0001$ e também a melhor distribuição dos resíduos no gráfico.

Apesar das variáveis h, hic, hc, Dc, IS, GE apresentarem correlação com o incremento em área basal, estas não entraram no modelo, possivelmente por

estarem correlacionadas com o diâmetro à altura do peito, que, por sua vez, foi capaz de explicar satisfatoriamente o incremento.

A modelagem do IPAg em *Cordia trichotoma*, analisada por Silveira (2013, p.36), também mostrou que o DAP pode ser utilizado como a única variável capaz de estimar o incremento periódico anual em área basal.

Weber (2013, p.65) realizou a modelagem do incremento periódico anual percentual em área basal (IPAg(%)) de *Ocotea porosa*, e verificou que as variáveis diâmetro à altura do peito e vitalidade da copa apresentaram alta significância no modelo, sendo que estas explicavam grande parte da variabilidade dos dados.

O comportamento dos valores de IPAg observados e estimados é representado no gráfico 13A. A amplitude de dispersão dos resíduos, observada no gráfico 13B, foi baixa, exceto por dois valores (destacados no gráfico 13B), sendo que um subestima os valores (25,5 cm²), pois, traz que o valor observado é maior que o estimado, em contrapartida, o outro superestima (-23 cm²), denotando que os dados observados são menores que o estimado pelo modelo.

O desenvolvimento do incremento foi maior em algumas árvores amostradas, pois, estas apresentaram os maiores valores de DAP e eram as mais altas dos indivíduos analisados. Além disso, o índice de iluminação também pode ser um fator que favorece o incremento destas árvores, sendo que, as mais altas dominam o estrato superior da floresta.

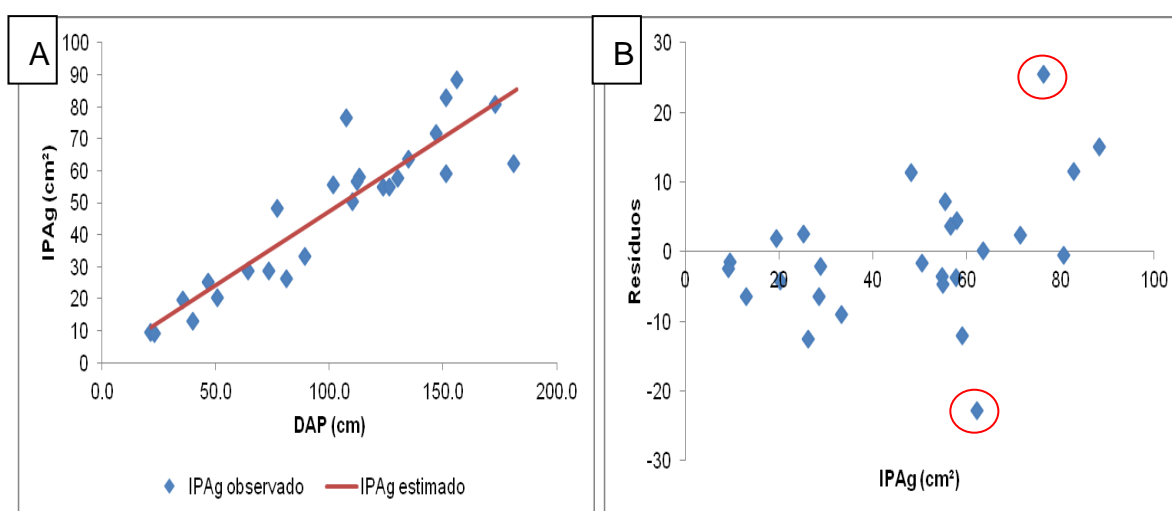


Gráfico 13 – A: Dispersão dos valores de IPAg observados e estimados; B: Dispersão dos resíduos de *Aspidosperma polyneuron*.

Fonte: O autor (2014).

4.5 MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE *Cordia americana*

A tabela 4 exibe os resultados para as estimativas do coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), coeficiente de variação (CV%) e dos coeficientes dos modelos matemáticos testados.

Tabela 4: Estimativas dos coeficientes (b0, b1, b2, b3, b4, b5), coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), coeficiente de variação (CV%) e F calculado para cada modelo testado.

Modelo	b0	b1	b2	b3	b4	b5	R_{aj}^2	CV (%)	F
Backman	-0.44756	1.13555	-0.00871				0.92	14.24	1497.45
Chapman-Richards	113.7	0.0115	1.1602				0.94	29.28	1432.42
Smalian	1.64463	-0.06015	0.0018				0.10	30.97	15.65
Polinomial 2º Grau	-0.4143	0.8926	0.0017				0.83	29.26	627.61
Polinomial 3º Grau	-0.21179	0.80209	0.0108	-0.00025			0.83	29.30	417.11
Polinomial 5º Grau	0.59323	0.10342	0.17844	-0.01644	0.000676	-0.0000102	0.83	29.33	248.95

Os modelos com melhores estatísticas foram o de Backman e de Chapman-Richards, os quais apresentaram os maiores valores de R_{aj}^2 , CV e F. Porém, considerou-se Backman como o melhor modelo para representar o crescimento diamétrico em função da idade das árvores amostradas, pois este demonstrou alto valor de R_{aj}^2 , e os melhores valores de CV% e F.

Soares (2013, p.20) em um estudo com *Cordia americana* na cidade de São Gabriel (RS), encontrou o modelo de Smalian como o que melhor estimou o diâmetro em função da idade das árvores, porém, o autor não testou o modelo de Backman. Isso indica que novos estudos devem ser realizados, levando em consideração um maior número de amostras, a região de coleta e os modelos testados.

No gráfico 14A verifica-se a dispersão dos valores observados de DAP e dos estimados pelo modelo de Backman. O gráfico 14B demonstra a dispersão dos resíduos do modelo de Backman.

Pode-se observar que há uma amplitude maior nos dados a partir dos 10 anos, essa diferença pode ter sido influenciado pelas variáveis posição sociológica e pela forma da copa, pois, os indivíduos responsáveis por essa variação, apresentavam-se como dominantes e com copas globosas, ou seja, com descontos menores que 25% em suas copas.

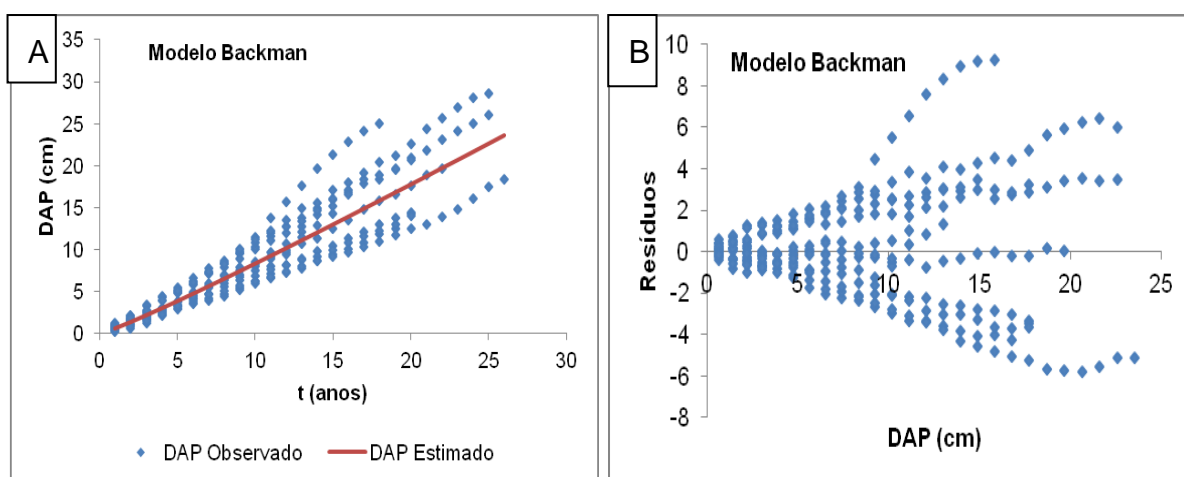


Gráfico 14 – A: Dispersão dos valores de DAP observados e estimados; B: Dispersão dos resíduos do modelo testado para *Cordia americana*.

Fonte: O autor (2014).

5. CONCLUSÕES

A partir do presente estudo conclui-se que:

A delimitação dos anéis de *Cordia americana* ocorre a partir da alteração no espaçamento das faixas tangenciais de parênquima tangencial, sendo visíveis, pois possuem parênquima marginal limitando o início e fim de cada anel. Para *Aspidosperma polyneuron* há espessamento diferencial das paredes das fibras no fim do período vegetativo, além de possuir camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras.

A influência das variáveis amostradas no IPAd de *Cordia americana*, mostrou que o DAP e diâmetro de copa apresentaram correlação significativa. A análise dos gráficos demonstrou que, apesar de os indivíduos apresentarem boas características qualitativas, estes também exibiram uma alta amplitude na variação dos valores de IPAd.

Para *Aspidosperma polyneuron* as variáveis DAP, h, hic, hc, Dc, IS, GE obtiveram correlação significativa com o IPAg. As árvores de *Aspidosperma polyneuron* atingiram maior incremento quando suas características qualitativas eram melhores, mesmo assim houve variação na amplitude dos valores de IPAg.

A partir da análise do conjunto de dados do presente estudo observa-se que o desenvolvimento tanto de *Cordia americana*, como de *Aspidosperma polyneuron*, está interligado com as variáveis que retratam as condições e características de suas copas.

Para explicar o IPAd dos indivíduos de *Cordia americana*, o DAP foi a variável que obteve maior significância, e o modelo selecionado através da modelagem foi $IPAd=0,52505+0,02464*DAP$.

A estimativa do IPAg de *Aspidosperma polyneuron*, pôde ser explicada apenas em função do DAP, e o modelo selecionado foi $IPAg=1,06463+0,46330*DAP$.

O modelo de Backman foi à equação que melhor ajustou os dados de crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana*, além de apresentar estimativas adequadas dos valores.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, Jedi R. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2009, 131 f.

AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements.** 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1983. 331p.

BONINSEGNA, Jefferson A.; VILLALBA, Ruty.; AMARILLA, Luis.; CAMPO, Jerry. Studies on trees rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Bulletin New Series**, v.10, n.2, 1989, p.161-169.

BURGER, Luiza M. & RICHTER, Hans G. **Anatomia da Madeira.** São Paulo, 1991, p. 154.

CARVALHO, Paulo E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, 2003, p. 1039.

CARVALHO, Paulo E. R. Guajuvira - *Patagonula americana*. **Circular Técnica.** Colombo, PR. 2004. 10p.

CHAGAS, Matheus P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP.** 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP. Piracicaba-SP, 2009.

CORREIA, Mario A. de G. **Determinação da idade ótima de intervenção em um**

povoamento de *Pinus taeda* L. 2010. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Faculdade Jaguariaíva – FAJAR. Jaguariaíva, 2010.

CUNHA, Thiago. A. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica.** 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009, 88f.

CURY, Graziela. **Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do cerrado e da Mata Atlântica do Estado de São Paulo.** 2001. 125f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP. Piracicaba-SP, 2001.

DELLA-FLORA, Joana B. **Modelos de crescimento para árvores singulares – *Nectandra magapotamica* (Spreng) Mez. e *Ocotea puberula* Ness.** 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

DURLO, M. A.; Relações morfométricas para *Cabrela canjerana* (Well) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, 2001, p. 141-150.

DURLO, M. A.; DENARDI, L.; Morfometria de *Cabrela canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, 1998, p. 55-66.

FINGER, César A. G.; ELEOTÉRIO, Jackson R.; BERGER, Rute; SCHNEIDER, Paulo R. Crescimento Diamétrico do Pau-Ferro (*Astronium balansae*) em Reflorestamento no Município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, 1996, p.101-108.

FONSECA, Marisa G. **Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP.** Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001, 115 f.

FRITTS, Half C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976, 567p.

GARCIA, Otavio. Growth modelling: a (Re)view. **New Zealand Forestry**, n. 33, p. 14-17, 1988.

Ghazoul, J. & Sheil, D. **Tropical rain forest – ecology, diversity, and conservation**. Oxford University Press, Oxford. 2010, 516p.

GONÇALVES, Gerardo V. Dendrocronologia: princípios teóricos, problemas práticos e aplicabilidade. **CIDEHUS - Universidade de Évora**. 2007, p. 16. Disponível em: <http://www.cid.uevora.pt/textos/artigos/gerardo_dendrocronologia.pdf>. Acesso em dezembro de 2013.

HESS, André. F. **Inter-relações no crescimento de *Araucária angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais no Rio Grande do Sul**. 177f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3.ed. New York: J. Wiley, 1982. 402p.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Lista oficial de espécies da flora em extinção**. 11p. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Atividades/POP5_LISTA_OFICIAL_ESPECIES_EXTINCAO.pdf. Acesso em: 21 de dezembro de 2013.

IBDF. INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Inventário Florestal do Pinheiro no Sul do Brasil**. Curitiba, 1978.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2013. **Cidades**. 13 p. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: dezembro de 2013.

IPARDES- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Leituras Regionais: Mesorregião Geográfica Sudoeste Paranaense.** Curitiba, 2004, p. 139.

IUCN - UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DOS RECURSOS NATURAIS. **Lista da flora ameaçada.** 15p. Disponível em: http://www.biodiversitas.org.br/cepf/edital/flora_iucn.pdf. Acesso em: 23 de dezembro de 2013

KAGEYAMA, P.Yuri.; CASTRO, C. Fabio. de A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n.41/42, 1989, p.83-93.

KIERMAN, Hélio D.; BEVILACQUA, Ernesto; NOLAND, Rony D. Individual tree diameter growth model for sugar maple trees uneven-aged northern hardwood stands under selection system. **Forest Ecology and Management.** Amsterdã, v 256, n 9, 2008, p. 1579-1586.

KIVISTE, August. J. G., **Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal, Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.** Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2002, 67p.

Leite LP, Zubizarreta-Gerendiain A, Robinson A. **Modeling mensurational relationships of plantation – growth loblolly pine (Pinus taeda L.) in Uruguay.** Forest Ecology and Management. 2012, p. 455-462.

LIMA, Ana, V. N. de; AZEVEDO, Celso P. de. Variáveis categóricas do povoamento que influenciam no incremento periódico anual em diâmetro (IPAdap) em florestas tropicais. **Anais...** Workshop sobre gestão da conservação florestal e ambiental da Amazônia. 2012 p. 99-102.

LORENZI, Hélio.. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Editora Plantarum, São Paulo. 1992, 353 p.

MAGALHÃES, Larissa C. de R.; MARTINS, Tayrine V.; CHAVES, Henrique F.; PEREIRA, Gabriel A.; DIAS, Tácio de S. P.; BARBOSA, Ana C. M. C. Levantamento de espécies arbóreas com potencial para o desenvolvimento de estudos dendrocronológicos no Brasil. **International Workshop of Tropical Dendrochronology**. Lavras-MG, 2013, 82 p.

MALTEZ, Helena M. **Estrutura Genética de *Aspidosperma polyneuron* müll. Arg (Peroba-rosa) em uma Floresta Estacional Semidecidual no Estado de São Paulo**. Campinas-SP, 1997, 150 p.

MATTOS, Rodrigo. B. de, **Produtividade e incremento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. E *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., em floresta nativa no Rio Grande do Sul**. 106f, 2007. Tese (Doutorado Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2007.

MATTOS, Patrícia P.; BRAZ, Evaldo M.; HESS, Andre F.; SALIS, Suzana M. **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**. EMBRAPA Florestas. Colombo-PR, 2011, p. 37 (Documentos 218 e 112).

ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B.; Relações morfométricas de *Ocotea odorífera* (Vell) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciência Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, 2008, p. 229-237, 2008.

PINAZO, Martín; MOSCOVICH, Fabio; DUMMEL, Caludio; KNEBEL, Otto; Patrón Espacial de la Regeneración de *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. en un bosque sometido a aprovechamiento selectivo en el norte de la provincia de Misiones. **Ciência Florestal**, vol. 19, núm. 3, 2009, p. 237-245.

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

RODRIGUES, Walter F.; GOMES, Gustavo C.; MEDEIROS, Antônio R. M. de; BARBIERI, Rosa L. **Espécies arbóreas da Serra dos Tapes: um resgate etnobotânico**. EMBRAPA. Pelotas-RS, 2007, p. 68 (Documento 190).

ROIK, Mailson. **Dinâmica (2002-2011) e modelagem do incremento diamétrico em fragmento de floresta ombrófila mista na floresta nacional de Irati, Paraná.** Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal). Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Irati (PR). 2012, 158f.

SANQUETTA, Carlos. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal.** Curitiba: FUPEF, 1996. (Série Didática, 8)

SANQUETTA, Carlos. R.; BEHLING, Alexandre; CORTE, Ana P. D.; FERNANDES, Anabela C.; BECKERT, Sara M.; SIMON, Augusto A. Equações para Estimativa do Diâmetro de Copa para Acácia-negra. **Floresta e Ambiente.** 2013, 167-175.

SAS. **The SAS System for Windows.** Copyright (c) 1999-2001 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1999.

SATO, Aida S.; LIMA, Israel L. de; TONIATO, Maria T. Z.; ZIMBACK, Léo. **Crescimento e sobrevivência de duas procedências de *Aspidosperma polyneuron* em plantios experimentais em Bauru, SP.** *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 20, n. 1, 2008, p. 23-32.

SCHAAF, Luciano B.; FIGUEIREDO FILHO, Afonso; SANQUETTA, Carlos R.; GALVÃO, Franklin. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, 2005, p. 271-290.

SCHNEIDER, Paulo R.; SCHNEIDER, Paulo S. P. **Introdução ao Manejo Florestal.** 2 ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.

SEITZ, Rogerio .A. The use of dendrochronology in silviculture. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL -FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1., 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1988, p.125-135.

Secretaria do meio ambiente e recursos hídricos - SEMA. **Árvore Nativa: biodiversidade também se planta**. 2011, 17p. Disponível em: <www.rgers.com.br/gestao_ambiental>. Acesso em: 07/11/2013.

SELLE, Gerson L.; VUADEN, Elisabete. Crescimento de seis espécies nativas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Ambiência**, Guarapuava, PR v. 6 n. 1, 2010, p.169 – 192.

SFAIR, Julia C.; RIBEIRO, Bruno R.; PIMENTA, Erlon P.; GONÇALVES, Tamires; RAMOS, Flavio N. A importância da luz na ocupação de árvores por lianas. **Rodriguésia [online]**. vol.64, n.2, 2013, p. 255-261.

SILVA, José A. A.; PAULA NETO, Francisco de. **Princípios básicos de dendrometria**. Departamento de Ciência Florestal: Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 1979, p. 191.

SILVA, Paulo R. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do Rio Cuieiras, **Acta Amazônica**, v, 33, n, 1, 2003, p. 67-84.

SILVEIRA, Ana C. **Incremento de *Cordia trichotoma* (vellozo) Arrabida ex Steud no município de Salto do Lontra - Paraná**. 2013. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

SOARES, Leonardo M. **Ajuste de equações de crescimento em diâmetro para *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill. na região central do Rio Grande do Sul**. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Pampa. São Gabriel, 2013.

SOARES, Leonardo M.; SILVA, Mariele A. F. da; CAVALHEIRO, Renata; LOIOLA, Tássilla M.; SILVEIRA, Bruna D. da; FLORIANO, Eduardo P.; ROSSO, Silvana. Ajuste de equações de crescimento em diâmetro para *Cordia americana* (L.)

gottschling & j.s. mill. em uma Floresta Estacional Subtropical no interior do estado do Rio Grande do Sul. **International Workshop of Tropical Dendrochronology**. Lavras-MG, 2013, 82 p.

SPATHELF, P.; NETTO, L. **Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal – com exemplos e exercícios**. 2000, 71p.

STERBA, H. **Forstliche Ertragslehre**. Wien: Universität für Bodenkultur, 1992. 160p.

VANCLAY, Jonh. K. **Modelling Forest Growth and Yield: applications to mixed tropical Forests**. Wallingford: CAB International, 1994, 312 p.

VELOSO, Hélio .P.; RANGEL FILHO, Augusto L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1991. 123p.

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-RS, 2013.

WEBER, Veridiana P. **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), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2013.

ZANON, M. L. B. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioica**. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, v. 39, n. 3, 1993, p. 549-616.