

Relação entre diâmetro e altura do peito e diâmetro de copa para três espécies nativas de ocorrência em Floresta Estacional Semidecidual

Danieli Regina Klein¹; Sandra Mara Krefta¹; Mariane Moura Andrade¹; Kemely Alves Atanazio¹; Sandiane Carla Krefta²; Veridiana Padoin Weber³

Resumo: O objetivo do estudo foi testar modelos matemáticos pré-estabelecidos para estimar o diâmetro de copa (Dc) em função do diâmetro a altura do peito (Dap) de indivíduos de *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron* e *Parapiptadenia rigida* amostrados na região Sudoeste do estado do Paraná. Conforme os critérios estatísticos o modelo selecionado para os indivíduos de *C. americana* e *A. polyneuron* foi o proposto por Durlo (2001), com coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) de 0,37 e 0,57 e coeficiente de variação (CV%) de 14,5 e 11,6, respectivamente. Já para *P. rigida* o melhor modelo foi sugerido por Longhi (1980), com R^2_{aj} de 0,47 e CV% de 26,3. Esses modelos apresentaram melhores estimativas para indivíduos das espécies amostradas, no entanto, o seu emprego para estimar o Dc de árvores individuais deve ser cauteloso devido as diferenças encontradas na predição desta variável.

Palavras-chave: *Cordia americana*; *Aspidosperma polyneuron*; *Parapiptadenia rigida*.

Relationship between the diameter breast height and canopy diameter for three native species occurrence in semideciduous forest

Abstract: The objective of the study was to test pre-established mathematical models to estimate the crown diameter (Dc) in function of diameter at breast height (Dap) individual of *Cordia Americana*, *Aspidosperma polyneuron* and *Parapiptadenia rigida* sampled in the state of Paraná Southwest region. As the statistical criteria the selected model for individuals *C. americana* and *A. polyneuron* it was proposed by Durlo (2001), with adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}) of 0.37 and 0.57 and coefficient of variation (CV%) of 14.5 and 11.6, respectively. As for *P. rigida* the best model has been suggested by Longhi (1980) with R^2_{aj} 0.47 and CV% of 26.3. These models showed better estimates for individuals of the species, however, its use to estimate the Dc of individual trees should be cautious because of the differences in predicting this variable.

Key words: *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Parapiptadenia rígida*.

Introdução

As espécies arbóreas nativas são fundamentais para a diversidade do ecossistema, pois proporciona 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

¹Engenheiros Florestais., mestrandos em Engenharia Florestal (UDESC). drkleinn@gmail.com

²Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. (UTFPR-DV). sandi_krefta@hotmail.com

³Engenheira Florestal. Doutora em Engenharia Florestal (UFSM). Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-DV). veridianapadoin@utfpr.edu.br

de um manejo florestal adequado e a ampla demanda dessas madeiras, muitas espécies encontram-se ameaçadas (SEMA, 2011).

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

Silva (2003) afirmou que, entender a dinâmica de crescimento de espécies arbóreas é de fundamental importância para conciliar e atender produção e conservação. Assim, o 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.

Dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2004), mostram que algumas espécies nativas com potencial madeireiro se destacam na região Sudoeste do Paraná, como por exemplo, *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill, *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.

Conforme destacou Soares *et al.* (2013) *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.

Parapiptadenia rígida, conhecida como angico-vermelho, segundo Carvalho (2003), possui ampla ocorrência nos três estados da região Sul do Brasil, com intensa regeneração natural em clareiras de floresta e também em plantios homogêneos.

Dados de levantamentos fitossociológicos realizados no Paraná evidenciam que o angico-vermelho ocupa os primeiros lugares em número de indivíduos e área basal, sendo, Gorenstein *et al.*, (2010) num fragmento florestal localizado na cidade de Dois Vizinhos, em que o angico-vermelho ocupou o quinto lugar referente à área basal, e Nunes (2012) que estudou a fitossociologia de dois fragmentos situados no município de Medianeira, onde o angico-vermelho ocupou em ambas áreas, quarto lugar para o índice do número de indivíduos.

Já para Maltez (1997), *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.

De acordo com Durlo e Dernardi (1998), um aspecto importante para adquirir informações sobre as espécies florestais é a obtenção das dimensões de copa, para conhecer o espaço ocupado por uma árvore e, conseqüentemente, estimar o número máximo de árvores para um plantio, assim como, fazer inferências sobre produtividade, vitalidade e estabilidade dos indivíduos de determinada espécie.

Conforme Schneider (1993), vários estudos mostram que existe alta correlação entre o diâmetro a altura do peito (Dap) e o diâmetro da copa (Dc). Essa relação demonstra quantas vezes o Dc é maior que o Dap, pois segundo Tonini e Arco-Verde (2005), ao se realizar o manejo de um povoamento ou uma espécie pelo diâmetro atingido por seus componentes, o número máximo de árvores por unidade de área, à medida que as árvores crescem, pode ser calculado pela relação do Dap com o Dc.

Essa relação ainda pode ser empregada como indicador de desbaste e pode estabelecer o espaço a ser liberado no entorno de uma determinada árvore, para que ela se desenvolva sem concorrência (Durlo & Denardi, 1998).

Assim, o objetivo do presente estudo foi testar modelos para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro a altura do peito para árvores de *Cordia americana*, *Aspidosperma* e *Parapiptadenia rigida*, na região Sudoeste do estado do Paraná.

Material e Métodos

A amostragem para o estudo foi realizada em dois municípios da região Sudoeste do Paraná, os indivíduos de *Cordia americana* e *Aspidosperma polyneuron* foram amostrados em árvores individuais de ocorrência natural na cidade de Realeza e as árvores de *Parapiptadenia rigida* foram coletadas em Dois Vizinhos, em um povoamento implantado no ano de 2004 em uma área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

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

Em cada indivíduo arbóreo foram aferidas as variáveis dendrométricas e morfométricas de coleta tradicional. Para o presente estudo foi utilizado os dados de diâmetro à altura do peito (Dap) e dados de raios de copa para obtenção do diâmetro de copa (Dc).

A estimativa do diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito foi realizada através da modelagem e do ajuste de quatro equações, expostas na tabela 1.

Tabela 1 - Modelos lineares testados para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito.

Equação	Modelo	Autor
1	$Dc_i = b_0 + b_1.Dap_i$	Longhi (1980)
2	$\ln(Dc_i) = b_0 + b_1. \ln(Dap_i)$	Durlo (2001)
3	$Dc_i = b_0 + b_1.Dap_i^2$	Nutto <i>et al.</i> (2001)
4	$\ln(Dc_i) = b_0 + b_1.Dap_i$	Orellana e Koehler (2008)

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

As análises foram avaliadas no pacote estatístico *Statistical Analysis System* (SAS), para o ajuste foi utilizado o diâmetro à altura do peito como variável independente, na sua forma simples, quadrática, inversa, logarítmica e radicial (Dap , Dap^2 , $1/Dap$, $\ln(Dap)$, $\sqrt{Dap}$). A seleção dos melhores modelos ocorreu avaliando os critérios: distribuição gráfica dos resíduos, ajuste da regressão para os dados observados, menor coeficiente de variação (CV%), maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e maior valor de F.

Resultados e Discussão

Os coeficientes e estatísticas de ajuste que descrevem o comportamento do diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito para os indivíduos de *A. polyneuron*, *C. americana* e *P. rigida* é observado na tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos para seleção do modelo que estima o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito.

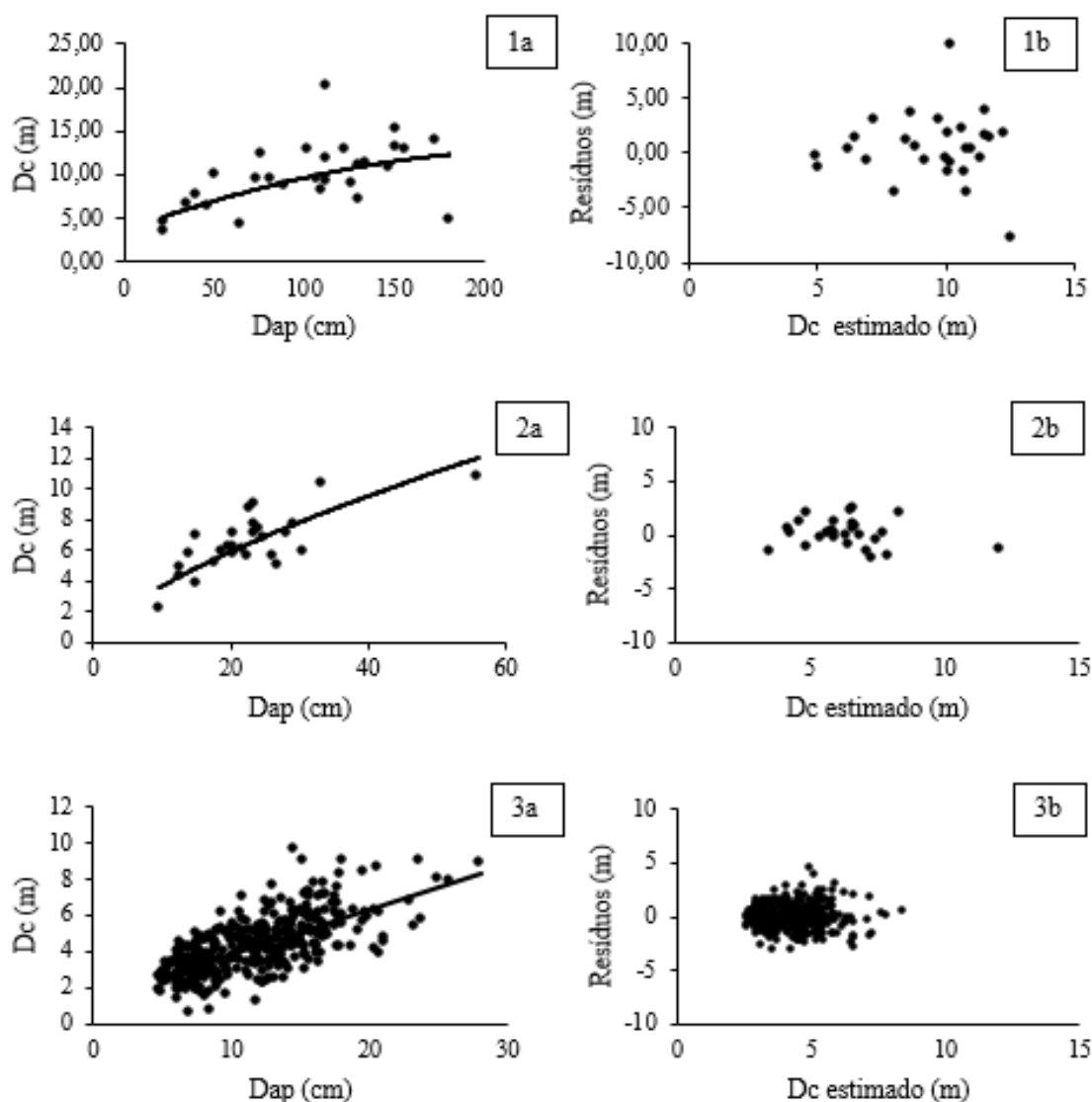
	Equação	Coeficientes		R^2_{aj}	CV(%)	F
		b_0	b_1			
A. <i>polyneuron</i>	1	5,6128	0,0419	0,24	32,4	9,45
	2	0,2650	0,4348	0,37	14,5	16,96
	3	7,7406	0,0002	0,15	34,2	5,78
	4	1,7265	0,0048	0,26	15,7	10,5
C. <i>americana</i>	1	2,9201	0,1568	0,52	19,9	29,64
	2	-0,2902	0,6907	0,57	11,6	35,02
	3	5,1889	0,0022	0,41	22,1	19,34
	4	1,2641	0,0246	0,44	13,19	21,21
P. <i>rigida</i>	1	1,3821	0,2480	0,47	26,3	350,69
	2	-0,2340	0,6771	0,42	21,6	284,67
	3	2,8724	0,0091	0,44	26,9	313,25
	4	0,6959	0,0589	0,41	21,7	276,49

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

A partir dos dados exibidos na Tabela 2, observa-se que a Equação 2 (Durlo, 2001) foi a que melhor estimou os dados de Dc em função do Dap para os indivíduos de *A. polyneuron* e *C. americana*, conforme os critérios estatísticos estabelecidos, sendo o maior R^2_{aj} , menor CV (%) e maior valor de F. Já para as árvores de *P. rigida* a melhor equação para estimar o diâmetro de copa foi a 1 (Longhi, 1980).

Os comportamentos dos dados observados sobre a linha de regressão são demonstrados na Figura 1, assim como os resíduos gerados pela equação selecionada para estimar o diâmetro de copa pelo Dap das árvores amostradas.

Figura 1 – (a) Comparação do ajuste da linha de regressão do diâmetro de copa (Dc) em função do diâmetro à altura do peito (Dap) da equação selecionada. (b) Resíduos e valores estimados para diâmetro de copa das árvores de (1) *Aspidosperma polyneuron* (2) *Cordia americana* (3) *Parapiptadenia rígida*.



Onde: Dc: diâmetro de copa; Dap: diâmetro a altura do peito. Fonte: O autor.

O gráfico apresentado na Figura 1 (1a) mostra que para as equações testadas, nas árvores de *A. polyneuron*, o modelo 2 proposto por Durlo (2001) representou melhor os dados de Dc, pois, os valores amostrados em campo ficaram próximos a linha de regressão dos valores estimados pela equação selecionada.

Os resíduos exibidos pela Figura 1 (1b) expuseram uma variação proporcional, entretanto, observa-se a presença de *outliers*, essas diferenças ocorrem pelo baixo valor do coeficiente de determinação ajustado (0,37) o qual interfere na qualidade do ajuste do modelo. Conforme os parâmetros estatísticos para a seleção da melhor equação avaliada, a estrutura do modelo para estimar o Dc de *A. polyneuron* foi $\ln Dc_i = 0,2650 + 0,4348 \cdot \ln Dap_i$.

Para os indivíduos de *C. americana* a equação selecionada também foi a proposta por Durlo (2001), a Figura 1 (2a) mostra o bom desempenho do modelo com R^2_{aj} de 0,57, os dados mostram-se próximos a reta da regressão que estima os valores de Dc em função do Dap.

A Figura 1 (2b) aponta que os resíduos estão distribuídos de forma homogênea e não apresentam tendenciosidade, assim o modelo para estimar o Dc apresenta-se como $\ln Dc_i = -0,2902 + 0,6907 \cdot \ln Dap_i$.

A Figura 1 (3a) mostra que a equação 1 descreveu melhor o comportamento dos dados de *P. rigida*, pois conseguiu seguir a inclinação de tendência natural dos valores observados. Na Figura 1 (3b) a distribuição residual mostrou que a variação foi equivalente, ou seja, não houve tendência em super ou subestimar os dados. O modelo ficou notado como: $Dc_i = 1,3821 + 0,2480 \cdot Dap_i$.

Costa (2011) ao testar os mesmos modelos deste estudo para determinar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito de *Araucaria angustifolia* percebeu que a equação proposta por Longhi apresentou melhor desempenho para as árvores classificadas como dominadas, demonstrando que a equação consegue adaptar-se à diversas espécies.

Ao avaliar árvores de *Cordia trichotoma*, Vuaden (2013) obteve o modelo $Dc = b_0 + b_1 \cdot Dap$, proposto por Longhi, como o que melhor representou o conjunto de dados para descrever a relação entre o Dc com o Dap, o qual apresentou R^2_{aj} de 0,86.

Conclusões

As equações testadas apresentaram resultados satisfatórios para os parâmetros avaliados, sendo que, para *A. polyneuron* e *C. americana*, as variáveis do modelo obtiveram melhor ajuste em sua transformação logarítmica. Para *P. rigida* a função matemática selecionada para descrever o diâmetro de copa pelo Dap foi linear simples, sem alterações das variáveis empregadas.

A partir das diferenças encontradas na avaliação gráfica recomenda-se cautela no emprego desses modelos ao estimar o Dc para as espécies amostradas. Isso demonstra a necessidade de um maior número de indivíduos para amostragem que abrangem uma amplitude diamétrica maior, bem como, a análise de diferentes modelos para esse tipo de relação.

Referências Bibliográficas

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

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

COSTA, R. M. K. **Características empreendedoras do setor madeireiro: um estudo para o desenvolvimento do setor de esquadrias, nas Gêmeas do Iguaçu**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional, Universidade do Contestado. Canoinhas, 2013.

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. 5566.

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

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

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

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

MALTEZ, H. 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.

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

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

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

SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: Ed. UFSM, 1993. 348p. 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.

SILVA, P. 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.

SOARES, L. M.; SILVA, M. A. F. da; CAVALHEIRO, R.; LOIOLA, T. M.; SILVEIRA, B. D. da; FLORIANO, E. P.; ROSSO, S. **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.

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

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