



EQUAÇÕES MORFOMÉTRICAS DAS ESPÉCIES ANDIROBA (CARAPA GUIANENSIS AUBL) E CASTANHA-DO-BRASIL (BERTHOLLETIA EXCELSA H.B.K.) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO, RONDÔNIA.

EQUATIONS MORPHOMETRIC SPECIES ANDIROBA (CARAPA GUIANENSIS AUBL) AND THE BRAZIL NUT (BERTHOLLETIA EXCELSA HBK) IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE MUNICIPALITY OF PORTO VELHO, RONDÔNIA.

Tiago Monteiro Condé¹
Maria Luiza Martins de Lima²
Everaldo Marques de Lima Neto³
Helio Tonini⁴

RESUMO: A Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) e a Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) são consideradas espécies chaves na manutenção da floresta em pé em áreas suscetíveis a degradação e desmatamento na Amazônia. As duas espécies têm demonstrado grande potencial de crescimento e produção em plantios homogêneos e sistemas agroflorestais (SAF 's) na Amazônia, a extração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros nesses ambientes é possível desde que informada ao órgão ambiental responsável. O presente estudo foi realizado em ambientes de SAF's do Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado), no Município de Porto Velho, Rondônia. Foram amostrados 25 indivíduos de Andiroba e 40 indivíduos de Castanha-do-Brasil com DAP > 10 cm (diâmetro à altura do peito, mensurado à distância de 1,30 metros do solo), dispostos aleatoriamente em 20 propriedades rurais (1 hectare cada) em idade considerada produtiva (15 a 18 anos). Foram testadas 99 equações matemáticas de variáveis morfométricas em função do DAP dessas duas espécies. Utilizou-se a análise de regressão linear pelo

ABSTRACT: Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) and the Brazilian nut (*Bertholletia excelsa* HBK) are considered key species in the maintenance of standing forest in areas susceptible to degradation and deforestation in the Amazon. Both species have shown great potential for growth and production in homogeneous plantations and agroforestry systems (SAF's) in the Amazon, the extraction of timber and non-timber forest in these environments is possible since informed the environmental agency responsible. This study was conducted in environments agroforestry (SAF's) of Project RECA (Economic Reforestation and Compacted Syndication), in the Municipality of Porto Velho, Rondônia. We sampled 25 individuals from Andiroba and 40 individuals from the Brazil nut with DBH > 10 cm (diameter at breast height, measured at a distance of 1.30 meters above the ground), arranged randomly in 20 farms (1 ha each) considered productive age (15-18 years). We tested 99 equations of the morphometric variables as a function of DBH these two species. We used a linear regression analysis by the procedure "stepwise". The best fitting

1 Professor de Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Roraima (UERR). Av. Senador H. Campos, s/n, 69373-000, Rorainópolis-RR, Brasil, tiagonafloresta@gmail.com.

2 Graduada em Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Roraima (UERR), Campus São João da Baliza-RR, Brasil, marymartinssjb@hotmail.com.



procedimento estatístico “stepwise”. Os melhores ajustes foram obtidos pelos seguintes modelos: Diâmetro de Copa (DC) = $\beta_0 + \beta_1 (DAP^2) + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,86$; $Sy_x = 0,698$) e Proporção de Copa (PC) = $\beta_0 + \beta_1 (1/DAP^3) + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,73$; $Sy_x = 6,771$) para Andiroba e Área de Copa (AC) = $\beta_0 + \beta_1 DAP^3 + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,73$; $Sy_x = 20,407$) e DC = $\beta_0 + \beta_1 (DAP^2) + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,67$; $Sy_x = 1,288$) para Castanha-do-Brasil. Conclui-se que as equações morfométricas ajustadas demonstraram ser precisas e eficientes na compreensão das variáveis morfométricas estudadas em função do DAP.

Palavras-chave: Espécies amazônicas, Morfometria, Mensuração florestal, Amazônia.

was obtained with the following models: Crown Diameter (DC) = $\beta_0 + \beta_1 (DBH^2) + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,86$; $Sy_x = 0,698$) and Canopy Proportion (PC) = $\beta_0 + \beta_1 (1/DBH^3) + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,73$; $Sy_x = 6,771$) for Andiroba and Canopy Área (AC) = $\beta_0 + \beta_1 DBH^3 + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,73$; $Sy_x = 20,407$) and DC = $\beta_0 + \beta_1 (DBH^2) + \varepsilon$ ($R^2_{aj} = 0,67$; $Sy_x = 1,288$) for Brazilian nut. The conclusion is that the equations morphometric adjusted proved accurate and efficient in understanding the morphometric studied as a function of DBH.

Keywords: Amazonian species, Morphometry, Measuring forest, Amazon.

3 Professor de Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Roraima (UERR). Av. Senador H. Campos, s/n, 69373-000, Rorainópolis-RR, Brasil, everaldo.limaneto@gmail.com.

4 Dr. em Engenharia Florestal e Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril. Rodovia MT 222, km 2,5, 78550-970, Sinop-MT, Brasil, helio.tonini@embrapa.br.



INTRODUÇÃO

As relações morfométricas ou relações interdimensionais das árvores em florestas naturais e povoamentos artificiais são derivados de estudos morfométricos, ou seja, da mensuração das formas que compõe as árvores. As relações morfométricas visam reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, a sua estabilidade, vitalidade e produtividade, bem como julgar o grau de concorrência a que cada indivíduo foi ou está sujeito (HASENAUER, 1997).

O estudo sobre a morfometria das árvores teve início com pesquisadores como Burger (1939) e Assmann (1961), que passaram a observar as formas, dimensões e as relações morfométricas ou interdimensionais das copas das árvores, visando compreender o espaçamento e o grau de competição entre plantas. Atualmente, as formas e dimensões das árvores e sua modificação com o tempo adquirem nova importância, dada a possibilidade de fazerem-se modelos matemático/estatísticos de concorrência e de crescimento a partir destes dados (HASENAUER; MONSERUD, 1996; HASENAUER, 1997; TONINI et al., 2008c; ROMAN et al., 2009).

Segundo Tonini e Arco-Verde (2005c), no Brasil são poucos os estudos que procuram relacionar variáveis morfométricas com variáveis de fácil obtenção, como o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (H). Destacam-se alguns trabalhos, como os de Durlo e Denardi (1998), Durlo (2001) e Nutto (2001). Segundo Tonini e Arco-Verde (2005c), a medição dessas variáveis, principalmente a área de copa, consome muito tempo, e é necessário utilizar diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (H), como variáveis independentes em equações de regressão, por serem de fácil obtenção.

Quando nos referimos à produtividade oriunda do manejo florestal de produtos não

madeireiros de espécies como a Andiroba e Castanha-do-Brasil devemos considerar a importância do estudo das relações morfométricas no amparo à tomada de decisões sobre a aplicação de desbastes, desramas, tratamentos que visem o aumento da produção ou simplesmente ao monitoramento das populações imaturas, produtivas ou em fase de senilidade. Tonini et al. (2008c), constataram que as formas de copa influenciaram fortemente na produtividade de sementes da espécie Castanha-do-Brasil em populações naturais no estado de Roraima.

A Castanha-do-Brasil é uma espécie da família Lecythidaceae, com altura variando de 30 a 50 metros, com algumas exceções que chegam a 60 metros, possuindo o tronco retilíneo de 100 a 180 cm de diâmetro. É uma planta semidecídua, heliófita, característica de mata alta de terra firme, ocorrendo em determinados locais com bastante frequência, formando castanhais, porém sempre associados a outras plantas (LORENZI, 1992). Porém, a Castanha-do-Brasil também apresenta grande potencial para reflorestamentos e sistemas agroflorestais, como demonstrado no estudo de Tonini et al. (2005a), onde a espécie obteve incrementos médios anuais (IMA) de até $14,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ aos sete anos de idade, em plantios homogêneos no estado de Roraima.

A Castanha-do-Brasil pode ser considerada como espécie-chave para aliar a conservação ao desenvolvimento, ou seja, promover a manutenção da floresta natural em pé, por ser abundante na região amazônica, colhida quase que exclusivamente em florestas naturais, ser explorada por diversas comunidades em curto prazo e a baixo custo, e pelo fato de apresentar sólida demanda de mercado, além de sua coleta ser de baixo impacto ambiental (ZUIDEMA; BOOT, 2002; TONINI et al.,



2008c).

A Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) é uma espécie da família Meliaceae, que atinge de 20 a 30 metros de altura, com tronco possuindo 50 a 120 cm de diâmetro.

Ocorre em toda a região amazônica, em várzeas secas e alagadiças. A Andiroba é uma árvore perenifolia e heliófita, geralmente de mata primária, apresentando boa regeneração natural nas capoeiras de várzeas. Suas sementes possuem 70% de óleo insetífugo e medicinal (LORENZI, 1992). A Andiroba é uma espécie amazônica considerada de multiuso, com grande potencial para extração de óleo de qualidade oriundo de suas sementes (SHANLEY; MEDINA, 2005) e utilização de madeira de qualidade (KLIMAS et al., 2007).

Segundo Mendonça e Ferraz (2007), importantes dificuldades encontradas na cadeia produtiva da Andiroba no Amazonas estão relacionadas a fatores como o isolamento do interior (florestas de produção) e a falta de organização social das comunidades amazônicas, que facilitam e perpetuam a figura do atravessador, devido à dificuldade em escoar a produção. Em Roraima, as áreas com maior ocorrência de Andiroba localizam-se ao sul do Estado, nos municípios de São João da Baliza, Caroebe e Rorainópolis. Nestes municípios, apesar de existirem localidades onde a Andiroba ocorre em grande densidade, a coleta e a extração do óleo são praticamente inexistentes, sendo realizada de forma artesanal (Tonini et al., 2009b). O apoio técnico de órgãos extensores do governo nessas regiões é bastante deficiente.

O desmatamento na Amazônia representa atualmente um dos principais problemas ambientais no Brasil, sendo o grande causador da perda da biodiversidade (MYERS, 1992 citado por FEARNSSIDE, 2003), exposição do solo à erosão (BARBOSA; FEARNSSIDE, 2000), perda

das funções da floresta na ciclagem da água (LEAN et al., 1996) e armazenamento do carbono (FEARNSSIDE, 2003).

Uma alternativa sustentável de uso e cobertura do solo na Amazônia é utilização de sistemas agroflorestais (SAF's) com espécies de grande potencial para o extrativismo de produtos florestais madeireiros e não madeireiros como a Andiroba e a Castanha-do-Brasil. Dessa forma, os SAF's promovem a manutenção da floresta em pé na medida que evitam o avanço do ciclo predatório de derrubada e queima da floresta nativa para implantação de pastagem ou culturas agrícolas.

O PENSAF - Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais (BRASIL, 2006) relata que o Brasil possui uma grande quantidade de áreas aptas à inserção de florestas e agroflorestas, devendo-se salientar a existência de extensas áreas degradadas e Áreas de Reserva Legal (ARL) que devem ser, preferencialmente, recompostas e manejadas com espécies da flora brasileira. O presente estudo teve como objetivo demonstrar o ajuste de alguns modelos matemáticos utilizados nas relações morfométricas das espécies Andiroba e Castanha-do-Brasil em SAF's em idade produtiva (15 a 18 anos) no estado de Rondônia. Dessa forma, esse estudo visa fornecer subsídios científicos para facilitar o manejo dessas espécies visando o ganho de produtividade relacionado ao extrativismo de produtos florestais madeireiros e não madeireiros na Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados na área do Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado), situado na vila de Nova Califórnia (9°47'28" S e 66°41'31" W), município de Porto Velho, Rondônia. O Projeto RECA visa utilizar a floresta como fonte geradora de renda, consorciando



cultivos agrossilvícolas como a Pupunha (*Bactris gasipaes kunth*), o Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum Schum.*) e a Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa H.B.K.*) a Andiroba (*Carapa guianensis Aubl*) o Açaí (*Euterpe precatoria Mart.*) entre outros em sistemas agroflorestais (SAF's), aliado a seu modelo de gestão participativo, reflete na melhoria na qualidade de vida dos agricultores, assim como na ampliação do exercício de cidadania (AGROFLORESTA, 2012; REBRAAF, 2012).

A região de estudo apresenta predominância dos solos Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA). Segundo a classificação de Köppen, o clima dominante é Am (Clima tropical Chuvoso, com chuvas tipo monção) apresentando uma estação seca de pequena duração entre os meses de junho a setembro, com pluviosidade em torno dos 2.250 mm anual. A temperatura anual está entre 16°C e 37°C, com uma média de 25°C e o período mais quente fica entre os meses de agosto e outubro (FRANKE et al., 2005). A tipologia da vegetação é denominada Floresta Ombrófila Aberta com o predomínio de vegetação secundária e atividades agrárias (IBGE, 2004).

A amostragem foi realizada em 20 propriedades rurais contendo SAF's em idade considerada produtiva (15 a 18 anos), contendo diferentes espaçamentos entre plantas, em diferentes condições edáficas, onde a implantação ocorreu mediante a retirada da floresta nativa através do processo de derrubada e queima. Foram coletados aleatoriamente dados morfométricos de 25 indivíduos de Andiroba (*Carapa guianensis Aubl*) e 40 indivíduos de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa H.B.K.*) com DAP > 10 cm (diâmetro à altura do peito, mensurado à distância de 1,30 metros do solo) em 1 hectare de cada

propriedade rural, totalizando uma área amostral de 20 hectares.

Foram estimadas de cada indivíduo, utilizando o Relascópio de Bitterlich, as seguintes medidas: altura total do fuste (HT), correspondente à distância entre o nível do solo e o final da copa da árvore; a altura comercial do fuste (HC), correspondente à distância entre o nível do solo até a inserção da copa viva e o diâmetro de copa (DC) das árvores através de mensurações dos quatro raios de copa em direções fixas norte, sul, leste e oeste utilizando uma trena, tomando-se como ponto de origem o centro do tronco e distanciando-se até o limite da copa, adaptando-se do método de Burger (1939).

Através da mensuração das medidas de HT, HC, DC e DAP das árvores foi possível obter as seguintes variáveis morfométricas: Área de Copa ($AC = DC^2$ Comprimento de Copa ($CC = HT - HC$); Proporção de Copa ou Porcentagem de Copa ($PC = 100 CC/HT$); Grau de Esbeltez ($GE = HT/DAP$); Índice de Saliência ($IS = C/DAP$), Índice de Abrangência ($IA = DC/HT$) e Formal da Copa ($FC = DC/CC$), conforme descrito por Burger (1939), Assmann (1961), Durlo e Denardi (1998) e Tonini et al. (2008c).

Mediante a obtenção das variáveis morfométricas foram realizadas as análises das relações morfométricas das árvores de Andiroba e Castanha-do-Brasil, relacionando as variáveis morfométricas com o diâmetro (DAP), pelo fato de que o DAP é uma variável de extrema facilidade na obtenção em campo. Outro ponto interessante é que o DAP se correlaciona positivamente com a produção de frutos e de sementes de Castanha-do-Brasil (WADT et al., 2005; KAINER et al., 2007; TONINI et al., 2008c).

Foram realizados os ajustes de modelos matemáticos das seguintes relações morfométricas: Área de Copa em relação ao diâmetro ($AC \times DAP$); Diâmetro de Copa em relação ao diâmetro ($DC \times DAP$); Formal



de Copa em relação ao diâmetro (FC x DAP); Grau de Esbeltez em relação ao diâmetro (GE x DAP); Altura Total em relação ao diâmetro ou relação hipsométrica (HT x DAP); Índice de Abrangência em relação ao diâmetro (IA x DAP); Índice de Saliência em relação ao diâmetro (IS x DAP) e Porcentagem de Copa em relação ao diâmetro (PC x DAP), conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1. Equações matemáticas das relações morfométricas (R.M.) testadas pelo procedimento estatístico “stepwise”.

R.M.	Nº	MODELO	R.M.	Nº	MODELO
AC x DAP	1	$AC = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$	GE x DAP	51	$GE = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP)^2 + \epsilon$
AC x DAP	2	$AC = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$	GE x DAP	52	$GE = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP^2)^2 + \epsilon$
AC x DAP	3	$AC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$	HT x DAP	53	$HT = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$
AC x DAP	4	$AC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP)^2 + \epsilon$	HT x DAP	54	$HT = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$
AC x DAP	5	$AC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	HT x DAP	55	$HT = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
AC x DAP	6	$AC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	HT x DAP	56	$HT = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
AC x DAP	7	$AC = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	HT x DAP	57	$HT = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
AC x DAP	8	$AC = \beta_0 + \beta_1(1/\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	HT x DAP	58	$HT = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$
AC x DAP	9	$AC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$	HT x DAP	59	$HT = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
AC x DAP	10	$AC = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$	IA x DAP	60	$IA = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$
AC x DAP	11	$AC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$	IA x DAP	61	$IA = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$
AC x DAP	12	$AC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP)^2 + \epsilon$	IA x DAP	62	$IA = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$
AC x DAP	13	$AC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP^2)^2 + \epsilon$	IA x DAP	63	$IA = \beta_0 + \beta_1(1/DAP)^2 + \epsilon$
DC x DAP	14	$DC = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$	IA x DAP	64	$IA = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$
DC x DAP	15	$DC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$	IA x DAP	65	$IA = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$
DC x DAP	16	$DC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$	IA x DAP	66	$IA = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
DC x DAP	17	$DC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP)^2 + \epsilon$	IA x DAP	67	$IA = \beta_0 + \beta_1(1/\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
DC x DAP	18	$DC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	IA x DAP	68	$IA = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
DC x DAP	19	$DC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	IA x DAP	69	$IA = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$
DC x DAP	20	$DC = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	IA x DAP	70	$IA = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
DC x DAP	21	$DC = \beta_0 + \beta_1(1/\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	IA x DAP	71	$IA = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP)^2 + \epsilon$
DC x DAP	22	$DC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$	IA x DAP	72	$IA = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP^2)^2 + \epsilon$
DC x DAP	23	$DC = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$	IS x DAP	73	$IS = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$
DC x DAP	24	$DC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$	IS x DAP	74	$IS = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$
DC x DAP	25	$DC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP)^2 + \epsilon$	IS x DAP	75	$IS = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$
DC x DAP	26	$DC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP^2)^2 + \epsilon$	IS x DAP	76	$IS = \beta_0 + \beta_1(1/DAP)^2 + \epsilon$
FC x DAP	27	$FC = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$	IS x DAP	77	$IS = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$
FC x DAP	28	$FC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$	IS x DAP	78	$IS = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$
FC x DAP	29	$FC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$	IS x DAP	79	$IS = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
FC x DAP	30	$FC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP)^2 + \epsilon$	IS x DAP	80	$IS = \beta_0 + \beta_1(1/\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
FC x DAP	31	$FC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	IS x DAP	81	$IS = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
FC x DAP	32	$FC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	IS x DAP	82	$IS = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$
FC x DAP	33	$FC = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	IS x DAP	83	$IS = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
FC x DAP	34	$FC = \beta_0 + \beta_1(1/\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	IS x DAP	84	$IS = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP)^2 + \epsilon$
FC x DAP	35	$FC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$	IS x DAP	85	$IS = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP^2)^2 + \epsilon$
FC x DAP	36	$FC = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$	IS x DAP	86	$IS = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \beta_2(1/DAP^3)^2 + \epsilon$
FC x DAP	37	$FC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$	PC x DAP	87	$PC = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$
FC x DAP	38	$FC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP)^2 + \epsilon$	PC x DAP	88	$PC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$
FC x DAP	39	$FC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP^2)^2 + \epsilon$	PC x DAP	89	$PC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$
GE x DAP	40	$GE = \beta_0 + \beta_1(DAP)^2 + \epsilon$	PC x DAP	90	$PC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP)^2 + \epsilon$
GE x DAP	41	$GE = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$	PC x DAP	91	$PC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$
GE x DAP	42	$GE = \beta_0 + \beta_1(DAP^2)^2 + \epsilon$	PC x DAP	92	$PC = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$
GE x DAP	43	$GE = \beta_0 + \beta_1(1/DAP)^2 + \epsilon$	PC x DAP	93	$PC = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
GE x DAP	44	$GE = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	PC x DAP	94	$PC = \beta_0 + \beta_1(1/\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$
GE x DAP	45	$GE = \beta_0 + \beta_1(1/DAP^2)^2 + \epsilon$	PC x DAP	95	$PC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
GE x DAP	46	$GE = \beta_0 + \beta_1(\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	PC x DAP	96	$PC = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$
GE x DAP	47	$GE = \beta_0 + \beta_1(1/\sqrt{DAP})^2 + \epsilon$	PC x DAP	97	$PC = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$
GE x DAP	48	$GE = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$	PC x DAP	98	$PC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP)^2 + \epsilon$
GE x DAP	49	$GE = \beta_0 + \beta_1 Ln^2DAP^2 + \epsilon$	PC x DAP	99	$PC = \beta_0 + \beta_1(1/LnDAP^2)^2 + \epsilon$
GE x DAP	50	$GE = \beta_0 + \beta_1 LnDAP^2 + \epsilon$			

Para isso, utilizou-se a análise de regressão linear pelo procedimento estatístico “stepwise”, com significância a 5% de probabilidade utilizando o software Statistica 7.0. Porém antes da análise de regressão linear foi realizada a análise de “outliers” dos dados brutos no Excel, para promover o aumento de precisão dos modelos ajustados.

A eficiência dos modelos foi verificada pelo coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro-padrão da estimativa (S_{yx}), valor e significância de F para o modelo, valor e significância de t para os coeficientes e a análise da distribuição dos resíduos. Os resíduos em porcentagem foram calculados mediante a seguinte expressão: Resíduos (%) = (Vobservado – Vestimado)/Valor observado x 100.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos selecionados que demonstraram maior precisão na estimação das variáveis morfométricas em função do DAP para as duas espécies estudadas, com base no coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e no erro-padrão da estimativa (S_{yx}) podem ser visualizados nas Tabelas 2 e 3. Apesar de alguns modelos apresentarem valores de coeficiente de determinação considerados relativamente baixos ($R^2_{aj} < 0,50$), todas as equações são consideradas indicadas para estimar essas variáveis morfométricas em função do DAP para indivíduos de Andiroba e Castanha-do-Brasil em SAF's.

A equação morfométrica que apresentou o melhor ajuste para a espécie Andiroba foi $DC = \beta_0 + \beta_1(DAP^2) + \epsilon$ (modelo 15), obtendo o valor de $R^2_{aj} = 0,86$ e $S_{yx} = 0,698$ (Tabela 2). O comportamento dessa equação pode ser visualizado no gráfico de DC por DAP na figura 1, comprovando a precisão da equação ajustada em relação aos dados observados de diâmetro de copa obtidos em campo.



Segundo Tonini e Arco-Verde (2005), o conhecimento da relação entre DC e o DAP possibilita o cálculo do número máximo de árvores por hectare, quando certo diâmetro ou certa distribuição de diâmetros são desejados. Os mesmos autores testaram a relação matemática $\text{LnDC} = \beta_0 + \beta_1 (1/d^3) + \beta_2 (1/d^2) + \beta_3 d + \varepsilon$ para espécie Andiroba, obtendo baixos valores de $R^2_{aj} = 0,15$ e $\text{Syx} = 0,14$, devido ao fato que as copas das árvores dessa espécie em plantios homogêneos aos 7 anos de idade mantêm-se ainda pequenas, apresentando pouca variação com o aumento na dimensão da árvore. Porém, neste estudo, as árvores possuem idade considerada adulta (entre 15 a 18 anos), demonstrando que a relação entre DC e o DAP pode variar bastante ao longo dos anos, devendo ser vista de forma cuidadosa para evitar possíveis conclusões equivocadas sobre o manejo populacional de plantios, principalmente em relação aos aspectos de desrama e desbastes de indivíduos.

Tabela 2. Equações ajustadas das relações morfométricas da espécie Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl)

Nº	MODELOS	R ² aj.	Syx	Sig. F	p F	BETAS	t	p t
3	AC= $\beta_0 + \beta_1 \text{DAP}^3 + \varepsilon$	0,45	0,130	13,45	0,003	β_0 10,5188	3,40	0,003
						β_1 0,0031	11,67	0,000
15	DC= $\beta_0 + \beta_1 (\text{DAP}^2) + \varepsilon$	0,86	0,698	134,39	0,000	β_0 3,3342	9,45	0,000
						β_1 0,0084	11,59	0,000
30	FC= $\beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}) + \varepsilon$	0,45	0,130	13,45	0,003	β_0 0,3402	2,68	0,018
						β_1 8,4135	3,67	0,003
45	GE= $\beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^3) + \varepsilon$	0,53	0,121	20,95	0,000	β_0 0,6492	13,41	0,000
						β_1 1270,3686	4,58	0,000
48	HT= $\beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{DAP}) + \varepsilon$	0,65	1,902	35,17	0,000	β_0 -12,1624	-2,47	0,024
						β_1 9,7894	5,93	0,000
61	IA= $\beta_0 + \beta_1 \text{DAP}^2 + \varepsilon$	0,40	0,066	13,21	0,002	β_0 0,2904	8,02	0,000
						β_1 0,0003	3,64	0,002
86	IS= $\beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2) + \beta_2 (1/\text{DAP}^3) + \varepsilon$	0,42	4,582	9,65	0,001	β_0 50,6948	8,94	0,000
						β_1 -19273,1212	-3,52	0,002
92	PC= $\beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^3) + \varepsilon$	0,73	6,771	58,29	0,000	β_0 234265,3541	3,80	0,001
						β_1 75,5727	28,42	0,000
						β_1 -106743,1256	-7,64	0,000

R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado ; Syx = erro-padrão de estimativa em percentagem; Sig. F = valor de F calculado; p F = probabilidade de significância do teste F; BETAS = coeficientes da equação ajustada; t = valor do teste T calculado para cada beta; p t = probabilidade de significância do teste T.

Em relação à espécie Castanha-do-Brasil, o ajuste da equação morfométrica $\text{AC} = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP}^3 + \varepsilon$ (modelo 3) obteve o maior valor de

coeficiente de determinação ($R^2_{aj} = 0,73$), porém obteve também o maior valor de erro padrão da estimativa ($\text{Syx} = 20,407$) em relação aos demais modelos selecionados (Tabela 3). O modelo 15 da equação $\text{DC} = \beta_0 + \beta_1 (\text{DAP}^2) + \varepsilon$ também gerou um bom ajuste ($R^2_{aj} = 0,67$; $\text{Syx} = 1,288$), sendo confirmado pelo comportamento dos dados estimados em relação aos dados observados em campo, conforme demonstrado no gráfico de DC por DAP na figura 2.

Tabela 3. Equações ajustadas das relações morfométricas da espécie Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

Nº	MODELOS	R ² aj.	Syx	Sig. F	p F	BETAS	t	p t
3	AC= $\beta_0 + \beta_1 \text{DAP}^3 + \varepsilon$	0,73	20,407	86,45	0,000	β_0 22,974960	2,84	0,008
						β_1 0,001302	9,30	0,000
15	DC= $\beta_0 + \beta_1 (\text{DAP}^2) + \varepsilon$	0,67	1,288	66,63	0,000	β_0 5,226240	7,39	0,000
						β_1 0,004079	8,16	0,000
36	FC= $\beta_0 + \beta_1 \text{Ln}^2 \text{DAP} + \varepsilon$	0,51	0,282	33,09	0,003	β_0 -1,496681	-2,72	0,011
						β_1 0,251525	5,75	0,000
40	GE= $\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \varepsilon$	0,66	0,065	71,80	0,000	β_0 1,027091	18,48	0,000
						β_1 -0,012847	-8,47	0,000
57	HT= $\beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{DAP}) + \varepsilon$	0,43	2,055	23,81	0,000	β_0 -18,391728	-2,30	0,029
						β_1 11,107018	4,88	0,000
62	IA= $\beta_0 + \beta_1 \text{DAP}^3 + \varepsilon$	0,55	0,095	35,92	0,000	β_0 0,271279	5,83	0,000
						β_1 0,000005	5,99	0,000
78	IS= $\beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^3) + \varepsilon$	0,62	2,580	45,53	0,000	β_0 23,389994	22,29	0,000
						β_1 249419,850230	6,75	0,000
89	PC= $\beta_0 + \beta_1 (\text{DAP}^3) + \varepsilon$	0,63	7,172	48,15	0,000	β_0 12,78471	4,23	0,000
						β_1 0,00031	6,94	0,000

R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado ; Syx = erro-padrão de estimativa em percentagem; Sig. F = valor de F calculado; p F = probabilidade de significância do teste F; BETAS = coeficientes da equação ajustada; t = valor do teste T calculado para cada beta; p t = probabilidade de significância do teste T.

A relação HT x DAP ou relação hipsométrica para as duas espécies estudadas demonstrou uma tendência crescente, ou seja, a altura aumenta proporcionalmente ao aumento em diâmetro (Figuras 1 e 2), porém é necessário salientar que cada espécie estudada atingiu um padrão diferente de altura máxima de acordo com fatores como genética, solo, clima, etc. Em florestas plantadas o conhecimento das alturas totais e dominantes, estimadas pela relação hipsométrica, é muito importante para classificar o sítio ou capacidade local, que reflete diretamente na estratificação da floresta em regiões de baixa, média e alta



produção volumétrica (LEITE; ANDRADE, 2003).

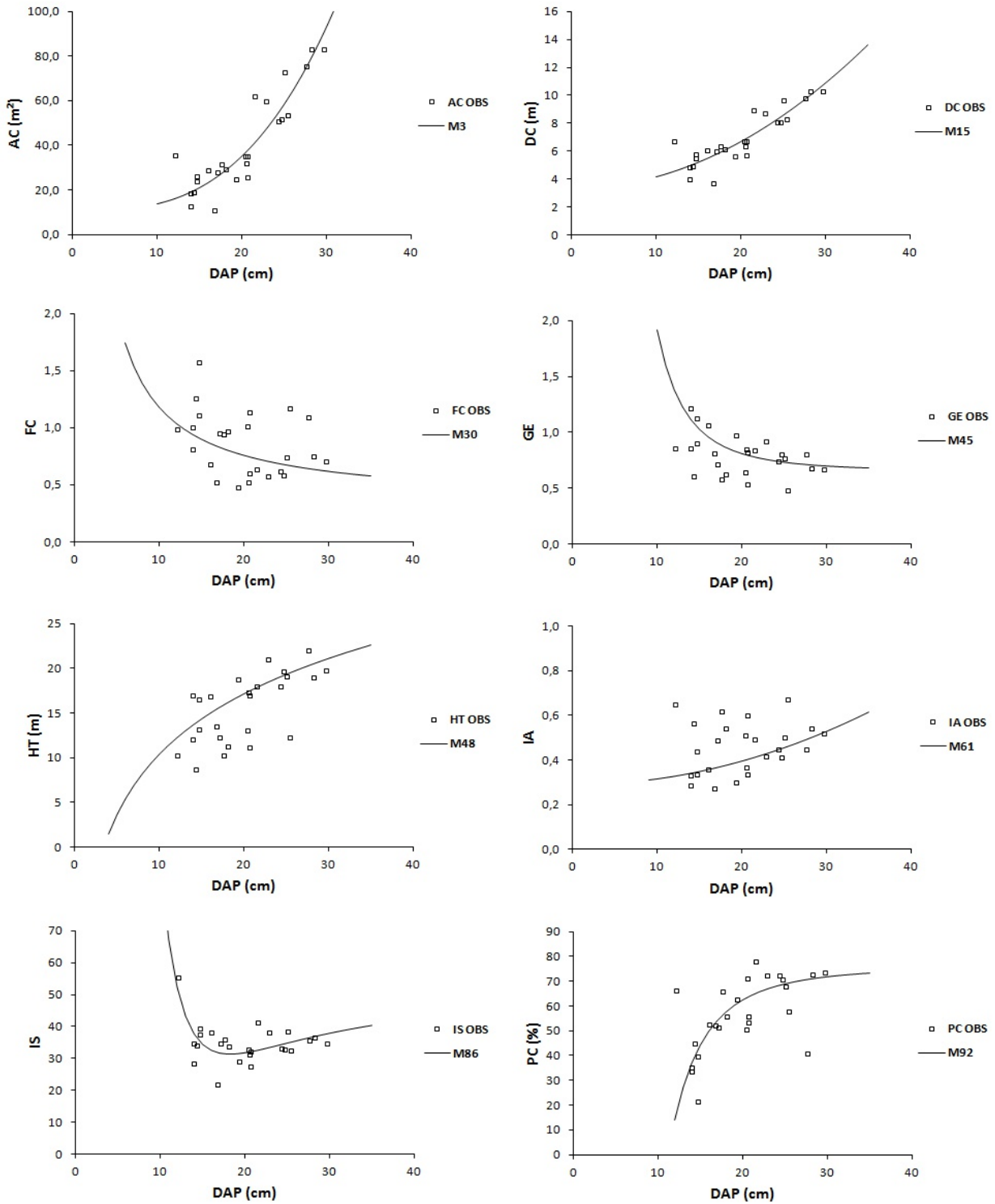


Figura 1. Valores observados (OBS) e estimados (M = n° do modelo ajustado) das relações morfométricas (AC x DAP; DC x DAP; FC x DAP; GE x DAP; HT x DAP; IA x DAP; IS x DAP; PC x DAP) para a espécie *Andiroba* (*Carapa guianensis* Aubl).

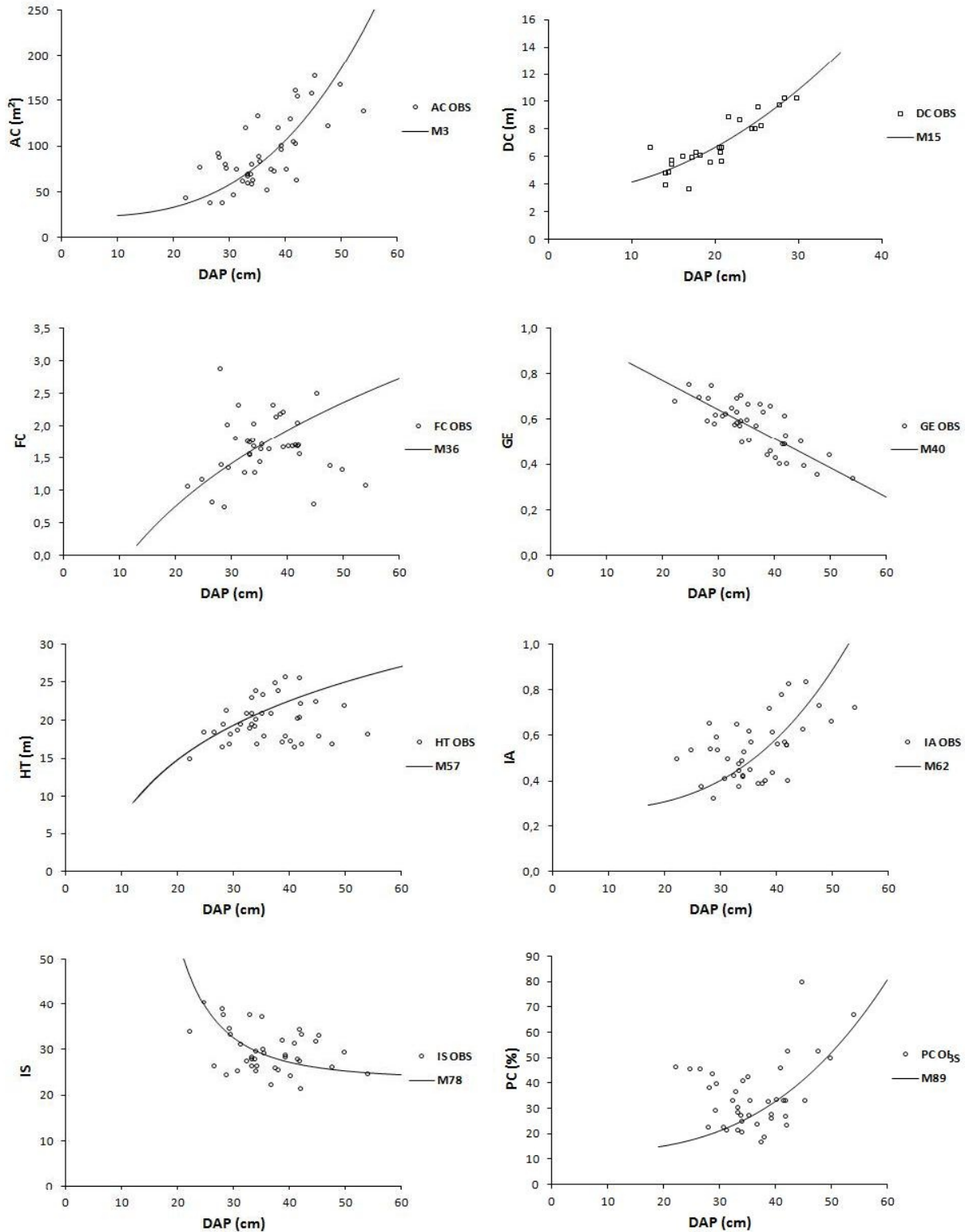


Figura 2. Valores observados (OBS) e estimados (M = no do modelo ajustado) das relações morfométricas estudadas para a espécie Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.).



No presente estudo, a equação morfométrica que expressou com maior precisão a relação hipsométrica dos indivíduos de Andiroba e Castanha-do-Brasil em sistemas agroflorestais em idade produtiva (15 a 18 anos) com espaçamentos variados foi $HT = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon$ (Tabelas 2 e 3). Em estudo realizado por Azevedo et al. (1999) em plantios de homogêneos de Andiroba em Manaus, contendo espaçamentos 3 m x 3 m, foi observado que a equação $\sqrt{PC} = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon$ proporcionou a maior precisão de estimação.

A relação morfométrica proporção de copa em função do diâmetro (PC x DAP) apresentou tendência de crescimento positiva para as duas espécies, ou seja, conforme os indivíduos aumentam em diâmetro, suas copas também aumentam em tamanho.

Porém, a espécie Andiroba demonstrou uma tendência a sofrer certa estagnação em seu crescimento de copa quando PC está por volta de 70% (Figura 1), diferentemente da espécie Castanha-do-Brasil que demonstrou uma tendência de ampliação da proporção de copa em relação ao fuste com o aumento em diâmetro (Figura 2), fato demonstrado por Tonini et al. (2008c) avaliando indivíduos de Castanha-do-Brasil com diâmetros superiores a 150 cm.

Durlo e Denardi (1998) enfatizam a variável morfométrica proporção de copa como boa indicadora de sucesso na captação de luz solar e conseqüentemente crescimento, produção de frutos e sementes.

O GE em função do DAP apresentou tendência negativa para as duas espécies analisadas, demonstrando que quanto maior o DAP menor o GE, ou seja, quanto maior o diâmetro da árvore menos ela estará suscetível a quebrar sob o efeito de ventos ou adversidades naturais ou antrópicas (Figuras 1 e 2). A distribuição residual dessa relação demonstrou uma maior concentração de erros de superestimação da equação nos

indivíduos de Andiroba com diâmetros entre 10 a 25 cm (Figura 3). Já na espécie Castanha-do-Brasil ocorreu uma maior concentração de erros tanto de superestimação quanto de subestimação nos indivíduos com diâmetros entre 30 a 50 cm (Figura 4).

A FC em função do DAP apresentou comportamentos distintos nas duas espécies analisadas. A Andiroba apresentou tendência decrescente (Figura 1) e a Castanha-do-Brasil apresentou tendência crescente (Figura 2). Segundo Tonini et al. (2008c), a forma da copa teve influência significativa na produção de sementes de Castanha-do-Brasil, árvores mais produtivas apresentaram copas mais compridas e menor relação altura x diâmetro.

As relações morfométricas IA x DAP e IS x DAP, fundamentais no auxílio à tomada de decisões relacionadas ao manejo populacional (desrama, desbaste, espaço vital, etc.), demonstraram as mesmas tendências para as espécies estudadas, com tendência positiva para IA e negativa para IS. A distribuição residual da relação (IA x DAP) demonstrou uma maior concentração de erros tanto de superestimação quanto de subestimação da equação nos indivíduos de Andiroba com diâmetros inferiores a 25 cm (Figura 3). Já na espécie Castanha-do-Brasil, ocorreu uma tendência de subestimação de indivíduos com $DAP < 35$ cm e superestimação de indivíduos com $DAP > 35$ cm (Figura 4). A distribuição residual da relação IS x DAP apresentou comportamento contrário à relação IA x DAP.

A análise de resíduos em porcentagem para as espécies Andiroba (Figura 3) e Castanha-do-Brasil (Figura 4) demonstrou um comportamento de erros relativamente alto, fato que pode ser explicado pela possível grande variabilidade de condições submetidas às espécies dentro dos sistemas agroflorestais estudados, como por exemplo:

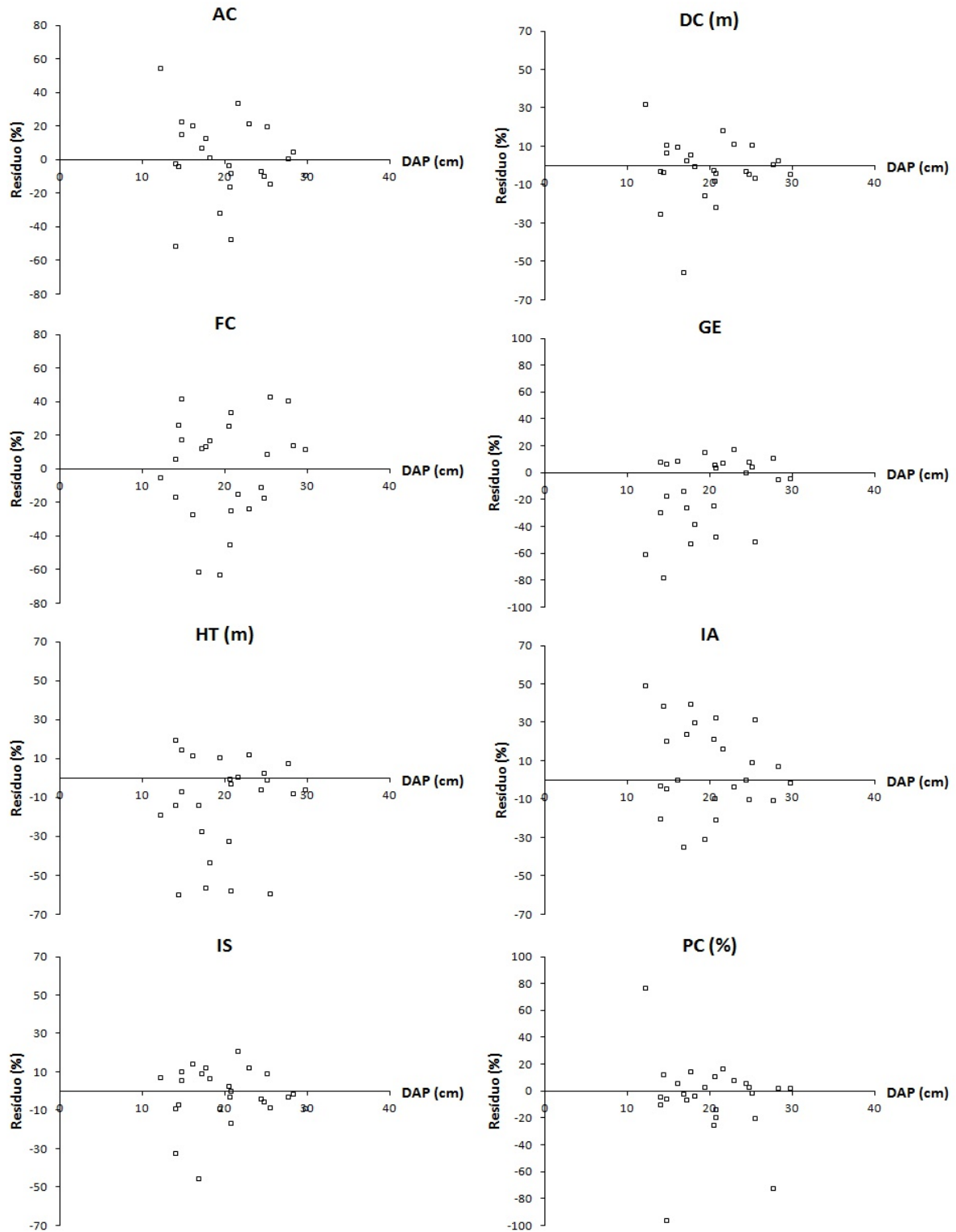


Figura 3. Dispersão dos resíduos em porcentagem para os modelos selecionados na estimação das relações morfométricas estudadas para a espécie *Andiroba (Carapagianensis Aubl)*.

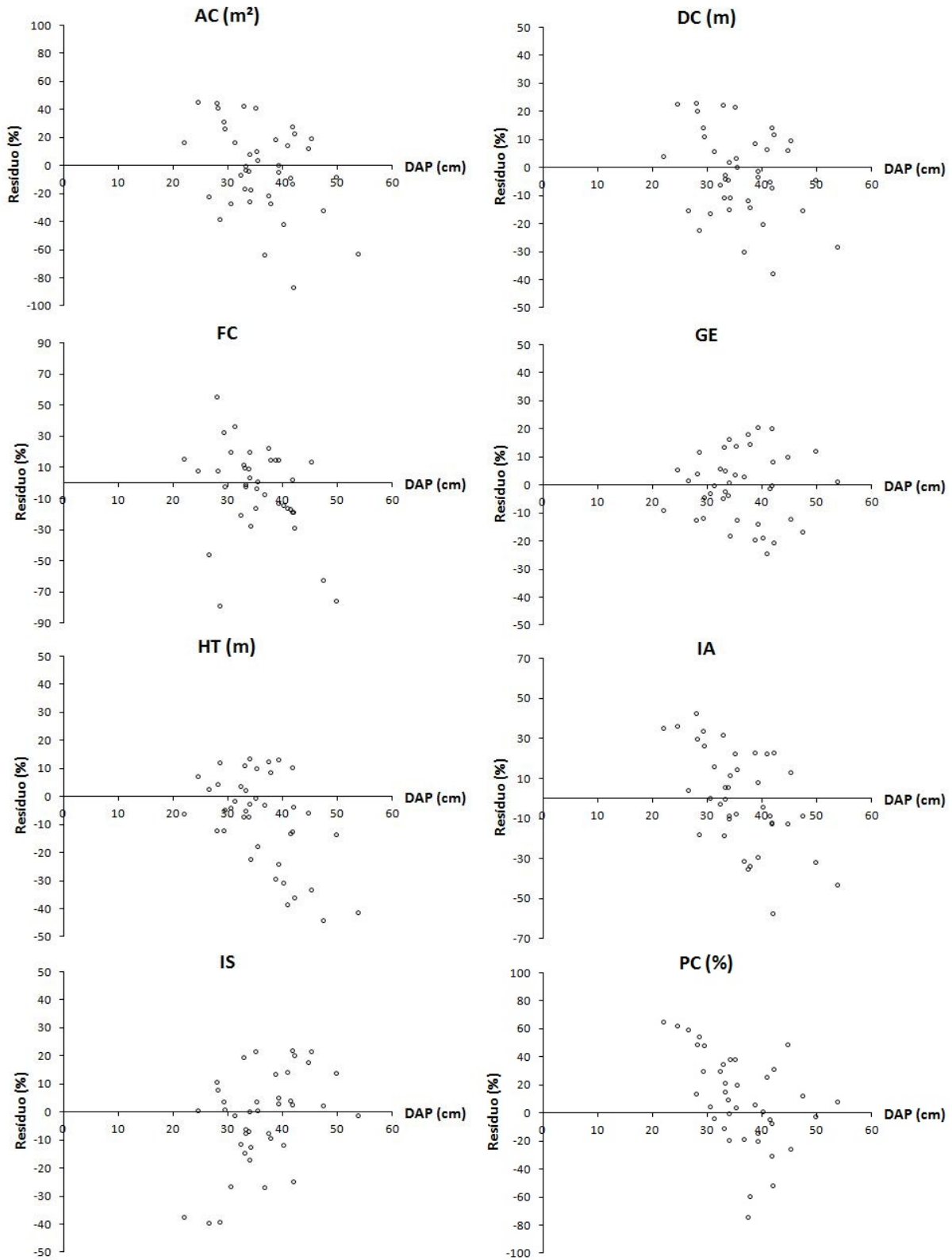


Figura 4. Dispersão dos resíduos em porcentagem para os modelos selecionados na estimação das relações morfométricas estudadas para a espécie Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.).



competição entre outras espécies, diferentes adubações, diferentes condições edáficas, diferentes espaçamentos e variabilidade genética intraespecífica. Outro fator importante é o baixo número de indivíduos coletados na amostragem do presente estudo, 25 indivíduos de Andiroba e 40 indivíduos de Castanha-do-Brasil.

Uma amostragem maior e a diferenciação de condições de campo poderiam levar a uma precisão mais alta das estimativas das equações morfométricas que conseqüentemente iriam proporcionar uma distribuição de resíduos mais próximos de zero.

CONCLUSÕES

As equações morfométricas ajustadas para as espécies Andiroba e Castanha-do-Brasil demonstraram ser precisas e eficientes na compreensão das variáveis morfométricas (AC, DC, FC, GE, HT, IS, IA, PC) em função do DAP.

O procedimento estatístico “stepwise” permitiu a seleção das melhores equações morfométricas das espécies estudadas nos SAF`s amostrados. Cabe ressaltar que fatores como: amostragem pequena de indivíduos, diferentes espaçamentos entre plantas, diferentes condições edáficas e variabilidade genética intraespecífica podem ter diminuído a precisão dos ajustes das equações morfométricas.

As equações morfométricas que apresentaram os melhores ajustes para a espécie Andiroba foram $DC = \beta_0 + \beta_1 (DAP^2) + \epsilon$ ($R^2_{aj} = 0,86$; $Sy_x = 0,698$) e $PC = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP^3) + \epsilon$ ($R^2_{aj} = 0,73$; $Sy_x = 6,771$). Para a Castanha-do-Brasil, os melhores ajustes foram obtidos pelas equações morfométricas $AC = \beta_0 + \beta_1 DAP^3 + \epsilon$ ($R^2_{aj} = 0,73$; $Sy_x = 20,407$) e $DC = \beta_0 + \beta_1 (DAP^2) + \epsilon$ ($R^2_{aj} = 0,67$; $Sy_x = 1,288$). A análise de distribuição dos resíduos em porcentagem permitiu a detecção de regiões

de subestimação e superestimação devido ao uso das equações ajustadas.

REFERÊNCIAS

- AGROFLORESTA. **Sistemas Agroflorestais**. Disponível em: <<http://www.agrofloresta.net/>>. Acesso em: 04/04/2012.
- ASSMAN, E. **Waldertargskunde**. München: Bayr. Landw, 1961. 490p.
- AZEVEDO, C.P. et al. **Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazônia Ocidental**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 39, p.5-29, 1999.
- BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. **Erosão do solo na Amazônia: Estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil**. Acta Amazonica, Manaus, v.30, n.4, p.601-613, 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA; Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA; Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA; Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. **Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais** – PENSAF. Brasília: MMA. 2006. 38p.
- BURGER, H. **Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, v.21, n. 1, p.147-176, 1939.
- 18DURLO, M. A. **Relações Morfométricas para Cabralea canjerana (well.) Mart**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149, 2001.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. **Morfometria de Cabralea canjerana, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.
- FEARNSIDE, P.M. **A floresta Amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA, 2003. 134p.
- FRANKE, I.L. et al. **Análise sócioeconômica dos agrosilvicultores do projeto de reflorestamento econômico consorciado e adensado (RECA), em Nova Califórnia, Rondônia**. Acre: EMBRAPA, 2005. 20p.



- HASENAUER, H. **Dimensional relationships of open-grown trees in Austria.** Forest Ecology and Management, v.96, p.197-206, 1997.
- HASENAUER, H.; MONSERUD, R.A. **A crown ratio model for Austrian forests.** Forest Ecology and Management, v.84, p.49-60, 1996.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de vegetação do Brasil.** Escala 1: 5.000.000. 2004.
- KAINER, K.A.; WADT, L.H.O.; STAUDHAMMER, C.L. **Explaining variation in Brazil nut fruit production.** Forest Ecology and Management, v.250, p.244-255, 2007.
- KLIMAS, C.A. et al. **Population structure of Carapa guianensis in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon.** Forest Ecology and Management, v.250, p.256-265, 2007.
- LEAN, J. et al. 1996 **The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics.** p. 549-576 In: GASH, J.H.C.; 19LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. Importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 301-310, 2003.
- NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VITORIA, R.L. (eds.) **Amazonian Deforestation and Climate.** Willey, Chichester, Reino Unido, 611p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** São Paulo: Instituto Plantarum, 1992. 368p.
- MENDONÇA, A.P.; FERRAZ, I. D. K. **Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil.** Acta Amazônica, Manaus, v. 37, n. 3, p. 353-364, 2007.
- MYERS, N. **The primary source: Tropical Forests and our Future.** New York: W.W.Norton, 1992. 416p.
- NUTTO, L. **Manejo do crescimento diamétrico de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual.** Ciência Florestal, v.11, p.9-25, 2001.
- REBRAF. **Rede Brasileira Agroflorestal.** Disponível em: <http://www.rebraf.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=26> Acesso em: 03/04/2012.
- ROMAN, M. et al. **Variáveis morfológicas e relações Interdimensionais para Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.19, n. 4, p. 473-480, 2009.
- SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica.** Belém: CIFOR/Imazon, 2005. 305p.
- 20TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F. **Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.
- TONINI, H. et al. **Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (Carapa guianensis Aubl), Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa Bonpl.), Ipê-roxo (Tabebuia avellanadae Lorentz ex Griseb) e Jatobá (Hymenaea courbaril L.).** Acta Amazônica, Manaus, v. 35, n. 3, p. 353-362, 2005a.
- TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI, P. E. **Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de Andiroba (Carapa guianensis Aubl.) no sul do estado de Roraima.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 247-255, 2009b.
- TONINI, H. et al. **Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfológicas da copa e índice de competição.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 11, p. 1509-1516, 2008c.
- WADT, L.H.O.; KAINER, K.A.; GOMES-SILVA, D.A.P. **Population structure and nut yield of a Bertholletia excelsa stand in Southwestern Amazonia.** Forest Ecology and Management, v.211, p. 371-384, 2005.
- ZUIDEMA, P.A.; BOOT, R.G.A. **Demography of the Brazil nut tree (Bertholletia excelsa) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics.** Journal of Tropical Ecology, v.18, p.1-31, 2002.