

# Modelos matemáticos para estimar a fitomassa foliar de guaçatonga (*Casearia decandra* Jacq.)

*Mathematical model to estimate guaçatonga (Casearia decandra Jacq.) leaf phytomass*

Milton Satoshi Matsushita<sup>[a]</sup>, Roberto Tuyoshi Hosokawa<sup>[b]</sup>, Cirino Corrêa Júnior<sup>[c]</sup>, Carlos Augusto Petersen Parchen<sup>[d]</sup>

<sup>[a]</sup> Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: matsushita@emater.pr.gov.br

<sup>[b]</sup> Engenheiro florestal Ph.D. em Engenharia Florestal, professor sênior do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: rth@japan.org.br

<sup>[c]</sup> Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural do Paraná (Emater), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: plamed@emater.pr.gov.br

<sup>[d]</sup> Engenheiro agrônomo, doutor em Ciências Florestais, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: carlosparchen@emater.pr.gov.br

## Resumo

O Estado do Paraná, considerado um grande produtor agrícola, apresenta substancial redução nas áreas de florestas nativas. Os fragmentos florestais localizados nos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, apresentam uma rica diversidade de produtos da sociobiodiversidade de uso medicinal. As principais espécies arbóreas da região são nativas, com destaque para uma espécie popularmente conhecida na região como guaçatonga (*Casearia decandra* Jacq.). Este trabalho objetivou calcular o peso da fitomassa foliar de guaçatonga sem eliminar as árvores, por meio de modelos matemáticos que estimam a produção de fitomassa foliar e o seu valor econômico, possibilitando a melhoria econômica e social nas propriedades familiares por meio de sua exploração periódica e seletiva, incentivando a manutenção e ampliação dos fragmentos florestais, reduzindo o impacto ambiental e garantindo a sustentabilidade dos sistemas de produção. Buscou-se ajustar modelos matemáticos para estimar a fitomassa foliar a partir de parâmetros dendrométricos. O modelo Schumacher modificado com as variáveis DAP e altura total demonstrou ser o mais adequado para estimar a fitomassa foliar em fragmentos florestais com plantas nativas de guaçatonga sem nenhum sistema de manejo, com uma variação acentuada na correlação entre DAP e altura total, enquanto o modelo Prodan modificado com a variável DAP demonstrou ser o melhor para ser utilizado em fragmentos florestais com plantas de guaçatonga manejadas, em que as plantas apresentam uma correlação entre DAP e altura total mais homogênea.

**Palavras-chave:** Fragmentos florestais. Plantas nativas. Plantas medicinais. Produtos da sociobiodiversidade.



## Abstract

*The state of Paraná, considered a huge agricultural producer, shows substantial reduction in native forest areas. Forest fragments located in the remnant of the mixed rainforest, present a rich diversity of socio-biodiversity products with medicinal purposes. The main tree species in the region are native, especially a local specie popularly known as guaçatonga (Casearia decandra Jacq.). This study aimed to calculate the weight of foliar biomass of guaçatonga without eliminating the trees, through mathematical models that estimate the foliar biomass production and its economic value, enabling economic and social improvement in family farms through its periodic and selective exploitation, encouraging maintenance and expansion of forest fragments, reducing environmental impact and ensuring the sustainability of production systems. It was tried to adjust mathematical models to estimate foliar biomass from dendrometric parameters. The Modified Schumacher model with the DAP variables and total height proved to be the most appropriate to estimate foliar biomass in forest fragments with native plants of guaçatonga without any management system, with a marked variation in the correlation between DAP and total height, while modified Prodan model with DAP variable was the best for use in forest fragments with managed plants of guaçatonga, in which the plants show a more homogeneous correlation between DAP and total height.*

**Keywords:** Forest fragments. Native plants. Medicinal plants. Socio-biodiversity products.

## Introdução

A sustentabilidade das atividades agropecuárias está diretamente relacionada com os impactos ambientais, econômicos e sociais provocados pelo uso e ocupação do solo e pelas suas práticas de manejo. O desenvolvimento rural sustentável depende das atividades e das técnicas desenvolvidas e aplicadas pelos produtores rurais, em que normalmente são contabilizados os custos econômicos das atividades, enquanto seus efeitos sobre a produção e as externalidades ambientais geradas no processo são pouco abordados.

De acordo com os dados apresentados por Andretta (2008), o Paraná com uma superfície de apenas 2,3 % do território nacional, é o principal estado agrícola do país e responde em média por 22% da produção de grãos e é o terceiro maior exportador do agronegócio. A preocupação do Estado com a preservação e recuperação dos recursos naturais já vem de longa data, em que o poder público paranaense vem desenvolvendo nos últimos 30 anos, com maior ou menor intensidade, políticas públicas voltadas ao uso, manejo e conservação do solo, água e florestas em microbacias hidrográficas. Essas iniciativas e seus bons resultados têm servido de estímulo e modelo para o desenvolvimento e implantação de diversos programas e/ou projetos em âmbito estadual, nacional e internacional (BERTOL et al., 2008).

A condição de grande produtor agrícola foi obtida pela ampliação de fronteiras agrícolas e do uso de alta tecnologia, resultando na substituição de áreas de florestas nativas contínuas por outras formas de uso da terra, formando fragmentos florestais interrompidos por estradas, pontes, represas, culturas agrícolas, pastagens e cultivos florestais, dentre outros.

Segundo o diagnóstico dos remanescentes de floresta com araucária no Estado do Paraná, organizado por Castella e Britez (2004), os fragmentos florestais, principalmente nos estágios médio e inicial, representam 94,34% dos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista existentes no Estado do Paraná.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, o Ministério do Meio Ambiente – MMA e o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome – MDS (BRASIL, 2009), a socio-biodiversidade expressa a inter-relação entre a diversidade biológica e a diversidade de sistemas socioculturais, enquanto que os produtos da socio-biodiversidade são bens e serviços (produtos finais, matérias-primas ou benefícios), oriundos de recursos da biodiversidade, gerando renda e promovendo a melhoria de sua qualidade de vida e do ambiente em que vivem.

Segundo Matsushita (2010), com base em informações dos materiais coletados e identificados em fragmento florestal, a Floresta Ombrófila Mista

possui uma rica diversidade de espécies com usos medicinais, amplamente utilizadas pela população. Com destaque para uma espécie arbórea com potencial econômico, utilizada na medicina popular, conhecida na região como guaçatonga (*C. decandra* Jacq.).

Os estudos realizados por vários autores apresentam a ocorrência de espécies do gênero *casearia* em diversas regiões do Estado do Paraná. Soares-Silva, Silva e Cavalheiro (2001) registraram a ocorrência da guaçatunga (*C. decandra* Jacq.), cambroé (*Casearia obliqua* Spreng.) e café-de-bugre (*Casearia sylvestris* Swartz.), em bosque urbano na cidade de Londrina (PR); Borghi et al. (2004) registraram a ocorrência de espeteiro (*Casearia gossypiosperma*) e guaçatunga (*C. decandra*) na Estação Ecológica do Caiuá no município de Diamante do Norte; Pedroso et al. (2007) identificaram a guaçatunga graúda (*Casearia lasiophylla* Eichler), Cafezeiro (*C. sylvestris* Sw.) e Guaçatonga (*C. decandra* Jacq.) no câmpus da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unioeste) no município de Irati.

Nos trabalhos com levantamento do número de árvores em valores absolutos (árvores/ha), verificaram-se uma grande concentração de guaçatonga em diversos fragmentos da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná.

Em estudo desenvolvido por Orellana (2009), na unidade de conservação Floresta Nacional (FLONA) de Irati, localizada nos municípios de Teixeira Soares e Fernandes Pinheiro, levantou-se o número de árvores com DAP maior ou igual a 10 cm. As espécies que apresentaram o maior número de árvores em valores absolutos foram erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*) (53 árvores/ha), araucária (*Araucaria angustifolia*) (42), canela-amarela (*Nectandra grandiflora*) (35), guaçatunga-branca (*Casearia decandra*) (34) e na 12ª posição a guaçatunga-preta (*Casearia sylvestris*) (14). Cordeiro e Rodrigues (2007) levantaram as espécies com maiores densidades absolutas em número de indivíduos no Parque Municipal das Araucárias em Guarapuava, sendo *Campomanesia xanthocarpa* (328 árvores/ha), *C. decandra* (194) e *A. angustifolia* (138). Na mesma região, a pesquisa de Kataoka-Silva (2006), realizada na fazenda Três Capões e Trindade, registrou as espécies *Ocotea porosa* (329 indivíduos), *Allophylus guaraniticus* (240), *Berberis laurina* (176) e *C. decandra* (168 indivíduos) como as mais numerosas.

Segundo Lorenzi (2002), a *C. decandra* Jacq., pertence a família Flacourtiaceae, conhecida pelos nomes populares de guaçatonga, guaçatunga, cambroé, pitumba e cafezeiro-do-mato. Possui recorrência em todo o Brasil, em várias formações florestais, desde o nível do mar até 1.000 m de altitude e possui altura de 4 a 10 m, enquanto que Marquete e Vaz (2007) citam alturas variando de 8 a 18 m, podendo variar entre 3 a 20 m.

Thadeo et al. (2009, p. 330):

[...] têm enfatizado as propriedades terapêuticas das espécies de *Casearia*, especialmente *C. sylvestris* e *C. decandra*, amplamente utilizadas na medicina popular como antisséptico e cicatrizante de doenças da pele (HOEHNE, 1939); como anestésico (HOEHNE et al., 1941); agente antitumorígeno (ITOKAWA et al., 1988; BOLZANI et al., 1999); antiofídico (BORGES et al., 2001) e contra úlcera (COIMBRA, 1958; BASILE et al., 1990).

[...] São citadas propriedades medicinais apenas para duas espécies do gênero, *C. decandra* e *C. sylvestris* (PIO CORRÊA, 1984; SIQUEIRA, 1981), sendo *C. sylvestris* a única espécie incluída na Farmacopeia Brasileira (SILVA, 1926) e que apresenta estudos amplos relacionados à folha (ABSY; SCAVONE, 1973), a grande maioria deles direcionados para sua natureza fitoquímica (SILVA; BAUER 1970, SILVA et al., 1988).

Autores consultados, como Kolbes (2007), Lorenzi (2002), Pedroso et al. (2007), Ramos (2008), Thadeo (2007) e Torres (2005) descrevem o uso da guaçatonga para fins ornamentais, madeira, lenha, carvão e na medicina popular: anestésico, antiofídico, antirreumático, antisséptico, cicatrizante, cordial, diurético, emoliente, hipolipemiante, hipotensor, resolutivo e tônico.

Ming (2002), no relato dos resultados na 1ª Reunião técnica de trabalho sobre estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas, considerou a guaçatonga como muito importante, relacionando-a entre as 24 espécies com prioridade alta no bioma Mata Atlântica, para pesquisa sobre sistema reprodutivo, biologia floral, diversidade genética, dinâmica de populações e cadeia produtiva.

A constatação da ocorrência e concentração nos pequenos fragmentos florestais da Floresta Ombrófila Mista, aliadas à diversidade de uso na medicina popular,

foram os indicativos para seleção da guaçatonga como objeto deste estudo.

Este trabalho justifica-se pela inexistência de meios de estimar a fitomassa foliar e analisar a viabilidade econômica da guaçatonga sem a necessidade de derrubar as plantas. Foram ajustados modelos matemáticos utilizando dados de medições dendrométricas para estimar e inventariar a fitomassa foliar, mantendo as árvores para coletas periódicas e o seu uso sustentável.

A pesquisa teve como objetivo ajustar modelos matemáticos para estimar a fitomassa foliar da copa (folhas e galhos verdes) de árvores individuais em pé de guaçatonga, em pequenos fragmentos florestais, definindo as variáveis mais significativas que ajustam aos melhores modelos de equações para estimar o peso da fitomassa da copa de guaçatonga, utilizando os parâmetros dendrométricos: circunferência a 130 cm do solo (CAP), diâmetro a 130 cm do solo (DAP), altura total da árvore (Ht), altura da copa (Hc), comprimento da copa (Cc), diâmetro da copa (Dc) e volume da copa (Vc).

## Materiais e métodos

### Caracterização da área

A pesquisa foi desenvolvida em um fragmento florestal em estágio médio de sucessão, localizado na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, no município de Araucária (PR), entre a Latitude 25°35'29" Sul e Longitude 49°27'06" Oeste com uma altitude entre 870 e 880 m acima do nível do mar. O fragmento está em uma área de distribuição natural da Floresta Ombrófila Mista (FOM), com significativos remanescentes neste estágio, importantes pela ocorrência natural e exploração de produtos da sociobiodiversidade florestal (plantas medicinais, aromáticas, ornamentais e artesanais), utilizados pelas comunidades locais e também comercializados por diversas empresas do setor.

O clima da região é do tipo Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, apresentando estações climáticas bem definidas, com chuvas distribuídas durante todo o ano, com inverno rigoroso e geadas severas e com umidade relativa do ar acentuada. A precipitação média anual fica entre 1.400 e 1.600 mm. A temperatura média anual é de aproximadamente 16,5 °C, com mínimas podendo atingir valores negativos inferiores a - 5 °C, e máximas superiores a 33 °C (IAPAR, 2000).

O fragmento está localizado em relevo ondulado a forte ondulado, possuindo solo com textura média a argilosa classificado como argissolo vermelho-amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999).

### Quantificação da fitomassa foliar

O censo das plantas foi realizado em um fragmento florestal de 10.100 m<sup>2</sup>, sendo identificadas 112 árvores de guaçatonga com circunferência a 1,30 m de altura (CAP), igual ou superior a 6,3 cm ou diâmetro a 1,30 m de altura (DAP) igual ou superior a 2 cm, adotando-se na sequência os seguintes procedimentos em cada árvore:

- a) Medição da circunferência a 1,30m do solo (CAP), altura total da árvore (Ht), altura da copa (Hc) e raio da copa (Rc);

A circunferência à altura do peito foi medida diretamente com fita métrica a 1,30 m do solo.

A altura total da árvore foi medida pela distância do solo até a última folha no extremo superior da copa e a altura da copa da árvore foi medida pela distância do solo até o primeiro ramo vivo da copa, ambos com uso de réguas graduadas e trena.

Os raios da projeção da copa (Rc) foram medidos com uso de trena em quatro pontos da árvore em forma de cruz, sendo duas medidas no mesmo nível do tronco, um no ponto superior e um no ponto inferior do terreno, iniciando por um ponto no mesmo nível do tronco, seguindo os demais no sentido horário.

- b) Cálculo do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), comprimento da copa (Cc);

O diâmetro da copa de cada árvore é o resultado da soma das medidas dos raios da projeção da copa dividido por dois:

$$Dc = (Rc1 + Rc2 + Rc3 + Rc4)/2 \quad (1)$$

O diâmetro a 1,30 m de altura (DAP) de cada árvore foi calculado dividindo-se o seu CAP por  $\pi$ , ou seja:

$$DAP = CAP/\pi \quad (2)$$

O comprimento da copa de cada árvore é o resultado da diferença entre altura total da árvore (Ht) e a altura da copa da árvore (Hc), ou seja:

$$C_c = H_t - H_c \quad (3)$$

- c) Coleta e pesagem (peso fresco) da fitomassa foliar da copa (folhas e galhos verdes);

A coleta de material (fitomassa foliar) foi realizada por meio de poda dos galhos com folhas, utilizando-se tesouras de poda, serrotes ou facão, causando o menor impacto para as plantas.

A pesagem (peso fresco) da fitomassa foliar foi realizada no campo logo após a colheita do material com balança digital, com divisão de 2 g.

- d) Secagem da fitomassa foliar em secador de bandejas;

A secagem da fitomassa foliar foi realizada no dia seguinte à coleta em um secador de bandejas disponibilizado pela empresa Chamel, localizada na microbacia Rio Verde em Campo Largo (PR), por um período de 6 horas a uma temperatura de 55 °C, objetivando reduzir a umidade final da fitomassa foliar para o máximo de 12%.

- e) Pesagem (peso seco) e coleta de uma subamostra de fitomassa foliar;

O peso seco da fitomassa foliar foi obtido dentro da estufa, por meio de pesagem individual de cada amostra, 12h após o término da secagem, com a mesma balança digital utilizada para obter o peso fresco da fitomassa foliar.

Uma subamostra de aproximadamente 100 g de fitomassa foliar seca de cada árvore foi separada,

embalada e encaminhada ao laboratório da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para determinação da umidade.

- f) Determinação do teor de umidade da fitomassa foliar de cada árvore no laboratório da Universidade Federal do Paraná (UFPR);

- g) Cálculo do peso seco com teor de umidade de 12% (Ps12%) da fitomassa foliar de cada árvore.

O teor de umidade determinado em laboratório apresentou variação para cada amostra. O peso seco da produção de fitomassa foliar de cada árvore foi ajustado para o teor de umidade de 12%.

Geração de modelos matemáticos para estimar a fitomassa foliar da copa de guaçatonga

Os modelos foram ajustados por regressões não lineares, gerados por meio do software Statistica 5.0 da StatSoft, determinando a variável dependente (peso seco da fitomassa foliar com 12% de umidade) a partir do uso de variáveis independentes.

## Resultados e discussão

Os dados obtidos a partir de 112 árvores de guaçatonga apresentaram as informações demonstradas na Tabela 1:

A grande variabilidade entre as plantas de guaçatonga é refletida em seus dados dendrométricos pelos altos valores dos desvios padrões e dos coeficientes de variação.

**Tabela 1** - Dados dendrométricos coletados de 112 plantas de guaçatonga, Araucária, PR (2010)

Amostra	Hc (cm)	Ht (cm)	Cc (cm)	Dc (cm)	Vc (cm <sup>2</sup> )	DAP (cm)	PS12% (g)
Média	334,6	495,2	160,6	200,7	17.239,6	4,0	613,3
Menor valor	89,0	266,0	30,0	89,0	2.296,5	2,2	109,1
Maior valor	747,0	881,0	585,0	452,0	58.810,6	7,8	1.605,9
Desvio padrão	126,4	147,2	81,3	54,0	10.157,4	1,3	364,1
Coefficiente de variação (%)	37,8	29,7	50,6	26,9	58,9	31,6	59,4

Fonte: Dados de pesquisa.

Os modelos matemáticos foram gerados com a utilização da mesma base de dados, alterando os coeficientes e as variáveis independentes, e a sua relação na formulação do modelo. Os resultados definem os modelos com seus valores de coeficientes: valor final resultante da somatória dos resíduos entre o valor observado e o previsto elevado ao quadrado, proporção da variância explicada, grau de correlação entre as variáveis e erro existente para cada modelo.

$$\text{Valor final} = \sum \text{Resíduos}^2$$

$$\text{Erro (\%)} = \frac{(\sqrt{\text{Valor final} / (n^\circ \text{ plantas} - n^\circ \text{ coeficientes})})}{PS12\% \text{ médio} \times 100}$$

Os 24 modelos desenvolvidos a partir de software são apresentados de forma resumida (Quadro 1), facilitando a visualização, a interpretação dos resultados e a definição dos melhores modelos para a estimativa do peso seco com 12% de umidade da fitomassa foliar de guaçatonga.

A guaçatonga, espécie arbórea nativa, apresentou uma grande variabilidade de peso, altura total, altura da copa, diâmetro do tronco a 1,30 m de altura e diâmetro da copa entre as plantas coletadas em um mesmo fragmento florestal.

Os coeficientes de determinação variaram entre 0,04357780 a 0,68350146, ou seja, apresentaram grande variação e foram distantes de 1,0, indicando que os modelos matemáticos para a guaçatonga

**Quadro 1** - Modelos para cálculo da fitomassa foliar de guaçatonga

Modelo com coeficientes e variáveis	Modelo com valores dos coeficientes	Variável independente	Proporção da variância explicada	R (coeficiente de correlação)	Erro (%)
$Ps12\% = a + (b \times Dap) + c \times (Dap)^2$	$y = (-338,46) + (236,409) \times x + (0,13854) \times (x)^2$	Dap	0,68060889	0,82499024	33,86
$Ps12\% = a + (b \times Hc) + c \times (Hc)^2$	$y = (1300,94) + (-4,7323) \times x + (0,007009) \times (x)^2$	Hc	0,21703511	0,46587028	53,02
$Ps12\% = a + (b \times Dc) + c \times (Dc)^2$	$y = (552,38) + (-2,0549) \times x + (0,010967) \times (x)^2$	Dc	0,21297274	0,46148969	53,16
$Ps12\% = a + (b \times Ht) + c \times (Ht)^2$	$y = (946,845) + (-2,0415) \times x + (0,00254) \times (x)^2$	Ht	0,13150513	0,36263636	55,84
$Ps12\% = a + (b \times Vc) + c \times (Vc)^2$	$y = (409,577) + (0,011157) \times x + (0,284)^{-2} \times (x)^2$	Vc	0,12120106	0,34813942	56,17
$Ps12\% = a + (b \times Cc) + c \times (Cc)^2$	$y = (506,57) + (0,44268) \times x + (0,011) \times (x)^2$	Cc	0,04559577	0,21353167	58,54
$Ps12\% = a + (Dap)^b$	$y = (394,106) + (x)^{3,56921}$	Dap	0,57796866	0,76024250	38,75
$Ps12\% = a + (Dc)^b$	$y = (107,711) + (x)^{1,17297}$	Dc	0,18798316	0,43357025	53,75
$Ps12\% = a + (Vc)^b$	$y = (107,711) + (x)^{0,603069}$	Vc	0,11271729	0,33573395	56,18
$Ps12\% = a + (Ht)^b$	$y = (205,965) + (x)^{0,968704}$	Ht	0,10103391	0,31785831	56,55
$Ps12\% = a + (Hc)^b$	$y = (364,17) + (x)^{0,94978}$	Hc	0,05377296	0,23188997	58,02
$Ps12\% = a + (Cc)^b$	$y = (459,272) + (x)^{0,991898}$	Cc	0,04357780	0,20875296	58,33
$Ps12\% = a + b \times (Dap)^2 \times Ht$	$z = (268,782) + (0,034676) \times (x)^2 \times y$	Dap; Ht	0,56465261	0,75143370	39,36
$Ps12\% = a + b \times (Dap)^2 \times Hc$	$z = (339,151) + (0,043106) \times (x)^2 \times y$	Dap; Hc	0,48325206	0,69516333	42,88
$Ps12\% = a + b \times (Dap)^2 \times Cc$	$z = (410,237) + (0,066431) \times (x)^2 \times y$	Dap; Cc	0,33699075	0,58050905	48,57
$Ps12\% = a + b \times (Dc)^2 \times Ht$	$z = (351,528) + (0,121)^{-4} \times (x)^2 \times y$	Dc; Ht	0,22972028	0,47929143	52,35
$Ps12\% = a + b \times (Dc)^2 \times Hc$	$z = (389,256) + (0,155)^{-4} \times (x)^2 \times y$	Dc; Hc	0,19347290	0,43985554	53,57
$Ps12\% = a + b \times (Dc)^2 \times Cc$	$z = (408,454) + (0,285)^{-4} \times (x)^2 \times y$	Dc; Cc	0,18554002	0,43074356	53,83
$Ps12\% = a \times (Dap)^b \times (Ht)^c$	$z = (33,9616) + (x)^{1,48213} \times (y)^{0,128317}$	Dap; Ht	0,68350146	0,82674147	33,71
$Ps12\% = a \times (Dap)^b \times (Hc)^c$	$z = (52,6578) + (x)^{1,49069} \times (y)^{0,060041}$	Dap; Hc	0,67903809	0,82403767	33,95
$Ps12\% = a \times (Dap)^b \times (Cc)^c$	$z = (63,8521) + (x)^{1,48428} \times (y)^{0,033071}$	Dap; Cc	0,67768817	0,82321818	34,02
$Ps12\% = a \times (Dc)^b \times (Ht)^c$	$z = (0,266318) + (x)^{0,948956} \times (y)^{0,437485}$	Dc; Ht	0,21918268	0,46816950	52,95
$Ps12\% = a \times (Dc)^b \times (Hc)^c$	$z = (0,815405) + (x)^{1,02697} \times (y)^{0,203079}$	Dc; Hc	0,19319493	0,43953945	53,82
$Ps12\% = a \times (Dc)^b \times (Cc)^c$	$z = (1,39069) + (x)^{1,03382} \times (y)^{0,1196}$	Dc; Cc	0,18946303	0,43527351	53,95

Fonte: Dados de pesquisa.

apresentam baixa proporção da variância explicada, característico das plantas nativas com desenvolvimento espontâneo.

Os modelos gerados apresentaram uma grande variação em seus índices relacionados à proporção da variância explicada, ao grau de correlação entre as variáveis e ao erro existente para cada modelo.

Os melhores modelos apresentaram índices muito próximos para estimar a variável dependente (peso seco com 12% de umidade). O modelo Schumacher modificado com uso das variáveis independentes DAP e altura total, resultou na proporção da variância explicada = 0,6835, R = 0,8267 e erro de regressão = 33,71%.

Modelo Schumacher modificado (Gráfico 1):

$$Ps12\% = a \times (Dap)^b \times (Ht)^c$$

- a) Dados de entrada no software Statistica 5.0:
- Variáveis independentes = DAP - Diâmetro altura de 1,30 m (cm) e Ht - Altura total (cm)
- b) Resultados gerados pelo software Statistica 5.0:
- Modelo:  $Ps12\% = (33,9616) \times (Dap)^{1,48213} \times (Ht)^{0,128317}$
  - Valor final: 4.658.089,484272
  - Proporção da variância explicada: 0,68350146
  - R = 0,82674147
  - Erro = 33,71%

- DAP médio (cm) = 4,0247; Ht médio (cm) = 495,2054; PS12% médio (g) = 613,2524

O modelo de Prodan modificado com uso da variável independente DAP ao quadrado resultou na proporção da variância explicada = 0,6806, R = 0,8250 e erro de regressão = 33,86%.

Modelo Prodan modificado (Gráfico 2):

- a) Dados de entrada no software Statistica 5.0:
- Variável independente = DAP - Diâmetro altura de 1,30 m (cm)
- b) Resultados gerados pelo software Statistica 5.0:
- Modelo:  $Ps12\% = (-338,46) + (236,409) \times Dap + (0,13854) \times (Dap)^2$
  - Valor final: 4.700.661,090288
  - Proporção da variância explicada: 0,68060889
  - R = 0,82499024
  - Erro = 33,86%
  - DAP médio (cm) = 4,0247; PS12% médio (g) = 613,2524

Com o objetivo de facilitar o entendimento e a utilização pelos agricultores, geraram-se tabelas que permitem estimar a produção de massa seca a partir do levantamento da circunferência à altura de 1,30 m - CAP (Tabela 2), com base no modelo modificado de Prodan, e por meio da combinação de informações da CAP e altura total (Tabela 3) baseada no modelo modificado de Schumacher.

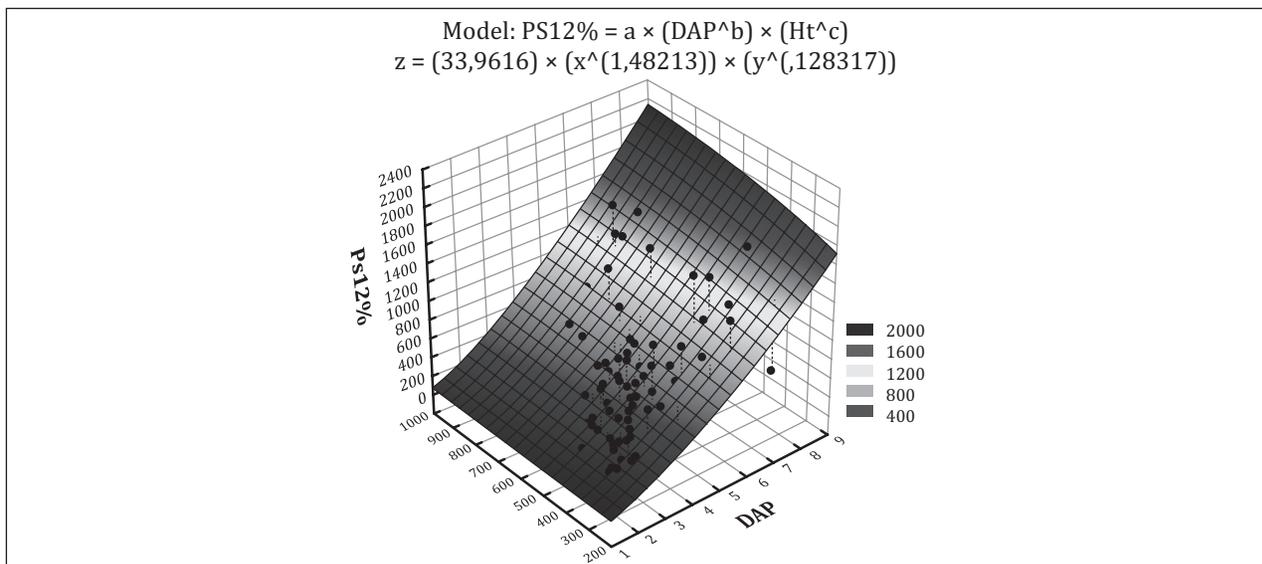
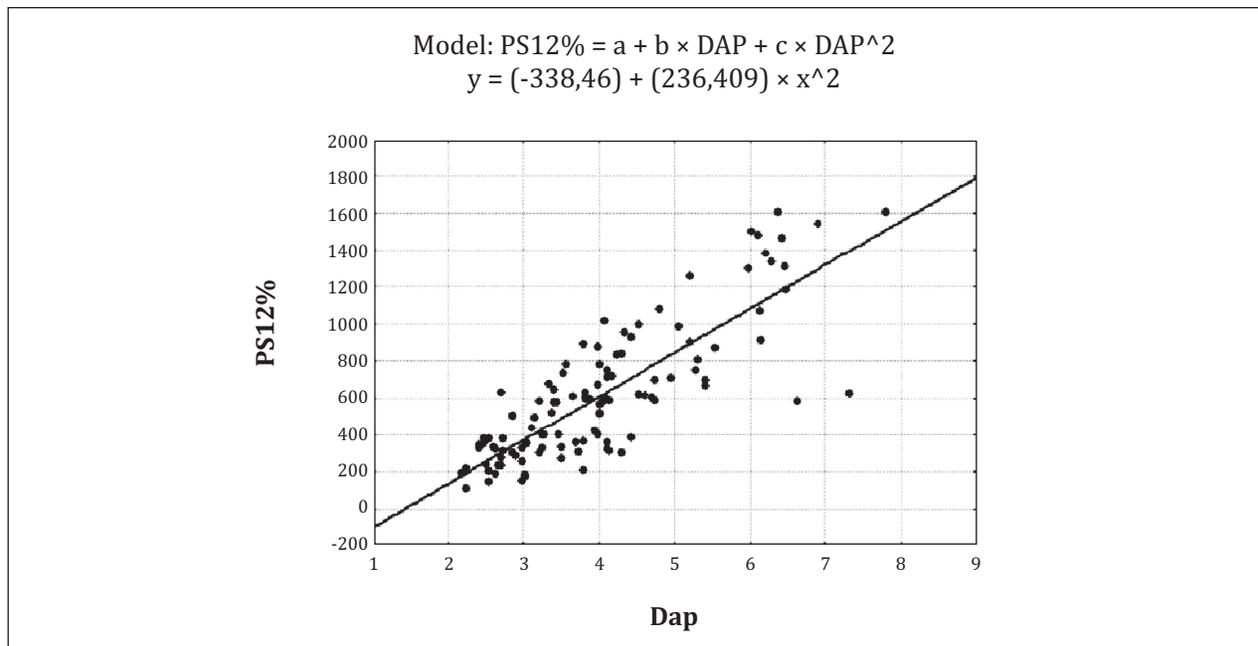


Gráfico 1 - Correlação entre Ps12%, DAP e Ht no modelo Schumacher modificado

Fonte: Dados da pesquisa.



**Gráfico 2** - Correlação entre Ps12% e DAP no modelo Prodan modificado

Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 2** - Relação entre CAP e Ps12% de fitomassa foliar de guaçatonga

CAP(cm)	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0
PS12% (g)	113	339	565	791	1.017	1.242	1.468	1.694	1.920	2.146	2.372	2.598	2.825	3.051

Fonte: Dados de pesquisa.

**Tabela 3** - Relação ente CAP, Ht e Ps12% de fitomassa foliar de guaçatonga

CAP (cm) Ht (m)	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0
1,0	160	292	447	622	815	1.024	1.249	1.487	1.738	2.002	2.277	2.564	2.862	3.170
2,0	175	319	489	680	891	1.120	1.365	1.625	1.900	2.188	2.489	2.803	3.128	3.465
3,0	184	336	515	716	939	1.180	1.438	1.712	2.001	2.305	2.622	2.952	3.295	3.650
4,0	191	349	534	743	974	1.224	1.492	1.776	2.076	2.392	2.721	3.063	3.419	3.787
5,0	197	359	549	765	1.002	1.259	1.535	1.828	2.137	2.461	2.800	3.152	3.518	3.897
6,0	201	367	562	783	1.026	1.289	1.571	1.871	2.187	2.519	2.866	3.227	3.602	3.989
7,0	205	375	574	799	1.046	1.315	1.603	1.908	2.231	2.570	2.923	3.291	3.674	4.069
8,0	209	381	584	812	1.064	1.338	1.630	1.941	2.270	2.614	2.974	3.348	3.737	4.139
9,0	212	387	593	825	1.081	1.358	1.655	1.971	2.304	2.654	3.019	3.399	3.794	4.202
10,0	215	392	601	836	1.095	1.377	1.678	1.998	2.336	2.690	3.060	3.446	3.846	4.260
11,0	218	397	608	846	1.109	1.394	1.698	2.022	2.364	2.723	3.098	3.488	3.893	4.312
12,0	220	401	615	856	1.121	1.409	1.718	2.045	2.391	2.754	3.133	3.527	3.937	4.360
13,0	222	406	621	865	1.133	1.424	1.735	2.066	2.415	2.782	3.165	3.564	3.977	4.406
14,0	224	409	627	873	1.144	1.437	1.752	2.086	2.439	2.809	3.195	3.598	4.015	4.448

Fonte: Dados de pesquisa.

A Tabela 2 possibilita estimar a produção de cada planta a partir da medida de sua CAP sem a necessidade de realizar cálculos sofisticados, apenas cruzando as informações da CAP com o Ps12% ou, quando necessário, realizando interpolações. Recomenda-se utilizar a tabela em fragmentos florestais com plantas de guaçatonga manejadas, em que as plantas apresentam uma correlação entre CAP e altura total mais homogênea.

Com a Tabela 3, o agricultor pode estimar a produção de cada árvore cruzando a medida de sua CAP com a altura total. Utiliza-se a tabela em fragmentos florestais com plantas nativas de guaçatonga sem nenhum sistema de manejo, em que existe uma variação acentuada na correlação entre CAP e altura total.

## Conclusões

Os modelos matemáticos permitem estimar a produção de fitomassa foliar com base em dados dendrométricos, principalmente CAP e altura total, agilizando o processo de levantamento de plantas nativas de guaçatonga existentes nos fragmentos florestais.

Além disso, tais modelos facilitam aos agricultores familiares estimar a produção e a renda por meio de uso de tabelas simples e de fácil aplicação, sem necessidade de cálculos sofisticados.

A espécie apresenta uma grande variabilidade natural que pode ser demonstrada pela variância explicada entre 0,0435 e 0,6835, grau de correlação entre relativamente baixos (0,2087 a 0,8267), enquanto que o erro foi elevado (variando entre 33,71% a 58,60%).

O modelo Schumacher modificado, com utilização das variáveis DAP e altura total, demonstrou ser o mais adequado para estimar a fitomassa foliar em fragmentos florestais com plantas nativas de guaçatonga, sem nenhum sistema de manejo, com uma variação acentuada na correlação entre DAP e altura total. Já o modelo Prodan modificado, com a utilização da variável DAP demonstrou ser o mais adequado para estimar a fitomassa foliar em fragmentos florestais com plantas de guaçatonga manejadas, em que as plantas são mais homogêneas em relação a sua altura. O modelo permite, com adaptações, a sua utilização em outras espécies arbóreas medicinais.

## Referências

- ANDRETTA, G. M. A. C. **Valor bruto da produção agropecuária paranaense de 2006**. Curitiba: SEAB; DERAL; DEB, 2008.
- BERTOL, O. J. (Org.). **Programa de Gestão Ambiental Integrada em Microbacias – PGAIM**. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento do Paraná, 2008.
- BORGHI, W. A. et al. Caracterização e avaliação da mata ciliar à montante da hidrelétrica de Rosana, na Estação Ecológica do Caiuá, Diamante do Norte, PR. **Cadernos da Biodiversidade**, v. 4, n. 2, p. 9-18, 2004.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, Ministério do Meio Ambiente – MMA e Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome – MDS. **Plano Nacional de promoção das cadeias de produtos da sociobiodiversidade**. Brasília, 2009.
- CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M. **A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de floresta ombrófila mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 545-554, 2007. doi:10.1590/S0100-67622007000300020.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. Londrina, 2000. CD-ROM.
- KATAOKA-SILVA, A. M. **Florística e efeito de borda em fragmentos da floresta ombrófila mista na região de Guarapuava, PR**. 2006. 91 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.
- KOLBES, C. V. **Plantas medicinais**. 63. ed. Francisco Beltrão: ASSESSOAR, 2007.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum Ltda., 2002.
- MARQUETE, R.; VAZ, A. M. S. F. O gênero *Casearia* no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Rodriguésia**, v. 58, n. 4, p. 705-738, 2007.

- MATSUSHITA, M. S. **Espécies da sociobiodiversidade vegetal de um fragmento do bioma Floresta Ombrófila Mista e ajuste do modelo matemático para estimativa de fitomassa foliar de guaçatonga (*Casearia decandra* Jacq.)**. 2010. 140 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- MING, L. C. Mata Atlântica. In: VIEIRA, R. F. et al. (Ed.). **Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas: resultados da 1ª reunião técnica**. Brasília: Embrapa; Ibama; CNPq, 2002. p. 61-78.
- ORELLANA, E. **Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de floresta ombrófila mista**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2009.
- PEDROSO, K. et al. Levantamento de plantas medicinais arbóreas e ocorrência em Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, v. 3, n. 1, p. 39-50, 2007.
- RAMOS, A. J. K. (Coord.). **Plantas com potencial medicinal na floresta nacional de Canela e comunidades do entorno, Canela, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS; UERGS, 2008.
- SOARES-SILVA, L. H.; SILVA, F. C.; CAVALHEIRO, A. L. Inventário florístico e revitalização do bosque da associação dos funcionários municipais de Londrina. **Brasil Florestal**, v. 20, n. 70, p. 22-31, 2001.
- THADEO, M. **Anatomia foliar de espécies de flacourtiaceae (Sleumer 1980)**. 2007. 108 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- THADEO, M. et al. Anatomia e histoquímica das estruturas secretoras da folha de *Casearia decandra* Jacq. (Salicaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 2, p. 329-338, 2009. doi:10.1590/S0100-84042009000200012.
- TORRES, P. G. V. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: uma abordagem prática para o dia-a-dia**. Porto Alegre: Editora Rígel, 2005.

Recebido: 09/11/2011

Received: 11/09/2011

Aprovado: 14/03/2013

Approved: 03/14/2013