

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (8)

August 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13820201013>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&p=view&path%5B%5D=1013&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Avaliação morfológica de *Bertholletia excelsa* comparando diferentes métodos

Morphological evaluation of *Bertholletia excelsa* comparing different methods

C. B. M. Farias¹; A. Arrolho¹; M. C. M. da Silva¹; R. R. Cruz¹; L. P. N. Ramos¹; S. A. M. Souza¹

¹ Universidade do Estado do Mato Grosso

Author for correspondence: cynthia_bmf@hotmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho é realizar a morfometria foliar e da planta adulta de *B. excelsa* pelo método tradicional e comparar com análise de imagem processadas via programa *ImageJ*. Foram capturadas 30 imagens de castanheiras obtidas com uso de máquina fotográfica da marca Sony GPS Avchd progressive, num plantio comercial, localizado entre as coordenadas 9.89974°S e 56.32221°W. As imagens foram analisadas quanto à altura total, largura da copa (DC), altura do diâmetro do peito (DAP). Todas as mensurações foram realizadas com o uso do programa *ImageJ*. As análises estatísticas foram realizadas com programa *Sigmaplot*. Foram coletadas folhas de *B. excelsa* de forma aleatória e medidas quanto ao comprimento e largura de forma manual com o auxílio de uma régua. A área foliar dessas 50 folhas foi estimada pelo integrador de área foliar LI-COR®. Para as análises por meio de imagem digital foram tiradas 50 fotos com o auxílio de máquina fotográfica da marca Sony GPS Avchd progressive, usando uma plataforma de Fenotipagem a 50cm de altura com uma escala pré-definida. As imagens das folhas da castanheira foram analisadas quanto ao comprimento (CP) e largura (L) em cm. Todas as mensurações foram realizadas com o uso do programa *ImageJ* e as análises com programa *Sigmaplot*. Os dados obtidos através das imagens digitais podem-se perceber que as plantas tiveram médias de 26.04 metros de altura, 12.87 metros de largura de copa e 0.80m de diâmetro na altura do peito. A relação entre a largura da copa e o DAP permite o cálculo do número máximo de árvores por hectare. Os dados apurados do somatório das médias do comprimento das folhas de castanheira pelo método tradicional foram de 1575,1 cm, muito próximo dos valores encontrados para o método de imagem digital via câmera fotográfica de 1562,39 cm. Para a variável largura da folha o somatório via paquímetro digital foi de 547,1cm e imagem digital 541,05 cm. O resultado obtido nesse estudo é possível afirmar que existem relações significativas entre todas as variáveis analisadas para a espécie *B. excelsa*. Onde a relação do crescimento da copa com aumento da altura da planta é proporcionalmente equivalente.

Palavras chaves: Castanheira, imagem digital, morfometria, paquímetro.

Abstract: The objective of this work is to perform the leaf and adult morphometry of *B. excelsa* by the traditional method and to compare with image analysis processed using the *ImageJ* program. 30 images of chestnut trees were captured using a Sony GPS Avchd progressive camera, in a commercial plantation, located between the coordinates 9.89974°S and 56.32221°W. The images were analyzed for total height, canopy width (DC), chest diameter height (DBH). All measurements were made using the *ImageJ* program. Statistical analyzes were performed using the *Sigmaplot* program. Leaves of *B. excelsa* were collected at random and measured for length and width manually with the aid of a ruler. The leaf area of these 50 leaves was estimated by the LI-COR® leaf area integrator. For the analysis by means of digital image, 50 photos were taken with the aid of a Sony GPS Avchd progressive camera, using a 50 cm high Phenotyping platform with a predefined scale. The images of the chestnut leaves were analyzed for length (CP) and width (L) in cm. All measurements were performed using the *ImageJ* program and the analyzes with the *Sigmaplot* program. The data obtained through digital images can be seen that the plants averaged 26.04 meters in height, 12.87 meters in canopy width and 0.80m in diameter at breast height. The relationship between the canopy width and the DAP allows the calculation of the maximum number of trees per hectare. The data obtained from the sum of the average length of chestnut leaves by the traditional method were 1575.1 cm, very close to the values found for the digital image method via a 1562.39 cm camera. For the variable leaf width, the sum via digital caliper was 547.1 cm and digital image 541.05 cm. The result obtained in this study is possible to state that there are significant relationships between all variables analyzed for the species *B. excelsa*. Where the ratio of canopy growth to increased plant height is proportionally equivalent.

Keywords: Chestnut, digital image, morphometry, caliper

Introdução

Com o passar dos anos poucas espécies vegetais tiveram sucesso no seu estabelecimento em áreas que sofreram interferência humana na Amazônia, estando sujeitas diretamente as ações dos ventos fortes, situações de estresses e microclima alterado (Moran et al., 2000; Santos Jr. et al., 2006).

Dentre as espécies que vem sobrevivendo em áreas alteradas na Amazônia destaca-se a castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), uma espécie pertencente à família Lecythidaceae, nativa da região Amazônica, que apresenta ampla aceitação no mercado nacional e internacional, principalmente pela qualidade e valor de suas amêndoas (Ribeiro et al., 1999).

A Castanha-do-Brasil é uma espécie semidecídua, heliófila que ocorre em toda a região Amazônica, tendo como habitat preferindo matas de terra firme (Loureiro & Silva, 1968; Loureiro et al., 1979; Van Rijsoort et al. 2003).

É uma planta social devido a sua frequência em certos ambientes é relacionada com outras espécies florestais de grande porte. Os locais de concentração das Castanheiras são chamados de reboleiras. Podendo chegar a ter até 100 indivíduos (Coelho et al., 2005).

O crescimento das árvores depende de fatores como a disponibilidade dos recursos ambientais, espaço físico, edáficos, topográficos, fatores de competição, tamanho e constituição genética da espécie, cada um destes fatores afeta diretamente o seu desenvolvimento (Poorter e Bongers, 1993).

Estudos experimentais de Tonini (2008) mostram como a castanheira se desenvolve consideravelmente bem nos plantios abertos com alta exposição de luminosidade. A preservação das castanheiras deve ser adotada principalmente em áreas de aumento da ampliação agrícola no sentido de se manter a conservação do germoplasma existente "in situ", com menores custos, permitindo que existam áreas de refúgios e alimentação para animais silvestres (Camargo, 1997; Simon, 2010).

Segundo Silva et al., (1987) a conservação da diversidade genética da espécie *B. excelsa* é considerada prioridade, por ser uma espécie de gênero monoespecífico. O conhecimento da variação genética de espécies naturais contribui com informações para a promoção da espécie em sistemas de cultivo regionais (Costa et al., 2011).

Assim sendo primordial a criação de estratégias de conservação dos recursos genéticos para o fornecimento de potenciais genitores em programas de melhoramento florestal e o intercâmbio de material genético entre pesquisadores (Costa et al., 2011).

De acordo com Burger (1939) o conhecimento das relações morfométricas e o acompanhamento da dinâmica das formas de crescimento das árvores tornam-se indispensáveis para melhorar as técnicas de intervenções silviculturais, principalmente quando se deseja

tornar efetivo o uso de espécies florestais nativas em áreas de reflorestamentos com interesses econômicos.

Ainda conforme Orellana e Koehler (2008), Durló (2001), o estudo das relações morfométricas de uma espécie florestal fornece informações básicas para estimar a biomassa da copa, como: altura e diâmetro total da árvore, da copa e altura do peito, além de permitir prever o espaçamento necessário para o seu desenvolvimento em um grupo de indivíduos e fazer inferências sobre a produtividade de cada planta.

Para Benincasa (1988), há diferentes métodos, para se estimar a área foliar, a maioria com alto grau de precisão. Os métodos destrutivos exigem a retirada da folha ou outras estruturas. Nos métodos não destrutivos, as medidas são tomadas na planta, sem necessidade de remoção de estruturas, preservando sua integridade e permitindo a continuidade das medições na mesma planta (Benincasa, 1988).

Existem na literatura vários métodos de determinação de área foliar, sendo os mais utilizados: o método por discos foliares, o método de dimensões foliares e o método por equipamento medidor LI-COR® e imagens digitalizadas (Adami et al., 2008).

O processamento de imagens digitais vem sendo utilizado, nas mais diversas áreas da ciência, e apresenta grande perspectiva na quantificação da análise de doenças e na mensuração do dossel das plantas. As imagens digitais têm sido obtidas a partir de "scanners", câmeras fotográficas ou câmeras de vídeo (Juliatti. et al., 2013).

Visando contribuir com informações para implantação de futuros programas de melhoramento genético florestal, este vem realizar a morfometria foliar e da planta adulta de *B. excelsa* pelo método tradicional e comparar com análise de imagem processadas via programa *ImageJ*.

Métodos

Foram capturadas 30 imagens de castanheiras foram obtidas com uso de máquina fotográfica da marca Sony GPS Avchd progressive, num plantio comercial da espécie, localizado entre as coordenadas 9.89974°S e 56.32221°W.

A análise das imagens foi realizada no laboratório de Didática II, na Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reys Maldonado - UNEMAT, Alta Floresta - MT.

As imagens das castanheiras foram analisadas quanto à altura total, largura da copa (DC), altura do diâmetro do peito das plantas (DAP). Todas as mensurações foram realizadas com o uso do programa *ImageJ* (Figura 1).

O software *ImageJ* foi aberto, carregou-se a sequência de imagens a serem analisadas em "File>import>Image Sequence", escolhendo a pasta as imagens foram salvas, em seguida selecionando uma das imagens, clicou-se em "Abrir".

Realizou-se a calibração da escala de medida selecionando-se a ferramenta "Straight"

(seleção de linha reta) e marcando o objeto da imagem com medida conhecida. Feito isso, clicou-se em “Analyze” e depois em “Set Scale”. No campo “Known distance” foi digitado a distância correspondente ao objeto de medida conhecida (0,5). No campo “Unit of length” a opção do padrão de medida (m), e aplicado para a imagem.

Primeiro clicou-se em “Analyze”-“Set measurements” e selecionando a opção “Display

label”. Empregando a ferramenta “Straight”, foram mensuradas as características, selecionando a distância correspondente à altura. Depois disso, clicou-se em tecla M para a obtenção dessa medida, os valores obtidos foram copiados e colados na planilha do Excel. Esse processo se repetiu por 30 vezes, o número total da amostra (Figura 1).

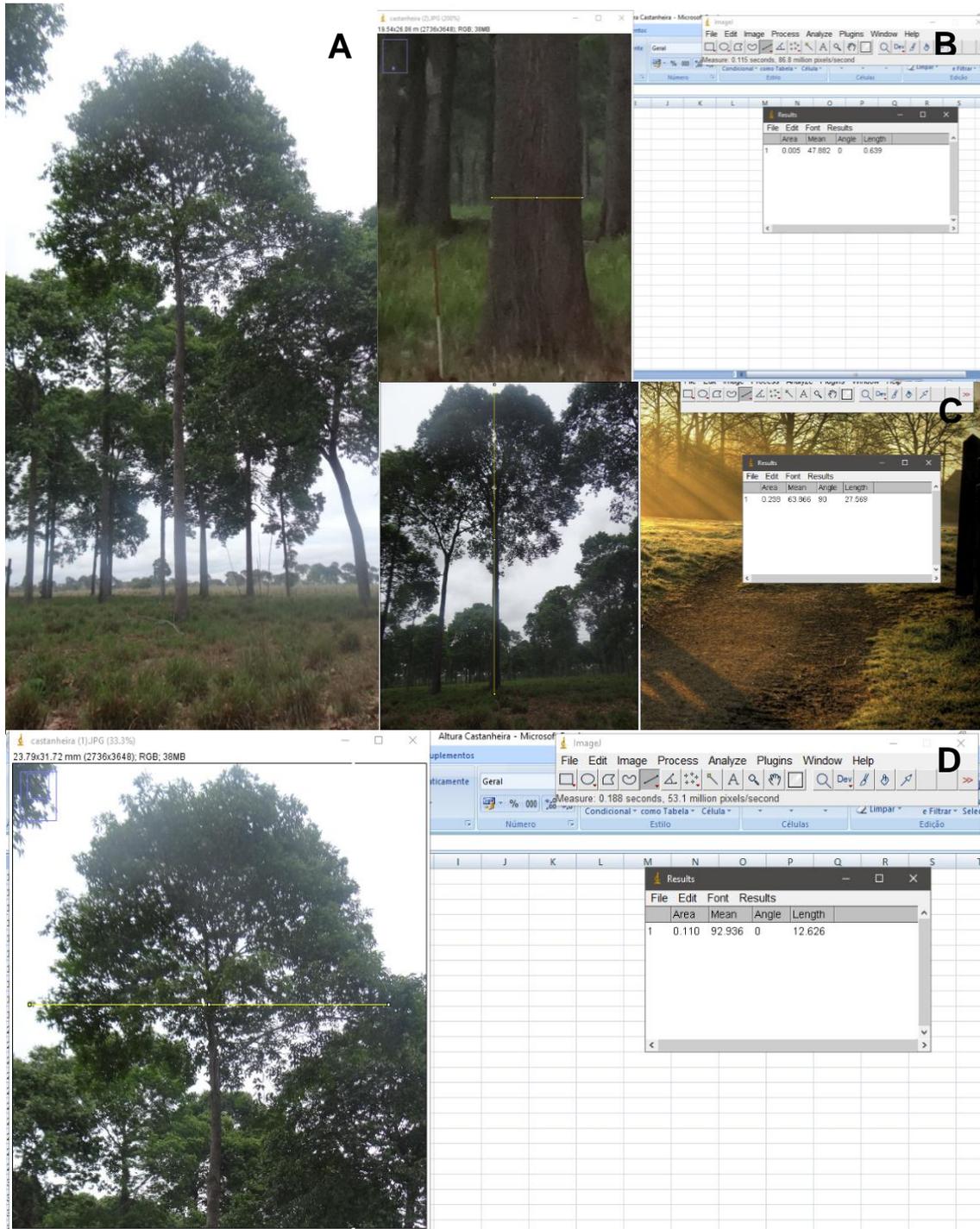


Figura 1. Imagem obtida por meio de câmera digital (A) e análise em programa Sigma Plot quanto a altura de planta (B), largura da copa (C) e altura do diâmetro do peito (D).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Sigmaplot e analisadas via estatística descritiva para estimativa das medidas de tendência central (média) e de

dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação). Além dessas análises, foram empregadas as análises de correlação e regressão, análises de correlação de variação e também foi calculado o Erro Médio Relativo, usando a fórmula:

$$Erro = \left[\frac{\bar{X}_m - \bar{X}_i}{\bar{X}_m} \right] \times 100$$

Em que:

\bar{X}_m = média da característica utilizando a metodologia padrão

\bar{X}_i = média da característica utilizando análise de imagem

Foram coletadas folhas de *Bertholletia excelsa* de forma aleatória de um plantio comercial localizado na fazenda Caiabi, no município de Alta Floresta/MT. Foram aferidas as medidas de 50 folhas quanto ao comprimento e largura de forma manual com o auxílio de uma régua no laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos na Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reys Maldonado - UNEMAT, Alta Floresta - MT.

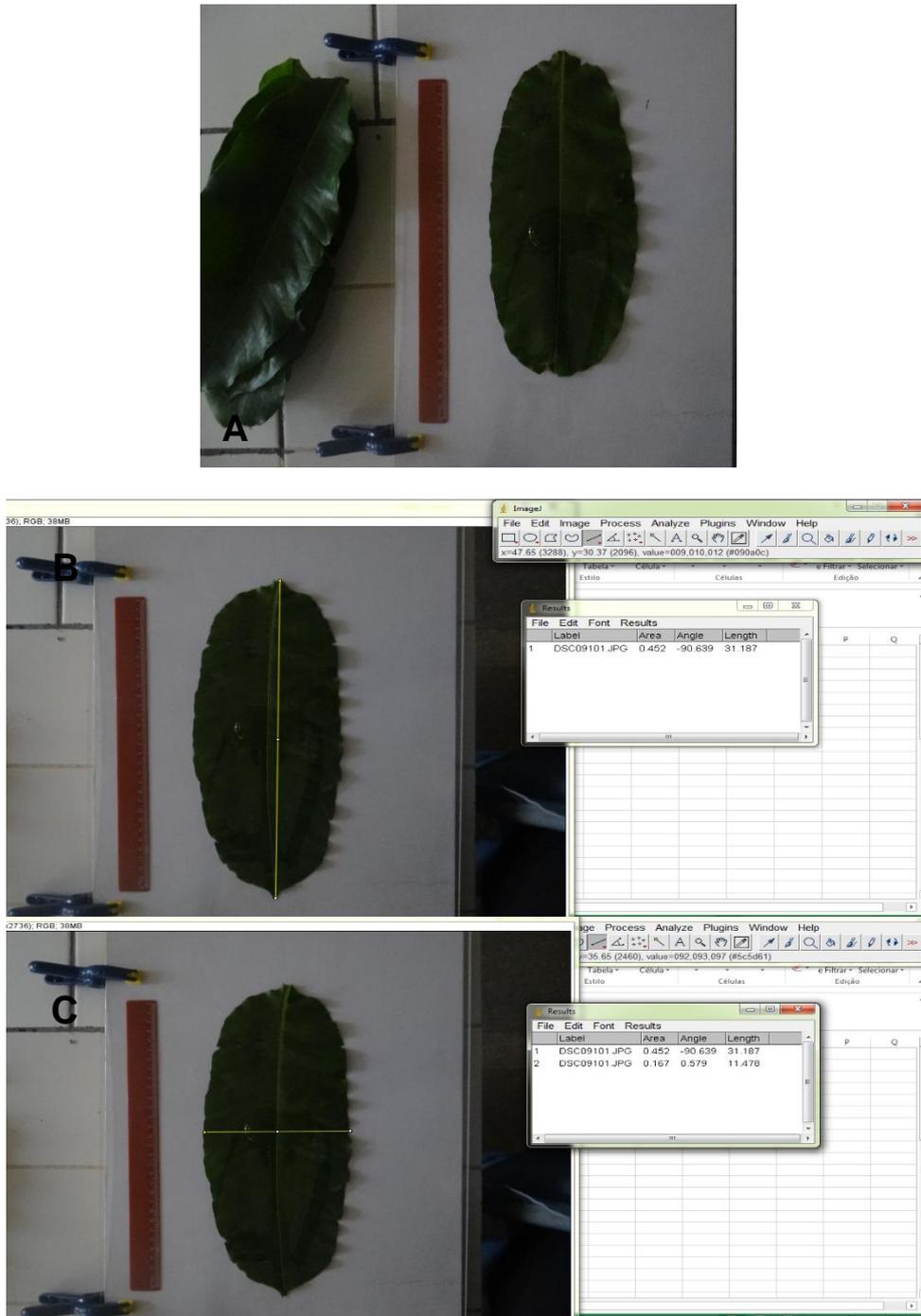


Figura 2. (A) Imagem obtida por meio de câmera digital em plataforma de Fenotipagem com escala pré definida, (B) análise em programa Sigma Plot quanto ao comprimento da folha e (C) largura em cm.

A área foliar dessas 50 folhas foi estimada pelo integrador de área foliar LI-COR®, no laboratório de Tecnologia de Sementes e Matologia no mesmo campus universitário da acima citada.

Para as análises por meio de imagem digital foram tiradas 50 fotos com o auxílio de máquina fotográfica da marca Sony GPS Avchd progressive, usando uma plataforma de Fenotipagem a 50cm de altura com uma escala pré definida (Figura 2)

As imagens das folhas da castanheira foram analisadas quanto ao comprimento (CP) e largura (L) em cm. Todas as mensurações foram realizadas com o uso do programa ImageJ.

O software ImageJ foi aberto, carregou-se a sequência de imagens a serem analisadas em "File>import>Image Sequence", escolhendo a pasta as imagens foram salvas, em seguida selecionando uma das imagens, clicou-se em "Abrir".

Realizou-se a calibração da escala de medida selecionando-se a ferramenta "Straight" (seleção de linha reta) e marcando o objeto da imagem com medida conhecida. Feito isso, clicou-se em "Analyze" e depois em "Set Scale". No campo "Known distance" foi digitado a distância correspondente ao objeto de medida conhecida (1). No campo "Unit of length" a opção do padrão de medida (cm), e aplicado para a imagem.

Primeiro clicou-se em "Analyze"- "Set measurements" e selecionando a opção "Display label". Empregando a ferramenta "Straight", foram mensuradas as características, selecionando a distância correspondente ao comprimento. Depois disso, clicou-se em tecla M para a obtenção dessa medida, novamente a ferramenta "Straight" foi selecionada e realizou-se a medida da largura da folha, logo em seguida clicou-se em tecla M, os valores obtidos foram copiados e colados na

planilha do Excel. Esse processo se repetiu por 50 vezes, o número total da amostra (Figura 2).

Resultados e discussão

A obtenção de dados sobre o material genético de *Bertholletia excelsa* Bonpl. é de grande importância para a elaboração de programas de melhoramento florestal e conservação *in situ* podendo contribuir para o desenvolvimento socioeconômico na região Centro Oeste do Brasil, por meio do fornecimento de produtos com novas propriedades.

A técnica de medir árvores uma por uma é dita de dendrometria, derivada do grego dendron e metria, significa árvore e mensuração. Portanto dendrometria refere-se à ciência das dimensões das árvores, objetivando determinar o volume florestal e prognosticar com acurácia o estoque e o incremento florestal.

Existem duas maneiras para se realizar as mensurações das árvores, com medidas diretas e indiretas. Na direta as dimensões da árvore são tomadas diretamente na árvore. As medições indiretas dependem do uso de métodos óticos e/ou de instrumentos para determinar o valor a ser mensurado.

Conforme Durlo e Dernardi (1998), uma questão importante para adquirir informações das espécies florestais é as dimensões da copa, para saber o espaçamento de uma árvore para outra, estimando assim o número máximo de indivíduos em um plantio, além de poder fazer previsões sobre produtividade, vitalidade e estabilidade das plantas.

De acordo com os dados obtidos através das análises de imagens digitais pode-se perceber que as plantas tiveram médias de 26.04 metros de altura, 12.87 metros de largura de copa e 0.80m de diâmetro na altura do peito (Tabela1).

Tabela 1. Média de tendência para *Bertholletia excelsa* Bonpl via análise de imagem obtida por câmera digital, visando obter valores quanto a altura total da planta, largura da copa, e altura do diâmetro do peito em metros.

Medidas de tendências	Altura total (m)	Largura da copa(m)	Altura do diâmetro do peito (m)
Somatório	781.43	386.33	24.06
Média	26.04	12.87	0.80
Desvio Padrão	3.72	3.55	0.17
CV (%)	14.28	27.58	21.80

Conforme Tonini & Verde (2005) a razão entre DC e DAP indicou que as copas da castanheira são cerca de 50 vezes maiores que o DAP, isto significa que o espaço entre plantas deve ser maior para a castanheira do que para as andiroba, ipê-roxo e jatobá.

Concordando com o autor supracitado existe uma tendência linear relacionado que

conforme se aumenta a largura da copa também ocorre o aumento da largura do caule (Figura 4C).

O entendimento da relação entre a largura da copa e o DAP permite o cálculo do número máximo de árvores por hectare, quando certa distribuição de diâmetros é desejada.

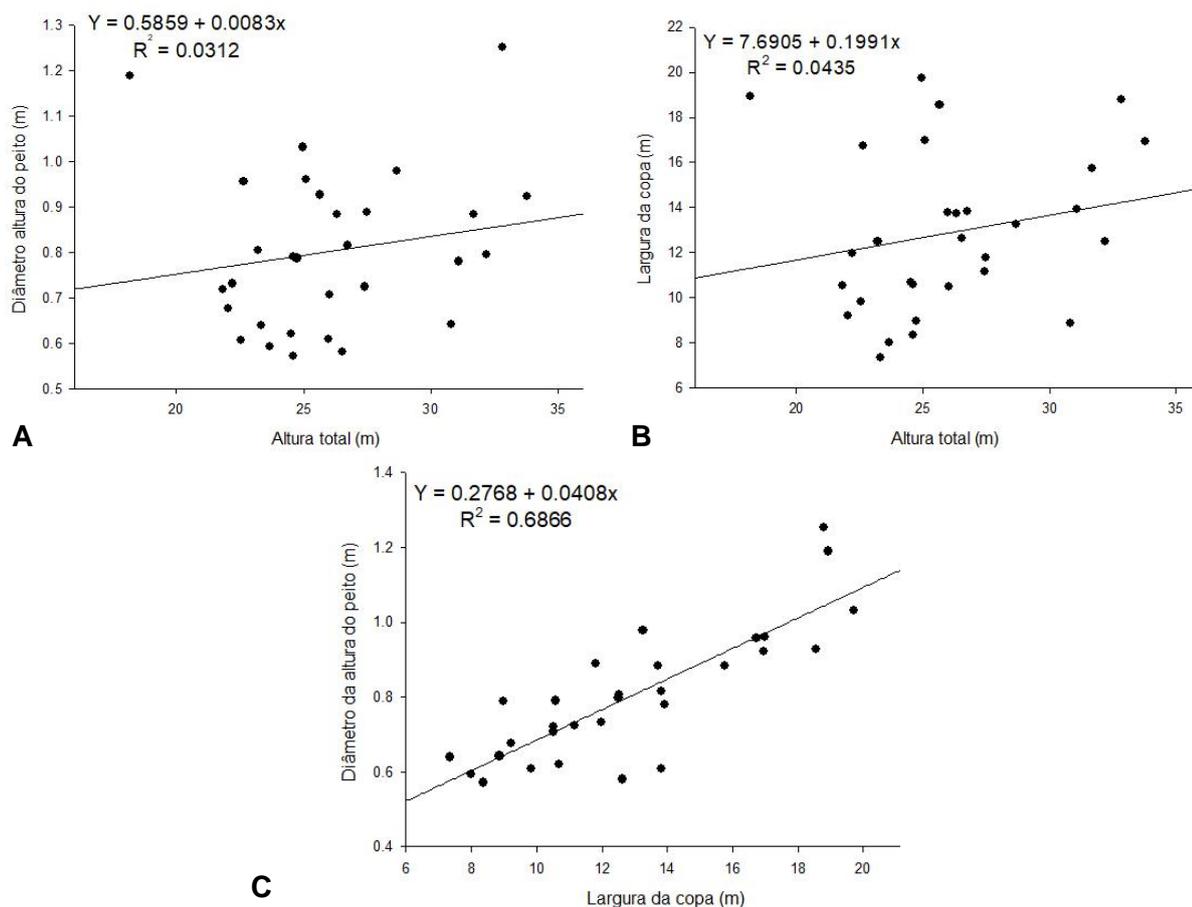


Figura 4: Estimativa da altura total de *B. excelsa* pelo diâmetro da altura do peito utilizando a metodologia de análise de imagem digital (A), altura total da planta pela largura total da copa(B), relação da largura da copa pelo diâmetro do caule na altura do peito - DAP (C).

Concordando com Denardi, (1998) que a razão entre o comprimento de copa e altura total da copa em porcentagem também é conhecido como a proporção de copa (PC) e indica a fração (%) que a copa abrange em relação à árvore. Quanto maior a porcentagem de copa, tanto mais vital e produtiva é esta.

A mensuração do comprimento e largura é um importante indicador da eficiência fotossintética e quanto maior a área foliar maior será também a capacidade de absorção de radiação solar e, conseqüentemente, a produção final (Nunes et al. 2006).

Pelos dados apurados o somatório das médias do comprimento das folhas de castanheira pelo método tradicional foi de 1575,1 cm, muito

próximo dos valores encontrados para o método de imagem digital via câmera fotográfica de 1562,39 cm. Para a variável largura da folha o somatório via paquímetro digital foi de 547,1cm e imagem digital 541,05 cm, vide tabela 2.

Na análise de regressão (R^2) linear o coeficiente de determinação foi significativo a 1% ($p \geq 0,01$), onde os pontos mais se ajustam na reta. Na figura 5, observa-se no gráfico que o coeficiente de determinação (R^2) obtido a partir dos dois métodos de estimar as características avaliadas.

Para a variável comprimento o coeficiente de determinação ficou em $R^2 = 0,98$ e para a largura $R^2 = 0,97$, sendo esses valores satisfatórios para o ajuste da reta aos pontos (Figura 5).

Tabela 2. Média de tendência para *Bertholletia excelsa* Bonpl via análise de imagem obtida pelo método tradicional e via câmera digital, visando obter valores quanto ao comprimento e largura da folha em cm.

Medidas de tendências	Método tradicional		Via imagem digital	
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Largura (cm)
Somatório	1575,1	547,1	1562,39	541,05
Média	31,50	10,94	31,24	10,82
Desvio Padrão	5,99	1,69	5,81	1,71
CV (%)	19,02	15,50	18,61	15,82
Erro	0,81	1,11	-	-

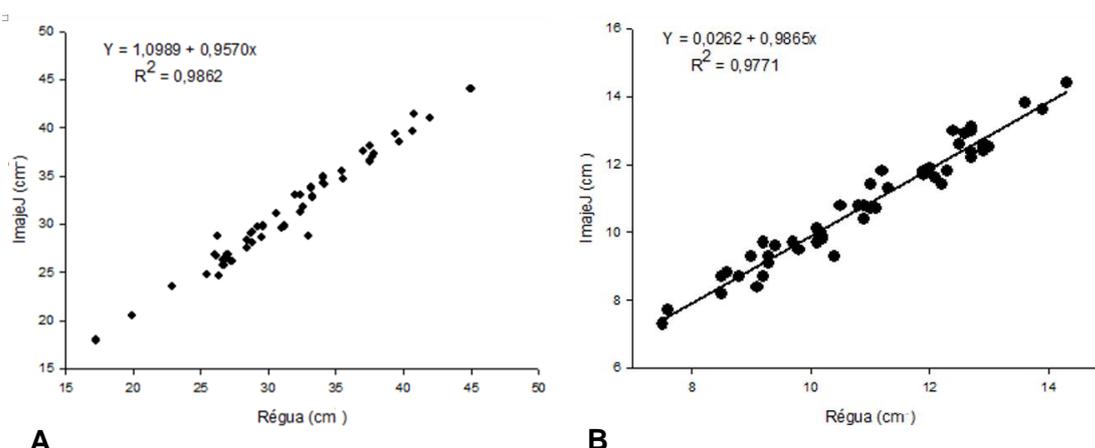


Figura 5: Comparação do comprimento da folha pelo método tradicional e via imagem digital (A). Comparação da largura da folha pelo método tradicional e via imagem digital (B).

O coeficiente de correlação de Person (r) permitiu quantificar o grau de associação entre os dois métodos de avaliação para comprimento da folha ($r = 0,97$) e para largura ($r = 0,95$), onde p foi significativo a 1% ($p >= 0,01$). De acordo com os valores do coeficiente de determinação (R^2) e do coeficiente de correlação de Person (r) pode-se inferir que esses dois critérios podem ser utilizados com eficiência para esse tipo de análise.

Os estudos em várias áreas necessitam da estimativa da área foliar, comprimento e largura, ao longo do ciclo de cultivo. A área foliar é um aspecto importante na análise da eficiência fotossintética dos vegetais, na caracterização de prejuízos bióticos e abióticos, na investigação do crescimento, relacionado ao acúmulo de matéria seca, metabolismo do vegetal, produtividade final, qualidade e maturação das culturas (Busato et al., 2009).

Diante dos resultados do presente estudo pode-se inferir que a análise do comprimento e largura das folhas é de suma importância para estudos de fisiologia das plantas, evolução, melhoramento genético, entre outros, já que o método alternativo de imagens obtidas via câmera digital pode ser utilizado nesse tipo de avaliação, por ser facilmente realizado.

Conclusão

De posse dos resultados obtidos nesse estudo é possível afirmar que existem relações significativas entre todas as variáveis analisadas, altura total da planta, diâmetro da copa e diâmetro da altura do peito para a espécie *B. excelsa*. Onde conforme existe crescimento da copa, aumentam o DAP e a altura da planta proporcionalmente.

O método alternativo de imagens digitalizadas via câmera digital, com o auxílio do programa ImageJ se mostrou eficiente na estimativa do comprimento e largura das folhas de *B. excelsa*

Bonpl. quando comparado com o método tradicional via paquímetro.

Referências

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; DE FARIA, R. T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. *Bragantia*, v. 67, n. 4, p.1053-1058, 2008.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: UNESP - Câmpus de Jaboticabal, 1988. 41p.

BURGER, H. Baum krone und zuwachs in zweihei ebsreifenfichten beständen. *Mitteilungen der Schweizerischen. Ans taltfür das ForstlicheVersuchswesen*, v.21, p.147-176, 1939.

BUSATO, C.; FONTES, P. C. R.; BRAUN, H.; BUSATO, C. C. M. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 702-708, 2010.

CAMARGO, I. P. Estudos sobre a propagação da Castanha-do-Brasil. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras. Lavras, p. 127.1997.

COELHO, M. F. B.; SANTOS, G. M. dos; ALVES, H. S.; TANNURI, A. M.; VELASCO, L. N.; SONOHATA, M. M.; PERES, J. M. de S.; PEIXOTO, F. B.; MUNIZ, C. A. S. PROGRAMA INTEGRADO DA CASTANHA (PIC): Coleta e comercialização da Castanha-do-Brasil pelos Rikbaktsa e Zoró. Cuiabá-MT: FAMEV/UFMT, 63p. (Primeiro Relatório – Produtos), 2005.

COSTA, T. S.; SILVA, A. V. C.; LÉDO, A. S.; SANTOS, A. R. F.; SILVA-JÚNIOR, J. F. S. Diversidade genética de acessos do banco de

- germoplasma de mangaba em Sergipe. Pesquisa Agropecuária brasileira, Brasília, v.46, n.5, p.499-508, 2011.
- DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal, v.8, p.55-56, 1998.
- 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.5566. 1998
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. Santa Maria, Ciência Florestal, v.11, p. 141-150, jun. 2001.
- JULIATTI, F.C.; CRATO, F.F.; JULIATTI, F.C.; COUTO, K.R.; B.C.M. Escala diagramática para avaliação da severidade de mofo branco em soja. Biosci. J., Uberlândia. v. 29, n. 3, p. 676-680, 2013.
- LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. da; ALENCAR, J. da C. Essências florestais madeireiras da Amazônia. Manaus. INPA. v. 1. 245p. 1979.
- LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. da; Catálogo de madeiras da Amazônia. Belém: SUDAM. v. 1. 433 p. 1968.
- MORAN, E. F.; FALESI, I. Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazonia. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 139, n. 1-3, p.93-108, 2000.
- NUNES, J. C. S.; FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, E. F.; SEDIYAMA, C. Crescimento da batateira e absorção de macronutrientes influenciados pelos sistemas de preparo de solo e irrigação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1787-1792, 2006.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorífera* (Vell). Rohwer. Curitiba, 2.ed. Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais, v. 6, p. 229-237, 2008.
- POORTER, L.; BONGERS, F. Ecology of tropical forests. Wageningen: Agricultural University, p.223. 1993.
- RIBEIRO, J. E. L. et al. Flora da reserva Duke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firma na Amazônia Central. Manaus: INPA, 816p.1999.
- SANTOS JUNIOR, U. M.; GONCALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photo synthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in Central Amazonia. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 226, n. 1-3, p. 299–309, 2006.
- SILVA, M. F. F.; ROSA, N. A.; OLIVEIRA, J. Estudos botânicos na área do Projeto Ferro Carajás. 5 - Aspectos florísticos da mata do Rio Gelado, Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica p. 20, 1987.
- SIMON, M. F. Manual de curadores de germoplasma -vegetal: conservação *in situ*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 322, Colombo, 14 p., 2010.
- TONINI, H. Relation ship of Brazil nut seed yield to crown morphometric char Acteristics and competition indexes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, p.1509-1516, 2008.
- TONINI, H. & VERDE, M. F. A. 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.
- VAN RIJSOORT, J; UGUETO, S.; ZUIDEMA, P. Almendro (*Bertholletia excelsa*): Estructura de poblacione nun bosque tropical y crecimiento de plântulas em diferentes intensidades de luz. In: POORTER, L. (Ed.). Investigaciones ecológicas, forestales y socioeconômicas em el norte de la Amazônia Boliviana. Riberalta: PROMAB, p. 23- 27, 2003.