

# ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE ÁREA FOLIAR EM GENÓTIPOS DE CACAU

## COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF DETERMINING LEAF AREA IN COCOA GENOTYPES

Sallis Nazareth dos SANTOS<sup>1</sup>; Rafael Costa DIGAN<sup>1</sup>; Marco Antonio Galeas AGUILAR<sup>2</sup>; Carlos Alberto Spaggiari SOUZA<sup>2</sup>; Diego Guimarães PINTO<sup>3</sup>; Claudio Sergio MARINATO<sup>4</sup>; Taynara dos Santos ARPINI<sup>1</sup>

1. Biólogo Egresso da Faculdade de Ciências Aplicadas “Sagrado Coração”. sallishs@hotmail.com. 2. Pesquisador Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC/ESFIP), Linhares, ES, Brasil; 3. Biólogo, Mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo, Ibatiba, ES, Brasil; 4. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo-IFES, Ibatiba, ES, Brasil;

**RESUMO:** O conhecimento da área foliar é uma ferramenta importante na análise do crescimento e desenvolvimento vegetal. Desse modo, objetivou-se comparar os métodos, integrador de área foliar, *software* DDA, *software* ImageJ e de medição das dimensões foliares, visando definir o fator de correção mais adequado para estimar a área foliar de genótipos cacau. O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental Filogônio Peixoto no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições em arranjo fatorial 4 x 8, sendo 4 métodos de avaliação de área foliar e oito genótipos de cacau (Variedade Comum; TSH 1188; Catongo; CCN 51; ICS 1; ESFIP 02; SJ 02 e PH 16). Os resultados foram submetidos a análises de variância e correlação e as médias comparadas pelo teste Tukey 5%. Não houve diferença entre os métodos de determinação de área foliar, sendo constatada correlação positiva entre os métodos DDA, ImageJ e Dimensões foliares com o método do integrador de área foliar (padrão), com valores dos coeficientes de correlação (r) superiores a 0,98. Os genótipos TSH 1188, Catongo e CCN 51 apresentaram maior área foliar média. Os métodos testados mostraram-se viáveis para estimar área foliar do cacaueiro com precisão, contudo, foram encontrados três grupos de fatores de correção, sendo  $K = 0,682$  para os genótipos SJ 02 e Variedade Comum,  $K = 0,670$  para os genótipos CCN 51, Catongo, TSH 1188 e ICS 01 e  $K = 0,655$  para os genótipos ESFIP 02 e PH 16.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Theobroma cacao* L. Análise de crescimento. Métodos não destrutivos.

### INTRODUÇÃO

O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é uma espécie tropical perene, pertencente à família Malvaceae (SOUZA; LORENZI, 2005), cujo centro de origem é a bacia Amazônica. É uma fruteira de grande importância sócio-econômica para o Brasil, o qual se destaca pelo consumo do seu principal derivado, o chocolate e também pela utilização da manteiga de cacau pelas indústrias farmacêuticas e cosméticas. Além disso, da sua polpa é extraído o mel de cacau, do qual se obtém produtos como o vinho, vinagre e a geléia (SOUZA; DIAS, 2001).

A busca pelo aprimoramento das práticas de cultivo cacau e o aparecimento da doença vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*), responsável por causar danos em até 90% da produção, tem despertado interesse de pesquisas que avaliam além da produtividade, resistência, principalmente características de crescimento do cacaueiro (AGUILAR et al., 2009, 2010; SOUZA et al., 2011; VALE et al., 2011; PINTO et al., 2012). Entre os parâmetros de crescimento, podemos destacar a análise da área foliar, pois esta se relaciona com a atividade fotossintética, crescimento, resposta aos

tratos culturais, exigências nutricionais, entre outras (BIANCO et al., 2003).

Considerando a necessidade de utilização de métodos mais simples, rápidos e não destrutivos para determinação de área foliar, diversos autores tem relacionado à área foliar de muitas plantas com uma ou mais dimensões foliares das mesmas, deduzindo daí equações e constantes utilizáveis em futuras estimativas (SILVA et al., 2002; PARTELLI et al., 2006). Nesse contexto, a determinação da área foliar para o cacaueiro torna-se relevante, especialmente quando se utiliza métodos não destrutivos como o de medição das dimensões foliares. Além disso, pesquisas que venham a utilizar a área foliar como um parâmetro de análise, no cacaueiro é empregado um fator de correção equivalente a 0,66, mas não é possível determinar com exatidão se esta constante é válida para a cultura do cacau, uma vez que não se encontram na literatura dados que confirmem o mesmo e nem publicações referentes à aplicabilidade de metodologias utilizadas em análises da área foliar.

Desta forma, o presente estudo tem por objetivo comparar os métodos, integrador de área foliar, *software* Determinador Digital de Áreas -

DDA, *software* ImageJ e de medição das dimensões foliares, visando definir o fator de correção mais adequado para estimar a área foliar de genótipos cacau.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental Filogônio Peixoto (ESFIP), pertencente ao Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), órgão de pesquisa da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) situada as margens da rodovia BR 101, no município de Linhares, estado do Espírito Santo, (19°24'55''S e 40°03'53''W), com altitude média de 28 metros, temperatura média anual de 23°, solo tipo Latossolo Vermelho- Amarelo Distrófico e o clima da região segundo a classificação de Koppen é Aw- Clima Tropical Úmido com Estação Chuvosa no Verão e Seca no Inverno.

As folhas íntegras, homogêneas e sem deformações foram obtidas aleatoriamente da parte mediana de plantas adultas de oito genótipos de cacau pertencentes ao banco de germoplasma da Estação Experimental Filogônio Peixoto (ESFIP), sendo eles: Variedade Comum; TSH 1188; Catongo; CCN 51; ICS 1; ESFIP 02; SJ 02 e PH 16. A escolha destes genótipos se deve, dentre outros aspectos, ao fato de estarem mais adaptados às condições locais e a maioria ser recomendado pela CEPLAC para o plantio no Espírito Santo. Após coleta, as folhas foram levadas no mesmo dia para o laboratório da ESFIP onde procedeu as análises da área foliar.

Primeiramente a área foliar foi estimada manualmente com o auxílio de uma régua milimetrada pelo método de medição das dimensões foliares, em que foi medido o maior comprimento e a maior largura de cada folha, onde foi desconsiderado o pecíolo das folhas, multiplicando-se pelo fator de correção 0,66. Em seguida a área foliar foi mensurada pelos métodos digitais *software* DDA (FERREIRA et al., 2008) e *software* ImageJ versão 1.32j (Wayne Rasband National Institute of Health, USA). Para análise da área foliar através do *software* ImageJ as folhas foram digitalizadas na sua coloração natural com o auxílio de um scanner configurado na resolução de 200 dpi e no formato tif, para assegurar que nenhuma informação fosse perdida. Essas imagens foram descarregadas em um microcomputador e posteriormente foram processadas pelo *software*. Para medir a área foliar através do *software* DDA foram utilizadas as mesmas imagens digitalizadas para o *software* ImageJ. Este processo consistiu em manter a

resolução de 200 dpi e converter as imagens utilizadas para o *software* ImageJ que se encontravam no formato tif, para o formato Bitmap (\*.bmp), além de alterar sua coloração do estado natural (verde) para monocromática, pois apenas desta forma o *software* DDA é capaz de analisá-las. Com isso, as imagens foram processadas pelo *software* DDA.

Por último, precedeu-se a análise da área foliar com a utilização de um integrador de área foliar (Licor Inc., Lincon, Nebraska, US) modelo LI-COR 3000. Este método foi adotado como padrão em decorrência de seu alto grau de precisão.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, no arranjo fatorial 4 x 8, sendo 4 métodos de avaliação de área foliar e oito genótipos de cacau, sendo que de cada tratamento foram coletadas 200 folhas de cada genótipo. Ao final de cada repetição foram avaliadas 1600 folhas, totalizando ao final do experimento 6400 folhas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey 5%. Para as variáveis quantitativas também foram realizadas análises de regressão e de correlação dos métodos em relação ao método estabelecido como padrão (integrador de área foliar), para verificar o grau de associação entre esses métodos e para determinar se todos permitem estimar a área foliar de genótipos de cacau com precisão. Para verificar as diferenças entre os fatores de correção dos genótipos, visando definir o valor mais adequado para estimar a área foliar de cada genótipo, quando se utiliza o método de medição das dimensões foliares, foi realizada análise de variância e teste de Scott-Knott 5% pois este teste discrimina melhor as diferenças entre as médias, permitindo assim, comparações mais adequadas das diferenças relativas entre os fatores de correção dos genótipos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença entre os métodos testados com o integrador de área foliar, no entanto os métodos digitais DDA e ImageJ superestimaram os valores da área foliar média quando comparado ao método das dimensões foliares (Tabela 1). Essa semelhança entre as metodologias de determinação de área foliar também foi observada por Dombroski et al. (2010) e Tavares-Junior et al. (2002), quando estimaram a área foliar em plantas de *A. squamosa* e *C. arabica*, respectivamente. Com relação às diferenças encontradas entre os métodos digitais em comparação com o método de medição das

dimensões foliares, segundo Einhardt e Ferreira, (2008) podem ser devido à existência de “ruídos” da imagem digitalizada, sujidades no leitor óptico, ou pequenas variações, superestimando minimamente a área foliar. Essa diferença entre métodos digitais e o

método das dimensões foliares também foi constatada por Cunha et al. (2010) em plantas de *Chrysobalanus icaco* ao usarem o software Sigmascan®.

**Tabela 1.** Área foliar média (cm<sup>2</sup>) de plantas de cacau em função dos métodos de determinação de área foliar empregado.

Método	Área foliar
Software DDA	165,4 a
Software Image J	165,2 a
Dimensões foliares	159,0 b
Integrador de área foliar	161,6 ab

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey 5%.

De acordo com a Tabela 2, os métodos DDA e ImageJ, assim como o método das dimensões foliares mostraram-se eficazes em estimar a área foliar do cacauero quando comparadas com o método do integrador de área

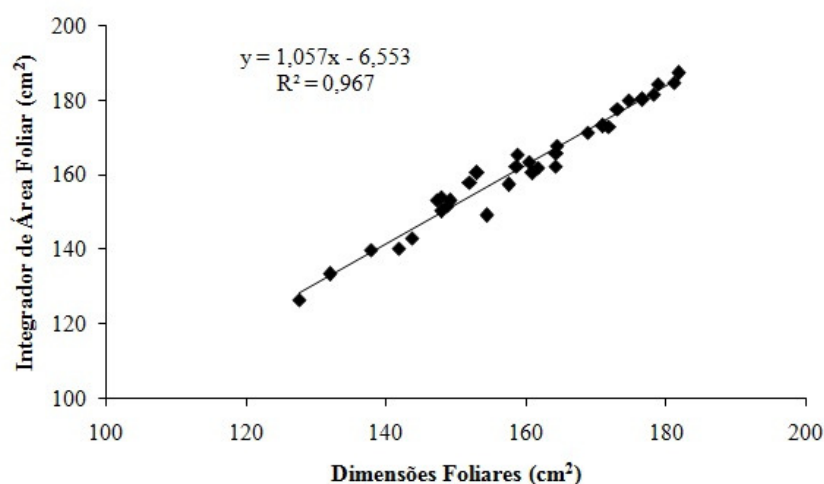
foliar (padrão), apresentando um coeficiente de correlação  $r = 0,98$  para ambos os métodos, sugerindo que 98% da variação total das áreas foram explicadas.

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação entre os métodos, softwares DDA e ImageJ, método de medição das dimensões foliares, em comparação com o integrador de área foliar (padrão).

Método	Correlação
Software DDA	$r = 0,9862$
Software Image J	$r = 0,9870$
Dimensões foliares	$r = 0,9835$

O estudo de regressão efetuado entre as medidas dimensionais e o integrador de área foliar (padrão) apresentou um coeficiente de determinação

$R^2 = 0,967$ , com um excelente ajuste dos pontos à reta (Figura 1).



**Figura 1.** Regressão linear simples entre a área foliar média de *T. cacao* determinada pelo método de medição das dimensões foliares e o método de dimensões foliares (padrão).

Como relatado na literatura, as medidas dimensionais da folha em função do produto

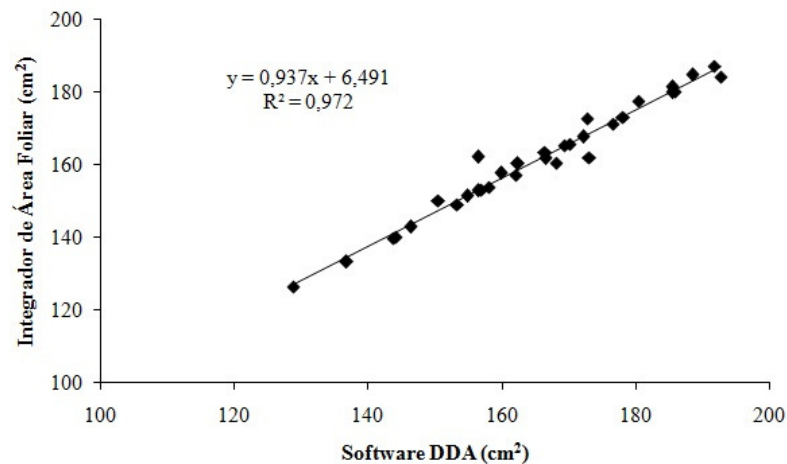
comprimento e largura, podem estimar a área foliar com precisão similar ao método integrador de área

foliar, como observado por Dombroski et al. (2010), comparando este e outros métodos para estimativa da área foliar em *Annona muricata*. Partelli et al. (2006), ao estimarem a área foliar de *Coffea canephora* por meio das dimensões foliares, concluíram que a utilização do comprimento e da largura permitiu estimar a área foliar da espécie em ambiente sombreado e a pleno sol. Além disso, Bianco et al. (2003) também relatam que o produto do comprimento e largura é a mais indicada para estimar a área foliar, pois sua utilização não altera significativamente a soma dos quadrados do resíduo e o coeficiente de determinação.

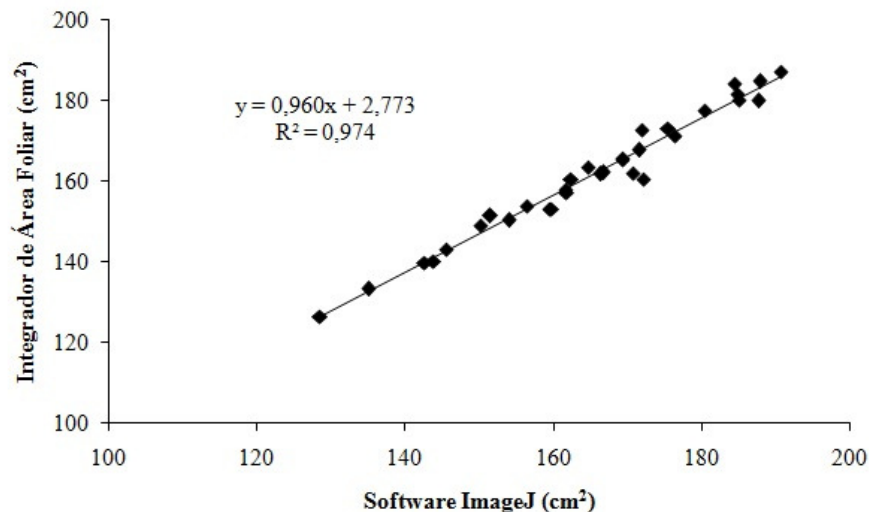
O coeficiente de determinação obtido pelo método de medição das dimensões foliares neste experimento foi de  $R^2 = 0,9674$ , tendo sido superior

ao encontrado por Marrocos et al. (2010) ( $R^2 = 0,9046$ ), Mondo et al. (2009) ( $R^2 = 0,9002$ ), e Tavares-Junior et al. (2002) ( $R^2 = 0,9240$ ), quando estimaram a área foliar em *Beta vulgaris*, *Zea mays* e *Coffea arabica*, respectivamente.

A estimativa da área foliar obtida através da análise de imagens digitais utilizando os softwares DDA (Figura 2) e ImageJ (Figura 3), apresentou um excelente ajuste de pontos à reta, com coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,972$  e  $0,974$ , respectivamente. Além disso, os coeficientes de determinação obtidos pelos métodos digitais foram superiores ao obtido pelo método de medição das dimensões foliares (Figura 1), assim como constatado por Tavares-Junior et al. (2002), usando o programa SIARCS em folhas de *Coffea arabica*.



**Figura 2.** Regressão linear simples entre a área foliar média de *T. cacao* determinada pelo método digital, software DDA com o método de dimensões foliares (padrão).



**Figura 3.** Regressão linear simples entre a área foliar média de *T. cacao* determinada pelo método digital, software ImageJ e o método de dimensões foliares (padrão).

A utilização de métodos digitais estimadores da área foliar vem sendo amplamente empregada em pesquisas, pois sua utilização

mostra-se eficaz em estimar a área foliar, como constatado por Adami et al. (2008), Flumignan et al. (2008) e Godoy et al. (2007), que não obtiveram

diferença na área foliar em *Glycine max*, *Coffea arabica* e *Citrus sinensis* quando usaram o programa SIARCS 3.0, software Spring e programa Corel Photo Paint, respectivamente, ao comparar com o integrador de área foliar. Além disso, devido a precisão dos softwares DDA e ImageJ, estes foram utilizados para determinar a área foliar em espécies de *Sida* spp, *Hymenaea courbaril* e *Caesalpinia echinata* por Cunha et al. (2010), Gandini et al. (2010) e Sanches et al. (2009), respectivamente.

Godoy et al. (2007), relatam que a utilização de imagens digitais é uma alternativa de avaliar a área foliar, mas, persistem algumas dificuldades, como a necessidade de retirada as folhas da planta, por ser um método destrutivo, exigência de um programa computacional (software) capaz de processar a imagem e calcular a área desejada, além de serem geralmente de custo elevado, apesar de já haverem algumas versões de programas gratuitos disponíveis, como o software DDA e ImageJ. O método integrador de área foliar (padrão) por sua vez, apesar de ser preciso em determinar a área foliar, possui a desvantagem de não ter fabricação brasileira, o que o torna relativamente caro e de difícil manutenção. Além disso, o tempo necessário para executar a leitura da área foliar por este equipamento, as condições que as folhas devem apresentar para serem analisados (planificadas e túrgidas), o número de amostras e o local de coleta, também podem dificultar a realização do experimento, tendo o pesquisador nestes casos que recorrer a métodos alternativos (LUCENA et al., 2011).

Os resultados encontrados nesta pesquisa indicam a viabilidade de estimar a área foliar de maneira simples e rápida no campo, utilizando as dimensões foliares. Este método vem sendo uma alternativa promissora e amplamente empregada em pesquisas para mensuração deste parâmetro (BIANCO et al., 2003; QUEIROGA et al., 2003, FAVARIN et al., 2002). Segundo Venturieri (1995) e Nascimento et al. (2002), a utilização de métodos não destrutivos são particularmente importante para estudos que necessitam avaliar o crescimento de plantas sem destruí-las. O mesmo não é possível quando se emprega métodos em que seja necessário destacar as folhas, o que muitas vezes não é possível devido ao limitado número de plantas na parcela experimental (PEKSEN, 2007), como por exemplo, a utilização dos softwares estimadores de área foliar DDA e ImageJ, além do método integrador de área foliar em que ambos os métodos são destrutivos.

A análise da área foliar média obtida entre os genótipos estudados revelou haver diferenças significativas entre os mesmos (Tabela 3). Os genótipos TSH 1188 (176,1 cm<sup>2</sup>), Catongo (172,9 cm<sup>2</sup>) e CCN 51 (171,5 cm<sup>2</sup>) apresentaram a maior área foliar média, enquanto a menor área foliar foi obtida pelo genótipo PH 16 (143,6 cm<sup>2</sup>), que diferiu estatisticamente de todos os demais, devido a diferenças morfológicas apresentadas pelas folhas. Por sua vez, os genótipos SJ 02 (157,4 cm<sup>2</sup>) e ICS 01 (161,6 cm<sup>2</sup>) também diferiram estatisticamente dos genótipos que apresentaram as maiores área e a menor área foliar, tendo apresentado estas áreas foliares intermediárias.

**Tabela 3.** Área foliar média (cm<sup>2</sup>) de oito genótipos de cacau.

Genótipo	Área foliar média (cm <sup>2</sup> )
CCN 51	171,50 ab
ESFIP 02	165,21 bc
SJ 02	157,48 d
Catongo	172,99 a
PH 16	143,65 e
TSH 1188	176,15 a
V. Comum	159,02 cd
ICS 1	161,61 d

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste Tukey 5%.

Pinto et al. (2010) verificaram em mudas de *Theobroma cacao*, que independente da aplicação de silício, o genótipo TSH 1188 apresentou maior área foliar quando comparado ao CCN 51 e Catongo. Vieira Junior et al. (2006) ao estimarem a área foliar em genótipos de *Zea mays*, concluíram que as bases genéticas estudadas apresentaram

resultados distintos para a área foliar, corroborando com os dados obtidos neste trabalho.

O teste de médias revelou a existência de diferenças significativas dos fatores de correção (*K*) a serem utilizados pelo método de medição das dimensões foliares entre os genótipos de cacau (Tabela 4), mostrando haver três grupos de fatores

de correção a serem utilizados, sendo o valor médio de  $K = 0,682$  para os genótipos SJ 02 e Variedade Comum,  $K = 0,670$  para os genótipos CCN 51,

Catongo, TSH 1188 e ICS 01 e  $K = 0,655$  para os genótipos ESFIP 02 e PH 16.

**Tabela 4.** Fator de correção ( $K$ ) de oito genótipos de cacau.

Genótipo	Fator de correção ( $K$ )
SJ 02	0,685 a
V. Comum	0,680 a
CCN 51	0,667 b
TSH 1188	0,672 b
ICS 1	0,680 b
Catongo	0,673 b
PH 16	0,655 c
ESFIP 02	0,655 c

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott- Knott 5%.

Desta forma, a utilização de um ajuste geral para todos os genótipos é limitada, haja vista que a análise particular para cada genótipo mostrou-se diferente. A determinação de um ou mais fatores de ajuste é relatada na literatura quando se relaciona a análise da área foliar em plantas com idades e/ou formas diferenciadas. Câmara et al. (2007) verificaram que o fator de correção para determinar a área foliar por meio de dimensões lineares, para folhas de pequeno porte de *Coffea arabica*, foi de 0,70 e de 0,72 quando utilizou-se os métodos do integrador e gravimétrico, respectivamente. Esta análise corrobora com os resultados obtidos por Mondo et al. (2009), trabalhando com *Zea mays*, na qual constataram que materiais genéticos e estádios fenológicos diferentes de uma espécie, podem resultar em parâmetros matemáticos  $K$  diferentes, uma vez que estes materiais podem não ter a mesma conformação foliar, podendo assim ocupar um maior e/ou menor percentual de área do retângulo ( $C \times L$ ), de modo que essa variação é esperada. Além disso, Valentinuz e Tollenaar (2006) relatam

que essa variação do fator de correção pode ser resultante de agentes externos direcionados a planta, como os tratos culturais utilizados, que podem interferir na variação deste coeficiente.

## CONCLUSÕES

Todos os métodos testados não diferiram do método integrador de área foliar que foi adotado como padrão.

O método de medição das dimensões foliares é eficiente em estimar a área foliar dos genótipos de cacau estudados; no entanto, a utilização de um único fator de ajuste (0,66) para todos os genótipos de cacau não é adequada, uma vez que houve diferença estatística entre os fatores de correção obtidos para alguns genótipos. Desse modo, sugere-se a utilização do fator de correção  $K = 0,682$  para os genótipos SJ 02 e Variedade Comum,  $K = 0,670$  para os genótipos CCN 51, Catongo, TSH 1188 e ICS 01 e  $K = 0,655$  para os genótipos ESFIP 02 e PH 16.

**ABSTRACT:** The knowledge of the leaf area is an important tool in the analysis of plant growth and development. Thus, the objective was to compare the methods, integrating leaf area, *software* DDA, *software* ImageJ and measurement of leaf dimensions, aiming to define the most appropriate correction factor to estimate the leaf area of cacao genotypes. The experiment was conducted at the Experimental Station Filogônio Peixoto in a randomized block design with four replications in a factorial arrangement of 4 x 8, being 4 assessment methods of leaf area and eight cacao genotypes (Common Variety; TSH 1188; Catongo; CCN 51; ICS 1; ESFIP 02; SJ 02 e PH 16). The results were submitted to analysis of variance and correlation and means were compared by Tukey test 5%. There was no difference between the methods of determining leaf area, being found positive correlation between the methods DDA, ImageJ and leaf dimensions with the integrative method of leaf area (default), with values of correlation coefficients ( $r$ ) greater than 0,98. The genotypes TSH 1188, Catongo and CCN 51 have higher average leaf area. The methods tested were shown to be viable to estimate leaf area of cacao accurately, however, we found three groups of correction factors, being  $K = 0,682$  for genotypes SJ 02 and Common Variety,  $K = 0,670$  for genotypes CCN 51, Catongo, TSH 1188 and ICS 01 and  $K = 0,655$  for genotypes ESFIP 02 and PH 16.

**KEYWORDS:** *Theobroma cacao* L. Growth analysis. Non-destructive methods.

---

## REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. Estimativa de área foliar de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, 2008.
- AGUILAR, M. A. G.; CALIMAN, D. F.; SOUZA, C. A. S.; SANTANA, E. N.; REIS, F. O.; OLIVEIRA JR, L. F. G.; PINTO, D. G.; FOLLI, F. B.; CAO, J. R.; BOONE, E. P. Alterações fisiológicas em clones de *Theobroma cacao* L. nas primeiras horas após inoculação com *Moniliophthora perniciosa*. In: 16TH INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 2009, Bali - Indonésia. **Anais...** 2009. p. 373-393.
- AGUILAR, M. A. G.; PINTO, D. G.; SOUZA, C. A. S.; CAO, J. R.; SIQUEIRA, P. R.; SILVA, S. D. M. Efeito do silício sobre aspectos fisiológicos e incidência de vassoura-de-bruxa em cacau. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 2010, Viçosa. **Anais...** 2010. p. 378-378.
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; PITELLI, A. M. C. M. Estimativa da área foliar de *Typha latifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, 2003.
- CÂMARA, F. T. DA; FERNANDES, A. P.; SILVA, E. A.; SANTOS, J. L.; FERREIRA, M. C.; LOPES, A. Retenção de líquido pelas folhas do cafeeiro e estimativa da área foliar a partir de dimensões lineares. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5, 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília, D.F. Embrapa - Café, 2007., 4p.
- CUNHA, J. L. X. L.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; MESQUITA, H. C.; SILVA, M. G. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; SILVA, Í. N. Comparação de métodos de área foliar em *Chrysobalanus icaco* L. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 22-27, 2010.
- DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; BATISTA, T. M. V.; LOPES, W. A. R.; LUCENA, R. R. M. Análise comparativa de métodos de determinação de área foliar em pinha (*Annona muricata* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v. 5, n. 3, p. 188-194, 2010.
- EINHARDT, P. M.; FERREIRA, O. G. L. Validação de um método digital para determinação de área foliar. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17, 2008, Pelotas, Rio Grande do Sul: **Anais...** 2008.
- FAVARIN, J. L.; NETO, D. D.; GARCÍA, A. G.; NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equação para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, 2002.
- FERREIRA, O. G. L.; ROSSI, F. D.; ANDRIGHETTO, C. DDA: **Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo –versão 1.2**. Santo Augusto, 2008.
- FLUMIGNAN, D. L.; ADAMI, M.; FARIA, R. T. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2008.
- GANDINI, E. M. M.; GANDINI, A. M. M.; CUNHA, V. C.; FIORE, R. A.; NEVES, D. R.; SANTOS, J. B. Matéria seca e área foliar de mudas de *Hymenaea courbaril* L. e de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto, São Paulo. **Anais...** 2010.
- GODOY, L. J. G.; YANAGIWARA, R. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; LIMA, C. P. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja “pêra”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 420-424, 2007.

- LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; LOPES, W. A. R.; RODRIGUES, G. S. O. Medição da área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 40-45, 2011.
- MARROCOS, S. T. P.; DANTAS, M. S. M.; DOMBROSKI, J. L. D.; LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em beterraba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v. 5, n. 5, p. 140-146, 2010.
- MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P.; LABONIA, V. D. S.; NETO, D. D.; CICERO, S. M. Comparação de métodos para estimativa de área foliar em plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. São Paulo, v. 8, n. 3, p. 233-246, 2009.
- NASCIMENTO, I. B.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, J. F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M. Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 20, p. 555- 558, 2002.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; DETMAM, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento e largura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 204- 210, 2006.
- PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). **Scientia Horticulturae**, v.113, p. 322-328, 2007.
- PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; SOUZA, C. A. S.; SILVA, D. M.; CAO, J. R.; SIQUEIRA, P. R. Alterações fisiológicas e incidência de insetos-praga em genótipos de cacau pulverizados com silício. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 2010, Viçosa. **Anais...**, 2010. v.1. p. 356-356.
- PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; SOUZA, C. A. S.; SILVA, D. M.; SIQUEIRA, P. R.; CAO, J. R.; ZANETTI, L. V. Alterações fisiológicas após aplicação de silício em cacau e sua influência na preferência por pulgões. **Revista Ceres**, Viçosa, n.3, v. 59, p. 360-367, 2012.
- QUEIROGA, J. L.; ROMANO, E. D. U.; SOUZA, J. R. P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 64-68, 2003.
- SANCHES, M. C.; MIELKE, M. S.; SOUZA, C. S. D.; VIEIRA, A. J. D.; LOPES, M. M. M.; SILVA JÚNIOR, M. B. Morfologia foliar de indivíduos jovens e adultos de *Caesalpinia echinata* Lam., numa floresta semidecídua do sul da Bahia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 885-893, 2009.
- SILVA, L. C.; SANTOS, J. W.; VIEIRA, J.; BELTRÃO, N. E. M.; ALVES, I.; JERÔNIMO, J. F. Um método simples para se estimar área foliar de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 491-496, 2002.
- SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. **Melhoramento ambiental e socioeconômico**. In: DIAS, L. A. S. (ed.) Melhoramento genético do cacauzeiro. Viçosa: Folha de Viçosa, p. 1-47, 2001.
- SOUZA, C. A. S.; CONTARATO, E.; AGUILAR, M. A. G.; PINTO, D. G.; CONTARATO, E. P. R. Crescimento de mudas seminais de cacauzeiro: efeito da matéria orgânica e do superfosfato simples. IN: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia - MG. **Anais...** 2011.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005. 640p.
- TAVARES-JUNIOR, J. E.; FAVARIN, J. L.; DOURADO-NETO, D.; MAIA, A. H. N.; FAZUOLI, L. C.; BERNARDES, M. S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Revista de Ciências Agrônomicas**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 199-203, 2002.



VALE, L.; BÜGE, M. ; DOMINGOS, M. M. G.; AGUILAR, M. A. G.; SOUZA, C. A. S.; PINTO, D. G.; SIQUEIRA, P. R. Crescimento e produção do cacau cultivado no sistema agroflorestal cacau x pupunha em Linhares, ES. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DA PUPUNHEIRA, 2011, Ilhéus, BA. **Anais...** 2011.

VALENTINUZ, O. R.; TOLLENAAR, M. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 94-99, 2006.

VENTURIERI, G. A. **Variabilidade em plantas jovens de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) estimada por descritores morfológicos, fisiológicos e isoenzimáticos e sua utilização em caracterização de germoplasma**. 1990. Dissertação de mestrado – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Ubaldo do Amaral, Manaus, 1990.

VIEIRA JUNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; BERNARDES, M. S.; FANCELLI, A. L. MANFRON, P. A.; MARTINS, T. N. Metodologia para estimativa da área foliar em genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 182-191, 2006.