

COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DE ÁREA FOLIAR PARA A CULTURA DA MELANCIA¹

Marcelo Sobreira de Souza², Samara Sibelle Vieira Alves², Jeferson Luiz Dollabona Dombroski³, José Dijalma Batista de Freitas², Edna Maria Mendes Aroucha⁴

ABSTRACT

COMPARISON OF METHODS FOR MEASURING THE WATERMELON LEAF AREA

The leaf area determination is very important in agronomic and physiologic studies, for supplying information on vegetal metabolism, and the techniques used should be simple, fast and accurate. This study aimed to compare different methods for measuring leaf area in the watermelon crop. For that, the accuracy of four measuring methods was evaluated (experiment 1) and leaf area was compared by using the integration method provided by the LI-COR[®] model LI 3100 equipment, at 0, 30, 60, 90, and 120 minutes, after being determined with the aid of a scanner (experiment 2). For the experiment 1, a completely randomized design, with four treatments and 19 replications, was used. The treatments were equivalent to the Leaf area integrator AM 300, Leaf area integrator LI-COR[®] model LI 3100, Leaf discs, and Digital image analysis (scanner) methods, and were compared to the reference method (scanner), in accordance with the linear correlation coefficient (r). For the experiment 2, a randomized blocks design, with six treatments and ten replications (leaves), was used, with each leaf being considered a block and their average compared by using the Tukey test at 5%. Differences were observed for leaf area estimation according to the method employed. The leaf discs method was considered the most accurate one, for the watermelon crop, and the LI-COR[®] model 3100 is not recommended for this crop, particularly when readings are made at longer intervals.

KEY-WORDS: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai; destructive and nondestructive methods; digital image.

A melancia é uma das culturas de maior expressão econômica para o Rio Grande do Norte, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis ao seu cultivo. Técnicas de manejo de irrigação, adubação e fertirrigação estão sendo constantemente estudadas, visando ao aumento na sua produtividade. Neste sentido, a folha assume funções muito importantes na

RESUMO

A determinação da área foliar é de grande importância em estudos agrônômicos e fisiológicos, por fornecer informações sobre o metabolismo vegetal, e as técnicas utilizadas devem ser simples, rápidas e precisas. O presente estudo objetivou comparar métodos de mensuração de área foliar, para a cultura da melancia. Para isto, foi avaliada a precisão de quatro métodos de mensuração (experimento 1) e comparada a área foliar, pelo método de integração obtido no equipamento LI-COR[®] modelo LI 3100, aos 0, 30, 60, 90 e 120 minutos, após determinada com o auxílio de um scanner (experimento 2). O delineamento utilizado no experimento 1 foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 19 repetições. Os tratamentos corresponderam aos métodos Integrador de área foliar AM 300, Integrador de área foliar LI-COR[®] modelo LI 3100, Discos foliares e Análise de imagem digital (scanner), sendo, estes, comparados com o método referência (scanner), conforme o coeficiente de correlação linear (r). Para o experimento 2, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e dez repetições (folhas), sendo cada folha considerada um bloco, com suas médias comparadas pelo teste Tukey, a 5%. Houve diferença na estimação da área foliar, conforme o método empregado. O método dos discos foliares foi considerado o mais preciso, para a cultura da melancia, e a utilização do LI-COR[®] modelo 3100 não é recomendada para esta cultura, principalmente quando as leituras são realizadas em maior intervalo de tempo.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai; métodos destrutivos e não destrutivos; imagem digital.

planta, tais como interceptar e absorver luz e realizar fotossíntese, trocas gasosas e transpiração (Larcher 2000, Taiz & Zeiger 2004).

A área foliar é um índice importante, em estudos de nutrição e crescimento vegetal, porque, além de afetar o acúmulo de matéria seca, fornece informações sobre o metabolismo vegetal, capacidade

1. Trabalho recebido em set./2011 e aceito para publicação em jun./2012 (nº registro: PAT 15764).

2. Universidade Federal Rural do Semiárido, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Mossoró, RN, Brasil.

E-mails: mrcelosobreira@gmail.com, agrosan29@hotmail.com, freitasjdb@uol.com.br.

3. Universidade Federal Rural do Semiárido, Departamento de Ciências Vegetais, Mossoró, RN, Brasil. E-mail: jeferson@ufersa.edu.br.

4. Universidade Federal Rural do Semiárido, Departamento de Agrotecnologia e Ciências Sociais, Mossoró, RN, Brasil.

E-mail: aroucha@ufersa.edu.br.

fotossintética potencial, rendimento e qualidade da colheita (Ibarra et al. 2001, Jorge & González 1997). O índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura, sendo considerado um parâmetro indicativo de produtividade (Favarin et al. 2002).

Segundo Benincasa (1988), a determinação da área foliar pode ser realizada por métodos diretos ou indiretos, destrutivos ou não-destrutivos. Os métodos diretos são aqueles que utilizam medições realizadas diretamente nas folhas. Os métodos indiretos baseiam-se na correlação conhecida entre uma variável medida e a área foliar. Os métodos destrutivos exigem a retirada da folha ou outras estruturas, o que, muitas vezes, não é possível, devido à limitação do número de plantas, na parcela experimental. Nos métodos não-destrutivos, as medidas são tomadas na planta, sem a necessidade da remoção de estruturas.

Na cultura da melancia, a análise de crescimento é dificultada pela anatomia recortada das folhas e pelo seu grande conteúdo de água, fazendo com que estas rapidamente se enrolem. Uma vez destacadas da planta, as folhas devem ser analisadas o mais brevemente possível, para evitar grandes variações nos resultados obtidos. Quando for necessário o armazenamento, este deve ser feito sob atmosfera saturada de umidade e baixa temperatura.

Os métodos utilizados para a medição da área foliar empregam medidores eletrônicos e técnicas de planimetria (Kvet & Marshall 1971). O uso da planimetria torna-se difícil em folhas com bordas irregulares (Gonçalves et al. 2002), além de ser bastante trabalhoso e demorado. Os integradores ópticos de área foliar (LI-COR® modelo LI 3100) são aparelhos bastante precisos, mas são caros e de manutenção difícil (Godoy et al. 2007). Além disto, o equipamento tem dimensões que limitam a leitura, em folhas muito largas.

O método de análise de imagens obtidas por *scanner* de mesa é considerado mais preciso, sendo utilizado como referência por vários autores (Lopes et al. 2007, Cunha et al. 2010, Lucena et al. 2011). Este propicia a melhor planificação e digitalização das folhas (menos sombras, luz controlada e ausência de erro de perspectiva), porém, não é um processo totalmente automático. O seu uso prático é limitado, porque demanda tempo, sendo impraticável, para grandes experimentos.

Diversos métodos têm sido utilizados para se determinar a área foliar, na cultura da melancia

(Aumonde et al. 2011, Braga et al. 2011, Gonsalves et al. 2011), porém, na literatura, não existem referências a um método que permita uma melhor mensuração para esta cultura. Assim, o presente trabalho teve por objetivo comparar métodos de mensuração da área foliar, para a cultura da melancia.

As folhas de melancia utilizadas no experimento foram coletadas em plantas da área experimental da empresa agrícola “CoopyFrutas”, localizada no município de Mossoró (RN), em 2010. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em caixa térmica com gelo e água fria, para evitar a perda excessiva de água. Em seguida, foram transportadas para o Laboratório de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal Rural do Semiárido (Ufersa), onde foram realizados dois experimentos.

Com o objetivo de avaliar a precisão de quatro métodos de mensuração de área foliar, para a cultura da melancia, realizou-se o experimento 1, cujo delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 19 repetições. Os tratamentos corresponderam aos seguintes métodos de estimativa de área foliar: Integrador portátil de área foliar AM 300, Integrador de área foliar LI-COR® modelo LI 3100, Discos foliares e Imagem digital obtida com *scanner* fotográfico de mesa. Foi registrada a área de cada folha, segundo cada método estudado. Para isto, as folhas foram enumeradas de 1 a 19 e digitalizadas com *scanner* de mesa, depois medidas com o integrador portátil e integrador LI 3100, e, finalmente, foram retirados os discos, para determinação da área, com base na massa seca da folha.

Para estimar a alteração da área foliar pelo método LI-COR® modelo LI 3100, em diferentes intervalos de tempo, após o escaneamento das folhas, realizou-se o experimento 2, com delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e 10 repetições (folhas), sendo cada folha considerada um bloco. Para isto, foram enumeradas 10 folhas, as quais foram, em seguida, escaneadas (imagem digital) (tratamento 1) e passadas no integrador de área foliar LI-COR®, em diferentes intervalos de tempo, após o escaneamento: 0, 30, 60, 90 e 120 minutos (tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente). Durante estes intervalos de tempo, as folhas foram mantidas em caixa térmica com gelo e água fria, para evitar o murchamento.

No método de imagem digital, as imagens das folhas foram registradas juntamente com uma régua milimetrada, por um *scanner* de mesa (HP Deskjet

modelo F4180) acoplado a um computador, sendo as imagens arquivadas (resolução de 150 dpi) e processadas pelo programa de análise de imagens SigmaScan Pro v. 5.0. Este tratamento foi considerado como o padrão, para comparação com os outros métodos.

O segundo método de mensuração utilizado foi o proporcionado pelo medidor de área foliar portátil AM 300 (ADC Scientific). O aparelho consiste de uma prancheta e um pequeno *scanner* de mão, acoplado a um microcomputador dedicado, fornecendo diretamente os valores de área.

No método de mensuração pelo integrador de área foliar LI-COR[®] modelo LI 3100, cada folha foi passada pelo aparelho, individualmente, em ordem numérica, e os valores de AF foram anotados em uma planilha. Eventualmente, foram realizados ajustes e limpeza na superfície do aparelho que entrava em contato com as amostras.

O método dos discos foliares consistiu na utilização de um vazador com área de 1,76 cm² (estimada por análise de imagens dos discos retirados), cujo diâmetro dos discos retirados foi de 1,5 cm. Em cada folha fresca, retiraram-se três discos, apenas com nervuras finas, sendo um na porção basal, um na apical e um na parte mediana da folha. As folhas e os discos foram acondicionados em sacos de papel, levados a estufa a 65°C, por 24 horas, e depois pesados separadamente, em balança analítica. A área foliar foi estimada pela fórmula $AF = [(PF + PD) \times AD] / PD$, onde AF é a área foliar estimada (cm²), PF a massa seca da folha (g), PD a massa seca dos discos (g) e AD a área conhecida do disco retirado da folha (1,76 cm²).

Para o experimento 1, os dados foram submetidos à análise de correlação linear simples, para estimar o diagrama de dispersão que pudesse prever a área foliar, em função das dimensões foliares, utilizando-se o modelo linear $Y = ax + b$. O valor Y (método do *scanner*) estimou a área do limbo foliar, em função de x (outros métodos). Os métodos avaliados foram comparados com o método de referência (*scanner*), com base no critério de coeficiente de correlação (r), sendo este testado pelo teste de t. O método considerado mais preciso para a determinação da área foliar da melancia foi o que apresentou maior coeficiente de correlação.

No experimento 2, os dados foram submetidos a análise de variância, os tratamentos 1 e 2 comparados pelo teste Tukey, a 5%, e foi estimada a taxa de variação da área foliar entre estes tratamentos, no tempo zero. Dentro do método do integrador

LI-COR[®] modelo LI 3100, os dados foram submetidos à análise de regressão linear, nos diferentes intervalos de tempo.

Verificou-se, no experimento 1, que o método de mensuração proporcionado pelo integrador portátil de área foliar AM 300 apresentou estimativa da área foliar com boa correlação, em relação à encontrada com o método de mensuração padrão (*scanner*), na época avaliada (Figura 1). Este método apresenta a vantagem de não ser destrutivo e ser utilizado sem que a folha seja destacada da planta. No entanto, não é recomendado para folhas grandes, como no caso da melancia. Desta forma, o integrador portátil de área foliar é mais indicado para culturas que possuem folhas pequenas, como a goiabeira (Corrêa et al. 2004) e o feijoeiro (Urchei et al. 2000).

O método de mensuração do integrador de área foliar modelo LI-COR[®] 3100 é um dos mais utilizados para a determinação da área foliar, por pesquisadores da região do Agropólo Mossoró-Assu, bem como de outras regiões do País (Andrade 2006, Porto Filho et al. 2006, Carmo 2009, Gonzaga 2009, Duarte & Peil 2010). Entretanto, para a cultura da melancia, este método foi o que apresentou menor aproximação, em relação ao método de mensuração padrão (*scanner*) (Figura 1).

Nota-se que o coeficiente de correlação ($r = 0,861$), apesar de significativo a 1%, pelo teste de t, foi menor do que os índices encontrados para os outros métodos, em relação ao método de mensuração padrão, indicando ser este método o menos acurado para estimar a área foliar da melancia. Tal resultado pode estar relacionado, especificamente, à turgidez

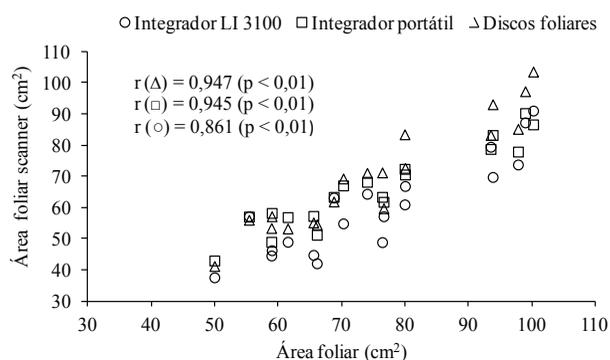


Figura 1. Correlação da área foliar de melancia (*Citrullus lanatus*) determinada pelos métodos de mensuração envolvendo discos foliares, integrador portátil, integrador de área foliar modelo LI 3100 e *scanner* (Mossoró, RN, 2010).

das folhas de melancia, pois, quando são destacadas da planta, perdem água e se enrolam com muita facilidade, o que diminui a área foliar, tornando o método menos eficiente. Uma vez iniciada a operação do aparelho, este deve ser alimentado continuamente, pois a leitura da área foliar é instantânea, não propiciando ao operador uma boa condição de arranjo das folhas na esteira, o que causa subestimação da área foliar.

O método dos discos foliares apresentou maior correlação, em relação ao método padrão, o que é justificável, devido ao fato de este método ser baseado em dados de massa seca e ser menos influenciado pela turgidez da folha (Figura 1). A correlação entre os valores obtidos pelo método dos discos e por análise de imagens foi considerada boa, sendo o maior valor obtido no presente trabalho de $r = 0,947$, com $p < 0,01$.

O método dos discos foliares, dentre os testados, é o mais recomendado para a cultura da melancia, pois pode-se colher a planta no campo, coletar os discos imediatamente após a colheita e transportá-los para o laboratório, sem se preocupar com a perda de água pela folha. A pesagem de folhas e discos pode ser feita após a secagem do material.

No experimento 2, verificou-se, pela análise de variância, efeito significativo dos tratamentos, a 5%, para a área foliar da melancia. Houve diferenças significativas entre a determinação da área foliar pelo método padrão (*scanner*) e o método de mensuração pelo integrador, em diferentes períodos de determinação (Tabela 1). Observou-se que, no tempo zero, a área foliar medida pelo integrador foi 18,5% inferior à obtida no *scanner* (Tabela 1). Ainda foi possível detectar diferenças significativas, dentro do método de mensuração pelo integrador, quando as medidas foram realizadas em diferentes tempos (Figura 2). Assim, à medida em que a planta perdeu água, nos diferentes intervalos de tempo, sua área foliar decresceu cerca de 3,98%, 7,96%, 11,94% e 15,93%, aos 30, 60, 90 e 120 minutos, respectivamente, em

Tabela 1. Área foliar média de melancia e taxa de variação, em função de diferentes métodos de estimação de área foliar (Mossoró, RN, 2010).

Tratamentos	Área foliar	Δ de área foliar entre os métodos de mensuração
	cm ²	%
<i>Scanner</i>	114,25 a	0,00
Integrador (tempo zero)	93,11 b	18,50

Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste Tukey, a 5%.

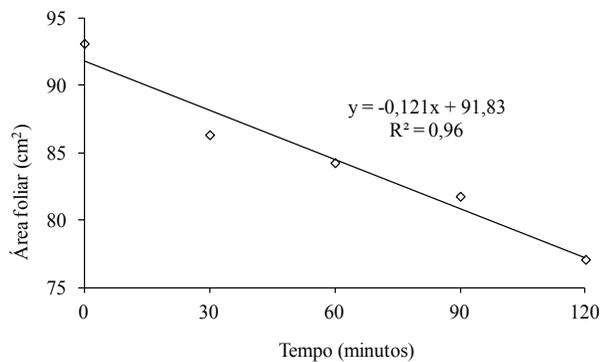


Figura 2. Área foliar de melancia estimada pelo método Integrador de área foliar LI 3100, em diferentes tempos empregados (Mossoró, RN, 2010).

relação ao tempo zero. Tal efeito ocorreu devido ao murchamento de suas folhas, mesmo estando acondicionadas em gelo e água fria.

A utilização de gelo e água fria não é a condição real ocorrida durante um experimento em que são grandes os números de parcelas, o que poderá acarretar diferenças de leituras ainda maiores, em relação ao apresentado neste trabalho. Isto demonstra que, em experimentos com muitos tratamentos, o erro gerado pode ser muito grande, em função, principalmente, do intervalo de leitura da área foliar entre os tratamentos estudados. No caso específico desta cultura, o método de mensuração pelo integrador é pouco eficiente para determinar a área foliar, fazendo-se necessário recorrer a outros métodos de determinação. No entanto, este método pode se ajustar muito bem a plantas perenes, em que as folhas são mais coriáceas e não perdem água com muita facilidade, como detectado em algumas frutíferas (Gonzaga 2009, Scalon et al. 2001).

Verificou-se que há diferença na estimação da área foliar, conforme o método empregado, e que a mensuração da área foliar pelo método dos discos foliares é a mais precisa, para a cultura da melancia.

A mensuração da área foliar pelo integrador LI-COR® modelo 3100 não é recomendada para a cultura da melancia, principalmente quando as leituras são realizadas em maior intervalo de tempo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. E. L. *Crescimento e produtividade do meloeiro sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio*. 2006. 93 f. Dissertação (Mestrado

- em Fitotecnia)–Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2006.
- AUMONDE, T. Z. et al. Análise de crescimento do híbrido de minimelancia Smile® enxertada e não enxertada. *Interciência*, Caracas, v. 36, n. 9, p. 677-681, 2011.
- BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas*. Jaboticabal: Funep, 1988.
- BRAGA, D. F. et al. Crescimento de melancia ‘mickylee’ cultivada sob fertirrigação. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 49-55, 2011.
- CARMO, G. A. *Crescimento, nutrição e produção de curcubitáceas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada*. 2009. 182 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2009.
- CORRÊA, M. C. et al. Aspectos morfofisiológicos da goiabeira cultivar paluma. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 26, n. 1, p. 67-71, 2004.
- CUNHA, J. L. X. L. et al. Comparação de métodos de área foliar em *Chrysobalanus icaco* L. *Agropecuária Científica no Semiárido*, Patos, v. 6, n. 3, p. 22-27, 2010.
- DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N. Relações fonte:dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 28, n. 3, p. 271-276, 2010.
- FAVARIN, J. L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.
- GODOY, L. J. G. et al. 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.
- GONÇALVES, C. A. A. et al. Estimativa de área foliar da videira (*Vitis labrusca* L. cv. Folha de Figo) sobre diferentes porta-enxertos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 3, p. 500-504, 2002.
- GONSALVES, M. V. I. et al. Índice de área foliar e produtividade da melancia com frutos sem sementes em função do espaçamento entre plantas e de N e K aplicados por fertirrigação. *Científica*, Jaboticabal, v. 39, n. 1/2, p. 25-33, 2011.
- GONZAGA, L. P. N. *Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes fontes e doses de nitrogênio e potássio*. 2009. 131 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2009.
- IBARRA, L.; FLORES, J.; PÉREZ, J. C. D. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae*, Coah, v. 87, n. 1-2, p. 139-145, 2001.
- JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. Estimación del área foliar en los cultivos de ají y tomate. *Agrotecnia de Cuba*, Havana, v. 27, n. 1, p. 123-126, 1997.
- KVET, J.; MARSHALL, J. K. Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. In: CATZK, J.; JARVIS, P. G. (Eds.). *Plant photosynthetic production: manual of methods*. The Hague: Junk, 1971. p. 517-575.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2000.
- LOPES, S. B. et al. Estimativa da área foliar de meloeiro em estádios fenológicos por fotos digitais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1153-1156, 2007.
- LUCENA, R. R. M. et al. Medição de área foliar de aceroleira. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 40-45, 2011.
- PORTO FILHO, F. Q. et al. Crescimento do meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 24, n. 3, p. 334-341, 2006.
- SCALON, S. P. Q. et al. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 652-655, 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.