

ESTIMATIVA DA ÁREA E CAPACIDADE DE RETENÇÃO FOLIAR DE CALDA EM CITROS

CITRUS LEAVES AREA DETERMINATION AND ITS SPRAY RETENTION CAPACITY

Giselle Feliciani BARBOSA¹; Juliana NAIS²; Marcelo da Costa FERREIRA³

1. Professora, Doutora, Universidade Anhanguera – Uniderp, Campo Grande, MS, Brasil. giselle.barbosa@uniderp.edu.br; 2. Bióloga, Doutora em Entomologia Agrícola, Campinas, SP, Brasil; 3. Professor, Doutor, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade de retenção de calda pelas folhas de citros e comparar métodos alternativos de estimativa de área foliar com o método padrão do integrador eletrônico de imagem. Os métodos alternativos foram o do espelhamento em papel e da digitalização e análise da imagem. A capacidade de retenção da calda foi avaliada com caldas acaricidas com o produto cyhexatin (Sipcatin 500 SC), acrescido dos tratamentos: combinação de dois adjuvantes (óleo mineral - Assist e óleo vegetal - Veget'Oil) e duas concentrações (10 e 15 mL de adjuvante L⁻¹ de calda). Os métodos de estimativa da área foliar avaliados não diferem entre si. A retenção máxima de líquidos pela folha ocorreu quando utilizou-se óleo vegetal na calda aplicada.

PALAVRAS-CHAVE: Adjuvantes. Pulverização. Estimativa da área foliar. *Citrus sinensis*.

INTRODUÇÃO

A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na avaliação da produção vegetal e requer informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Para tanto, a quantidade de material contido na planta toda e em suas partes, ou seja, folhas, colmos, raízes e frutos e o tamanho do aparelho fotossintetizante, isto é, a área foliar, devem ser conhecidos (KVET et al., 1971).

A determinação da área foliar de uma planta é fundamental para estudar aspectos fisiológicos que envolvam análise de crescimento e fotossíntese, transpiração, bem como quantificar os danos causados por pragas e doenças foliares e ainda investigar sua adaptação ecológica a novos ambientes, sua competição com outras espécies e a capacidade produtiva de seus diferentes genótipos (MONTEIRO et al., 2005). A folha é o principal órgão no processo transpiratório, responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente, razão pela qual o conhecimento da superfície foliar é de grande utilidade para a avaliação de outras técnicas culturais como poda, adubação, densidade de plantio e aplicação de produtos fitossanitários.

Segundo Matuo (1987), tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários consiste no uso de todos os conhecimentos científicos para colocar o ingrediente ativo no alvo, na menor quantidade possível, de forma econômica, e sem contaminação de outras áreas. Para a pulverização, essa definição trata da utilização de gotas de tamanho adequado, sendo

depositadas em quantidade suficiente na superfície do alvo para o controle do problema fitossanitário. Sabendo-se dessas características, torna-se clara a necessidade de estratégias diferenciadas para cada tipo de aplicação, havendo ainda muito a se desenvolver e utilizar a respeito da formação, transporte e deposição das gotas, a fim de conseguir a correta colocação do produto no alvo (FERREIRA et al., 2007).

Para aplicações em culturas perenes, como é o caso do citros, as pulverizações são realizadas em volume alto procurando cobrir toda a superfície foliar das plantas, o que acaba resultando em perdas por escorrimento, devido ao excesso de calda aplicada, uma vez que esta é maior do que a máxima retenção de líquido pelas folhas da planta. Em função disto, é de suma importância conhecer a área foliar das plantas para determinar a quantidade máxima que elas podem reter de calda nesta superfície, evitando perdas de água e produto fitossanitário (CUNHA et al., 2005; CÂMARA et al., 2007). Perdas por escorrimento superiores a 50% do volume aplicado já foram verificadas na cultura de citros (FERREIRA et al., 2007).

Os espalhantes adesivos são produtos empregados nas pulverizações para melhorar a eficácia de produtos fitossanitários. Estes adjuvantes são substâncias que modificam as propriedades da calda diminuindo a tensão superficial e interferem na deposição, na retenção e na cobertura da pulverização, assim como na absorção do produto pela planta (JOHNSTONE, 1973), e podem diminuir o risco de deriva na pulverização

(CÂMARA et al., 2008). O uso de adjuvantes pode favorecer o escorrimento da calda em aplicações a volume alto aumentando a porcentagem de perdas (MATUO et al., 1989).

Considerando a importância de pragas e de doenças na cultura do citros, a necessidade do controle através de sucessivas aplicações aéreas de produtos fitossanitários e o custo associado a este tratamento, há grande necessidade de estudos básicos envolvendo os aspectos relacionados à tecnologia de aplicação. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade de retenção de calda pelas folhas de citros e estimar, por diferentes métodos, o tamanho da área foliar a ser coberta.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas, do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, em novembro de 2008.

Folhas do terço médio de plantas de citros (*Citrus sinensis*) foram coletadas ao acaso, com o objetivo de estimar a área e a capacidade de retenção foliar de calda fitossanitária.

Três métodos foram usados para estimar a área foliar: o método do integrador eletrônico de superfície, com o auxílio de um sistema de análise de imagens Delta-T Devices, que forneceu a área foliar real (AFR) diretamente em centímetros quadrados, e os métodos, considerados aqui alternativos, do espelhamento foliar em papel e da digitalização foliar e análise da imagem. Para correlacionar a área estimada com a área foliar real (AFR) foi calculado o coeficiente de correção k , dado pela razão entre a área foliar real e a área estimada pelo método alternativo (SILVA et al., 2008).

Para o espelhamento da superfície foliar utilizaram-se folhas de papel com densidade conhecida de 75 g m^{-2} , onde foram desenhadas as folhas de citros. A massa do papel foi determinada em balança digital com precisão de 1,0 mg, sendo a massa média da triplicata de 100 cm^2 igual a 0,768 mg. A área foliar foi determinada a partir da relação entre a massa do quadrado de papel com área de 100 cm^2 , e a massa do desenho da folha de citros no mesmo tipo de papel, pela seguinte equação:

$$A_f = \frac{m_f * A_p}{m_p} \quad (1)$$

em que,

A_f - área foliar, cm^2 ;

M_f - massa do desenho da folha, g;

A_p - área do quadrado de papel, cm^2 , e

M_p - massa do quadrado de papel, g.

A digitalização da imagem da folha foi realizada através da captura da imagem em scanner, na resolução de 300 dpi. Posteriormente, para determinação da área foliar, a imagem foi analisada no software QUANT v.1.0.0.22 (FERNANDES FILHO, 2002).

Para a avaliação dos métodos de estimativa da área foliar foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos e 20 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade. Complementando a análise de variância, aplicou-se o teste de paralelismo e coincidência das retas, estabelecendo-se uma equação de regressão da área foliar, para comparar os métodos de estimativa da área. As áreas obtidas pelo método do espelhamento em papel e pela digitalização foliar e análise da imagem foram tomadas como variáveis independentes e a área foliar real, como variável dependente.

Para a avaliação da capacidade de retenção foliar de calda em citros, foram coletadas 20 folhas. Cada folha foi presa verticalmente por meio de seus pecíolos a um suporte de aro de metal, apoiado sobre uma balança de prato superior, com precisão de 1,0 mg. As folhas foram colocadas lateralmente à balança, posicionadas dentro de um recipiente, e então pulverizadas por um bico hidráulico de jato cônico, modelo Teejet TX 8002 - ConeJet, até o líquido escorrer pela superfície da folha. Após isto, esperaram-se alguns segundos até o escorrimento do excesso de calda e anotou-se a massa de calda retida na folha (g), sendo esta considerada a máxima quantidade de líquido que a folha consegue reter. A densidade dos líquidos foi considerada igual a um, portanto, massa igual a volume.

Para as pulverizações de todos os tratamentos utilizaram-se caldas acaricidas com o produto acaricida cyhexatin (Sipcatin 500 SC), na dosagem de $0,25 \text{ g i.a. L}^{-1}$ de água. Foram avaliados quatro tratamentos, combinando-se dois adjuvantes (óleo mineral - Assist e óleo vegetal - Veget'Oil) e duas concentrações (10 e 15 mL de adjuvante L^{-1} de calda, que correspondem, respectivamente a 7,56 e 11,34 g i.a. L^{-1} de calda para o óleo mineral e 9,3 e 13,95 g i.a. L^{-1} de calda para o óleo vegetal).

Após a pulverização, as folhas foram secas com papel toalha e a área foliar foi determinada utilizando o método do integrador eletrônico de superfície, com o auxílio de um sistema de análise de imagens Delta-T Devices. Os dados de retenção

Estimativa da área...

BARBOSA, G. F.; NAIS, J.; FERREIRA, M. C.

foram então expressos em função da área foliar, calculando-se:

$$Rm = \frac{Vm}{AFR} \quad (2)$$

em que,

Rm – retenção máxima de líquido pela folha, mL m⁻²;

Vm – volume máximo retido na folha, mL, e

AFR – área foliar determinada pelo método do integrador eletrônico de superfície, m².

Para a avaliação da capacidade de retenção foliar de calda em função do tamanho da folha, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 + testemunha, com 4 repetições, sendo o primeiro fator os adjuvantes adicionados as caldas avaliadas e o segundo as concentrações usadas desses adjuvantes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional AGROESTAT (BARBOSA; MALDONADO, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator de correção (k) para a estimativa da área foliar real a partir da área obtida pelos métodos avaliados foram 0,989 e 1,002, para o método da

digitalização e análise da imagem e do espelhamento em papel, respectivamente. O método da digitalização da imagem tende a superestimar a área foliar real em 1,1 %, já o espelhamento em papel, a subestimar a área foliar em 0,2 %, entretanto, as áreas estimadas por esses métodos aproximaram-se consideravelmente da área real.

Os métodos de estimativa de área foliar avaliados não diferiram estatisticamente entre si. A área foliar real média foi de 24,47 cm². Para os métodos da digitalização e análise da imagem e do espelhamento em papel a área foliar média foi de 24,67 e 24,55 cm², respectivamente.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do teste de paralelismo e coincidência das retas para comparação dos métodos de estimativa da área foliar. Os modelos testados apresentaram coeficientes de correlação superior a 0,92. Isso significa que pouco mais de 92,0 % da variação total da área foliar estimada pelos métodos da digitalização e análise da imagem e do espelhamento em papel, foram explicadas pela sua relação com o método padrão de estimativa foliar, o do integrador eletrônico de superfície, demonstrando que os valores estimados correspondem aos observados. Descartamos, então, a hipótese de que as retas são diferentes e assumimos que essas são coincidentes e paralelas.

Tabela 1. Equações de regressão da área foliar e coeficiente de correlação linear (r) para comparação dos métodos de estimativa da superfície. Jaboticabal, 2008.

Métodos	Equação	r	Teste t	C ¹	P ²
AFR x Digitalização da imagem	y = 1,9647 + 0,9053 x	0,9215	10,069 **	ns	ns
AFR x Espelhamento em papel	y = 2,2089 + 0,9068 x	0,9224	10,130 **	ns	ns

ns = não significativo; ** significativo pelo teste t de Student a 1,0 % de probabilidade; ¹ coincidência das retas pelo teste F; ² paralelismo pelo teste t de Student.

Quando as variáveis são independentes, o coeficiente de correlação linear é o mais indicado para medir o grau de relação entre elas, nas Figuras 1 e 2 estão as correlações significativas entre os valores de área foliar estimados pelos métodos alternativos e a área foliar real.

Quanto a capacidade de retenção da calda pelas folhas de citros, a análise de variância

apresentou diferença não significativa entre a testemunha (água + cyhexatin) e os tratamentos com adição de adjuvantes. A diluição da formulação comercial do acaricida possivelmente reduziu a tensão superficial da água.

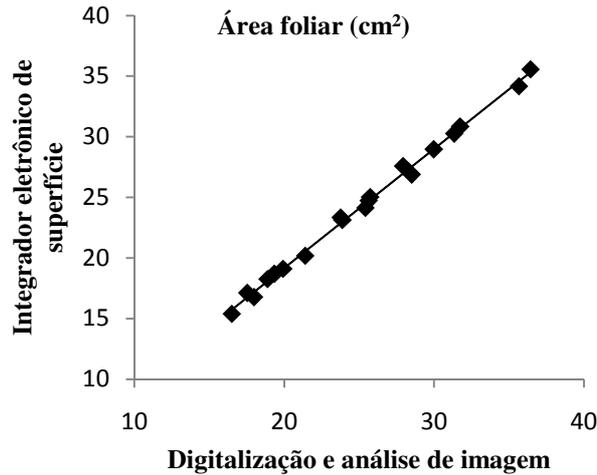


Figura 1. Correlação entre as áreas foliares estimadas pelos métodos da digitalização e análise da imagem com a área foliar real determinada pelo método do integrador eletrônico de superfície.

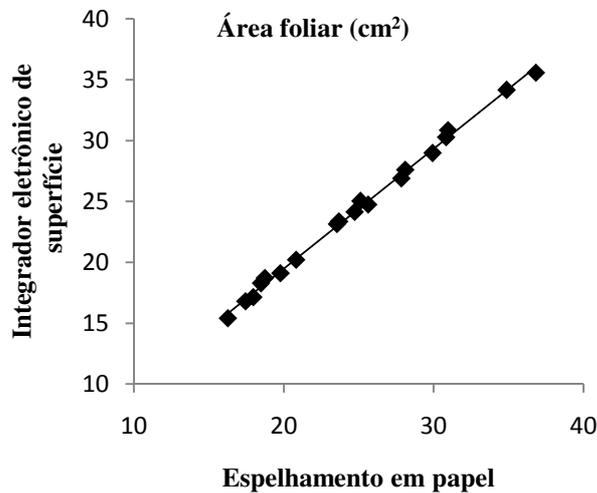


Figura 2. Correlação entre as áreas foliares estimadas pelo método do espelhamento em papel com a área foliar real determinada pelo método do integrador eletrônico de superfície.

Observa-se na Tabela 2 que a retenção máxima de líquido pelas folhas ocorreu quando utilizou-se calda acaricida com óleo vegetal como líquido de aplicação e que não houve diferença estatística na retenção foliar das caldas com o uso de 10 ou 15 mL L⁻¹ dos adjuvantes testados.

Matuo et al. (1989) observaram que a adição de adjuvantes reduziu a retenção do líquido após a pulverização efetuada até o escorrimento. Com um mesmo adjuvante, a tendência observada foi de que à medida que se aumenta a concentração, ocorre menor retenção.

Tabela 2. Médias da capacidade máxima de retenção de líquido pelas folhas de citros, pulverizadas com calda acaricida (Sipcatin 500 SC) com diferentes adjuvantes (óleo mineral - Assist e óleo vegetal - Veget'Oil) em duas concentrações. Jaboticabal, 2008.

Tratamentos	Retenção (mL m ²)
Adjuvantes	
Óleo mineral	0,37 b
Óleo vegetal	0,75 a
DMS	0,21
Teste F	13,71 **

Concentração	
10 mL L ⁻¹	0,56 a
15 mL L ⁻¹	0,58 a
DMS	0,21
Teste F	0,04 ^{ns}
Adjuvante x Concentração	
Teste F	0,12 ^{ns}
Testemunha x Tratamentos	
Teste F	0,81 ^{ns}
CV (%)	33,27

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade. Pelo teste F, ** significativo a 1,0 % de probabilidade, ^{ns} não significativo.

O método comumente utilizado na citricultura de pulverizações a volume alto, leva a cobertura em nível de escorrimento na maioria das folhas. Assim sendo, e baseado nos resultados obtidos, com a adição de óleo mineral a calda, ficaria retido do acaricida 0,09 mg i.a. m² de área foliar, já se for adicionado óleo vegetal a retenção do acaricida seria de 0,19 mg i.a. m² de folha. Se a primeira quantidade for suficiente para o controle de uma determinada praga, pode-se admitir que no último caso estará havendo uma sobredosagem da ordem de 53%. Por outro lado ainda, se 0,09 mg i.a. m² for considerado suficiente, o volume de calda utilizado poderia ser reduzido evitando desperdícios. Portanto, poderia ser utilizada uma calda menos concentrada, com vantagens econômicas e também ecológicas.

Ramos et al. (2007) observou que tanto a deposição quanto a cobertura não foram prejudicadas pela utilização do volume de 70% (19,6 L planta⁻¹), indicando que tal volume pode substituir o volume de 100% (28 L planta⁻¹) sem prejuízos ao controle de pragas. Para os autores, se o controle de pragas obtido com o volume-padrão do produtor (100%) é considerado satisfatório, a redução de 30% no mesmo tende a não interferir no controle, uma vez que as quantidades de princípio

ativo sobre os alvos são estatisticamente semelhantes. Isso provavelmente porque, próximo ao volume 70%, a planta atinge seu limite máximo de retenção, o que eleva o escorrimento, mas não interfere mais na deposição.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, o uso de óleo mineral em pulverizações que necessitem de molhamento foliar acima do ponto de escorrimento acarreta redução da quantidade de calda retida por metro quadrado de área foliar e, conseqüentemente, do consumo de calda em folhas de citros.

CONCLUSÕES

Não há diferenças entre os métodos de estimativa da área foliar avaliados e o método padrão.

As equações de regressão linear apresentaram coeficiente de correlação relativamente alto, e podem ser indicadas para a estimativa da área foliar de folhas de citros.

A utilização de óleo mineral diminuiu a quantidade máxima de líquido que as folhas podem reter, o que contribui para uma redução no volume de calda utilizado em pulverizações na cultura do citros.

ABSTRACT: This work was done to determine the maximum amount of liquid that the citrus leaves can hold back and compare alternative methods for estimating leaf area with the standard method of integrating electronic image. The alternative methods were leaf mirroring on paper and leaf digitalization and image analyzes. The spray retention capacity was evaluated with miticide sprayed with cyhexatin (Sipcatin 500 CS) plus the treatments: combination of two adjuvants (mineral oil - Assist and vegetable oil - Veget'Oil) and two concentrations (10 and 15 mL of adjuvant L⁻¹). The methods for estimating leaf area assessed do not differ between them. The maximum retention of liquids for the leaf occurred when vegetable oil in the application was used.

KEYWORDS: Adjuvant. Spraying. Leaf area estimation. *Citrus sinensis*.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. *AGROESTAT: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos*. Jaboticabal: Versão 1.0, 2010.

CÂMARA, F. T.; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 740-749, out./dez. 2008.

CÂMARA, F. T.; 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...* Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 5, 2007, Águas de Lindóia – SP. 2007. v. 1.

CUNHA, J. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 133-138, 2005.

FERNANDES FILHO, E. I.; VALE, F. X. R.; LIBERATO, J. R. *QUANT v.1.0.0.22: Quantificação de doenças de plantas*. Viçosa: UFV, 2002. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, maio/ago. 2007.

JOHNSTONE, D. R. Spreading and retention of agricultural sprays on foliage. In: VAN VALKENBURG, W. (ed.). *Pesticide formulations*. N. York, Marcel Dekker, 1973. 481p.

KVET, J.; ONDOK, J. P.; NECAS J.; JARVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P. G. (Ed.). *Plant Photosynthetic production: Manual of methods*. The Hauge, W. Junk: N. V. Publishers, 1971. p. 343-384.

MATUO, T.; HAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. 1989. Efeitos de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. *Summa Phytopathologica*, v. 15, p. 163-173, 1989.

MATUO, T. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: MATUO, T.; FERREIRA, M. E.; CARVALHO, R. P. L.; TAMAKI, T. *Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas*. Jaboticabal: FUNEP, 1987. p. 3-11.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimativa da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.

RAMOS, H. H.; YANAI, K. CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 56-65, jan. 2007.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 66-73, july/sept. 2008.