

**Estimativa da Área Foliar de
Variedades de Cana-de-açúcar
no Submédio do Vale do São
Francisco**



ISSN 1808-9968

Dezembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 131

Estimativa da Área Foliar de Variedades de Cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco

*Welson Lima Simões
Miguel Júlio Machado Guimarães
Anderson Ramos de Oliveira*

Embrapa Semiárido
Petrolina, PE
2017

Esta publicação está disponibilizada no endereço:
<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>

Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semiárido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina, PE

Fone: (87) 3866-3600 Fax: (87) 3866-3815

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Flávio de França Souza

Secretária Executiva: Lúcia Helena Piedade Kiill

Membros: Diana Signor Deon

Elder Manuel Moura Rocha

Francislene Angelotti

Gislene Feitosa Brito Gama

José Mauro da Cunha e Castro

Juliana Martins Ribeiro

Mizael Félix da Silva Neto

Pedro Martins Ribeiro Júnior

Roseli Freire de Melo

Sidinei Anunciação Silva

Tadeu Vinhas Voltolini

Supervisor editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisor de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Foto da capa: *Welson Lima Simões*

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição (2017):

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

CIP - Brasil. Catalogação na publicação

Embrapa Semiárido

Simões, Welson Lima.

Estimativa da área foliar de variedades de cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco / Welson Lima Simões, Miguel Júlio Machado Guimarães, Anderson Ramos de Oliveira – Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017.

18 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 131).

1. Planta produtora de açúcar. 2. Comportamento de variedade. 3. Irrigação. 4. *Saccharum officinarum* L. I. Simões, Welson Lima. II. Guimarães, Miguel Júlio Machado. III. Oliveira, Anderson, Ramos de. IV. Título. V. Série.

CDD 633.61

© Embrapa 2017

Sumário

| | |
|-------------------------------------|----|
| Resumo | 4 |
| Abstract | 6 |
| Introdução | 7 |
| Material e Métodos | 10 |
| Resultados e Discussão | 12 |
| Conclusão | 16 |
| Referências | 16 |

Estimativa da Área Foliar de Variedades de Cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco

Welson Lima Simões¹

Miguel Júlio Machado Guimarães²

Anderson Ramos de Oliveira³

Resumo

A utilização do método não destrutivo de fator de forma para estimar a área foliar em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) pode apresentar diferenças em decorrência de variedades, tornando-se necessária uma correção no fator de forma recomendado atualmente (0,75). Assim, objetivou-se com este trabalho, determinar fatores de forma para a estimativa de área foliar de variedades de cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido na Usina Agrovale S.A., em Juazeiro, BA. Foram coletadas folhas de sete variedades de cana-de-açúcar: RB92579, RB835089, RB72454, SP716949, VAT90212, SP943206 e Q124. Para determinar a área foliar (AF) real foi utilizado o integrador de área foliar. O fator de forma (FF) de cada variedade foi determinado pela razão da área foliar observada pela área do retângulo formado a partir do comprimento e da maior largura da

¹Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

²Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Engenharia Agrícola, Petrolina, PE.

³Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

folha, em função da área real. A utilização de fatores de forma específicos garante maior exatidão da estimativa da área foliar das variedades de cana-de-açúcar SP716949, VAT90212, SP943206 e Q124.

Palavras-chave: *Saccharum* sp., método não destrutivo, agroenergia.

Correction Factor for Area Estimate Leaf Sugarcane in the Submedio of São Francisco

Abstract

Application of non-destructive method of form factor to estimate leaf area in sugarcane may differ depending on varieties, making necessary a correction in the recommended form factor currently (0.75). Thus, the aim of this work was to determine form factors to estimate leaf area of sugarcane varieties in the Sub-Middle of the São Francisco Valley. The experiment was conducted in Agrovale S.A. in Juazeiro, BA. It was collected 50 leaves seven varieties of sugarcane: RB92579, RB835089, RB72454, SP716949, VAT90212, SP943206 and Q124. To determine the leaf area (AF) was used real leaf area integrator. The form factor (FF) of each variety was determined by the ratio of leaf area observed by the area of the rectangle formed from the length and the largest width of the sheet, depending on the actual area. The use of specific form factors ensures greater accuracy of the estimate of leaf area SP716949, VAT90212, SP943206 and Q124 sugarcane varieties.

Keywords: *Saccharum* sp., non-destructive method, agrienergy.

Introdução

O conhecimento biométrico da folha, bem como do funcionamento de seu aparato fotossintético permite inferir sobre os mais diversos aspectos do desenvolvimento, expansão e senescência de uma planta e, em última análise, pode-se estimar o potencial de produção da espécie. Estudos morfométricos de determinação da área foliar são úteis para o entendimento do comportamento das plantas frente aos fatores nutricionais, hídricos, fitossanitários, de manejo, dentre outros.

A análise da área foliar de uma espécie pode ser realizada por meio de métodos destrutivos, quando se retiram as folhas para análise ou por métodos não destrutivos, os quais envolvem o uso de equipamentos ou aplicação de modelos para se estimar a área foliar.

De um lado, o método destrutivo é mais preciso e apresenta o real valor da área foliar da espécie, contudo, esse método nem sempre pode ser aplicado, pois dependendo da espécie em estudo, a mesma pode apresentar reduzido número de folhas e a retirada destas comprometerá os processos fotossintéticos e transpiratórios da planta. Além disso, os métodos destrutivos têm outras limitações, pois são laboriosos e impossibilitam o acompanhamento do desenvolvimento foliar até o final do ciclo da cultura ou até a abscisão natural da folha (ARAÚJO et al., 2005). Por outro lado, a utilização de métodos não destrutivos da medida direta da lâmina foliar, fornece estimativas dessa variável do início até o fim do ciclo, acompanhando a mesma planta, podendo ser de grande utilidade em estudos fotossintéticos e de transpiração da planta, nos quais o método destrutivo não seria possível de ser aplicado (PEKSEN, 2007).

Os métodos não destrutivos têm sido utilizados nos mais diversos estudos, como exemplo, pode-se citar o trabalho de Antunes Júnior et al. (2009), que ao estudarem o dossel de variedades de mangueira (*Mangifera indica* L.) por meio de relação alométrica de modelos de interceptação de luz baseado na lei de Beer-Lambert e de um modelo proposto por Charles-Edwards e Thornley, obtiveram altos índices de

confiança na estimativa da área foliar. Maldaner et al. (2009) e Aquino et al. (2011) testaram modelos matemáticos de estimativa da área do limbo foliar em função das suas dimensões para o girassol (*Helianthus annuus* L.) e verificaram que os modelos potenciais apresentaram maiores valores de coeficiente de determinação (R^2), mostrando-se mais precisos na estimativa da área foliar desta cultura.

Cargnelutti Filho et al. (2012) realizaram a modelagem da área foliar de mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* (L.) DC.) determinada por fotos digitais em função das dimensões do limbo do folíolo central da folha e concluíram que o uso de fotos digitais em modelos potenciais proporcionou maiores valores de R^2 na estimativa de área foliar. Outro exemplo da aplicação de equação envolvendo o produto do comprimento pela largura para a determinação da área foliar é observado em estudo de Cândido et al. (2013) com a espécie mofumbo (*Combretum leprosum* Mart. e Eicher), frequente no Bioma Caatinga, que apresentou alto coeficiente de determinação para a espécie, próximo a 95% quando se utilizou o modelo linear.

A seleção do método ou da equação mais adequada é variável conforme as características das folhas de cada espécie e com as condições de integridade da folha. Em folhas de soja (*Glycine max* L.), por exemplo, o método de dimensões foliares é menos preciso na estimativa de área foliar para folhas danificadas, se comparado ao método digital, que por sua vez apresenta boas estimativas de área foliar tanto para folhas com limbos íntegros quanto para danificados (ADAMI et al., 2007). Estudando duas gramíneas, *Brachiaria subquadripa* (Trin.) Hitchc. e *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf., Marchi et al. (2011) observaram que as correlações entre a área foliar real e parâmetros dimensionais do limbo foliar como o comprimento ao longo da nervura principal e a largura máxima perpendicular ao eixo principal por meio de equações lineares simples permitem boas estimativas da área foliar destas espécies.

No caso da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), a definição da metodologia de estudo da área foliar é muito relevante. Os estudiosos têm utilizado a fórmula clássica proposta por Francis et al. (1969) para o cálculo da área foliar para a cultura do milho (*Zea mays* L.), em que

$AF = C \times L \times 0,75$, onde AF = área foliar, C = comprimento da folha, L = a maior largura da folha e $0,75$ é o fator de forma, que é utilizado para o ajuste, uma vez que ao se considerar o valor total do retângulo formado, haveria uma superestimativa de área.

Esta fórmula foi aperfeiçoada por Hermann e Câmara (1999), ao considerarem o sistema de Kuijper que enumera e identifica de forma crescente as folhas do colmo da cana-de-açúcar. Sendo assim, a fórmula para o cálculo da área foliar passou a ser representada da seguinte maneira: $AF = C \times L \times 0,75 \times (N + 2)$, onde C = comprimento da folha, L = maior largura da folha e $N + 2$ = número de folhas totalmente abertas e com pelo menos 20% de área verde. Hermann e Câmara (1999) afirmam que o uso deste modelo, se constitui em um método simples, rápido e suficientemente preciso para ser utilizado com confiabilidade para a maioria dos trabalhos de pesquisa de campo com cana-de-açúcar.

Apesar da confiabilidade e da praticidade da fórmula, o fator de forma = $0,75$ tem sido questionado, pois o mesmo foi determinado, originalmente, para a cultura do milho. Ainda, ao se adaptar esta fórmula para a cultura da cana-de-açúcar, não se levou em consideração as diferentes variedades que apresentam características singulares quanto ao formato da folha. Há também variações quanto à numeração da folha (disposição) utilizada na análise, por isso se estabeleceu a folha + 3; contudo, mesmo para esta folha há diferenças entre as variedades, como pode ser comprovado no trabalho de Batalha (2011) com a variedade RB867515, onde o fator de forma foi de $0,62$. Ferreira Júnior et al. (2014), avaliando o crescimento da variedade RB98710 de cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio, observaram que o fator de forma dessa variedade é de $0,65$.

Outro aspecto que deve ser considerado é a idade da folha, pois também podem ocorrer diferenças significativas no fator de forma. Em estudo de Tavares (2009) sobre a sensibilidade da cana-de-açúcar ao excesso de água no solo, observou-se que a variedade RB867515 apresentou fator de forma de $0,66$ aos 67 dias após o plantio e de $0,56$ aos 215 dias após o plantio.

Neste contexto, estudos que possam definir o fator de forma de variedades de cana-de-açúcar com maior acurácia podem ser relevantes para a tomada de decisão quanto ao manejo da cultura, principalmente quando se preconiza a agricultura de precisão.

Uma das formas de se ajustar o fator de forma é a utilização de fatores de correção, os quais podem ser calculados de acordo com a análise da área foliar real (método destrutivo) em contraste com o método não destrutivo (aplicação da fórmula).

Com este trabalho, objetivou-se determinar fatores de forma para a estimativa de área foliar de variedades de cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma área comercial de cana-de-açúcar irrigada, pertencente à Usina Agroindústrias do Vale do São Francisco S/A (Agrovale), no Vale do São Francisco, em Juazeiro, BA, cujas coordenadas geográficas são 9°29'S; 40°21'W, com 395 m de altitude.

O clima da região é do tipo BSw_h, conforme a classificação de Köppen, caracterizando-se por ser uma região semiárida muito quente, com temperatura média anual de, aproximadamente, 26 °C e baixo índice pluviométrico, inferior a 850 mm. Nos últimos 7 anos, as médias foram inferiores a 500 mm.

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em fileiras duplas (0,70 m entre fileira simples e 1,30 m entre fileira dupla), com densidade de 12 gemas por metro linear. As unidades experimentais foram constituídas de talhões com seis fileiras duplas de cana-de-açúcar, com comprimento de 12 m, as quais eram irrigadas por sistema de gotejamento subsuperficial, localizado entre as fileiras simples, sendo a distância entre as linhas de gotejo de 2 m. As avaliações foram realizadas em três fileiras duplas de cana-de-açúcar, desprezando-se uma bordadura de 1 m em cada extremidade da linha, perfazendo uma área útil de 60 m². Foram

coletadas 50 folhas de cada uma das sete variedades estudadas: RB92579, RB835089, RB72454, SP716949, VAT90212, SP943206, e Q124.

As folhas foram coletadas aleatoriamente no segundo estágio fenológico das plantas, o qual se caracteriza pelo máximo crescimento dos colmos, sendo as mesmas encaminhadas ao laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Semiárido, onde foram realizadas as medidas biométricas. Para cada variedade foram mensuradas a largura (L) e o comprimento da folha (C). Para determinar a área foliar de cada folha (AFr) foi utilizado um integrador de área foliar de bancada com uma resolução de 1 mm².

O fator de forma (FF) de cada variedade (FF específico) foi determinado pela razão da área foliar, observada pela área do retângulo formado a partir do comprimento e da maior largura da folha, no qual se considera o lado maior igual ao comprimento da lâmina foliar e lado menor igual a maior largura da lâmina foliar, conforme a Equação 1:

$$FF = \frac{AFo}{AFr} \quad (1)$$

Em que: FF = Fator de forma; AFo = área foliar observada; AFr = área foliar real.

O FF específico foi comparado com o FF fixo (0,75) sugerido por Francis et al. (1969). O erro relativo (ER) foi o parâmetro utilizado na comparação das estimativas obtidas com os valores observados. O erro relativo foi calculado a partir da seguinte equação:

$$ER = \frac{(AFe - AFr)}{AFr} * 100 \quad (2)$$

Onde: ER = Erro relativo; AFe = área foliar estimada; AFr = área foliar real.

Para avaliar a exatidão das estimativas foi utilizado o índice de concordância sugerido por Willmott et al. (1985), o qual relaciona o afastamento dos valores estimados em relação aos observados. Seus valores variam de 0, para nenhuma concordância, a 1, para concordância perfeita. O índice de Willmott (d) é dado pela seguinte equação:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\hat{y}_i| + |y_i|)^2} \quad (3)$$

Sendo: d = adimensional variando de 0 a 1; \hat{y}_i = valor de área foliar estimado pelo modelo; y_i = valor de área foliar observado; \bar{y} = média dos valores observados; $\hat{y}'_i = \hat{y}_i - \bar{y}$ e $y'_i = y_i - \bar{y}$.

Resultados e Discussão

Os valores de FF encontrados para cada variedade estudada, com seus respectivos erros relativos médios e índice de Willmott, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de fator de forma (FF), erro relativo médio (ERM) e índice de Willmott (1985) para estimativa de área foliar de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), com FF específico para cada variedade e FF fixo – 0,75 sugerido por Francis et al. (1969), no Submédio do São Francisco.

| Variedade | FF específico | | | FF fixo – 0,75 | |
|-----------|---------------|------|--------------------|----------------|--------------------|
| | FF | ERM | Índice de Willmott | ERM | Índice de Willmott |
| RB92579 | 0,74 | 6,84 | 0,799 | 7,13 | 0,791 |
| RB835089 | 0,77 | 9,00 | 0,764 | 8,91 | 0,761 |
| RB72454 | 0,76 | 9,94 | 0,929 | 9,60 | 0,929 |
| SP716949 | 0,70 | 6,12 | 0,904 | 10,61 | 0,866 |
| VAT90212 | 0,71 | 7,93 | 0,911 | 10,02 | 0,884 |
| SP943206 | 0,71 | 7,41 | 0,861 | 8,77 | 0,826 |
| Q124 | 0,66 | 8,37 | 0,899 | 15,79 | 0,75 |
| Média | 0,72 | 7,94 | 0,87 | 10,12 | 0,83 |

De acordo com a Tabela 1, o FF das diversas variedades variou de 0,66 a 0,77, indicando variações entre os limbos foliares das variedades estudadas. Os resultados foram semelhantes àqueles obtidos em estudos desenvolvidos com outras espécies gramíneas, como o caso do milho 'Pérola', onde Geraldo et al. (2000), avaliando quatro variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), observaram $FF = 0,65$, o qual foi utilizado na correção da estimativa da área foliar das variedades. Em estudo anterior, Schiavuzzo et al. (1998) determinaram o FF corrigido para estimativa da área foliar em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e encontraram o valor de 0,835. O capim-bermuda (*Cynodon* spp.) também apresentou comportamento similar quanto ao fator de forma, pois apresentou valores que variaram de 0,77 a 0,83 (PREMAZZI et al., 2011).

Estudos com cana-de-açúcar demonstram que o fator de forma sofre pequenas variações em função das variedades e até mesmo na mesma variedade em função das condições de cultivo e manejo da cultura. Tais variações poderão resultar em menor precisão das informações geradas quanto à área foliar da cultura. Silva (2009), estudando o número de folhas, a área foliar e o índice de área foliar da variedade RB92579, encontrou um coeficiente angular da regressão de 0,69, obtido pelo produto do comprimento e da largura da folha. Este resultado difere do encontrado no presente estudo, onde o FF da variedade RB92579 foi de 0,74.

A cultura da cana-de-açúcar passa por quatro estádios de desenvolvimento: brotação e estabelecimento, perfilhamento e crescimento e maturação dos colmos (DIOLA; SANTOS, 2010) e, assim, como ocorre em outras espécies, as demandas nutricionais e hídricas são diferentes. Marafon (2012) relata que no início do desenvolvimento, a maior parte da fitomassa produzida pela cana-de-açúcar é destinada à formação e crescimento de folhas e cada nova folha que é formada contribui para maior interceptação da luz. Nestas diferentes fases do crescimento e desenvolvimento da cultura verifica-se, também, diferença no fator de forma, o qual, em uma agricultura de precisão, fornece informações mais confiáveis e de maior acurácia em relação à área foliar e, conseqüentemente, sobre o aparato fotossintético, possibilitando melhorar o planejamento de atividades de irrigação e nutrição.

As diferenças encontradas entre os valores de FF neste estudo corroboram com a pesquisa de Sinclair et al. (2005), que avaliando quatro variedades de cana-de-açúcar, encontraram FF diferentes: CP80-1743 (FF = 0,71), CP89-2143 (FF = 0,72), CP88-1762 (FF = 0,71) e CP72-2086 (FF = 0,73).

Verifica-se, ainda na Tabela 1, que os valores de erros encontrados quando se estimou a área foliar com o FF específico para cada variedade foram inferiores a 10%, os quais demonstram a validade dos fatores, visto que tais resultados corroboram com os de outros autores, os quais obtiveram erros variando entre 3% a 10% quando avaliaram diversas espécies de plantas (CARDOZO et al., 2009; MONTEIRO et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2002).

Os fatores de forma apresentaram valores satisfatórios de índice de Willmott ($d > 0,80$), demonstrando assim uma boa concordância dos valores estimados com os observados, com exceção das variedades RB92579 e RB835089 que obtiveram valores de d inferior a 0,80 (0,799 e 0,764 respectivamente).

Os valores de AF estimados com o FF fixo de 0,75, sugerido por Francis et al. (1969), e comumente utilizado na estimativa de AF de cana-de-açúcar (MONTEIRO et al., 2005; PINCELLI; SILVA, 2012) apresentaram, no geral, maiores erros médios quando comparados aos valores de AF estimados com fatores específicos para cada variedade. As variedades RB92579, RB835089 e RB72454 apresentaram erros inferiores e/ou muito próximos.

A busca de condições ideais para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar deve levar em consideração não só o índice de área foliar (IAF) ótimo, uma vez que este permite a máxima fotossíntese, mas também outros fatores como o adensamento, o número de perfilhos e a variedade cultivada, pois a partir de um dado momento, o aumento no IAF pode fazer com que ocorra o auto-sombreamento pelas folhas, diminuindo a eficiência fotossintética da planta (MARAFON, 2012).

As variedades apresentaram, em média, um FF de 0,72. Na Figura 1 é apresentada a correlação entre a AFR e a área foliar estimada utilizando-se

o fator de forma médio (0,72) para as condições do estudo. Pode-se verificar uma linearidade entre os parâmetros correlacionados, havendo uma subestimativa de 2,65% da área foliar real quando se utilizou 0,72 como fator de forma para a estimativa da área foliar de cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco ($AFe = 0,72 * L * C$). Ainda, observando-se a Figura 1, nota-se que a área foliar real das variedades de cana-de-açúcar aumenta linearmente com o aumento de comprimento x largura dos limbos foliares, e 79% dos dados puderam ser representados pela equação ajustada (Figura 1).

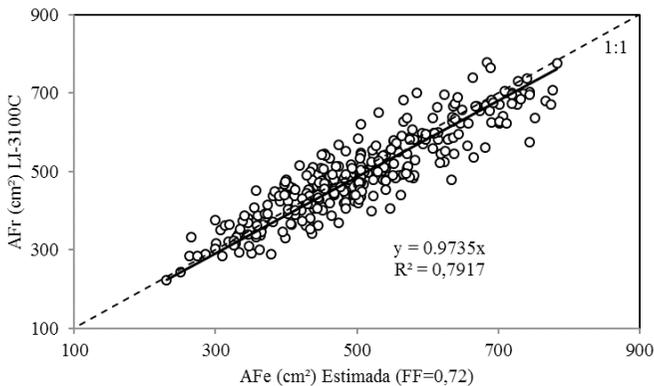


Figura 1. Relação entre a área foliar real (AFr) e a área foliar estimada (AFe) de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) irrigada no Submédio do Vale São Francisco.

Na agricultura de precisão as informações geradas pelas ferramentas de análise e diagnóstico devem ser reais ou estimadas de maneira que os erros sejam reduzidos. De acordo com Sugawara et al. (2009), cuidados na determinação do índice de área foliar são necessários, a fim de se evitar que erros comprometam as análises subsequentes, como o cálculo da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. Há de se considerar as ações intermediárias de manejo, como a adubação e a irrigação, que podem levar em consideração o índice de área foliar numa determinada condição.

Apesar da diferença dos índices de Willmott entre as estimativas com FF fixo e FF específico, para cada variedade, se apresentar a nível centesimal, resultados como esse comprovam a importância da utilização de fatores de forma específicos para cada variedade, ambiente e/ou sistema de cultivo, tendo em vista que a AF é um parâmetro que pode ser utilizado no manejo da irrigação e que resultados mais precisos refletirão em menor gasto de energia e água.

Conclusão

A utilização de fatores de forma específicos garante maior exatidão da estimativa da área foliar das variedades de cana-de-açúcar SP716949, VAT90212, SP943206 e Q124.

Referências

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, L.; FARIA, R. T. Estimativa de área foliar de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 9-14.
- ANTUNES JÚNIOR, M. Z.; FERRONATO, A.; FERRONATO, S. D.; RODRIGUES, K.; GALLON, M. M. P.; GOMES, N. M. G.; STIEVEN, A. C.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Métodos não destrutivos para estimativa de densidade de área foliar em mangueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 12, p. 1624-1630, 2009.
- AQUINO, L. A.; SANTOS JÚNIOR, V. C.; GUERRA, J. V. S.; COSTA, M. M. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 832-836, 2011.
- ARAÚJO, E. C. E.; SANTOS, E. P. dos; PRADO, C. H. B. de A. Estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) cvs. Tommy Atkins e Haden, utilizando dimensões lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 308-309, 2005.
- BATALHA, B. R. **Temperatura do dossel vegetativo da cana-de-açúcar sob diferentes condições meteorológicas e potenciais de água no solo**. 2011. 166 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CANDIDO, W. S.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; CUNHA, C. S. M.; SILVA, R. C. P. Modelo para estimar a área foliar de *Combretumleprosum* Mart. **Acta Agronômica**, Bogotá, v. 62, n. 1, p. 37-41, 2013.

CARDOZO, N. P.; PARREIRA, M. C.; ALVES, P. L. C. A.; BIANCO, S. Área foliar de duas trepadeiras infestantes de cana-de-açúcar utilizando dimensões lineares de folhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 683-687, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, M. T. C.; FICK, A. L.; NEU, I. M. M.; FACCO, G. Estimativa da área foliar de mucuna cinza por meio de método não destrutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 42, n. 2, p. 238-242, 2012.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p. 25-49.

FERREIRA JUNIOR, R. A.; A.; SOUZA, J. L. de; ESCOBEDO, J. F.; TEODORO, I.; LYRA, G. B. V.; ARAÚJO NETO, R. A. de. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, ago. 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-4366201400080003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt >. Acesso em: 14 set. 2016.

FRANCIS, C. A.; RUTGER, J. N.; PALMER, A. F. E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L). **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 537-539, 1969.

GERALDO, J.; ROSSIELLO, R. O. P.; ARAÚJO, A. P.; PIMENTEL, C. Diferenças em crescimento e produção de grãos entre quatro variedades de milho pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1367-1376, 2000.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista da STAB**, [Piracicaba], v. 17, n. 5, p. 32-34, 1999.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BERTOLUZZI, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, 2009.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 168). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/73913/1/doc-168.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

MARCHI, S. R.; MARTINS, D.; COSTA, N. V. Método não destrutivo de estimativa da área foliar de plantas daninhas de ambiente aquático: tanner-grass e capim-fino. **Seminários em Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1717-1724, 2011.

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.

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**, Vitória da Conquista, v. 20, n. 4, p. 555-558, 2002.

PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). **Scientia Horticulturae**, [Oxford], v. 113, n. 4, p. 322-328, 2007.

PINCELLI, R. P.; SILVA, M. A. Alterações morfológicas foliares em variedades de cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 546-556, 2012.

PREMAZZI, L. M.; MONTEIRO, F. A.; OLIVEIRA, R. F. de. Crescimento de folhas do capim-bermuda tifton 85 submetido à adubação nitrogenada após o corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 3, p. 518-526, 2011.

SCHIAVUZZO, P. F.; MONTEIRO, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; BANKUTI, A. Determinação do fator de correção para estimativa da área foliar em braquiária Marandu, cultivada em doses de nitrogênio. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 6., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1998. p. 498.

SILVA, T. G. F. **Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no Semi-Árido brasileiro**. 2009. 168 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SINCLAIR, T. R.; GILBERT, R. A., PERDOMO, R. E.; SHINE, J. M.; POWELL, G.; MONTES, G. Volume of individual internodes of sugarcane stalks. **Field Crops Research**, [Oxford], v. 91, n. 2/3, p. 207-215, 2005.

SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T.; FARIA, V. G. Avaliação de três métodos de estimativa de índice de área foliar aplicados à cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 499-506.

TAVARES, A. C. S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) ao excesso de água no solo**. 2009. 220 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, D.C., v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 14226