

COMPORTAMENTO DO CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NO CENTRO-OESTE GOIANO

JORDANA MOURA CAETANO¹, DERBLAI CASAROLI², ADÃO WAGNER PÊGO EVANGELISTA³, MÁRCIO MESQUITA³, BRUNO MATEUS DOS SANTOS⁴

¹ Enga Agrícola, Doutoranda em Agronomia, PPGA, Escola de Agronomia, UFG, Goiânia – GO, Fone: (62) 3521-1557, e-mail: jordanamcaetano@gmail.com

² Engo Agrônomo, Prof. Doutor, Setor de Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, UFG, Goiânia – GO.

³ Engo Agrícola, Prof. Doutor, Setor de Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, UFG, Goiânia – GO.

⁴ Graduando em Agronomia, Escola de Agronomia, UFG, Goiânia – GO.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O déficit hídrico limita a produtividade potencial da cana-de-açúcar, pois interfere no crescimento das plantas. Objetivou-se verificar a influência do déficit hídrico ambiental no crescimento da parte aérea da cana-de-açúcar. O estudo foi conduzido em campo (usina CentroÁlcool®), em cultivo de cana-1^asoca (2014/15) e cana-2^asoca (2015/16), da cultivar CTC-4. As lâminas de déficit hídrico (DH) foram obtidas pelo cálculo do balanço hídrico sequencial semanal, a partir de dados obtidos em estação meteorológica automática (Embrapa Arroz e Feijão). Avaliaram-se altura de plantas e área foliar, quinzenalmente. A taxa média diária de DF apresentou correlação negativa com as taxas médias de altura ($r=-0,642$ cana-1^a soca; $r=-0,888$ cana-2^a soca) e área foliar ($r=-0,861$ cana-1^a soca; $r=-0,996$ cana-2^a soca). As taxas de altura e área foliar reduziram-se a partir de um valor acumulado de DH=147 mm (Taxa DH=0,58 mm dia⁻¹; cana-1^a soca) e DH=82 mm (Taxa DH=1,27 mm dia⁻¹; cana-2^a soca). O crescimento foi nulo a partir dos valores de DH=237 e 163 mm e taxas de DH=2,55 e 1,80 mm dia⁻¹, para 1^a e 2^a soca, respectivamente. Conclui-se que as lâminas de DH>80 mm, para uma taxa de DH \geq 1,27 mm dia⁻¹, reduzem o crescimento da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp., variáveis biométricas, condições climáticas do Cerrado.

SUGARCANE GROWTH BEHAVIOR IN FUNCTION OF WATER DHICIT IN THE MIDWEST GOIANO

ABSTRACT: Water deficit limiting decrease sugarcane yield potential because it interferes in the plants growth. This work aimed to verify the environmental water deficit effect in the sugarcane growth. The study was carried out in field (CentroÁlcool® Plant), to 1st ratoon (harvest 2014/15) and 2nd ratoon (harvest 2015/16), with CTC-4 variety. Water deficit levels (WD) were obtained by water balance calculation (week intervals). Meteorological data were obtained from the automatic station, localized in Embrapa-Rice and Beans. Height and leaf area of plants were measured biweekly. Rate average daily of WD showed negative correlation with average hight ($r=-0.642$ 1st ratoon; $r=-0.888$ 2nd ratoon) and leaf area

($r=-0.861$ 1st ratoon; $r=-0.996$ 2nd ratoon). Rates height and leaf area reduced from accumulated WD=147 mm (Rate WD=0.58 mm day⁻¹; 1st ratoon) and WD=82 mm (Rate WD=1.27 mm day⁻¹; 2nd ratoon). Null growth to WD \geq 237 and 163 mm, and rates of WD \geq 2.55 and 1.80 mm day⁻¹, to 1st and 2nd ratoon, respectively. We conclude that levels of WD>80 mm and rate WD \geq 1.27 mm day⁻¹ reduce the sugarcane growth.

KEYWORDS: *Saccharum* spp., biometric variables, climatic conditions of Brazilian Savanna.

INTRODUÇÃO

Em todo o ciclo das espécies vegetais os fatores ambientais são responsáveis pela sua produtividade qualitativa e quantitativa, visto que a fase fenológica é determinante para descrever as respostas da interação da planta com o meio (Cintra et al., 2008). Para a cana-de-açúcar, as condições meteorológicas do ambiente influenciam o ritmo de crescimento e a intensificação do acúmulo de sacarose, isto em condições específicas de combinação da temperatura do ar e da umidade do solo (Cintra et al., 2008; Dinardo-Miranda et al., 2008).

A temperatura interfere na velocidade das reações bioquímicas e na ação de enzimas envolvidas na divisão, diferenciação e crescimento celular. Na cultura da cana-de-açúcar, quando exposta à condição de temperatura do ar baixa, isto é, abaixo da temperatura basal inferior a 18 °C (irrigado) ou 20 °C (sequeiro) ou 18 (Barbieri e Villa Nova, 1977), ocorre redução na síntese de sacarose nas células do parênquima no colmo, limitando a fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2004). O crescimento e desenvolvimento vegetativo são máximos quando a temperatura média do ambiente se encontra entre 30 e 34 °C e acima de 35 °C torna-se lento, sendo praticamente nulo em temperatura superior a 38 °C. Valores constantes e acima de 38-40 °C tendem a prejudicar o desenvolvimento da planta pelo efeito inibitório de atividades fisiológicas, como abertura de estômatos e troca de CO₂ (Barbieri e Villa Nova, 1977; Doorembos e Kassin, 1994). Du et al. (1999) investigaram o comportamento do mecanismo fotossintético da cana-de-açúcar em resposta à baixa temperatura (10 °C). Os resultados indicaram que após 52 h de exposição à baixa temperatura pode ocorrer redução de até 50% da taxa fotossintética.

Durante o período de crescimento vegetativo, sabe-se que a ocorrência de déficit hídrico pode limitar a produção de cana-de-açúcar. Espécies vegetais em condição de baixa disponibilidade hídrica do solo apresentam redução na síntese de carboidratos com consequente redução da taxa fotossintética (Taiz e Zeiger, 2004). A ocorrência de deficiência hídrica durante o período de estabelecimento da cultura e início do desenvolvimento vegetativo afeta a produção de fitomassa e o rendimento de sacarose (Inman-Bamber e Smith, 2005; Machado et al., 2009). No período vegetativo, o déficit hídrico reduz tanto o alongamento dos colmos, em torno de 60%, quanto seu diâmetro, de 55 a 75% (Ecco et al., 2014) e também ocorre redução de, cerca de, 35% na fitomassa e de 25% nos sólidos solúveis (Machado et al., 2009).

Para as condições ambientais da região centro-oeste do Brasil, as temperaturas mínimas do ar não são suficientes para atuarem como fator limitante no crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, sendo o déficit hídrico do solo fator climático suficiente para interferir e, ou, prejudicar sua produção final (fitomassa da parte aérea e sacarose).

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar em função de lâminas de água no solo em ambiente de cultivo, nas condições edafoclimáticas do Centro-Oeste goiano.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Santo Antônio de Goiás-GO (16°29'8" S; 49°20'36" W; 780 m), em área experimental de aproximadamente 280 ha, arrendada pela destilaria CentroÁlcool®. Segundo a classificação climática de Köppen, a região possui clima do tipo Aw (tropical de savana), megatérmico, caracterizado por inverno seco (maio-setembro) e verão chuvoso (outubro-abril).

Os dados coletados são referentes aos anos-safra 2014/2015 (cana-1ªsoca) e 2015/2016 (cana-2ªsoca). A variedade de cana-de-açúcar cultivada na área foi a CTC 4. O sistema de plantio adotado foi o semi-mecanizado com mudas pré-brotadas, realizado em abril de 2013, com espaçamento de 1,5 m entre fileiras, após a sulcagem da área. A colheita de cana-de-açúcar foi feita manualmente, sendo que o primeiro corte ocorreu em setembro de 2014 e o segundo e terceiro cortes ocorreram em outubro de 2015 e 2016, respectivamente.

Para a coleta de dados foram demarcadas na área quatro unidades experimentais compostas por 5 linhas, de 15 m de comprimento. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (área homogênea), com cinco repetições. Os dados biométricos da cana-de-açúcar foram coletados em uma frequência quinzenal ao longo de todos os ciclos estudados. As alturas das plantas foram obtidas com o auxílio de uma trena, compreendendo o comprimento do colmo desde a sua inserção na superfície do solo até a última folha no ápice do colmo. A obtenção da área foliar (AF) foi determinada conforme a metodologia descrita por Hermann e Câmara (1999), a partir de medidas de comprimento e largura do limbo foliar na porção mediana da folha +3. As variáveis climáticas utilizadas foram obtidas da estação agrometeorológica automática da Embrapa - Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás – GO, distante 7 km da área.

Aplicou-se o balanço hídrico sequencial quinzenal para a cultura da cana-de-açúcar com evapotranspiração potencial de uma cultura de referência (ETP) obtida pelo método de Penman-Monteith, padrão FAO, de acordo com Allen et al. (1998), e adequações na CAD (capacidade de água disponível), utilizando-se $CAD=95,14 \text{ mm}$ ($\theta_{CC}=0,399 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; $\theta_{PMP}=0,240 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; $Z_e=600 \text{ mm}$).

Foram determinadas as taxas médias diárias dos dados biométricos e meteorológico (déficit hídrico) e suas correlações foram determinadas por meio de coeficiente de Pearson ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições do ambiente influenciaram no crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, resultando em respostas distintas entre as safras. A taxa de altura da cana-de-açúcar foi negativamente influenciada pela ocorrência de déficit hídrico no solo (Figura 1), sendo observada correlação linear negativa entre as taxas médias de altura e déficit hídrico (DH) em ambas as safras estudadas ($r=-0,642$ cana-1ª soca; $r=-0,888$ cana-2ª soca). Isto ocorre, pois, a cana-de-açúcar quando submetida à condição de déficit hídrico no solo apresenta redução significativa da carboxilação de Rubisco e PEPCase, que são os principais fatores que resultam na redução da fotossíntese (Barbosa et al., 2015), o que ocasiona redução no crescimento do colmo e da área foliar (Silva et al., 2008).

Na safra 2014/15 a taxa média de crescimento inicial (até 150 DAC) foi de $0,002 \text{ m dia}^{-1}$, no qual teve elevação para $0,036 \text{ mm dia}^{-1}$ e, a partir de 280 DAC, atingiu valor de $0,011 \text{ mm dia}^{-1}$ (Figura 1A).

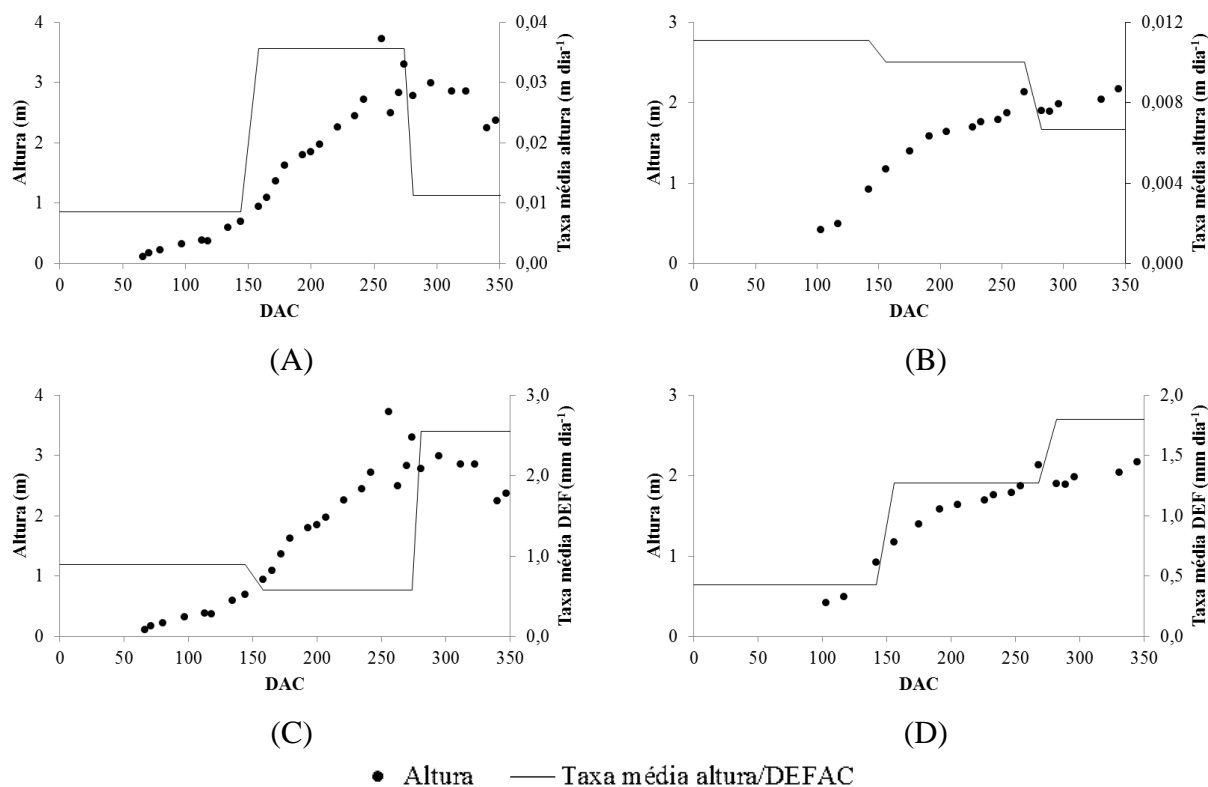


FIGURA 1. Altura (m) em relação às taxas médias de altura (m dia⁻¹) (A) e (B) e às taxas médias de déficit hídrico (DH, mm dia⁻¹) (C) e (D) nos ciclos de cana-1^asoca e cana-2^asoca, respectivamente, ocorridas de 0 a 350 dias após o corte (DAC).

No decorrer desta safra a taxa média de DH nos primeiros 150 DAC foi de 0,89 mm dia⁻¹, acumulando dentro desse período uma lâmina déficit hídrico de 147 mm, com posterior redução de taxa média para 0,58 mm dia⁻¹, e a partir de 280 DAC elevando-se para 2,55 mm dia⁻¹ (Figura 1C). Para este ciclo da cultura (cana-1^asoca) houve redução de 55% na taxa média de altura da cultura para lâmina de déficit hídrico acumulado de 237 mm, observado na primeira semana do mês de julho (cerca de 280 DAC). Este redução na taxa média de altura pode ter ocorrido como resposta à elevação da taxa média de DH.

Na safra 2015/16 (cana-2^asoca) a taxa média de altura inicial foi igual a 0,011 m dia⁻¹, decrescendo próximo aos 205 DAC (quarta semana do mês de abril) para uma taxa média de 0,010 m dia⁻¹, apresentando, até esse período, lâmina de 131 mm de déficit hídrico acumulado. A taxa média de altura apresentou nova redução, para 0,007 m dia⁻¹, cerca de 280 DAC (Figura 1B), momento em que o déficit hídrico acumulado foi cerca de 260 mm. Nesta safra foram observados sucessivos aumentos nas taxas de DH aos 150 e 280 DAC, elevando-se de 0,43 para 1,27 e então 1,80 mm dia⁻¹, respectivamente. Assim, para esta safra, a taxa de DH=1,27 mm dia⁻¹ (para uma lâmina de déficit hídrico acumulado de 82 mm) prejudicou o crescimento da cana-de-açúcar.

Ecco et al. (2014) trabalharam com a resposta da cana-de-açúcar (variedades RB85-5536 e RB86-7515) expostas ao déficit hídrico (20 a 40% da capacidade de campo) e observaram que a cultura apresentou redução média no alongamento dos colmos de 60% e redução no diâmetro dos colmos de 65%. Hemaprabha et al. (2004) constataram, para 97 genótipos de cana-de-açúcar, redução média de 48,79% na altura em situação de déficit hídrico, o que afetou o rendimento final da cultura.

Assim como a altura dos colmos, a área foliar (AF) da cana-de-açúcar também teve seu comportamento influenciado pela lâmina de água presente no solo (Figura 2), visto que a taxa média de área foliar também apresentou correlação negativa com as taxas médias de DH ($r=-0,861$ cana-1^a soca; $r=-0,996$ cana-2^a soca). Isto pode ter ocorrido devido ao déficit hídrico no solo que está intimamente ligado à redução das taxas fotossintéticas, ocasionando severa redução na síntese de carboidratos, na expansão foliar e na alongação dos entrenós (Taiz e Zeiger, 2004).

Para cana-1^asoca (safra 2014/15, Figura 2 A, C), foi observado valor máximo de AF de $0,58 \text{ m}^2$ aos 242 DAC (quarta semana do mês de maio). Neste momento, a lâmina de déficit hídrico acumulada foi de $156,43 \text{ mm}$. Inicialmente (até 150 DAC), a taxa média de crescimento da AF foi de $0,002 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$, reduzindo-se para $0,0017 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ (taxa média de $\text{DH}_{\text{AC}}=1,27 \text{ mm dia}^{-1}$) e $0,0006 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ (taxa média de $\text{DH}_{\text{AC}}=1,80 \text{ mm dia}^{-1}$) aos 150 e 280 DAC, respectivamente.

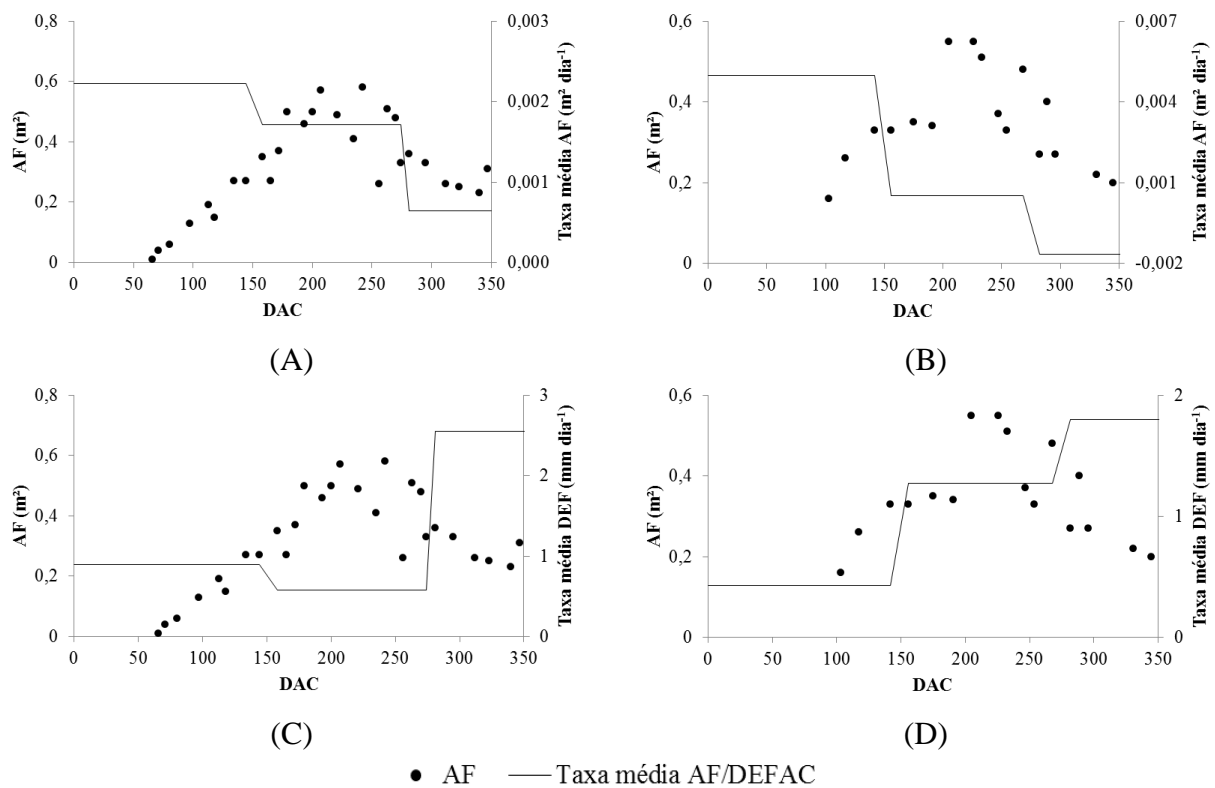


FIGURA 2. Área foliar (AF, m²) em relação às taxas médias de área foliar (AF, m² dia⁻¹) (A) e (B) e às taxas médias de déficit hídrico (DH, mm dia⁻¹) (C) e (D) nos ciclos de cana-1^asoca e cana-2^a soca, respectivamente, ocorridas de 0 a 350 dias após o corte (DAC).

Na cana-2^asoca (Figura 2 B, D) a AF máxima observada foi de $0,55 \text{ m}^2$ que ocorreu na quarta semana de abril, aos 205 DAC, com lâmina acumulada de déficit hídrico de $130,27 \text{ mm}$. O comportamento da taxa média de crescimento da área foliar dessa safra foi semelhante ao observado na safra anterior, uma vez que ocorram consecutivas reduções nas suas taxas de crescimento ($0,005$ para $0,001 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ e posteriormente $-0,002 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$).

Estudos mostraram que o crescimento tanto dos colmos quanto da área foliar da cana-de-açúcar sofre interferência da disponibilidade hídrica no solo, sendo prejudicado nos meses em que há deficiência hídrica no solo para a cultura (Machado et al., 1982; Oliveira et al., 2007), corroborando com os resultados obtidos.

Ecco et al. (2014) estudaram as respostas biométricas de plantas jovens de cana-de-açúcar expostas a condição de déficit hídrico e verificaram redução da parte aérea total em média de 83% quando comparadas aos valores obtidos para cultura produzida sem restrição hídrica. Outros estudos também obtiveram resultados de redução tanto da área foliar quanto do IAF da cana-de-açúcar exposta ao déficit hídrico (ver Zhao et al., 2013; Santos et al., 2015).

Ressalta-se que a cana-de-açúcar é mais sensível ao déficit hídrico na fase em crescimento (alongamento dos colmos), o que pode resultar em prejuízo na produção (Silva e Costa, 2009). Esta sensibilidade foi percebida nas respostas de altura de colmo e área foliar da cana-de-açúcar, em que na safra 2014/15 a taxa média de déficit hídrico de 0,58 mm dia⁻¹ a partir de 150 DAC não inibiu o crescimento do colmo (de 0,002 para 0,036 m dia⁻¹) e produziu redução de 23% na taxa de crescimento da área foliar. Para esta safra, foi observado crescimento nulo para taxa de DH=2,55 mm dia⁻¹, com lâmina acumulada de DH=237 mm. No ano-safra 2015/16 houve redução de 9 e 80% das taxas de crescimento da altura dos colmos e área foliar, respectivamente, em virtude de uma taxa média de déficit hídrico de 1,27 mm dia⁻¹. Houve, para este ano-safra, paralisação e até redução no crescimento da parte aérea (-0,002 m² dia⁻¹ de taxa de área foliar) para uma lâmina acumulada de déficit hídrico igual a 163 mm, sendo observado taxa de DH=1,80 mm dia⁻¹.

CONCLUSÕES

A intensidade de aumento do déficit hídrico no solo interfere nas taxas de crescimento da parte aérea da cana-de-açúcar, tendo estas variáveis comportamento inverso ($r > -0,64$). Taxa de déficit hídrico a partir de 1,27 mm dia⁻¹ reduz em até 80% as taxas de crescimento vegetativo, para lâmina de déficit hídrico acumulado na safra superior a 80 mm. A paralisação e ocorrência de redução de crescimento vegetativo são observadas para taxa de déficit hídrico superior a 1,80 mm dia⁻¹, a partir de 163 mm de lâmina de déficit hídrico acumulado.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301p. (Irrigation and Drainage, Paper 56).
- BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N.A. **Climatologia e a cana-de-açúcar**. In: PLANALSUCAR, COORDENADORIA REGIONAL SUL. COSUL. Araras. 1977. p.1-22.
- BARBOSA, A.M.; GUIDORIZI, K.A.; CATUCHI, T.A.; MARQUES, T.A.; RIBEIRO, R.V.; SOUZA, G.M. Biomass and bioenergy partitioning of sugarcane plants under water deficit. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.37, p.142, 2015.
- CINTRA, J.E.V.; FERREIRA, G.H.; BRASIL, R.P.C. Viabilidade da irrigação suplementar na fase inicial de desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.) em regiões com déficit hídrico. **Nucleus**, Edição Especial, p.111-119, 2008.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 882p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de H.R. Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem,

33).

DU, Y.C.; NOSE, A.; WASANO, K. Effects of chilling temperature on photosynthetic rates, photosynthetic enzyme activities and metabolite levels in leaves of three sugarcane species. **Plant, Cell e Environment**, v.22, n.3, p.317-324, 1999.

ECCO, M.; SANTIAGO, E.F.; LIMA, P.R. Respostas biométricas em plantas jovens de cana-de-açúcar submetidas ao estresse hídrico e ao alumínio. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.59-67, 2014.

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

HEMAPRABHA, G.; NAGARAJAN, R.; ALARMELU, S. Response of sugarcane genotypes to water deficit stress. **Sugar Tech**, v.6, n.3, p.165-168, 2004.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.

MACHADO, E. C. et al. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.

MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V.; MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; LANDELL, M.G.A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1575-1582, 2009.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; BESPALHOK-FILHO, J.C. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.2, p.71-76, 2007.

SANTOS, C.M.; SILVA, M.A.; LIMA, G.P.P.; BORTOLHEIRO, F.P.A.P.; BRUNELLI, M.C.; HOLANDA, L.A.; OLIVER, R. Physiological changes associated with antioxidant enzymes in response to sugarcane tolerance to water deficit and rehydration. **Sugar Tech**, v.17, n.3, p.291-304, 2015.

SILVA, M.A.; SOARES, R.A.B.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P. Agronomic performance of sugarcane families in response to water stress. **Bragantia**, v.67, n.3, p.655-661, 2008.

SILVA, A.L.C.; COSTA, W.A.J.M. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. **Tropical Agricultural Research**, v.12, n. 02, p.1-12, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução: SANTARÉM, E.R. et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ZHAO, D.; GLAZ, B.; COMSTOCK, J.C. Sugarcane leaf photosynthesis and growth characters during development of water-deficit stress. **Crop Science**, v.53, p.1066-1075, 2013.