

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS FOLIARES EM CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR EM RESPOSTA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

LEAF MORPHOLOGICAL CHANGES IN SUGARCANE CULTIVARS IN RESPONSE TO WATER DEFICIT

Renata Passos PINCELLI¹; Marcelo de Almeida SILVA²

1. Pós-Graduando, Faculdade de Ciências Agrônômicas -FCA, Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, SP, Brasil; 2. Professor, Doutor, Departamento de Produção Vegetal (Agricultura), FCA - UNESP). Botucatu, SP, Brasil. marcelosilva@fca.unesp.br

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi verificar as respostas de variáveis morfológicas de quatro cultivares comerciais de cana-de-açúcar (SP81-3250, SP83-2847, RB855453 e RB72454), sob dois regimes hídricos, e distingui-las entre tolerantes e susceptíveis. Aos 84 dias após a emergência, as plantas foram submetidas aos tratamentos hídricos, sem deficiência e com deficiência, e avaliadas em três épocas, zero, 28 e 56 dias, após a implantação desses tratamentos (DAT). As cultivares SP81-3250 e SP83-2847, quando submetidas à deficiência hídrica por período prolongado no início do desenvolvimento, apresentam maior largura de folhas, menor dano ao número de folhas verdes e área foliar; aumento na densidade estomática nas superfícies adaxial e abaxial foliares, e maior produção de massa de matéria seca, sendo assim consideradas tolerantes. O comprimento da folha +3 não permitiu caracterizar as variedades quanto a tolerância à deficiência hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp. Disponibilidade hídrica. Variedades. Área foliar. Densidade estomática.

INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica se destaca entre os diversos estresses abióticos limitantes da produção agrícola mundial (MANAVALAN et al., 2009), sendo considerada como principal fator de redução da produção de cana-de-açúcar (SILVA et al., 2008). Diante desse cenário, nota-se que são necessários maiores esforços no desenvolvimento de alternativas para uma agricultura sustentável, como a seleção de cultivares eficientes no uso da água (AMUDHA; BALASUBRAMAN, 2011). Técnicas que avaliem efeitos morfológicos e fisiológicos indiretos e rápidos podem ser efetivas para diferenciar genótipos tolerantes e susceptíveis à baixa disponibilidade hídrica nos solos.

Entre as principais modificações morfológicas durante a aclimação da cana-de-açúcar à deficiência hídrica destacam-se altura de plantas, número e diâmetro de colmos, número de folhas verdes e área foliar, dentre outras (SILVA et al., 2008). Algumas destas respostas fazem parte de estratégias que visam reduzir os efeitos deletérios da baixa disponibilidade hídrica, constituindo, portanto, mecanismos de tolerância à seca (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

Existe grande interesse entre os pesquisadores em conhecer as dimensões do aparato foliar de uma determinada planta, pois possibilitam a realização de estudos mais detalhados de análise de crescimento, nutrição mineral ou mesmo

fenologia (HERMANN; CÂMARA, 1999). As folhas são órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada na cana-de-açúcar, resultante da atividade fotossintética (INMAN-BAMBER, 2004). Contudo, praticamente não há estudos sobre as características morfológicas foliares de cultivares de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica, sendo um entrave para o desenvolvimento de novas técnicas para identificar ferramentas para o uso na seleção de cultivares tolerantes.

A estrutura da folha pode ser grandemente afetada por estresses abióticos durante o crescimento. A limitação à expansão da área foliar é uma resposta à deficiência hídrica, que reduz o tamanho e o surgimento de novas folhas (SANTOS; CARLESSO, 1998). Esta redução tanto na formação quanto no tamanho das folhas é uma estratégia para diminuir a superfície transpirante e o gasto metabólico para a manutenção dos tecidos (SMIT; SINGELS, 2006).

A capacidade de alterar a estrutura das folhas sob diferentes níveis de estresse é uma resposta das plantas que apresentam potencial de aclimação (CASTRO-DÍEZ et al., 1997; BUSSOTTI et al., 2000). Dessa forma, a sensibilidade dos estômatos à deficiência hídrica varia consideravelmente entre as espécies (ANGELOCCI, 2002). Segundo Kouwenberg et al. (2004), a quantidade de estômatos de uma folha é definida no decorrer do processo de crescimento em grande quantidade das espécies vegetais, e fatores

como diferenças na intensidade luminosa e a disponibilidade hídrica afetam esta quantidade.

O objetivo do presente trabalho foi verificar as respostas de variáveis morfológicas de cultivares comerciais de cana-de-açúcar, sob dois regimes hídricos, e distingui-las entre tolerantes e susceptíveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação localizada na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, município de Jaú, SP (latitude de 22° 15' Sul, longitude 48° 33' Oeste e altitude 580m). As condições da casa de vegetação no período experimental, entre agosto e dezembro de 2009, foram, em média, temperatura máxima de 24,4°C ± 3,7, mínima de 16,4°C ± 2,5 e radiação fotossinteticamente ativa de 820 μmol m⁻² s⁻¹.

Foram utilizadas quatro cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.): SP81-3250, SP83-2847, RB855453 e RB72454. Devido ao desempenho conhecido sob condição de deficiência hídrica, as cultivares RB72454 e SP83-2847 foram consideradas como padrão de susceptibilidade (GONÇALVES, 2008) e de tolerância (DEDEMO, 2006), respectivamente. Vasos de 22L foram preenchidos com substrato Plantmax® misturado a 55g por vaso do fertilizante formulado 8-28-16, respectivamente, N, P₂O₅ e K₂O.

Em cada vaso foram plantados três mini toletes com gemas individuais de cada cultivar, e posteriormente foi deixada apenas uma única planta. Nesta planta apenas o perfilho primário foi mantido para eliminar efeitos varietais de perfilhamento e ocupação desigual dos vasos. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, sendo os fatores: quatro cultivares e dois regimes hídricos (sem deficiência = -D, e com deficiência = +D), com três repetições.

Do plantio até 84 dias após o plantio (DAP), todos os vasos receberam água na mesma quantidade. Aos 84 DAP foram iniciados os tratamentos sem deficiência hídrica (-D) e com deficiência hídrica (+D). No tratamento -D, as plantas foram hidratadas com quantidade necessária para manter o teor de umidade ideal no substrato, em torno de 22%, que corresponde a 100% da capacidade de campo, para o desenvolvimento das plantas, enquanto no tratamento +D as plantas foram mantidas com 50% do teor dessa umidade. O monitoramento de umidade nos vasos foi realizado por meio do medidor ECH₂O (Decagon, Washington, EUA), acoplado a sensores dielétricos

Echo Check (Decagon, Washington, EUA) de 10cm de comprimento inseridos nos vasos. As avaliações foram realizadas em três épocas, aos zero, 28 e 56 dias após o início dos tratamentos (DAT).

Para a obtenção da área foliar, foram realizadas medições do comprimento e diâmetro do limbo foliar na porção mediana da folha +3, segundo o sistema de Kuijper (DILLEWIJN, 1952), com auxílio de uma fita métrica e régua, respectivamente. A área foliar foi calculada segundo metodologia descrita por Hermann & Câmara (1999)

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N+2)$$

em que C é o comprimento da folha +3, L é a largura da folha +3, 0,75 é o fator de correção para área foliar da cultura e N é o número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde.

Para o estudo de densidade estomática foi utilizado o método de Mazumdar et al. (1969) na folha +1 de cada planta. Essa folha foi cortada e imediatamente acondicionada e transportada para o laboratório em uma caixa térmica com gelo para minimizar perda do teor de umidade. Retirou-se a impressão em quatro regiões do terço médio da folha de cada cultivar, duas em cada face foliar, sendo que as impressões eram paralelas à nervura central da folha. A impressão com as formas dos estômatos foi retirada com esmalte incolor e fita adesiva transparente. Para realizar a leitura da densidade estomática, esta fita adesiva foi colocada em uma lâmina do tipo "Câmara de Neubauer" e a contagem dos estômatos foi realizada em uma área de 0,5 x 0,5mm em microscópio óptico (Nikon - Eclipse E200, Shangai, China), utilizando-se a objetiva de 10x de ampliação.

A matéria seca foliar foi obtida na última data de avaliação, aos 56 DAT. Para tanto, as plantas foram retiradas dos vasos, levadas para estufa de circulação forçada de ar e secas a 70°C durante 72h. A massa da matéria seca foi tomada por meio de balança de precisão.

Para análise dos resultados foi empregado o tratamento estatístico das características individuais. A análise de variância foi realizada pelo teste de F utilizando-se do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período de avaliação, a deficiência hídrica promoveu redução no comprimento da folha +3 da cana-de-açúcar, entretanto essa redução não foi significativa em todas as variedades (Figuras 1A, 1B, 1C e 1D). Foi observado efeito da deficiência hídrica sobre o

comprimento da folha +3 apenas na variedade SP83-2847, e esse efeito foi observado somente aos 56 DAT. Portanto, devido às poucas respostas das

variedades, essa variável não permitiu caracterizá-las quanto a tolerância à deficiência hídrica.

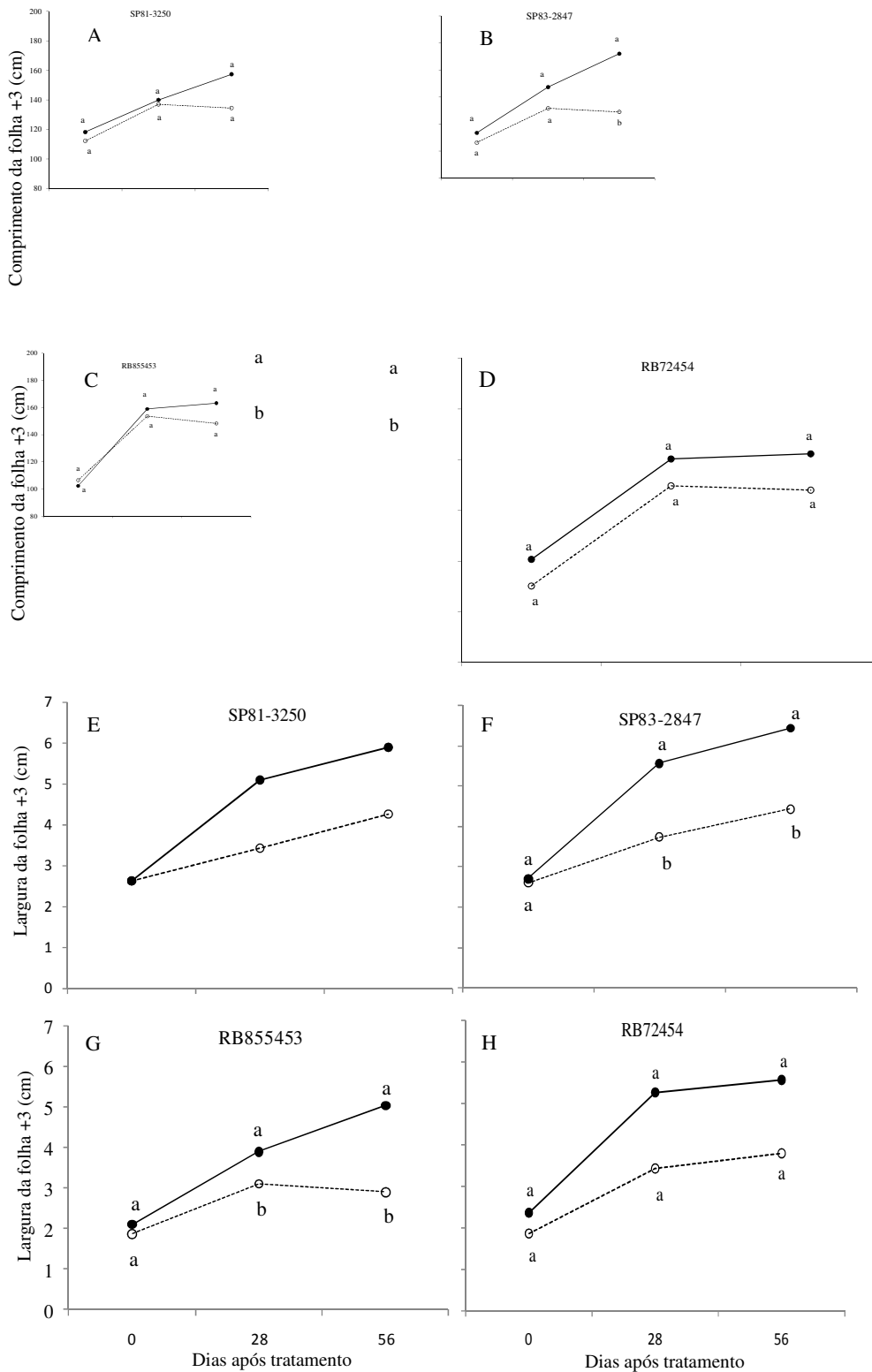


Figura 1. Largura das folhas +3 (A, B, C e D) e área foliar (E, F, G e H) de quatro cultivares de cana-de-açúcar submetidas a regime hídrico adequado (–D, —●–) e à deficiência hídrica (+D, --○--), aos zero, 28, 56 dias após o estabelecimento dos tratamentos. Símbolos com letras iguais, na mesma data, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Apesar do efeito negativo da deficiência hídrica sobre a variável largura da folha +3 em todas as cultivares, observa-se que a resposta variou conforme a cultivar, não havendo um padrão que possa ser relacionado com nível de tolerância, ou seja, a cultivar SP83-2847 (Figura 1F), considerada tolerante, teve redução da largura da folha +3 semelhante a da cultivar RB855453, considerada susceptível (Figura 1G). Por outro lado, foi observada menor redução dessa variável nas cultivares SP81-3250 e RB72454 (Figuras 1E, 1H).

Não se tem observado na literatura estudos das variáveis comprimento e largura das folhas de cana-de-açúcar de forma isolada em resposta a diferentes fatores, mas essas variáveis são empregadas em fórmulas com a finalidade de se obter a área foliar da planta (CARVALHO et al., 2008). Neste sentido, infere-se que alterações promovidas pela deficiência hídrica sobre o comprimento e a largura das folhas influenciam na área foliar da planta e, conseqüentemente, no índice de área foliar, variáveis melhor estudadas em relação as respostas à escassez de água (INMAN-BAMBER, 2004; ZHAO et al., 2010).

Sob condições 100 % da capacidade de campo no substrato houve aumento no número de folhas verdes em todas as cultivares, que foram maiores do que os valores sob restrição hídrica aos 28 e 56 DAT. Foi possível identificar respostas diferenciais entre cultivares sob deficiência hídrica, assim SP81-3250 e SP83-2847 apresentaram cinco e sete folhas, respectivamente, aos 56 DAT, e RB855453 e RB72454 com três folhas no mesmo período (Figuras 2A, 2B, 2C e 2D).

Smit e Singels (2006) relataram que a senescência foliar é relacionada à deficiência hídrica e ocorre após a diminuição no surgimento de novas folhas. A redução de folhas verdes tem sido relatada em plantas de cana-de-açúcar com deficiência hídrica (INMAN-BAMBER, 2004) e é atribuída à estratégia para diminuir a superfície transpirante e o gasto metabólico para a manutenção dos tecidos (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; SMIT; SINGELS, 2006; INMAN-BAMBER et al., 2008).

Portanto, como sugerem os resultados deste trabalho, a manutenção de folhas verdes pode ser um indicativo de tolerância à seca. De fato, a senescência foliar e a paralisação do surgimento de folhas são respostas ao estresse promovido por deficiência hídrica dependentes do genótipo (SMIT; SINGELS, 2006), e o número de folhas verdes pode ser usado como indicador do efeito

desse estresse em cana-de-açúcar, conforme observado por Inman-Bamber (2004).

A variável área foliar também foi reduzida pela deficiência hídrica em todas as cultivares, entretanto SP81-3250 e SP83-2847 (Figuras 2E e 2F) apresentaram maior área foliar sob baixa disponibilidade de água que as cultivares RB855453 e RB72454 ao final do período de avaliação (Figuras 2G e 2H).

Reduções significativas na área foliar também foram encontradas por Smit e Singels (2006) e Gonçalves (2008) em cana-de-açúcar submetida à deficiência hídrica na África do Sul e no Brasil, respectivamente. A redução da área foliar em situações de déficit hídrico causa a diminuição da interceptação da radiação solar (SANTOS; CARLESSO, 1998), o que leva à queda da transpiração e da fotossíntese, além de senescência foliar precoce (JAMIESON et al., 1995). Esta característica pode ser um indicativo de tolerância à deficiência hídrica, assim como número de folhas verdes, devido à interdependência entre as variáveis, pois cultivares de cana-de-açúcar com maior número de folhas verdes possuem maior área foliar (WAHID et al., 1997).

Para densidade estomática na face adaxial, observa-se aumento dos valores nas cultivares SP81-3250 e SP83-2847 em resposta à deficiência hídrica, sendo esse efeito mais pronunciado aos 56 DAT (Figuras 3A e 3B). Para a cultivar SP81-3250, sob estresse, aos zero DAT, a densidade estomática foi de 80mm^{-2} e, sob condição hídrica ideal, esse valor foi de 77mm^{-2} . Aos 56 DAT, sob restrição hídrica, esse valor aumentou para 103mm^{-2} diferenciando-se do valor de 87mm^{-2} observado no tratamento sem deficiência hídrica. Para a cultivar SP83-2847, com deficiência hídrica, a densidade era de 82mm^{-2} aos zero DAT e aumentou para 108mm^{-2} aos 56 DAT. Sob boa disponibilidade hídrica esses valores variaram de 72mm^{-2} aos zero DAT, sem diferença significativa, para 82mm^{-2} , diferenciando significativamente do tratamento sob estresse. Já para as cultivares RB855453 e RB72454 não houve diferença significativa entre os tratamentos regime hídrico ideal e deficiência hídrica (Figuras 3C e 3D).

A densidade estomática de uma folha é inversamente proporcional à expansão das células da epiderme (MURPHY et al., 2012). Assim, quanto mais células da epiderme se expandir durante o crescimento da folha, menor será a densidade estomática. Como a quantidade de estômatos de uma folha é definida no decorrer do processo de crescimento (KOUWENBERG et al., 2004), as cultivares SP81-3250 e SP83-2847

responderam com aumento da densidade estomática sob restrição de disponibilidade hídrica. De fato, o aumento na densidade estomática é geralmente observado em folhas de plantas expostas a estresses

ambientais, e pode ser um indicativo de mecanismo de adaptação das plantas às condições de baixa disponibilidade hídrica no solo (ALMEIDA, 2001).

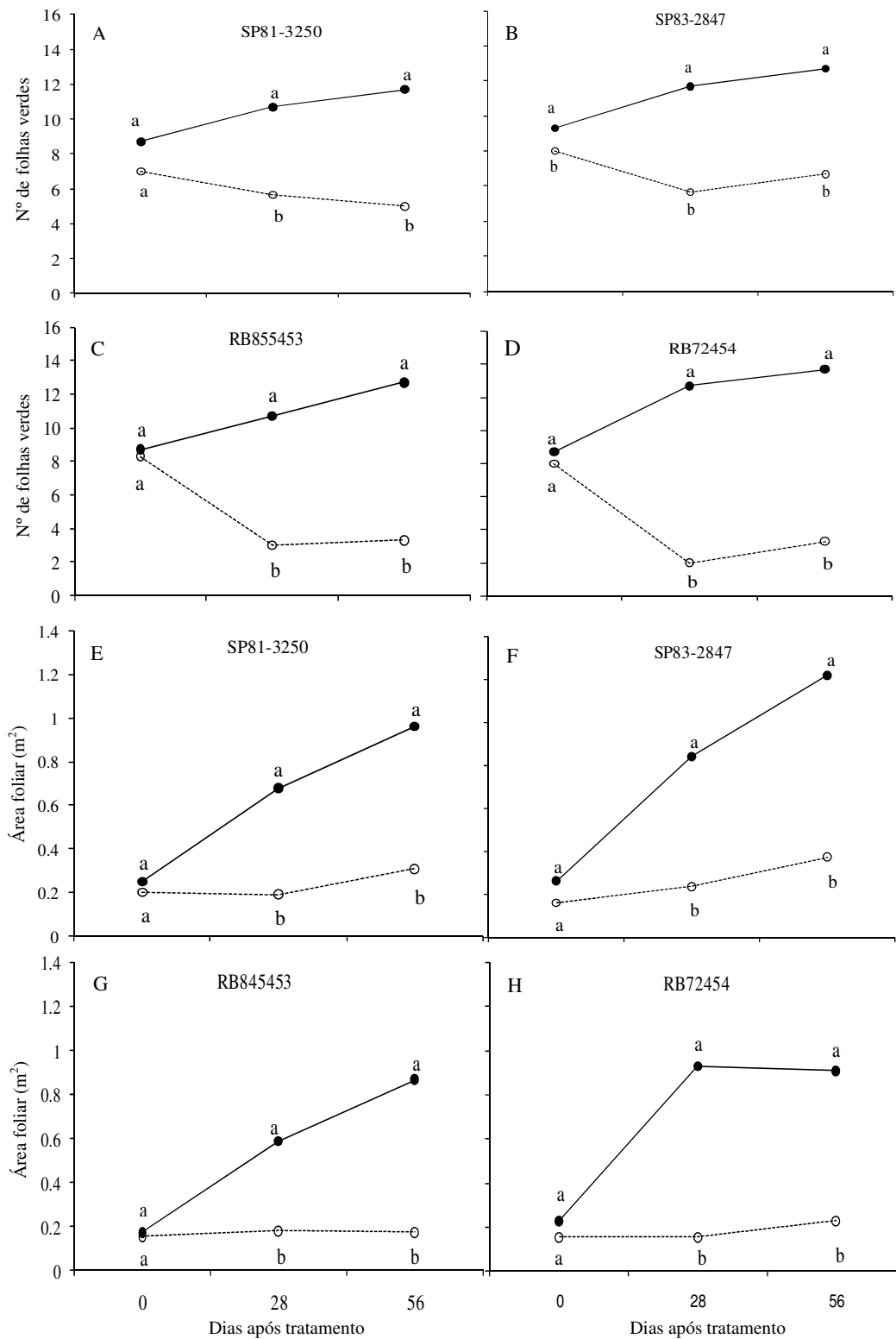


Figura 2. Número de folhas verdes (A, B, C e D) e área foliar (E, F, G e H) de quatro cultivares de cana-de-açúcar submetidas a regime hídrico adequado (-D, —●—) e à deficiência hídrica (+D, --○--), aos zero, 28, 56 dias após o estabelecimento dos tratamentos. Símbolos com letras iguais, na mesma data, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

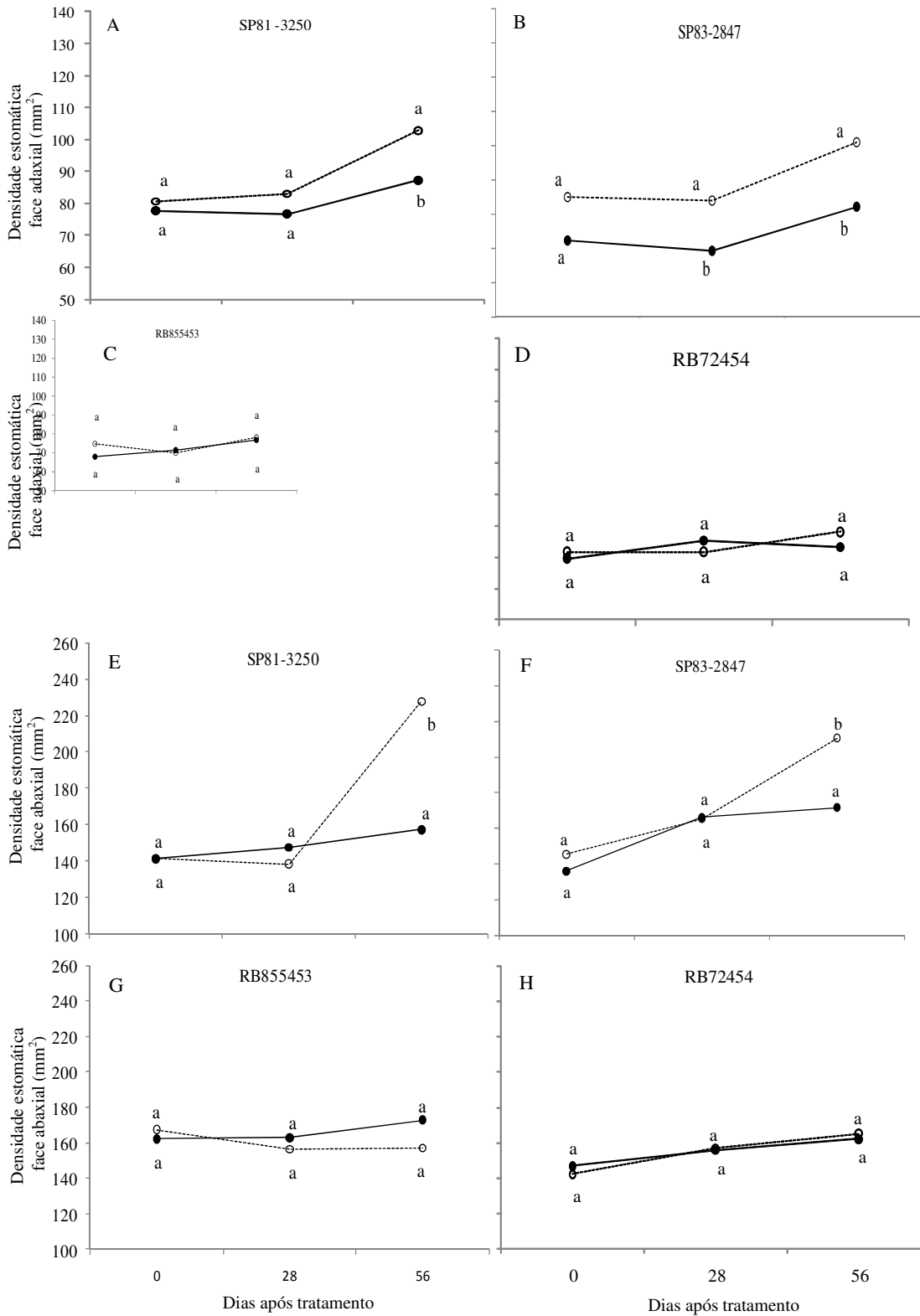


Figura 3. Densidade estomática da face adaxial (A, B, C e D) e abaxial (E, F, G e H) de quatro cultivares de cana-de-açúcar submetidas a regime hídrico adequado (-D, —●—) e à deficiência hídrica (+D, --○--), aos zero, 28, 56 dias após o estabelecimento dos tratamentos. Símbolos com letras iguais, na mesma data, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Da mesma forma, foi observado aumento da densidade estomática aos 56 DAT na face abaxial foliar das cultivares SP81-3250 e SP83-2847 sob deficiência hídrica (Figuras 3E e 3F). Aos zero DAT, a cultivar SP81-3250 apresentava 141mm^{-2} e aos 56 DAT esse valor aumentou para 228mm^{-2} , enquanto na cultivar SP83-2847 a densidade foi de 145mm^{-2} aos zero DAT e 211mm^{-2} aos 56 DAT. E, por sua vez, nenhuma resposta significativa foi observada nas cultivares RB855453 e RB72454 (Figuras 3G e 3H).

De acordo com Larcher (2000), plantas tolerantes reagem à deficiência hídrica lançando novas folhas com maior densidade estomática, porém esses estômatos têm menor tamanho. Com estômatos menores, o ar a sua volta fica mais úmido e a resistência à movimentação do ar da camada imediatamente adjacente à epiderme aumenta, o que evita grandes danos ao processo das trocas gasosas. Assim, a densidade estomática também está relacionada com o tamanho, posição e controle de abertura dos estômatos (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1997), o que afeta a absorção de CO_2 . Fahh e Cutler (1992) identificaram algumas dessas características, como uma menor área foliar, maior

densidade estomática, maior espessura total e do parênquima paliçádico e presença de camadas sub-epidérmicas e de tecido esclerenquimático, como estratégias para aumentar a resistência cuticular contra a perda de água.

A produção de matéria de massa seca foliar é uma variável que permite inferir sobre a translocação orgânica, facilitando a compreensão do desempenho vegetal em termos de produtividade (BARBOSA, 1991). Reduções no acúmulo de matéria seca podem ser associados com a baixa disponibilidade hídrica (SADRAS; MILROY, 1996).

A deficiência hídrica levou a redução da massa de matéria seca foliar nas quatro cultivares. As maiores reduções, e portanto as menores produções, foram verificadas nas cultivares RB855453 (197,33g, Figura 4C) e RB72454 (197,32g, Figura 4D) quando comparadas a SP81-3250 (324,67g, Figura 4A) e SP83-2847 (342,33g, Figura 4B). Dessa forma, segundo Silva et al. (2008), cultivares de cana-de-açúcar que apresentam melhor crescimento e produção do que outras numa mesma condição de umidade do solo limitada, são tidas como tolerante à seca.

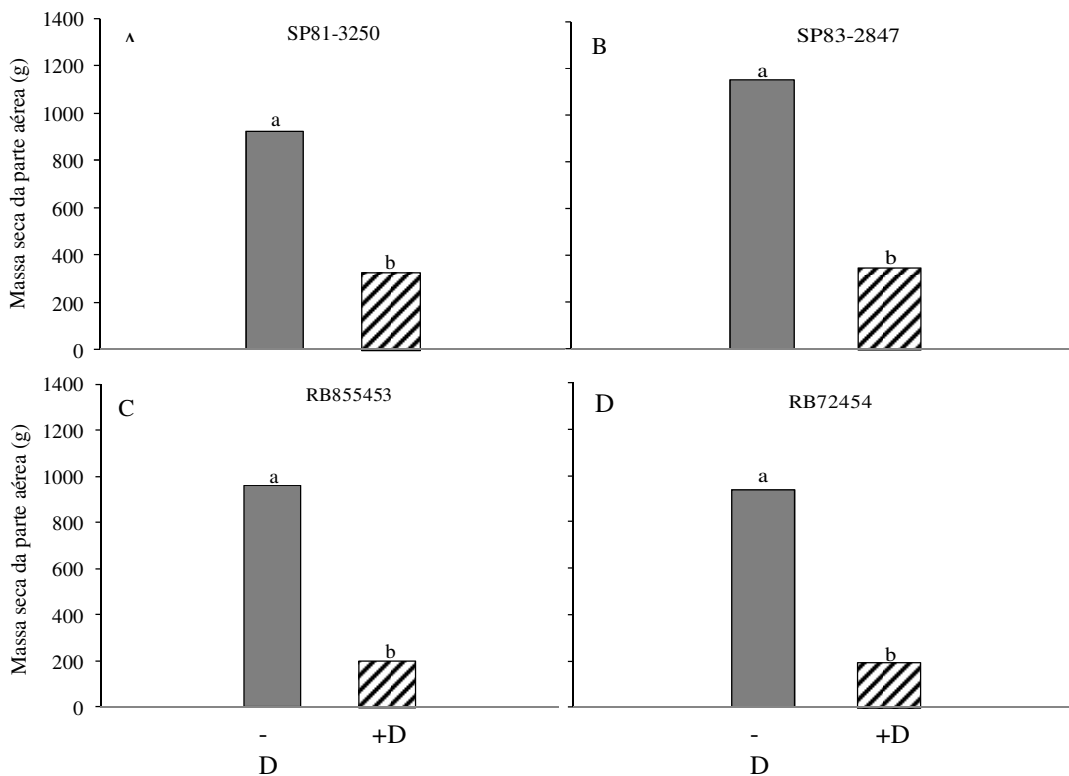


Figura 4. Massa de matéria seca da parte aérea (A, B, C e D) em quatro cultivares de cana-de-açúcar submetidas a regime hídrico adequado (-D) e à deficiência hídrica (+D) aos 56 dias após o estabelecimento dos tratamentos. Barras com letras diferentes, na mesma cultivar, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Além das comparações entre as cultivares nos tratamentos com e sem deficiência hídrica também foi determinada a correlação entre as variáveis estudadas e a produção de massa de matéria seca (Tabela 1). A produção da parte aérea não foi dependente significativamente de nenhuma

variável aos 28 DAT no tratamento sem deficiência hídrica, entretanto sob estresse, houve correlação positiva da massa de matéria seca da parte aérea entre as variáveis número de folhas verdes e área foliar.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson entre comprimento da folha +3 (C), largura da folha +3 (L), número de folhas verdes (NFV), área foliar (AF), densidade estomática adaxial (DEAD) e abaxial (DEAB) e massa seca da parte aérea (MSPA) em genótipos de cana sob tratamento sem deficiência hídrica (-D) e com deficiência hídrica (+D) aos 28 e 56 DAT.

	MSPA (g)	
	-D	+D
	28 DAT	
C	0.070	-0.486
L	0.417	0.476
NFV	0.052	0.592*
AF	0.305	0.734**
DEAD	-0.291	0.524
DEAB	0.167	0.230
	56 DAT	
C	0.688*	-0.014
L	0.601*	0.664*
NFV	0.143	0.627*
AF	0.742**	0.747**
DEAD	-0.046	0.507
DEAB	0.455	0.454

* e ** (significativo a 5 e 1%, respectivamente).

Já aos 56 DAT sem deficiência hídrica, o acúmulo de matéria seca da parte aérea esteve dependente principalmente da largura da folha +3 e área foliar. Sob deficiência hídrica, neste mesmo período, a produção de massa seca da parte aérea foi dependente, além das variáveis citadas para 28 DAT, também do número de folhas verdes. Assim, a manutenção ou menor redução das variáveis largura da folha +3, número de folhas verdes e área foliar, sob escassez de água, foi essencial para formação da produção de massa seca.

Apesar da densidade estomática ter sido bem relacionada como resposta das cultivares à deficiência hídrica, essa variável não apresentou correlação significativa com o acúmulo da matéria seca até 56 DAT em plantas jovens de cana-de-açúcar (Tabela 1). A adaptação de uma planta ao ambiente estressante depende do ajuste de seu aparato fotossintético, de modo que os estímulos ambientais sejam utilizados de maneira mais eficiente possível (LARCHER, 2000). Provavelmente, a falta de correlação da densidade estomática com produção de matéria seca nesse período tenha sido pela falta de tempo hábil para

que essas adaptações fossem refletidas no crescimento global da planta.

De acordo com Inman-Bamber (2004), o tempo de exposição à seca afeta negativamente o crescimento da parte aérea, sobretudo a produção de folhas, acelerando a senescência foliar em cana-de-açúcar. Neste sentido, Oliveira et al. (2007) descrevem que em condições de estresse ambientais, genótipos sensíveis de cana-de-açúcar seriam mais prejudicados por reduzirem sua massa de folhas e sua área foliar, e que estes estudos da área foliar em cultivares de cana-de-açúcar permitem correlacioná-las com o potencial produtivo, seja em matéria seca, quantidade de açúcar ou taxas de crescimento.

CONCLUSÕES

As cultivares de cana-de-açúcar estudadas respondem diferentemente à deficiência hídrica em relação as suas características morfológicas foliares, sendo que aquelas cultivares que mantêm maior largura da folha, número de folhas verdes e área foliar por período prolongado de seca no início do desenvolvimento são mais produtivas.

Nas cultivares tolerantes, a deficiência hídrica promove menos danos no número de folhas verdes e na área foliar, além de promover o aumento na densidade estomática.

Entre as variáveis avaliadas, o comprimento da folha +3 não permitiu caracterizar as variedades quanto a tolerância à deficiência hídrica.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto (Processo 2008/57068-8). Ao CNPq pela bolsa de mestrado ao primeiro autor e pela bolsa de produtividade em pesquisa ao segundo autor.

ABSTRACT: The aim of this study was to determine the response of morphological traits of four tolerant and susceptible sugarcane cultivars (SP81-3250, SP83-2847, RB855453 and RB72454) related to two water regimes. At 84 days after emergence the plants were submitted to water availability treatments (no water deficiency and water deficiency), and evaluated in three periods: zero, 28 and 56 days, after implantation of these treatments (DAT). The cultivars SP81-3250 and SP83-2847, when subjected to water stress for prolonged periods in early development, present higher leaf width, less damage to the green leaf number and leaf area, an increase in stomatal density in adaxial and abaxial leaf surface, and higher production of dry matter, and therefore were considered tolerant. The leaf +3 length not allowed to characterize the varieties to drought tolerance.

KEYWORDS: *Saccharum* spp. Water availability. Varieties. Leaf área. Stomatal density.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. P. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes níveis de radiação.** 2001. 96f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- AMUDHA, J.; BALASUBRAMANI, G. Recent molecular advances to combat abiotic stress tolerance in crop plants. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, Kota Kinabalu, v. 6, p. 31-58, 2011.
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico.** Piracicaba: 2002. 268p.
- BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (Leguminosae – Mimosoideae). **Phyton**, Vicente Lopez, v. 52, n. 1, p. 51-62, 1991.
- BUSSOTTI, F.; BORGHINI, F.; CELESTI, C.; LEONIZIO, C.; BRUSHCHI, P. Leaf morphology and macronutrients in broad-leaved trees in central Italy. **Trees – Structure and Function**, Darmstadt, v.14, p. 361-368, 2000.
- CARVALHO, M. P. de; BARBOSA, M. H. P.; PETERNELLI, L. A.; ANONI, C. de O.; PONTES, M. da S.; COUTO, M. Estimativa da área foliar de cana-de-açúcar por medidas foliares. In: Congresso Nacional da STAB, 9, 2008, Maceió. **Anais**. Maceió: STAB, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2008. p. 632-635.
- CASTRO-DÍEZ, P.; VILLAR-SALVADOR, P.; PÉREZ-RONTOME, C.; MAESTRO-MARTÍNEZ, M.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. Leaf morphology and leaf chemical compositions in three *Quercus* (Fagaceae) species along a rainfall gradient in NE Spain. **Trees – Structure and Function**, Darmstadt, v. 11, p. 127-134, 1997.
- DEDEMO, G. C. **Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em duas cultivares de cana-de-açúcar.** 2006. 75f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.
- DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugarcane.** Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371p.

FAHN, A.; CUTLER, D. **Xerophytes**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, v.13, p. 178, 1992.

GONÇALVES, E. R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal), Universidade Federal do Alagoas, Rio Largo, 2008. 66p.

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

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 89, n. 1, p. 107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N. G.; BONNETT, G. D.; SPILLMAN, M. F.; HEWITT, M. L.; JACKSON, J. Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 59, n. 1, p. 13-26, 2008.

INMAN-BAMBER, N. G., SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, n. 2-3, p. 185-202, 2005.

JAMIESON, P. D.; FRANCIS, G. S.; WILSON, D. R.; MARTIN, R. J. Effects of water deficits on evapotranspiration from barley. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 76, n. 1, p. 41-58, 1995.

KOUWENBERG, L. L. R.; KÜRSCHNER, W. M.; VISSCHER, H. Changes in stomatal frequency and size during elongation of *Tsuga heterophylla* Needles. **Annals of Botany**, Exeter, v. 94, n. 4, p. 561-569, 2004.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. San Diego: Academic Press, San Diego. 1997. p. 657.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

MANAVALAN, L. P.; GUTTIKONDA, S. K.; TRAN, L. S. P.; NGUYEN, H. T. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. **Plant and Cell Physiology**, Sendai, v. 50, p. 1260-1276, 2009.

MAZUMDAR, R. K.; CHAKIDER, B. P.; MUKHERJEE, S.K. Selection and classification of mango root stocks in the nursery stage. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 24, p. 101-106, 1969.

MURPHY, M. R. C.; JORDAN, G. J.; BRODRIBB, T. J. Differential leaf expansion can enable hydraulic acclimation to sun and shade. **Plant, Cell & Environment**, Chichester, v. Article first published online: 13 mar 2012. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2012.02498.x/full>. Acesso em: 10 mai 2012.

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

SADRAS, V. O.; MILROY, S. P. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: a review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 47, n. 2-3, p. 253-266, 1996.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n.3, p. 287-294, 1998.

SILVA, M. A.; SILVA, J. A. G.; ENCISO, J.; SHARMA, V.; JIFON, J. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 620-627, 2008.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, n. 2-3, p. 91-97, 2006.

ZHAO, D.; GLAZ, B.; COMSTOCK, J. C. Sugarcane response to water-deficit stress during early growth on organic and sand soils. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, New York, v. 5, n. 3, p. 403-414, 2010.

WAHID, A.; RAO, A. R.; RASUL, E. Identification of salt tolerance traits in sugarcane lines. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 9-17, 1997.