

TROCAS GASOSAS E BIOMASSA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR NA FASE VEGETATIVA SOB ESTRESSE HÍDRICO.

João Raphael L. Avelino^{1*}, Sebastião de O. Maia Júnior², André Lucas J. Silva¹, Adenilton Cícero dos S. Silva¹, Elenilton L. S. dos Santos¹, Jhulyanne Christiny M. dos Santos², Claudiana M. dos Santos³, Laurício Endres⁴

1. Estudantes de IC do Centro de Ciências Agrárias, da UFAL
2. Estudantes de pós-graduação do Centro de Ciências Agrárias, da UFAL
3. Pesquisadora do Centro de Ciências Agrárias da UFAL
4. CECA-UFAL - Fisiologia Vegetal / Orientador

Resumo:

A ocorrência cada vez mais frequente de secas prolongadas tem se tornado um fator negativo na produção de cana-de-açúcar. Nessas condições, as plantas tendem a adotar diferentes estratégias para minimizar os danos ocasionados pela seca. O trabalho teve como objetivo avaliar as trocas gasosas e produção de biomassa de cultivares de cana-de-açúcar sob estresse hídrico no segundo ciclo. Foram utilizadas seis cultivares: RB72910, RB99382, RB72454, RB92579, RB855536 e RB931011, e três tratamentos hídricos, com base no conteúdo de água disponível no solo (CAD) e definidos como: controle, 80 a 100% (AD); estresse hídrico moderado, 40 a 60% (AD) e estresse hídrico severo, 0 a 20% (AD). A cultivar RB92579 foi mais tolerante ao estresse, por ter menor redução das trocas gasosas e de biomassa. Por outro lado, a RB72454 foi a mais afetada, com maior redução da fotossíntese, condutância estomática, transpiração e biomassa.

Palavras-chave: Déficit hídrico; Fotossíntese; Massa seca.

Apoio financeiro: Capes e Banco do Nordeste

Introdução:

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma cultura de grande importância econômica global, usada na produção de açúcar e bioetanol. No entanto, a deficiência hídrica tem sido apontada como um dos fatores ambientais responsáveis pelas maiores reduções na produção da cultura, mesmo em regiões com bastante chuva, mas que não são distribuídas uniformemente ao longo do ano (VIEIRA et al., 2014). Com isso, um dos grandes desafios da agricultura tem sido aumentar a produtividade da cultura em regiões passíveis da ocorrência de restrição hídrica (CARLIN; SANTOS, 2009), a exemplo do Cerrado no Centro-Oeste e do Agreste no Nordeste brasileiro.

Em condições de déficit hídrico, as plantas podem fechar os estômatos na tentativa de restringir a perda de água pela transpiração (MACHADO et al., 2009; MEDEIROS et al., 2013), o que diminui o processo fotossintético pela restrição da entrada de CO₂, visto a relação existente entre a condutância estomática, a transpiração e a fotossíntese (ENDRES et al., 2010; GRAÇA et al., 2010; SALES et al., 2012). Desse modo, pode afetar o crescimento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar, e conseqüentemente a produção de biomassa e o rendimento final (SILVA et al., 2007; MACHADO et al., 2009).

Diante desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar as trocas gasosas e a biomassa de cultivares de cana-de-açúcar na fase vegetativa sob estresse hídrico. A identificação de cultivares mais tolerantes à seca contribui na seleção de materiais promissores junto aos programas de melhoramento genético da cultura.

Metodologia:

O experimento foi conduzido sob as coordenadas 9°28' S, 35°49' W, a 127 m de altitude. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 3, sendo seis cultivares de cana-de-açúcar e três tratamentos hídricos, distribuídos em quatro blocos. As cultivares de cana-de-açúcar utilizadas foram RB72910, RB99382, RB72454, RB92579, RB855536 e RB931011. Os tratamentos hídricos foram baseados na capacidade de água disponível no solo (CAD), e definidos como: controle, 80 a 100% (AD); estresse hídrico moderado, 40 a 60% (AD) e estresse hídrico severo, 0 a 20% (AD). A parcela experimental foi composta por um vaso preenchido com aproximadamente 180 kg de solo destorroado, peneirado e homogeneizado. Os vasos foram distribuídos em arranjo espacial de 1,0 x 1,0 m entre as linhas e fileiras, a céu aberto.

O solo utilizado foi um Latossolo Amarelo coeso. As análises físico-químicas foram realizadas seguindo a metodologia da Embrapa (1997), e a curva de retenção de umidade foi estimada utilizando-se a metodologia de Richards (1965). Para garantir melhor homogeneidade das plântulas, os rebolos foram plantados previamente em bandejas plásticas mantidas sob telado até que as plântulas atingissem três folhas definidas, aptas ao transplantio. Decorridos 30 dias após o plantio, foram selecionadas três plântulas de tamanho uniforme, para cada vaso. Aos 240 dias após o plantio, a cana-planta foi cortada iniciando-se o segundo ciclo. Posteriormente, os vasos foram irrigados, regularmente, próximo à capacidade de campo até o momento de implantação dos tratamentos hídricos que tiveram início aos 60 dias após o corte (DAC). Foi realizado o desbaste do perfilhamento deixando-se seis plantas de tamanho uniforme em cada vaso.

Durante o período de estresse hídrico a umidade do solo foi monitorada em cada vaso, por meio de um sistema de sonda de monitoramento de umidade de solo (Moisture Meter PR2, Delta T Devices, England) que avalia a umidade a cada 10 cm até a profundidade de 40 cm. A reposição da água foi feita por sistema de irrigação pressurizada, com um emissor por parcela, deixando-se cada tratamento hídrico na sua faixa de umidade.

Aos 22 dias após o estresse hídrico (DAE) foram realizadas as avaliações fisiológicas. As trocas gasosas foram avaliadas no terço médio da folha +1 com um analisador de gás, modelo Li-6400XT (Licor, EUA) entre as 8:00 e 10:00 horas da manhã. Na ocasião, foram avaliadas a condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de carbono (Ci), fotossíntese líquida (A). Aos 120 DAE as plantas foram colhidas, separadas em folhas e colmos, e secas em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingirem peso constante, obtendo-se a massa seca. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão:

A condutância estomática variou bastante entre as cultivares quando sob estresse hídrico severo, sendo as cultivares RB72454 e RB931011 as mais afetadas reduzindo a gs cerca de 94,3 e 93,2%, respectivamente (Figura 1A). Enquanto isso, as cultivares RB92579 e RB72910 tiveram menores reduções, aproximadamente 55,1 e 67,8%, respectivamente.

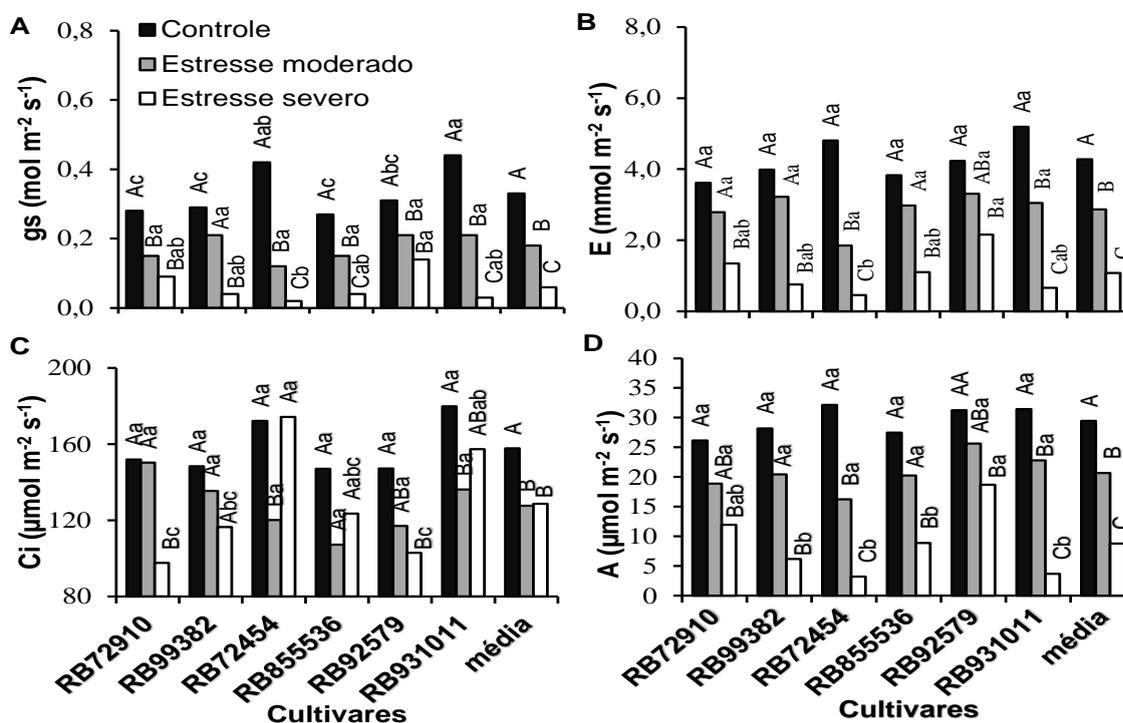


Figura 1. Condutância estomática (A), transpiração (B), concentração interna de CO₂ (C) e fotossíntese (D) em cultivares de cana-de-açúcar no segundo ciclo de cultivo sob diferentes tratamentos hídricos: controle, estresse hídrico moderado e estresse hídrico severo.

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos hídricos em cada cultivar e letras minúsculas indicam diferenças significativas entre cultivares em cada tratamento hídrico pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A média apresenta o efeito isolado dos tratamentos hídricos.

Resultados semelhantes de gs também foram observados em experimento de estresse hídrico em casa de vegetação na cultivar RB72454 (GONÇALVES et al., 2010). Em cana-de-açúcar, cultivares sensíveis ao déficit hídrico respondem rapidamente com o fechamento dos estômatos (MACHADO et al., 2009; MEDEIROS et al., 2013). O fechamento estomático, inicialmente, pode ser vantajoso, pois responde rapidamente contra a perda excessiva de água evitando a desidratação foliar (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; MACHADO et al., 2009; INMAN-AMBER et al., 2012), entretanto, quando prolongado torna-se ineficiente, pois acaba interferindo no fluxo difusivo de CO₂ (SALES et al., 2012; MEDEIROS et al., 2013).

A transpiração também variou entre as cultivares quando essas estavam sob estresse severo (Figura 3B). Nessa condição, a transpiração reduziu mais nas cultivares RB72454 e RB931011, cerca 90,3 e 87,3%, respectivamente, enquanto foi menos afetada nas cultivares RB92579 e RB72910 com reduções de 48,9 e 62,7%, respectivamente, em relação às plantas sob tratamento controle.

A concentração interna de CO₂ e a fotossíntese também variaram entre as cultivares somente sob estresse severo (Figura 1C e D). Em algumas cultivares o Ci diminuiu com o aumento do estresse, como na cultivar RB92579 e na RB72910, enquanto em outras ocorreu uma redução do Ci sob estresse moderado e novamente um aumento quando sob estresse severo, como nas cultivares RB72454 e RB931011. A cultivar

RB92579 foi a que menos reduziu a fotossíntese sob estresse severo, enquanto que a cultivar RB72454 apresentou a maior queda em sua fotossíntese, com 89,9% de redução (Figura 1D).

A transpiração e a fotossíntese estão intimamente interligados com a condutância estomática (GRAÇA et al., 2010; MEDEIROS et al., 2013, SILVA et al., 2013), como constatado nesse estudo, em que foi observado uma maior redução da *E* e da *A* na cultivar RB72454 e menor na cultivar RB92579, acompanhando o comportamento estomático. Medeiros et al. (2013) observaram que cultivares de cana-de-açúcar mais sensíveis ao déficit hídrico tiveram forte redução da transpiração quando sob estresse hídrico, com redução menos intensa nas cultivares mais tolerantes. Esses mecanismos fisiológicos, além de estarem interligados são bastante variáveis entre cultivares de cana-de-açúcar (GONÇALVES et al., 2010; GRAÇA et al., 2010), indicando que as mais afetadas são mais sensíveis ao estresse. Resultados semelhantes de trocas gasosas também foram observados em plantas de trigo (GUAN et al., 2015) e milho (HASAN et al., 2017) sob déficit hídrico.

A massa seca das folhas foi drasticamente afetada pelo estresse hídrico severo nas cultivares RB72454 e RB855536, com redução média de 67,7% e 75,3%, respectivamente, em relação ao controle (Figura 2A). O mesmo foi observado na produção de colmos, em que as cultivares RB855536 e RB72454 tiveram a maior massa de colmo quando sob condições hídricas adequadas, no entanto, foram as mais afetadas pelo estresse (Figura 2B). Sob estresse moderado, essas cultivares tiveram redução de 75 e 61% de massa seca do colmo, respectivamente. Já sob estresse severo a redução aumentou para 81,5% na RB72454.

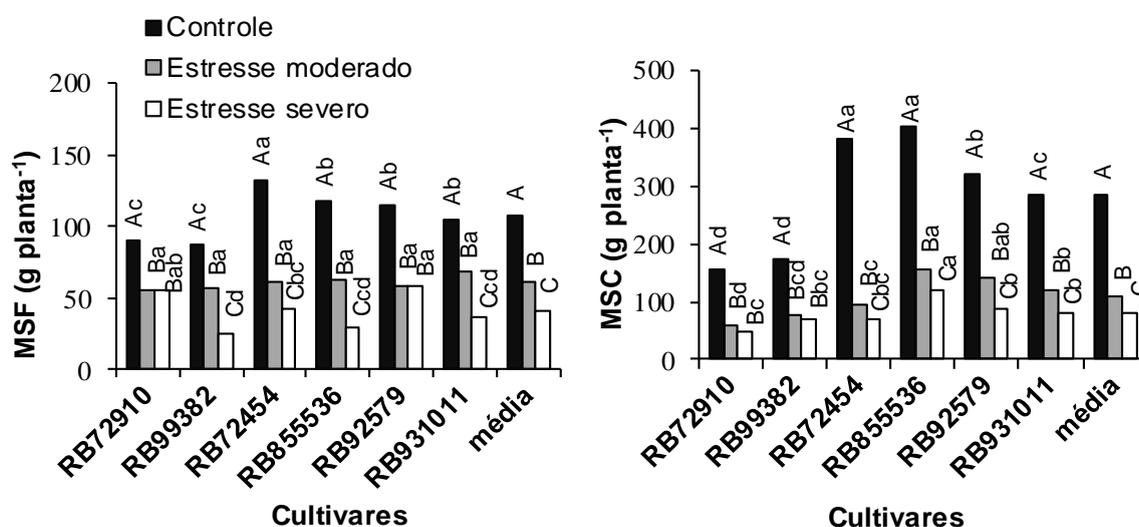


Figura 2. Massa seca de folhas (A) e de colmos (B) em cultivares de cana-de-açúcar no segundo ciclo de cultivo sob diferentes tratamentos hídricos: controle, estresse hídrico moderado e estresse hídrico severo.

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos hídricos em cada cultivar e letras minúsculas indicam diferenças significativas entre cultivares em cada tratamento hídrico pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A média apresenta o efeito isolado dos tratamentos hídricos.

Resultados semelhantes foram observados em outros estudos em que o estresse hídrico afetou a produção de biomassa em cana-de-açúcar (MACHADO et al., 2009; MEDEIROS et al., 2013). Foi observado, em nossos resultados, que cultivares que apresentam menos distúrbios fisiológicos sob estresse hídrico como redução das trocas gasosas, são pouco afetadas na produção de biomassa de folhas e colmos, como as cultivares RB72910 e RB92579. Isso, conseqüentemente reflete em menor redução da produtividade quando submetidas a condições de estresse, uma vez que a produção de massa seca está associada à capacidade fotossintética (MACHADO et al., 2009). Esses resultados refletem a importância de selecionar diferentes materiais genéticos sob condições de estresse, contribuindo com os programas de melhoramento da cultura para obtenção de cultivares modernas mais tolerantes à seca.

Conclusões:

As cultivares RB92579 e RB72910 são tolerantes ao estresse hídrico, pois têm baixa redução das trocas gasosas, e da produção de biomassa. Enquanto isso, a cultivar RB72454 é sensível, pois apesar de ser bastante produtiva em condições favoráveis, é afetada negativamente pelo estresse hídrico, com drásticas reduções das trocas gasosas e da biomassa.

Referências bibliográficas

- CARLIN, S. D.; SANTOS, D. M. M. Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1106-1113, 2009.
- ENDRES, L.; SILVA, J. V.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. D. S. Photosynthesis and water relations in Brazilian sugarcane. **Open Agriculture Journal**, v. 4, n. 3, p. 31-37, 2010.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 378-386, 2010.
- GRAÇA, J. P.; RODRIGUES, F. A.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. D.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ZINGARETTI, S. M. Physiological parameters in sugarcane cultivars submitted to water deficit. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n.3, p. 189-197, 2010.
- GUAN, X. K.; SONG, L.; WANG, T. C.; TURNER, N. C.; LI, F. M. Effect of Drought on the Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence and Yield of Six Different-Era Spring Wheat Cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 201, p. 253-266, 2015.
- HASAN, S. A.; RABEI, S. H.; NADA, R. M.; ABOGADALLAH, G. M. Water use efficiency in the drought-stressed sorghum and maize in relation to expression of aquaporin genes. **Biologia Plantarum**, v. 61, n. 1, p. 127-137, 2017.
- INMAN-BAMBER, N. G.; LAKSHMANAN, P.; PARK, S. Sugarcane for water-limited environments: Theoretical assessment of suitable traits. **Field Crops Research**, v. 134, p. 95- 104, 2012.
- 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, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. de A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de- açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1575-1582, 2009.
- MEDEIROS, D. B.; SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; TEIXEIRA, M. M.; BUCKERIDGE, M. S. Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 3, p. 213-222, 2013.
- SALES, C. R. G.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, R. S.; DOVIS, V. L.; LAGÔA, A. M. M. A. Trocas gasosas e balanço de carboidratos em plantas de cana-de-açúcar sob condições de estresses radiculares. **Bragantia**, v. 71, p. 319-327, 2012.
- SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 193-201, 2007.
- SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; ARANTES, M. T.; BRUNELLI, M. C.; HOLANDA, L. A. Respostas fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica e a reidratação. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 28-35, 2013.
- VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; DELAZARI, F. T. Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 65-75, 2014.