

Crescimento de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a estresse hídrico associado à *Meloidogyne incognita*

Hugo R. B. Santos¹, Elvira M. R. Pedrosa², Rejane J. M. C. Nogueira²,
Mario M. Rolim², Sandra R. V. L. Maranhão² & David B. Medeiros³

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia Vegetal, Laboratório de Ecofisiologia, CEP 37200-000, Lavras-MG, Brasil. Caixa Postal 3037. E-mail: hugobentzen@hotmail.com

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. E-mail: elvira.pedrosa@dtr.ufrpe.br; rjmansur1@gmail.com; rolim@dtr.ufrpe.br; srmaranhao@hotmail.com

³ Universidade Federal de Viçosa, Unidade de Crescimento de Plantas – UCP, Av. PH Rolfs, s/n, Centro, CEP 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: davidmedeiros3@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da deficiência hídrica no crescimento de variedades de cana-de-açúcar e implicações do parasitismo de *Meloidogyne incognita* no desenvolvimento das plantas. Plântulas de cana-de-açúcar foram inoculadas com 30.000 ovos de *M. incognita* e, após cinco dias da inoculação, foi realizada a diferenciação dos tratamentos hídricos, dispostos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 (variedades RB72454, RB867515 e RB92579) × 2 (tratamentos hídricos 100% e 40% CP) × 2 (níveis de infestação com e sem nematoide), realizando-se as avaliações 42 dias após a diferenciação (DAD). A supressão hídrica, além de influenciar o número de folhas e a altura das plantas, também afetou o diâmetro do colmo. A 40% CP, as variedades tiveram desempenho reduzido na produção de matéria seca de raiz, independente da presença do nematoide. No tratamento de 40% CP as plantas com nematoides tiveram redução de 4,86% para a alocação de biomassa da parte aérea. A reprodução de *M. incognita* foi significativamente maior para 100% CP. Plantas inoculadas diminuíram o rendimento para ambos os tratamentos hídricos quando comparadas com as plantas não inoculadas.

Palavras-chave: biomassa, nematoide das galhas, *Saccharum*, supressão hídrica

Growth of three varieties of sugarcane under water stress associated with Meloidogyne incognita

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of hydric deficiency on growth of sugarcane varieties and implications of *Meloidogyne incognita* parasitism on plant growth. Sugarcane seedlings were inoculated with 30,000 eggs of *M. incognita* and five days after inoculation, treatments were differentiated in completely randomized design in a 3 (sugarcane varieties RB72454, RB867515 and RB92579) × 2 (hydric treatment 100% and 40% CP) × 2 (inoculum level with and without nematode) factorial arrangement. Evaluations were carried out 42 days after differentiation (DAD). Hydric suppress, besides influence number of leaves and plant height, also affected stalk diameter. At 40% CP, all varieties had decreased development decreasing root dry matter production, independently of nematode presence. There was no difference on biomass allocation to shoots in parasited and no parasited plants at 100% CP. However, at 40% CP parasited plants decreased 4.86% biomass allocation to shoots. Reproduction of *M. incognita* was significantly higher at 100% CP. Inoculated plants had lower development for both water treatments when compared to non-inoculated ones.

Key words: biomass, root knot nematode, *Saccharum*, hydric suppression

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura tropical que produz grande quantidade de biomassa e requer, para alcançar rendimento máximo, bom suprimento de água. Segundo Ramesh (2000), a água é crucial no desenvolvimento inicial da cultura que compreende emergência e perfilhamento devido à alta demanda hídrica dessas fases. No Nordeste brasileiro, contudo, nem sempre este suprimento hídrico é adequado, devido à pluviosidade irregular e longos períodos de estiagem.

A baixa disponibilidade hídrica, isolada ou associada a outros fatores abióticos ou bióticos, em particular o ataque de nematoides, causa impactos significativamente negativos ao crescimento, produção e qualidade da cultura (Chaves et al., 2007). Dentre os nematoides que parasitam a cana-de-açúcar as espécies *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *M. javanica* (Treb) Chitwood são os principais fatores limitantes da produção (Moura et al., 1999).

Os sintomas causados por esses nematoides em plantas suscetíveis são variáveis e envolvem vários mecanismos diretamente associados ao número de parasitos na raiz. Sintomas de deficiência nutricional, murcha temporária durante períodos curtos de estresse hídrico ou temperatura elevada, redução de crescimento das plantas e queda de produtividade, são comuns (Melakeberham et al., 1986; Wilcox-Lee & Loria, 1987). A infecção afeta as relações água × planta (Dorhout et al., 1991) e o processo fotossintético (Melakeberham et al., 1986). A destruição de pelos absorventes e a redução da taxa de crescimento das raízes, outros sintomas associados à infecção, limitam a exploração do solo e a absorção de água e nutrientes.

Em cana-de-açúcar o estresse promovido por nematoides resulta em redução de crescimento da planta, provocada pela diminuição no alongamento celular devido à menor quantidade de água nos tecidos e menor assimilação de água e nutrientes pelas raízes (Inman-Bamber & Smith, 2005). Além do mais, promove redução da altura da planta, restrição ao surgimento de novas folhas e senescência foliar, queda no número de perfilhos, colmos mal-conformados e murcha temporária durante períodos quentes do dia, além de influenciar no acúmulo de matéria seca (Melakeberhan et al., 1986; Hemaprabha et al., 2004).

Em virtude da boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas do Nordeste do Brasil as variedades desenvolvidas pela Rede Interuniversitária para o desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA) são amplamente utilizadas nos plantios de cana-de-açúcar da região. Estudos relacionados com ao comportamento da variedades RB em condições de estresse hídrico ou promovido pelo parasitismo de nematoides importantes para a região são fundamentais para o manejo desses organismos no campo e em cruzamentos para obtenção de novas variedades, além de que, o entendimento de como a cultura responde a esses fatores é fundamental para a escolha de variedades e práticas agrícolas eficientes em sistemas de manejo sustentáveis.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da deficiência hídrica no crescimento de variedades RB de cana-de-açúcar e implicações do parasitismo de *M. incognita* no desenvolvimento inicial das plantas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Fitonematologia – Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), entre os meses de abril e junho de 2011. As plantas foram obtidas de rebolos das variedades de cana-de-açúcar RB72454, RB867515 e RB92579, provenientes da Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, base fixa da UFRPE. Os nematoides foram coletados de raízes e ao solo de áreas cultivadas com cana-de-açúcar enquanto as populações foram mantidas em condição de casa de vegetação, parasitando o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Santa Cruz. A determinação específica do parasito foi feita com base no fenótipo das esterases (Carneiro & Almeida, 2001). O solo utilizado foi esterilizado, segundo metodologia descrita por Monteiro et al. (2009), em autoclave a temperatura de 120 °C a 1 atm de pressão durante 1 hora, sendo este procedimento repetido após 24h.

Rebolos de cana-de-açúcar foram postos para germinar em bandejas plásticas, contendo areia lavada e esterilizada. Após a emergência, as plantas foram selecionadas quanto à sanidade, altura e número de folhas e transferidas para vasos de polietileno contendo 6 kg de solo. Após o transplante, as plantas foram mantidas em aclimatação durante 15 dias e então regadas diariamente. Durante este período os vasos ficaram na capacidade de pote (CP), determinada previamente pelo método gravimétrico, de acordo com Souza et al. (2000). Após os dez primeiros dias de aclimatação as plantas foram inoculadas com 30.000 ovos e juvenis de *M. incognita*. Os ovos e juvenis foram extraídos de raízes parasitadas de acordo com a técnica descrita por Hussey & Barker (1973). Após cinco dias da inoculação foi realizada a diferenciação dos tratamentos hídricos. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 (variedades RB72454, RB867515 e RB92579) × 2 (tratamentos hídricos controle [100% da CP] e estresse [40% da CP]) × 2 (níveis de infestação do nematoide com e sem nematoide), com cinco repetições para cada tratamento.

Para minimizar a perda de água no solo por evaporação a superfície dos vasos foi coberta com circunferências de plástico branco. A manutenção dos tratamentos hídricos foi realizada através da pesagem diária dos vasos e da reposição da água transpirada. Para este procedimento foi utilizada uma balança com capacidade para 15 kg. Foram avaliados, semanalmente (7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após diferenciação dos tratamentos hídricos-DAD), o número de folhas (NF) completamente expandidas e com 20% de área verde; a altura das plantas (AP) até a inserção da folha +1, com a utilização de uma fita métrica; o diâmetro do colmo (DC), com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e o número de perfilhos (NP).

Ao final do experimento separou-se a parte aérea (folhas e colmo) das raízes, pesou-se e se acondicionou a parte aérea em saco de papel, cortando-se as raízes de cada parcela em segmentos de aproximadamente 2 cm, que foram homogeneizadas e se dividiu em duas partes iguais aferindo-se novamente o peso, uma parte foi colocada em saco de papel

para secagem e a outra parte em saco plástico para extração de ovos. Os materiais vegetais acondicionados em saco de papel foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de 65 °C até atingir peso constante, período após o qual se determinou a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR), multiplicando-se o resultado por 2, além da massa seca total (MST). Com base nos dados obtidos, foram calculadas a alocação da biomassa para parte aérea (ABPA), a raiz (ABR) e a razão raiz/parte aérea (R/PA), conforme metodologia descrita por Benincasa (2003).

Para aferição da resposta das variedades de cana ao parasitismo do nematoide, foi determinado o número de ovos e juvenis nas raízes acondicionadas em saco plástico, conforme Hussey & Barker (1973) e o resultado multiplicado por 2 para determinação do número de ovos por planta.

Os dados obtidos no final do experimento foram submetidos à análise de variância e as variáveis número de folhas, altura das plantas, diâmetro do colmo e número de perfilhos, à análise de medidas repetidas no tempo (7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAD), com o auxílio do software SAS 9.0 – Statistical Analytical System. Modelos de regressões lineares, quadráticos, cúbicos e logarítmicos foram usados objetivando-se melhor descrição do comportamento dos dados em função do tempo. Quando necessário as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Para a análise estatística os dados de matéria seca da raiz foram transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$ enquanto o número de ovos de *M. incognita*, em $\log_{10}(x+1)$.

Resultados e Discussão

O estresse hídrico influenciou o número de folhas produzidas pelas variedades de cana-de-açúcar estudadas, independente da presença de nematoide e das variedades. O modelo quadrático (Figura 1) foi o que melhor descreveu a relação do número de folhas em função do tempo para os dois suprimentos hídricos (40% e 100% CP), respectivamente: $Y = -0,03019x^2 + 0,61522x + 2,59184$ ($R^2 = 0,43$) e $Y = -0,07143x^2 + 1,23545x + 1,85185$ ($R^2 = 0,80$). As plantas com suprimento hídrico de 100% CP apresentaram maior número de folhas

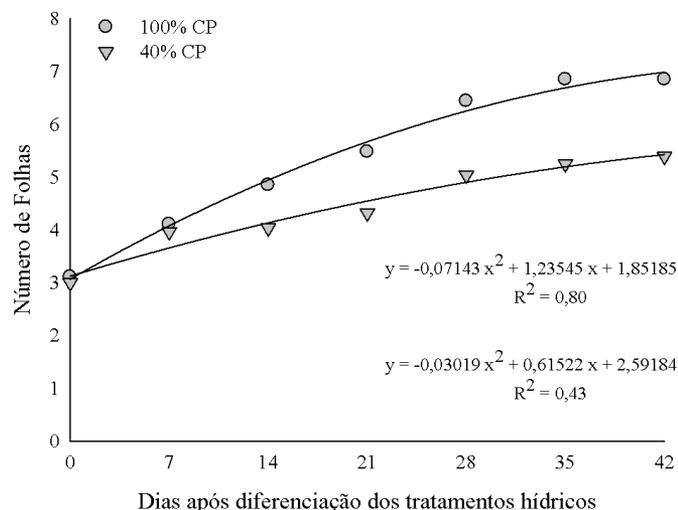


Figura 1. Número de folhas em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar submetidas a dois tratamentos hídricos

diferindo estatisticamente das plantas com supressão hídrica (40% CP), na segunda avaliação aos 14 DAD. As plantas sob 40% CP tiveram redução final no número de folhas em torno de 21%. Apesar da supressão hídrica em nenhum momento as plantas deixaram de produzir folhas novas mas apenas diminuíram sua intensidade de produção, além do tamanho.

A redução do número de folhas em plantas sob estresse hídrico pode se traduzir em uma estratégia de sobrevivência com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração e o gasto metabólico para a manutenção da turgescência dos tecidos (Inman-Bamber & Smith, 2005). Além disto, é por intermédio desta variável que se pode verificar a eficiência fotossintética da planta frente aos estresses propostos.

Pincelli (2010) encontrou, estudando o crescimento de quatro variedades de cana-de-açúcar sob deficiência hídrica, reduções no número de folhas quando as variedades foram submetidas a 50% da capacidade de campo. Similarmente, Figueirôa et al. (2004) mostraram redução de 29% no número de folhas para o tratamento de maior restrição hídrica quando plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* L.) foram submetidas a 60 dias de estresse. Ao analisar o efeito da suspensão de rega na espécie *Arachis hypogaea* L., Correia & Nogueira (2004) também verificaram redução significativa no número de folhas para as plantas sob estresse hídrico, que chegou a mais de 60% ao final do período de 35 dias.

A altura das plantas das variedades de cana-de-açúcar sofreu influência direta dos tratamentos hídricos propostos, promovendo diferença significativa. Os modelos que melhor descreveram as variações na altura das variedades em função do tempo foram: $Y = 2,9641x + 12,492$ ($R^2 = 0,63$) para a variedade RB72454; $Y = 3,4483x + 14,1624$ ($R^2 = 0,60$) para a variedade RB867515 e $Y = 3,9338x + 11,8171$ ($R^2 = 0,72$) para a variedade RB92579 (Figura 2). Aos 7 DAD a variedade RB72454 mostrou crescimento mais lento suplantado pela variedade RB867515 em aproximadamente 14%, e altura de 18,54 cm, não diferindo, porém, da RB92579 (Figura 2A). A partir da terceira avaliação, 21 DAD, a variedade RB72454 apresentou crescimento inferior em relação às outras variedades estudadas, permanecendo assim até a última avaliação. Aos 42 dias a variedade RB867515, apresentou, quando comparada com a RB72454, aumento da ordem de 16% e altura de 38,38 cm. A variedade RB92579 apresentou-se 18% superior e altura de 39,09 cm. Em nenhum dia de avaliação as variedades RB867515 e RB92579 apresentaram diferenças significativas entre si.

A variação na altura das plantas em função do tratamento hídrico foi descrita pelo modelo linear: $Y = 2,22143x + 14,71531$ ($R^2 = 0,69$) e $Y = 4,79325x + 10,8619$ ($R^2 = 0,86$), para 40% e 100% CP respectivamente (Figura 2B). As plantas sob supressão hídrica tiveram desenvolvimento reduzido apresentando altura média de 30,16 cm ao final do período experimental, com redução de 31,5%, quanto ao tratamento de 100% CP, que apresentou altura de média de 44,03 cm (Figura 2B).

Em relação ao nematoide os modelos lineares: $Y = 3,35204x + 13,02755$ ($R^2 = 0,61$) para plantas inoculadas e $Y = 3,62077x + 12,61217$ ($R^2 = 0,65$) para plantas não inoculadas (Figura 2C) foram os que melhor descreveram as variações na altura das plantas. As plantas inoculadas com *M. incognita* não

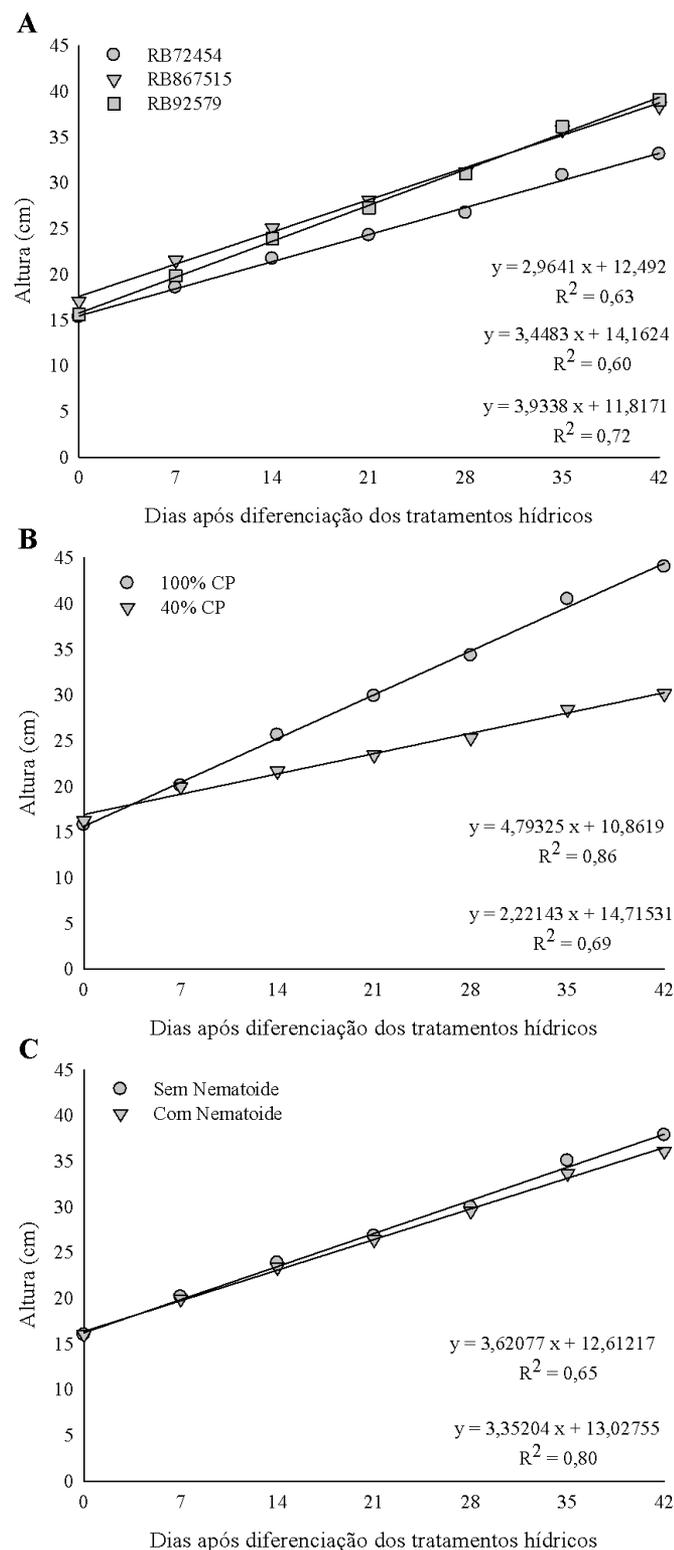


Figura 2. Altura da planta relacionada ao tempo em variedades (A), suprimento hídrico (B) e parasitismo de nematóide (C) em plantas de cana-de-açúcar submetidas a dois tratamentos hídricos e dois níveis de infecção de *Meloidogyne incognita*

mostraram diferenças significativas das não inoculadas. Esses resultados podem estar associados a condições ambientais desfavoráveis e ao período de exposição do hospedeiro ao nematóide, que pode não ter sido suficiente para detecção de diferenças significativas.

Avaliações biométricas, a exemplo da altura, são importantes em pesquisas com disponibilidade hídrica e apontadas como um dos principais sintomas do estresse hídrico, pois o crescimento em altura continua até a ocorrência de alguma limitação no suprimento de água. Mas este crescimento pode ser diferencial entre variedades e representar graus de tolerância entre as mesmas (Silva et al., 2008).

Pesquisas mostram que, quando submetida a deficiência hídrica, a cana-de-açúcar apresenta redução em altura; esta redução chegou a 30% no trabalho realizado por Arias et al. (1996), e a quase 40% em estudo realizado por Gonçalves (2008) em quatro variedades. De maneira semelhante, Pincelli (2010) encontrou reduções significativas em altura em variedades de cana-de-açúcar corroborando os resultados obtidos nesta pesquisa.

O modelo quadrático foi o que melhor descreveu o diâmetro do colmo das variedades em função do tempo, respectivamente: $Y = 0,09095x^2 + 0,20984x + 5,82554$ ($R^2 = 0,55$) para RB72454, $Y = 0,08568x^2 + 0,40523x + 5,83143$ ($R^2 = 0,48$) para RB867515 e $Y = 0,10195x^2 + 0,26545x + 5,45914$ ($R^2 = 0,60$) para RB92579 (Figura 3A). Esses resultados indicam que aos 35 DAD a variedade RB72454 apresentou diâmetro menor que 12,7 e 5,33% em relação às variedades RB867515 e RB92579, respectivamente (Figura 3A). As variedades mostraram incremento no crescimento ao longo do tempo, de 94% para RB72454, 102% para RB867515 e 111% para RB92579.

Para o parâmetro diâmetro do colmo em relação ao suprimento hídrico em função do tempo, o modelo de melhor ajuste foi o quadrático, de acordo com as equações: $Y = 0,07124x^2 - 0,01032x + 6,15459$ ($R^2 = 0,58$) submetidos a 40% CP e $Y = 0,11584x^2 + 0,61684x + 5,21704$ ($R^2 = 0,84$) submetidos ao suprimento hídrico normal (100% CP) (Figura 3B).

A supressão hídrica, além de influenciar o número de folhas e a altura da planta, também afetou o diâmetro do colmo a partir da segunda semana, 14 DAD. Os resultados indicam que o diâmetro do colmo submetido a 40% CP, apresentou redução de 35%, em relação ao suprimento hídrico normal (100% CP) (Figura 3B). Ao longo do tempo as plantas apresentaram incremento no diâmetro de 1,8 x e 0,86 x, em 100% e 40% CP, respectivamente. Mediante os resultados, o diâmetro do colmo sofreu influência direta da supressão hídrica indicando que, em função da ausência de água, as células não se expandiram dificultando a conformação do colmo.

Dentre as variáveis biométricas analisadas o diâmetro do colmo foi a que apresentou menor variação entre as variedades já que depende diretamente das suas características genéticas intrínsecas. Silva (2010) relatou, ao analisar seis variedades/clones de cana-de-açúcar submetidas a diferentes regimes hídricos, redução do diâmetro maior que 10% no tratamento mais severo.

Diferentemente das outras medidas biométricas, verificou-se interação tripla (tempo × estresse × variedades) em relação ao número de perfilhos. A Figura 4A apresenta a interação tempo × variedade sob estresse 100% CP, descrita pelas equações: $Y = 0,03968x^2 - 0,07937x + 0,01587$ ($R^2 = 0,23$) para a variedade RB867515 e $Y = -0,03452x^2 + 0,72976x -$

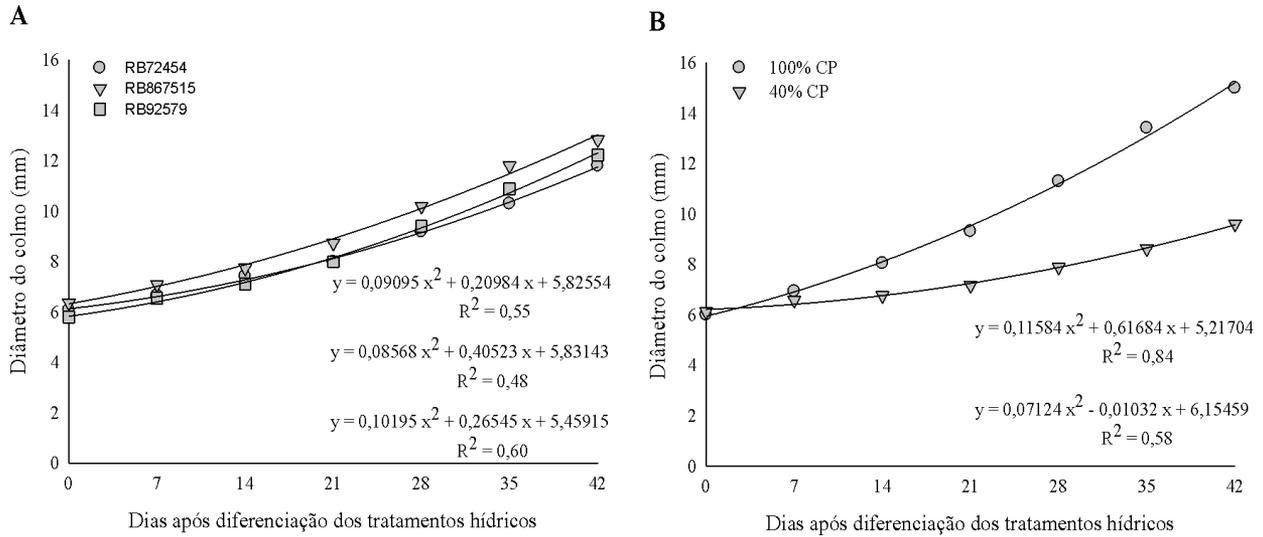


Figura 3. Diâmetro do colmo relacionado ao tempo em variedades (A) e suprimento hídrico (B) de cana-de-açúcar, submetidas a dois tratamentos hídricos

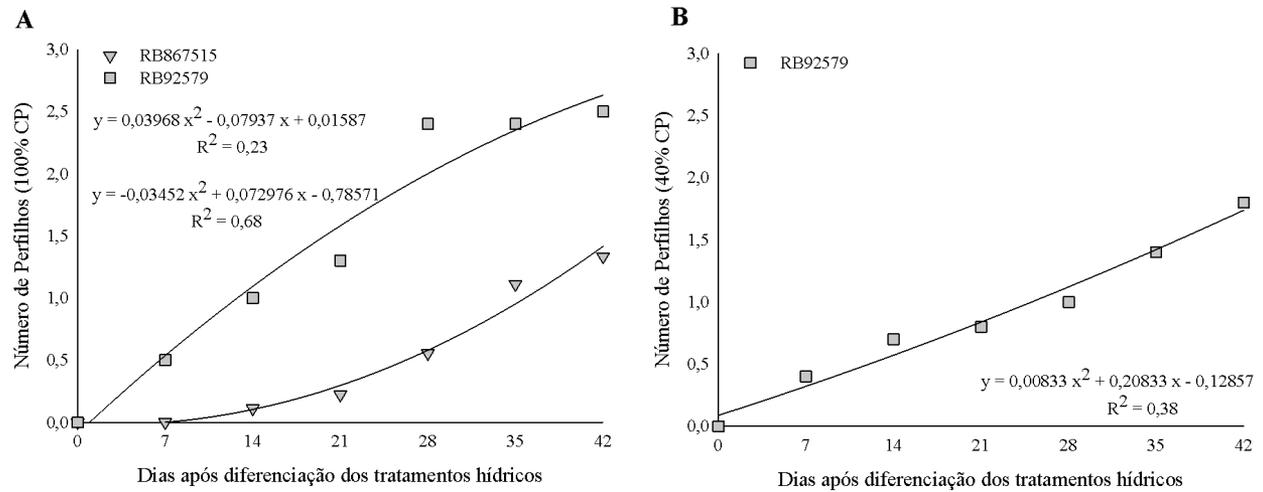


Figura 4. Número de perfilhos ao longo do tempo em variedades de cana-de-açúcar submetidas a tratamento hídrico de 100% (A) e 40% (B)

0,78571 ($R^2 = 0,68$), para a variedade RB92579. Nenhum dos modelos usados descreveu adequadamente o comportamento da variedade RB72454 ao longo do tempo. A variedade RB92579 apresentou maior número de perfilhos diferindo das demais a partir da segunda avaliação, aos 14 DAD. No final do experimento foi observado perfilhamento superior a 87,5% em relação à RB867515, apresentando média de 1,33 de perfilhos (Figura 4A).

A variedade RB92579, submetida ao tratamento hídrico de 40% CP (Figura 4B), apresentou dados significativos e ajustados ao modelo de regressão quadrática, expressos pela equação $y = 0,00833x^2 + 0,20833x - 0,12857$ ($R^2 = 0,38$). A variedade RB92579 diferiu estatisticamente das demais a partir de 14 DAD momento em que apresentou maior perfilhamento. Nenhum dos modelos usados descreveu adequadamente o número de perfilhos das variedades RB867515 e RB72454, ao longo do tempo.

Para MSPA foram verificadas interações dos níveis de água propostos com as variedades e com a presença e/ou ausência de nematoides. Na Tabela 1A as variedades RB867515 e RB92579 quando submetidas a 100% CP apresentaram resultados semelhantes; contudo, ambas diferiram estatisticamente da

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea – MSPA (A) e total – MST (B) (g) de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a dois tratamentos hídricos

Variedades	Tratamentos Hídricos	
	100% CP	40% CP
A) MSPA		
RB72454	15,75 bA	6,67 aB
RB867515	24,16 aA	10,20 aB
RB92579	22,89 aA	8,67 aB
CV = 16,68		
B) MST		
RB72454	19,01 bA	8,66 aB
RB867515	31,38 aA	12,20 aB
RB92579	30,28 aA	11,21 aB
CV = 18,21		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas entre variedades e maiúsculas entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

RB72454, que mostrou produção de matéria seca da aérea 33% menor. Quando submetidas a 40% CP, as três variedades não diferiram entre si. Analisando cada variedade de forma isolada verificaram-se reduções a partir de 40% CP. Reduções de 57,70% para a RB72454, 57,80% para a RB867515 e de 62,10% para a RB92579 foram detectadas quando comparadas com tratamento de 100% CP.

Constatou-se redução significativa na produção de matéria seca da parte aérea das plantas submetidas a 40% CP, parasitadas ou não pelo nematoide (Tabela 2). Plantas cultivadas a 40% CP sem nematoides sofreram redução de 53,30% na produção, enquanto, as cultivadas com nematoides apresentaram redução de 64,70%, quando comparadas com a 100% CP.

Tabela 2. Produção de matéria seca da parte aérea (g) de plantas de cana-de-açúcar submetidas a dois tratamentos hídricos e presença de *Meloidogyne incognita*

<i>M. incognita</i>	Tratamentos Hídricos	
	100% CP	40% CP
Sem Nematoide	19,72 aA	9,21 aB
Com Nematoide	22,14 aA	7,81 aB
CV = 16,68		

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas entre nematoide e maiúsculas entre tratamentos hídricos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

As três variáveis analisadas interagiram significativamente em relação à matéria seca da raiz (Tabela 3). No tratamento de 100% CP sem nematoide, a RB867515 apresentou o maior volume de raiz, sendo este aumento 87,90% superior em relação à RB72454, que mostrou a menor produção (3,64 g). No mesmo tratamento hídrico com nematoide as variedades RB867515 e RB92579 não diferiram entre si mas mostraram produção 1,5x maior em relação à RB72454 (2,89 g); a 40% CP não foi verificada diferença estatística entre as variedades nem quanto à presença do nematoide; a 40% CP, todas as variedades tiveram desempenho reduzido na produção de matéria seca de raiz, independente da presença do nematoide.

Tabela 3. Produção de matéria seca da raiz (g) em plantas de cana-de-açúcar submetidas a dois tratamentos hídricos e presença de *Meloidogyne incognita*

Variedades	Tratamentos			
	100% CP		40% CP	
	SN	CN	SN	CN
RB72454	3,64 bA	2,89 bA	1,14 aB	2,28 aAB
RB867515	6,84 aA	7,60 aA	2,02 aB	1,80 aB
RB92579	5,73 abA	6,92 aA	2,18 aB	1,84 aB
CV = 11,43				

Médias seguidas por letras iguais minúsculas entre variedades e maiúsculas entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Após os 42 dias de diferenciação do experimento a matéria seca total foi afetada pelo tratamento hídrico e variedades. A RB72454 submetida a 100% CP teve menor quantidade de matéria seca total produzida (19,01 g) em relação à RB867515 e RB92579, sendo as duas últimas superiores 65,07% e 59,28%, respectivamente (Tabela 1B). A 40% CP não houve diferença entre as variedades RB72454, RB867515 e RB92579 mas quando submetidas a 40% CP apresentaram decréscimo na produção de matéria seca na ordem de 54, 61 e 63% respectivamente, quando comparadas às dos tratamento de 100% CP.

Redução na matéria seca em diferentes partes da planta da cana-de-açúcar também foi verificada por Nogueira et al. (2008) estudando duas variedades sob três regimes hídricos. As reduções alcançaram 48% da matéria seca total da variedade RB72454. Zhao et al. (2010) relataram diminuição de 42% do crescimento de cana-de-açúcar, em campo, quando submetidas a estresse, corroborando os dados da presente

pesquisa. O estresse hídrico afeta a força da fonte e do dreno por seus efeitos na fotossíntese, crescimento, translocação e no metabolismo geral acarretando, na grande maioria das vezes, reduções no crescimento, como um todo (Zhao et al., 2010).

Seguindo a tendência da matéria seca parte aérea, as variedades submetidas ao tratamento de 40% CP não diferiram estatisticamente entre si para a alocação de biomassa da parte aérea, na qual as variedades apresentaram alocação de 79,65%; 83,59% e 82,38% para RB72454, RB867515 e RB92579, respectivamente (Tabela 4A). Referente à comparação entre variedades, no tratamento de 100% CP a variedade RB72454, que tinha sido a menos eficiente na produção da MSPA, obteve 82,87% de toda a sua biomassa alocada para a parte aérea enquanto a RB867515 apresentou redução de 6% quando comparada com a RB72454.

Tabela 4. Alocação (%) de biomassa para parte aérea – ABPA (A), para raiz – ABR (B) e razão raiz parte aérea – R/PA (C) de três variedades de cana-de-açúcar submetidas a dois tratamentos hídricos

Variedades	Tratamentos Hídricos	
	100% CP	40% CP
A) ABPA		
RB72454	82,87 aA	79,65 aA
RB867515	77,62 bB	83,59 aA
RB92579	78,58 abA	82,38 aA
CV = 4,15		
B) ABR		
RB72454	17,13 bA	20,35 aA
RB867515	22,37 aA	16,41 aB
RB92579	21,42 abA	17,62 aA
CV = 17,46		
C) R/PA		
RB72454	0,21 bA	0,26 aA
RB867515	0,30 aA	0,20 aB
RB92579	0,27 abA	0,22 aA
CV = 21,41		

Médias seguidas por letras iguais minúsculas entre variedades e maiúsculas entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Na quantificação da alocação de biomassa da parte aérea, houve interação entre estresse hídrico e nematoide, conforme a Tabela 5A. Não ocorreu diferença entre as plantas cultivadas sem ou com nematoides no tratamento de 100% CP; no entanto, a 40% CP as plantas cultivadas com nematoides tiveram redução de 4,86% na alocação de biomassa para a parte aérea, quando comparadas com as plantas cultivadas sem nematoides.

Analisando o fator biótico isoladamente, as plantas cultivadas com nematoides apresentaram resultados semelhantes para os dois tratamentos hídricos; no entanto, nas plantas cultivadas sem nematoide ocorreu maior alocação da parte aérea nas submetidas a 40% CP, superior 5,11% em relação às submetidas a 100% CP.

No que se refere à alocação de biomassa da raiz (Tabela 4B), ocorreu interação entre variedades e tratamentos hídricos. A 100% CP houve diferença entre as variedades RB867515 que obtiveram o maior valor para a alocação de biomassa da raiz (22,37%) e RB72454, que apresentou uma alocação 23,42% menor; entretanto, a 40% CP as variedades não diferiram entre si. A redução da alocação de biomassa para RB867515 foi de 26,64% no tratamento de 40% CP, quando comparada com a de 100% CP.

Tabela 5. Alocação (%) de biomassa para parte aérea – ABPA (A), para raiz – ABR (B) e razão raiz/parte aérea – R/PA (C) de plantas de cana-de-açúcar submetidas a dois tratamentos hídricos e presença de *Meloidogyne incognita*

<i>M. incognita</i>	Tratamentos Hídricos	
	100% CP	40% CP
A) ABPA		
Sem Nematóide	79,13 aB	83,91 aA
Com Nematóide	80,24 aA	79,83 bA
CV = 4,15		
B) ABR		
Sem Nematóide	20,86 aA	16,08 bB
Com Nematóide	19,76 aA	20,17 aA
CV = 17,46		
C) R/PA		
Sem Nematóide	0,27 aA	0,20 bB
Com Nematóide	0,25 aA	0,26 aA
CV = 21,41		

Médias seguidas por letras iguais minúsculas entre nematóide e maiúsculas entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Houve interação entre tratamento hídrico e nematóide na alocação de biomassa da raiz. A 40% CP as plantas não inoculadas diferiram das inoculadas, sendo esta última superior em 25% quando comparada com as não inoculadas. Não houve diferença entre a alocação de biomassa da raiz dentro das plantas inoculadas nos tratamentos hídricos propostos. No entanto, nas plantas sem nematóide o déficit hídrico influenciou negativamente, promovendo redução de 22,91% (Tabela 5B).

A razão raiz/parte aérea demonstra o quanto a raiz cresceu em relação à parte aérea, favorecendo a planta alcançar e ter contato com uma área maior de água no solo e, de acordo com as análises, a 100% CP ocorreu diferença estatística entre RB867515 e RB72454, tendo a última apresentado redução de 30% em relação à primeira. Com a diminuição da disponibilidade hídrica para 40% CP não mais ocorreu diferença entre as variedades no tratamento (Tabela 4C). Dentre as variedades, a RB867515 se destacou por apresentar razão raiz/parte aérea maior que 50% no tratamento de 100% CP em relação ao de 40% CP (Tabela 4C).

As plantas não inoculadas com *M. incognita* tiveram rendimento no tratamento de déficit hídrico 25% menor em relação tratamento de 100% CP e uma redução de 26% no tratamento de 40% CP quando comparada com as plantas inoculadas (Tabela 5C).

Considerando-se o total de ovos estimado por sistema radicular e o número de ovos estimado por grama de biomassa seca de raiz, a reprodução de *M. incognita* foi significativamente maior a 100% CP do que a 40% CP (Tabela 6); entretanto, não houve diferença entre as variedades nem interação entre variedades e tratamentos hídricos em relação ao total de ovos por sistema radicular e número de ovos por grama de biomassa fresca ou seca de raiz (Tabela 6).

A maior produção de ovos pelo nematóide esteve associada ao suprimento hídrico satisfatório no solo que deve ter favorecido a movimentação e a penetração do parasito na raiz. O menor desenvolvimento das plantas submetidas ao estresse hídrico constatado no presente estudo, dá suporte a duas hipóteses para explicar o menor número de nematoides nessas plantas: a primeira está diretamente associada à redução do espaço físico e a alterações morfológicas nas raízes enquanto a segunda se relaciona aos sítios de alimentação induzidos

Tabela 6. Número total de ovos nas raízes, número de ovos por grama de raízes frescas e por grama de raízes secas de cana-de-açúcar submetida a dois tratamentos hídricos na presença de *Meloidogyne incognita*

Número de Ovos de <i>M. incognita</i>	Tratamentos Hídricos		CV (%)
	100% CP	40% CP	
Ovos/sistema radicular	10066,67A	984,67B	58,14
Ovos/grama de raiz fresca	281,45A	275,58A	37,96
Ovos/grama de raiz seca	10276,41A	2086,11B	32,24

Médias seguidas na mesma linha por letras iguais maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

pelo nematóide que podem não ter fornecido a quantidade de nutrientes necessária para que o nematóide atingisse todo o potencial biótico. Segundo Kirkpatrick et al. (1991), o baixo suprimento hídrico leva as raízes a desenvolverem camadas mais espessas e grossas o que, muitas vezes é, dependendo da espécie vegetal e dificulta a penetração do parasito. Por outro lado, de acordo com Cofcewicz et al. (2001), a diminuição do desenvolvimento da parte aérea das plantas geralmente está relacionada com a interrupção de água e translocação de nutrientes pelas células gigantes promovido pelo nematóide.

Conclusões

O estresse hídrico reduziu o número de folhas, a altura da planta e o diâmetro do colmo mas pouco influenciou o perfilhamento da cana-de-açúcar. A produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e total, foi sensivelmente reduzida na associação do estresse hídrico, juntamente com a infestação por nematóide.

A escassez hídrica diminuiu a reprodução do *Meloidogyne incognita*.

As variedades RB867515 e RB92579 foram mais tolerantes à deficiência hídrica enquanto RB72454 apresentou as maiores perdas de produção quando submetidas estresse ao hídrico e ao parasitismo de nematoides.

Literatura Citada

- Arias, M. I. B.; Delgado, E. O.; Carmentare, R. V. Cambios fisiológicos de la caña de azúcar ante el déficit hídrico. 1.ed. México: Universidad Autónoma Chapingo, 1996. 135p.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Carneiro, R. M. D. G.; Almeida, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzima dos nematoides das galhas para identificação de espécies. Nematologia Brasileira, v.25, n.1, p.35-44, 2001. <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20251/35-44%20gr.pdf>>. 10 Mar. 2013.
- Chaves, A.; Melo, L. J. O. T.; Simões Neto, D. E.; Costa, I. G.; Pedrosa, E. M. R. Declínio severo do desenvolvimento da cana-de-açúcar em tabuleiros costeiros de Pernambuco. Nematologia Brasileira, v.131, n.2, p.10-12, 2007. <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20312/93-95%20pb.pdf>>. 10 Mar. 2013.
- Cofcewicz, E. T.; Medeiros, C. A. B.; Carneiro, R. M. O. G.; Peipobom, C. R. Interação de fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematóide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. Fitopatologia Brasileira, v.26, n.1, p.65-70, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582001000100011>>.

- Correia, K. G.; Nogueira, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. *Revista de Biologia e de Ciências da Terra*, v.4, n.2, p.121-127, 2004. <<http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/amendoimdeficit.pdf>>. 10 Mar. 2013.
- Dorhout, R.; Gommers, F. J.; Colloffel, C. Water transport through tomato roots infected with *Meloidogyne incognita*. *Phytopathology*, v.81, n.4, p.379-385, 1991. <<http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-81-379>>.
- Figueirôa, J. M.; Barbosa, D. C. A.; Simabukuro, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. *Acta Botanica Brasileira*, v.18, n.3, p.573-580, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000300015>>.
- Gonçalves, E. D. Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetida à deficiência hídrica. Rio Largo: UFAL, 2008. 66p. Dissertação Mestrado.
- Hemaprabha, G.; Nagarajan, R.; Alarmelu, S. Response of sugarcane genotypes to water deficit stress. *Sugar Tech*, v.6, n.3, p.165-168, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02942718>>.
- Hussey, R. S.; Barker, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, v.57, p.1025-1028, 1973.
- Inman-Bamber, N. G.; Smith, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research*, v.92, n.2-3, p.185-202, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.023>>.
- Kirkpatrick, T. L.; Oosterhuis, D. M.; Wullschleger, S. D. Interaction of *Meloidogyne incognita* and water stress in two cotton cultivars. *Journal of Nematology*, v.23, n.4, p.462-467, 1991. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2619190/pdf/462.pdf>>. 10 Mar. 2013.
- Melakeberhan, H.; Brooke, R. C.; Webster, J. M. Relationship between physiological response of French beans of different age to *Meloidogyne incognita* and subsequent yield losses. *Plant Pathology*, v.35, n.2, p.203-213, 1986. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.1986.tb02005.x>>.
- Monteiro, M. T. M.; Gomes, V. F. F.; Mendes Filho, P. F.; Guimarães, F. V. A. Absorção de nutrientes por mudas de pimentão micorrizado cultivado em substrato com pó de coco. *Revista Caatinga*, v.22, n.2, p.95-101, 2009. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117600017>>. 10 Mar. 2013.
- Moura, R. M.; Pedrosa, E. M. R.; Maranhão, S. R. V. L.; Moura, A. M.; Macedo, M. E. A.; Silva, E. G. Nematóides associados à cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco, Brasil. *Nematologia Brasileira*, v.23, n.2, p.92-99, 1999. <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20232/92-99%20pb.pdf>>. 10 Mar. 2013.
- Nogueira, R. J. M. C.; Silva, E. C.; Silva, M. A.; Ribeiro, M. S.; Silva, N. V.; Teixeira, M. M.; Simões Neto, D. E. Produção de biomassa seca e teor de pigmentos fotossintéticos em duas variedades de cana-de-açúcar sob déficit hídrico. In: Congresso Nacional da STAB, 9, 2008, Anais... Maceió: Organização da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros, 2008. p.670-674.
- Pincelli, R. P. Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas. Botucatu: UNESP, 2010. 78p. Dissertação Mestrado.
- Ramesh, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.185, n.2, p.83-89, 2000. <<http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00404.x>>.
- Silva, M. de A.; Silva, J. A. G. da; Enciso J.; Sharma V.; Jifon J. L. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. *Scientia Agricola*, v.65, n.6, p.620-627, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000600008>>. 10 Mar. 2013.
- Silva, P. B. da. Aspectos fisiológicos de seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico. Rio Largo: UFAL, 2010. 98p. Dissertação Mestrado.
- Souza, C. C.; Oliveira, F. A.; Silva, I. F.; Amorim Neto, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.338-342, 2000. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000300006>>.
- Wilcox-Lee, D.; Loria, R. Effects of nematode parasitism on plant water relations. In: Veech, J. A.; Dickson, D. W. (Eds.) *Vistas on nematology*. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p.261-266.
- 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*, v.5, n.3, p.403-414, 2010. <<http://dx.doi.org/10.3844/ajabssp.2010.403.414>>.