

EVAPOTRANSPIRAÇÃO, COEFICIENTE DE CULTURA E CRESCIMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR PLANTADA POR MUDAS PRÉ-BROTADAS E POR TOLETES

**MARIA EDUARDA NAJM SANDRINI¹, ALEXANDRE BARCELLOS DALRI¹,
ANDERSON PRATES COELHO¹, ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA¹, LUIZ
FABIANO PALARETTI¹**

¹Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. meduardansandrini@gmail.com, alexandre.dalri@unesp.br, anderson_100ssp@hotmail.com, rogerio.faria@unesp.br, luiz.f.palaretti@unesp.br

1 RESUMO

Atualmente, a cana-de-açúcar apresenta diversos modos de plantio, destacando-se o plantio por mudas pré-brotadas. Esse sistema necessita de novos estudos para a recomendação adequada das práticas agrônômicas, como a irrigação. Objetivou-se nesse trabalho avaliar e comparar o consumo hídrico, o coeficiente de cultura e o crescimento inicial da cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas (MPB) e por toletes. Foram definidos quatro tratamentos: cana-de-açúcar plantada por MPB e por toletes, plantio de grama batatais e solo nu, todos mantidos em lisímetros de pesagem. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi medida em lisímetros com a cultura de referência (grama). A evapotranspiração da cultura (ET_c) da cana-de-açúcar plantada por MPB e toletes foi estimada por meio do balanço hídrico do solo. A estimativa dos coeficientes de cultura (K_c) foi obtida pela razão entre a ET_c dos lisímetros com cana e a ET_o. A comparação das variáveis entre a cana-de-açúcar plantada por MPB e por toletes foi realizada por análise de regressão. O K_c da cana-de-açúcar plantada por toletes variou de 0,86 a 2,88 e do plantio por MPB de 1,12 a 3,10. A cana-de-açúcar plantada por MPB apresenta maior consumo hídrico, coeficiente de cultura e crescimento inicial do que quando plantada por toletes.

Palavras-chave: arduino, consumo hídrico, irrigação, K_c, lisímetro de pesagem.

**SANDRINI, M.E.N.; DALRI, A.B.; COELHO, A.P.; FARIA, R.T. de, PALARETTI, L.F.
EVAPOTRANSPIRATION, CROP COEFFICIENT AND SUGARCANE GROWTH
PLANTED BY PRE-SPROUTED SEEDLINGS AND STALKS**

2 ABSTRACT

Currently, the sugarcane presents several types of planting, especially the planting by pre-sprouted seedlings. This system needs new studies for the adequate recommendation of agronomic practices, such as irrigation. We aimed in this work to evaluate and compare the water consumption, crop coefficient and initial growth of sugarcane planted by pre-sprouted seedlings (PSS) and stalks. Four treatments were defined, being sugarcane planted by PSS and by stalks, bahiagrass grass and bare soil, all kept in weighing lysimeters. The reference evapotranspiration (ET_o) was measured in the grass lysimeters. The crop evapotranspiration (ET_c) of sugarcane planted by PSS and stalks was estimated by the water balance in the soil. The estimation of the crop coefficients (K_c) was obtained from the ratio between ET_c of lysimeters with sugarcane and ET_o. Comparison of the variables between planted sugarcane by

PSS and by stalks was performed by regression analysis. The Kc of the sugarcane planted by stalks ranged between 0.86 to 2.88 and planting by PSS from 1.12 to 3.10. The sugarcane planted by PSS presents higher water consumption, crop coefficient and initial growth than when planted by stalks.

Keywords: arduino, water consumption, irrigation, Kc, weighing lysimeter.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção estimada para a safra 2017/2018 de 647,6 milhões de toneladas em área plantada de 8,84 milhões de hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018). A produtividade média da cana-de-açúcar no Brasil é de 74 Mg ha⁻¹, sendo considerada baixa, visto que em sistemas de produção irrigados, a cultura apresenta produtividade superior a 150 Mg ha⁻¹ (SÁNCHEZ-ROMÁN *et al.*, 2015; ANDRADE JUNIOR *et al.*, 2017). A fim de elevar a qualidade e produtividade dos canaviais, novos sistemas de plantio, como o plantio por mudas pré-brotadas (MPB), têm sido desenvolvidos nos últimos anos, necessitando de pesquisas para avaliar os impactos desse novo sistema nas recomendações agrícolas (LANDELL *et al.*, 2012; COELHO *et al.*, 2018).

Convencionalmente, o plantio da cana-de-açúcar é realizado enterrando os colmos no solo. Nesse sistema, o consumo de colmos fica entre 14 e 20 Mg ha⁻¹ (LANDELL *et al.*, 2012). Visando diminuir o consumo de gemas para o plantio da cultura, elevar a taxa de multiplicação, e obter canaviais mais uniformes, implantou-se o sistema de produção com MPB. A produção de MPB consiste na formação de plântulas da cultura oriundas de gemas contidas nos nós dos colmos da cana, chamados de minirrebolos, plantados em tubetes contendo substrato. O uso desta nova tecnologia em plantio de cana-de-açúcar diminui os gastos com mudas no plantio, passando para 2 Mg ha⁻¹ nesse sistema (LANDELL *et al.*, 2012).

Por ser um novo sistema de plantio, pesquisas são necessárias para a recomendação de práticas agrônômicas para o sistema MPB. Verifica-se que estudos com plantas daninhas (PAULA *et al.*, 2018), adubação (GÍRIO *et al.*, 2015; GAZOLA, CIPOLA FILHO, JÚNIOR, 2017) e efeitos sobre a produtividade da cana-de-açúcar (MORAES *et al.*, 2018) já foram realizados para o embasamento das práticas agrônômicas nesse novo sistema. Entretanto, pouco se sabe sobre o manejo da irrigação da cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas. Sendo assim, o manejo da irrigação no sistema MPB é realizado em função dos dados existentes de canaviais plantados convencionalmente por toletes. Essa prática pode levar ao manejo hídrico inadequado e ineficiente, impactando diretamente na quantidade de água utilizada na cultura, visto que a cana-de-açúcar é a cultura com maior área irrigada no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017) e o plantio da cana-de-açúcar por meio de MPB exige irrigação para pegamento das mudas.

Como no sistema MPB a propagação é realizada utilizando plantas já brotadas, espera-se que o consumo hídrico inicial e o coeficiente de cultura (Kc) seja maior do que plantios por toletes, uma vez que o crescimento inicial da cana-de-açúcar propagada por MPB é maior do que quando plantada por toletes (COELHO *et al.*, 2018). Verifica-se que numericamente, o Kc inicial de mudas pré-brotadas é maior do que o recomendado para plantios convencionais (LIBARDI *et al.*, 2019). Entretanto, não existe a comparação do consumo hídrico de canaviais plantados por toletes e MPB,

mantidos sob as mesmas condições, necessitando-se assim de estudos nessa área para validar essa hipótese.

Portanto, as hipóteses para o presente estudo são que (i) na fase inicial de crescimento, o consumo hídrico e o coeficiente de cultura da cana-de-açúcar plantada por MPB são maiores do que para o plantio por toletes e que (ii) o crescimento inicial da cultura é maior quando essa é propagada por MPB. O objetivo do trabalho foi avaliar e comparar o consumo hídrico, o coeficiente de cultura e o crescimento inicial da cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas e por toletes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação localizada no município de Jaboticabal (21°14'25" S, 48°17'10" W e altitude de 582 m). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (subtropical) (ALVARES *et al.*, 2013).

Nesse estudo foram definidos quatro tratamentos, sendo eles: cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas (MPB) e por toletes, plantio de grama batatais (*Paspalum notatum*) e solo nu. As mudas de cana-de-açúcar, tanto por toletes como por MPB, foram adquiridas do Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, Centro de Cana. A cultivar selecionada para o experimento foi a RB96-6928. No tratamento com MPB, foram colocadas duas mudas em cada lisímetro, permanecendo apenas uma após o pegamento. No tratamento com toletes, foram plantadas quatro gemas de cana, permanecendo apenas uma após o pegamento.

Os lisímetros de pesagem foram constituídos por vasos metálicos os quais apresentaram 0,30 m de diâmetro e 0,30 m de profundidade. O vaso foi colocado sob uma célula de carga, em seguida, procedeu-se seu preenchimento com solo até 2 cm abaixo da borda. O volume de solo no vaso

foi de 19,1 dm³. Foi colocada manta do tipo bidim no fundo do vaso para prevenir a perda de solo no sistema de drenagem.

O solo utilizado foi peneirado e colocado em cada vaso do lisímetro. No fundo do vaso, foi instalado um tubo flexível para realizar a drenagem quando necessário. Esse tubo foi mantido fechado, sendo aberto apenas no momento da drenagem da água. A água de drenagem foi quantificada e armazenada, sendo utilizada nas próximas irrigações. Esse procedimento foi realizado a fim de evitar a perda de sais solúveis presentes no solo.

Foi utilizada a plataforma Arduino, especificamente a placa Arduino Nano, para realizar a instrumentação do sistema de aquisição de dados, processamento e armazenamento dos sinais (célula de carga). Com esta plataforma foi possível uma prototipagem rápida, assim como a customização e adaptação da rede de sensores de acordo com a necessidade da pesquisa.

O sistema de aquisição e armazenamento de dados foi desenvolvido por meio de módulos: cartão de memória de 8 Gb (SD Card), módulo RTC DS3231 (*Real Time Clock*) e visor de cristal líquido integrados à placa Arduino. A célula de carga utilizada no lisímetro foi a GL-100 (modelo da empresa Alfa Instrumentos) para pesagem até 100 kg. As células de carga foram calibradas e também foram analisadas a histerese das células.

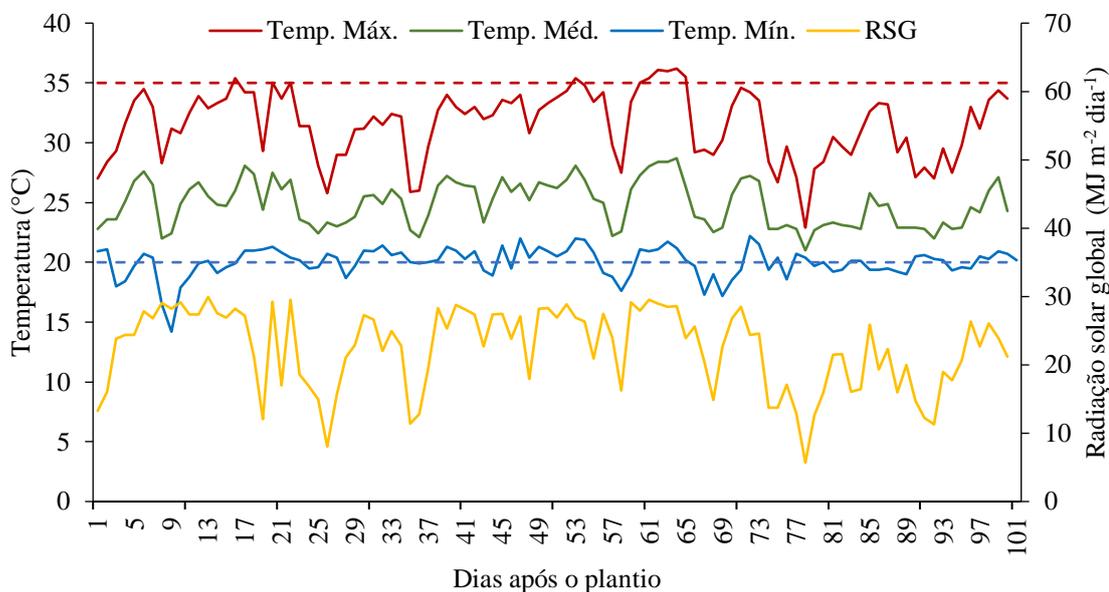
Por meio do sistema de aquisição de dados, foi realizada a determinação do ponto de capacidade de campo, anotando-se o peso bruto do sistema, o qual foi considerado o peso na capacidade de campo.

A temperatura média máxima e mínima bem como a média para o período experimental foram de 31,5, 20,0 e 24,9 °C, respectivamente (Figura 1). A radiação média diária para o período foi de 22,4 MJ m⁻² dia⁻¹. Verifica-se que em alguns períodos, as temperaturas máxima e mínima estiveram acima e ou abaixo do limite crítico

para o crescimento da cana. A temperatura considerada ideal para um bom

desenvolvimento da cana-de-açúcar fica na faixa de 21 a 30 °C (MARIN *et al.*, 2013).

Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média diárias e radiação solar global (RSG) diária durante o período experimental.



A evapotranspiração de referência (ET_o) foi medida nos lisímetros com grama batatais, sendo a cultura referência para essa variável. A evapotranspiração da cultura (ET_c) da cana-de-açúcar plantada por MPB e toletes foi estimada por meio do balanço hídrico do solo de cada lisímetro, sendo esse estimado pela Equação 1. A unidade de tempo utilizada no cálculo da variação do armazenamento foi diária.

$$\Delta \text{ARM} = P + \text{Irr} - D - E - \text{ET}_c \quad (1)$$

Em que:
 ΔARM = variação do armazenamento, mm;
 P = precipitação, mm;
 Irr = irrigação, mm;
 D = drenagem, mm;
 E = evaporação, mm;
 ET_c = evapotranspiração da cultura, mm.

Considerando a variação do armazenamento de água no solo igual a zero,

a evapotranspiração foi estimada pela Equação 2.

$$\text{ET}_c = P + \text{Irr} - D \quad (2)$$

A estimativa dos coeficientes de cultura (K_c) durante o período inicial de crescimento da cana-de-açúcar plantada por toletes e MPB, até 100 dias após o plantio, foi obtida pela razão entre a ET_c média dos lisímetros, e a ET_o determinada nos lisímetros com grama (Equação 3).

$$K_c = \frac{\text{ET}_c}{\text{ET}_o} \quad (3)$$

Em que:
 K_c = coeficiente de cultura, adimensional;
 ET_o = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹.

Os dados diários de K_c da cana-de-açúcar plantada por MPB e tolete foram submetidos à análise de regressão (p < 0,05). Foram plotadas regressões de primeiro,

segundo e terceiro grau do valor diário do Kc da cana plantada por MPB e tolete em função do tempo, fazendo-se análise de regressão para o modelo de melhor ajuste. A transpiração da grama e da cana-de-açúcar plantada por MPB e toletes foi calculada diariamente pela diferença entre a evapotranspiração de cada tratamento menos a perda de água do tratamento com solo nu (somente evaporação).

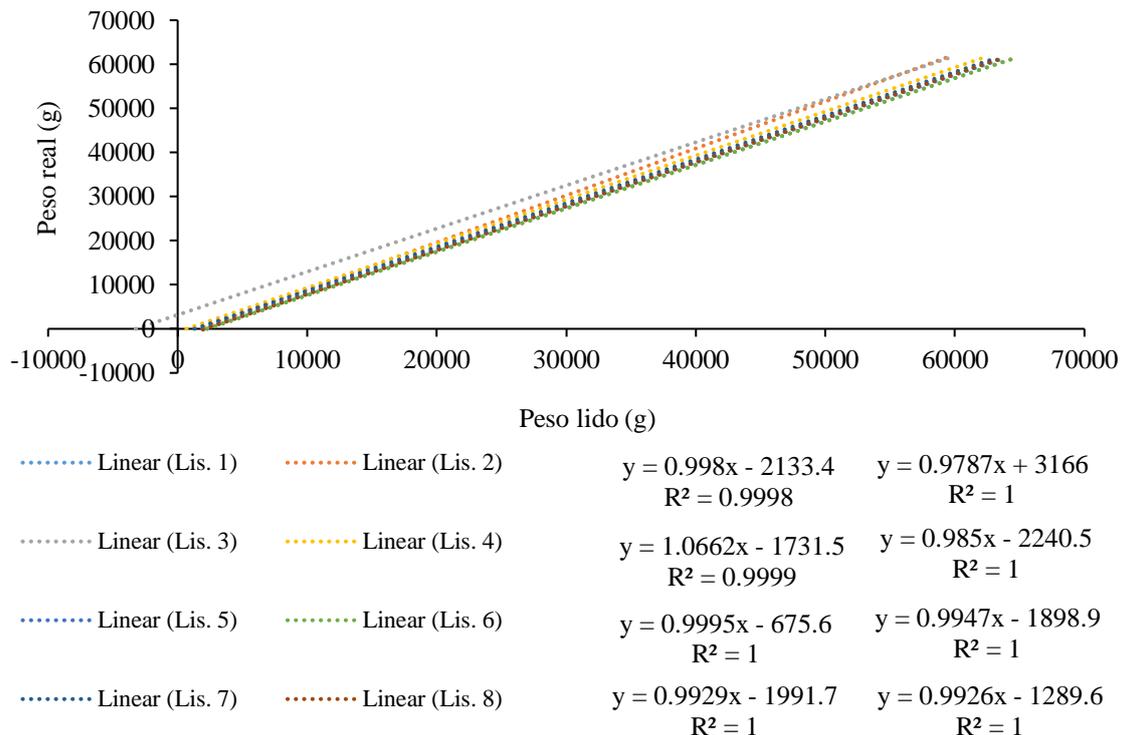
As avaliações biométricas realizadas na cana-de-açúcar foram altura de plantas, número de perfilhos e diâmetro de colmos. A altura foi medida da superfície do solo até o ponto mais alto da planta. A medição do diâmetro de colmos foi padronizada no colmo principal da cana-de-açúcar, utilizando-se um paquímetro nessa medição. A comparação dos atributos biométricos

entre a cana-de-açúcar plantada por MPB e toletes foi realizada por análise de regressão. Os valores da altura, diâmetro de colmos e número de perfilhos foram plotados em função do tempo, testando-se regressões de primeiro, segundo e terceiro graus. A equação com melhor ajuste para cada caso foi submetida à análise de regressão ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as células de carga dos lisímetros foram calibradas, as quais apresentaram funções lineares, demonstrando elevada correlação entre a massa lida pelo sistema e a massa real dos vasos ($R^2 > 0,99$) (Figura 2).

Figura 2. Dispersão das massas lidas (g) pela placa Arduino Nano e as massas reais dos lisímetros (g).



Os valores do coeficiente de determinação demonstram elevada precisão nas leituras dos lisímetros. Na plataforma Arduino, os fatores de calibração para os lisímetros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 foram de

42,200; 42,085; 39,840; 40,020; 39,210; 39,600; 38,290 e 40,150; respectivamente. Os lisímetros 1 e 5 foram mantidos com grama batatais, 2 e 6 com cana-de-açúcar

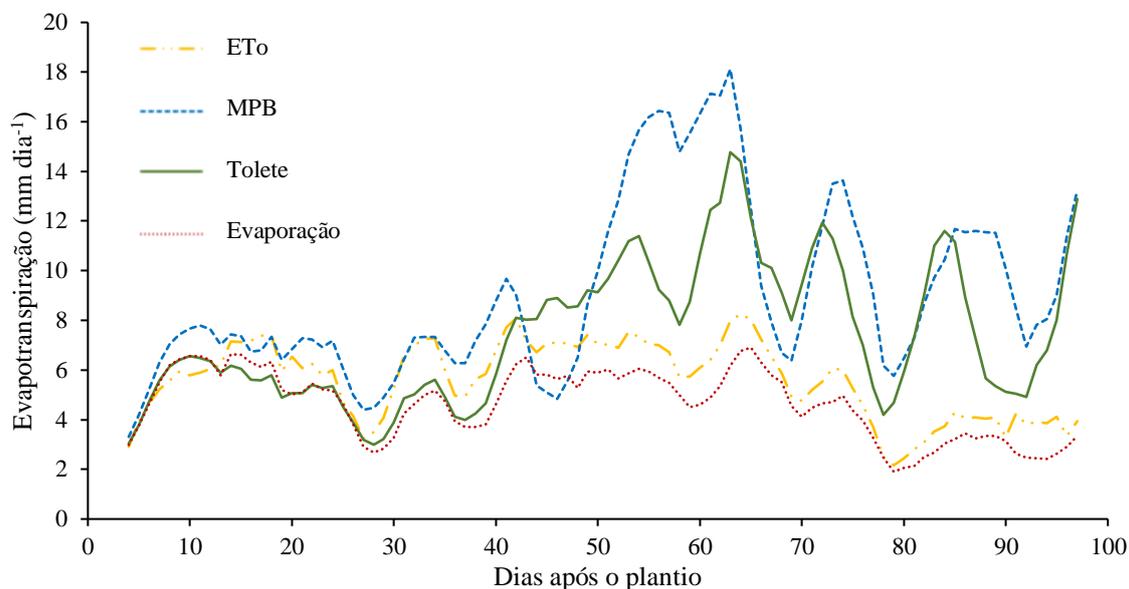
sob sistema MPB, 3 e 7 com cana-de-açúcar por plantio com toletes e 4 e 8 com solo nu.

Durante o período experimental, a evaporação acumulada de água do solo, a evapotranspiração de referência (ET_o) e a evapotranspiração da cana-de-açúcar (ET_c) plantada por MPB e evapotranspiração da cana-de-açúcar plantada por toletes foram respectivamente de 448,8 mm, 539,9 mm, 887,2 mm e 732,1 mm. Observa-se que durante os 100 primeiros dias de ciclo da cana-de-açúcar, o consumo hídrico da cana

plantada por MPB foi 21% superior ao plantio por toletes.

Verifica-se que a partir dos 65 dias após o plantio (Figura 3), a cana-de-açúcar plantada por toletes começou a apresentar evapotranspiração diária próxima à cana-de-açúcar plantada por MPB. Esses resultados indicam que o coeficiente da cultura da cana-de-açúcar na fase I do ciclo vegetativo deve ser revisado e ajustado caso o plantio ocorra na forma de mudas pré-brotadas.

Figura 3. Dados diários da evaporação, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas (MPB) e por toletes.



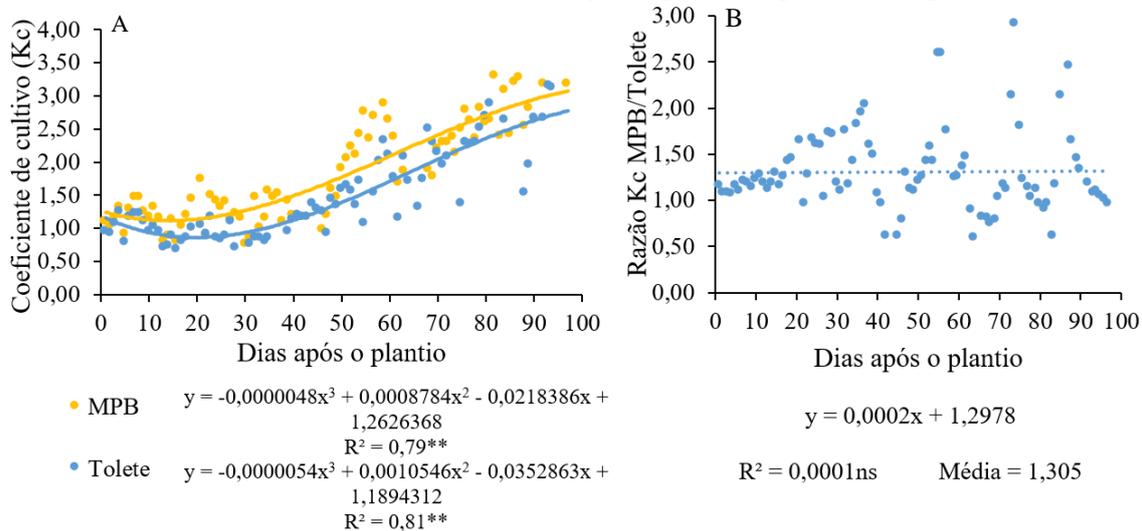
A ET_c média diária do plantio por MPB foi de 9,1 mm dia⁻¹ e do plantio por tolete de 7,5 mm dia⁻¹. O pico máximo da ET_c da cana plantada por MPB e tolete foi de 18 e 14 mm dia⁻¹, respectivamente. A evaporação média de água do solo foi de 4,6 mm dia⁻¹, que foi observada nos lisímetros sem cultivo. Nos lisímetros mantidos cultivados com grama, o valor médio medido da evapotranspiração foi 5,5 mm dia⁻¹.

A equação que melhor se ajustou para modelar a variação do coeficiente de cultura da cana-de-açúcar plantada por MPB e toletes em função do ciclo, foi a equação

de terceiro grau (Figura 4A). Ambos modelos foram significativos ao nível de probabilidade de 1%. Observa-se que durante o período experimental, o K_c da cana-de-açúcar plantada por MPB foi superior ao K_c da cana plantada por toletes. Para o sistema MPB, os valores de K_c variaram entre 1,12 e 3,10, enquanto para o plantio por toletes, os valores ficaram entre 0,86 e 2,88. Fazendo a relação diária do K_c da cana plantada por MPB sobre a cana plantada por tolete, verifica-se que não foi possível obter um modelo significativo para descrever essa variação (Figura 4B). Assim, observou-se que em média, o K_c do plantio

por MPB foi 30,5% superior ao Kc do plantio por toletes durante todo o período analisado.

Figura 4. Variação diária do coeficiente de cultura em função do tempo (A) para a cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas e por toletes e variação diária da razão do coeficiente de cultura da cana-de-açúcar plantada por MPB e por toletes.

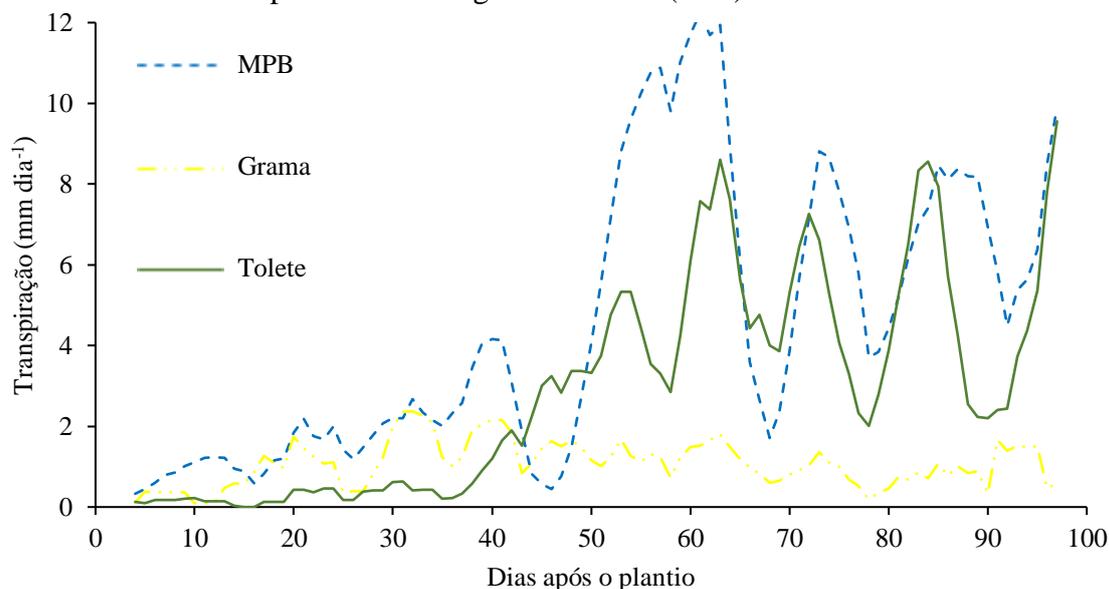


ns: não significativo; **Significativo a 1% de probabilidade.

Para a transpiração diária, observa-se que desde o início do período experimental a cana-de-açúcar plantada por MPB apresentou valores relevantes de transpiração, sendo superiores à grama após 48 DAP (Figura 5). No plantio por toletes, observa-se que a transpiração até os 20 DAP foi praticamente nula, prevalecendo a perda de água somente pela evaporação do solo. Somente a partir dos 45 DAP a cana-de-açúcar plantada por toletes apresentou

transpiração superior à da grama batatais. A perda de água acumulada pela transpiração da cana-de-açúcar plantada por MPB, toletes e da grama batatais foi de 448,1 mm, 296,3 mm e 103,2 mm, respectivamente. Isso indica que a transpiração foi responsável por 50,5%, 40,5% e 19,1% da perda total de água durante o ciclo experimental para o sistema MPB, toletes e da grama batatais, respectivamente.

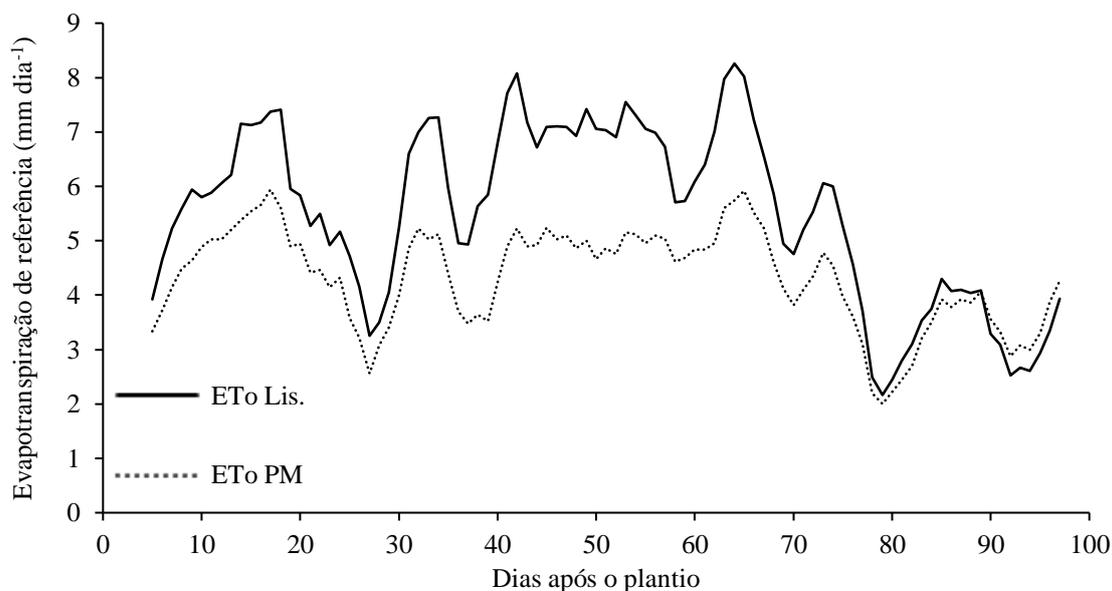
Figura 5. Transpiração diária dos tratamentos com a cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas e por toletes e da grama batatais (ETo).



Os elevados valores de evapotranspiração da cana-de-açúcar e dos coeficientes de cultura podem ser explicados pelo fato do experimento ter sido realizado em casa de vegetação.

Observa-se que a evapotranspiração de referência (ETo) determinada nos lisímetros foi maior do que a ETo estimada pela equação de Penmann-Monteith da estação meteorológica instalada próxima ao local do presente estudo (Figura 6).

Figura 6. Evapotranspiração de referência diária determinada por lisímetros (ETo Lis.) e calculada pela equação de Penmann-Monteith (ETo PM).

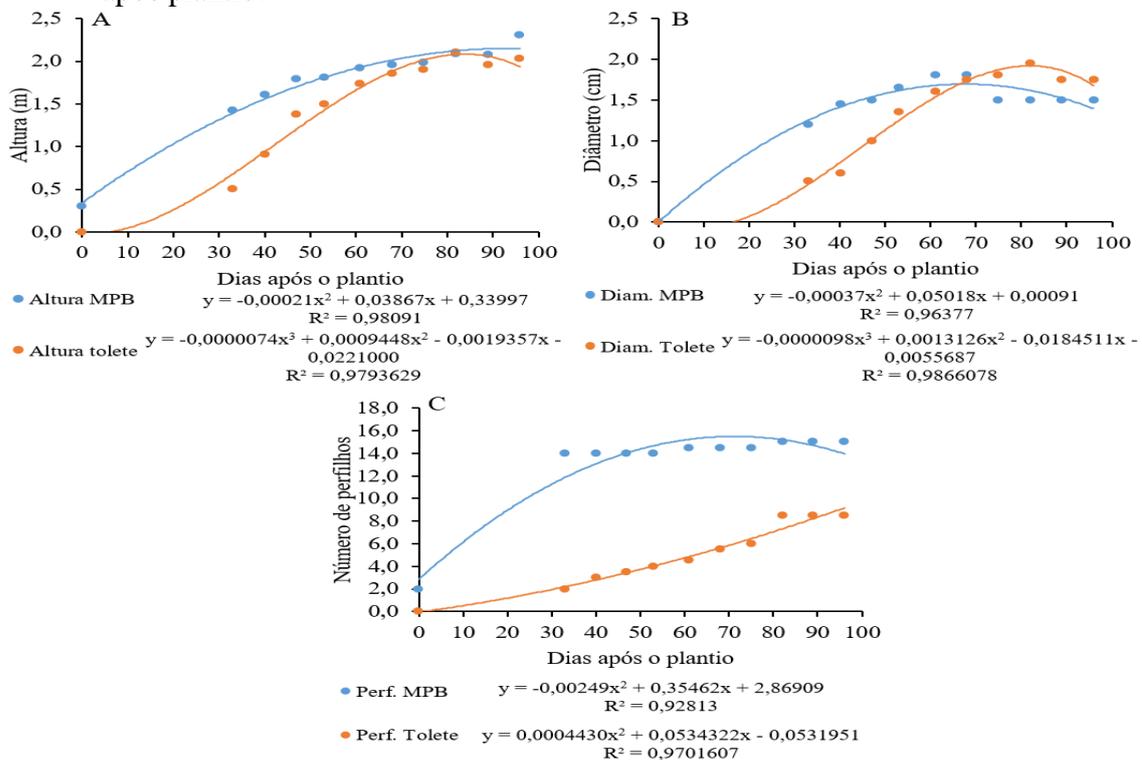


A ETo acumulada até os 100 dias de análise foi de 539,9 mm no lisímetro de pesagem e de 416,4 mm no valor estimado pela equação de Penmann-Monteith. A ETo estimada pelo lisímetro foi 29,7% superior a estimada pelo modelo de Penmann-Monteith. Isso se deve ao fato de que dentro da casa de vegetação a temperatura é superior à temperatura em ambiente aberto, afetando diretamente na perda de água pelo solo e a transpiração das plantas (ALLEN *et al.*, 1998). Além disso, a cana-de-açúcar foi cultivada em vasos, com volume de solo restrito. Nessas condições, a perda de água pela evapotranspiração da cana-de-açúcar é superior ao cultivo em campo aberto, justificando-se assim, os elevados valores de evapotranspiração e Kc. Entretanto, isso não impede a comparação do consumo hídrico e do coeficiente de cultura da cana-de-açúcar propagada por MPB e por toletes, uma vez que todos os tratamentos foram mantidos sob as mesmas condições. Assim, espera-se que em experimento de campo, o consumo

de água e o Kc inicial da cana-de-açúcar seja maior quando a cultura é plantada por MPB. Sharma *et al.* (2017) e Libardi *et al.* (2019), ao desenvolverem experimentos conduzidos em casas de vegetação, verificaram que o consumo hídrico e o Kc das plantas foram maiores do que os mesmos atributos determinados em campo.

Para a altura de plantas e diâmetro de colmos, o modelo que melhor se ajustou para o sistema MPB, foi o modelo cúbico, enquanto para o plantio de toletes, foi o quadrático (Figura 7). No número de perfilhos, o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, independentemente, do sistema de plantio. Isso demonstra que o crescimento inicial da cana-de-açúcar plantada por toletes é mais lento do que o crescimento inicial quando a cultura é plantada por MPB, uma vez que as mudas são levadas brotadas para o plantio, há uma antecipação do ciclo nesse sistema, podendo chegar até a 100 dias (COELHO *et al.*, 2018).

Figura 7. Variação da altura de plantas (A), diâmetro de colmos (B) e número de perfilhos (C) da cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas (MPB) e por toletes até 100 dias após plantio.



No plantio por toletes, a altura de plantas e o diâmetro de colmos foram semelhantes entre os sistemas somente a partir dos 80 e 60 DAP, respectivamente. Antes desse período, a cana-de-açúcar plantada por MPB apresentou maior altura e diâmetro de colmos do que no plantio por toletes. A máxima altura da cana-de-açúcar plantada por MPB foi de 2,12 m aos 92 DAP, enquanto no plantio de toletes, a cultura apresentou altura máxima de 2,10 m aos 84 DAP. Para o diâmetro de colmos, o máximo valor para o sistema MPB foi de 1,70 cm (68 DAP) e para o plantio por toletes de 1,90 cm (81 DAP).

O máximo número de perfilhos para o sistema de plantio por MPB foi de 15,5, obtido aos 71 DAP. No caso do plantio da cana-de-açúcar por toletes, não foi possível obter esse ponto de máximo. Isso confirma a antecipação do ciclo da cana quando a cultura é plantada por mudas pré-brotadas, uma vez que durante o ciclo, a cultura atinge

seu máximo perfilhamento e depois ocorre a morte de alguns perfilhos até o número se estabilizar.

Observa-se que os valores de Kc adotados para o manejo da irrigação em cana-de-açúcar em campo até os 100 primeiros dias de ciclo são de 0,50, 0,80 e 0,95 (DOORENBOS; KASSAM, 1994) (Tabela 1). Esses valores são para plantios realizados com toletes. Assim, de acordo com o apresentado no presente estudo, para plantios com MPB, esses valores devem ser acrescidos em 30%, ou seja, para canaviais plantados no sistema MPB, os valores dos coeficientes de cultura até os 100 dias de ciclo devem ser de 0,65, 1,04 e 1,24. Após essa fase inicial, os valores de Kc para canaviais plantados por MPB tendem a ser próximos aos de canaviais plantados por toletes, uma vez que o crescimento da cana-de-açúcar tende a ser similar nos dois sistemas com o decorrer do tempo (Figura 7).

Tabela 1. Valores do coeficiente de cultura (Kc) adotados para o manejo da irrigação na cana-de-açúcar plantada por toletes.

Idade da cana (dias)	Fase fenológica	Kc tolete*	Kc MPB
0 – 45	Plantio a 0,25 de cobertura	0,50	0,65
45 – 75	De 0,25 a 0,50 de cobertura	0,80	1,04
75 – 95	De 0,50 a 0,75 de cobertura	0,95	1,24
95 – 150	De 0,75 à cobertura completa	1,10	
150 – 300	Utilização máxima	1,20	
300 – 350	Início da senescência	0,90	
350 - 410	Maturação	0,65	

*Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

A cana-de-açúcar plantada por MPB apresenta maior evapotranspiração, pois a muda já é levada brotada para o plantio, o que antecipa uma fase fenológica do ciclo da cultura (brotação), adiantando seu ciclo. Sendo assim, a cana propagada por MPB possui área foliar desde do plantio, o que justifica os valores mais altos de ETc logo no início dessa etapa, diferente da cana-de-açúcar plantada por toletes, que possui valores de ETc significativos somente 30

dias após o seu plantio (Figura 5). Adiantando o ciclo, o MPB tem vantagens em seu desenvolvimento quando comparado ao tolete, possuindo maior desenvolvimento inicial em altura, número de perfilhos e diâmetro de colmos (LANDELL *et al.*, 2012).

Entretanto, o plantio por tolete passa a ter maior diâmetro de colmos a partir de determinado momento do ciclo da cana-de-açúcar (Figura 7). Como o plantio por MPB

apresenta maior perfilhamento, existe maior competição entre os perfilhos por ambiente, o que acarreta na diminuição do diâmetro de colmos no sistema MPB. Isso ocorre, pois quanto maior o número de plantas por área, menor a disponibilidade de radiação fotossintética para as folhas inferiores, gerando sombreamento e redução da taxa fotossintética líquida por planta, o que resulta na formação de unidades produtivas menores (SILVA, 2008).

Libardi *et al.* (2019) observaram para a produção de MPB de cana-de-açúcar, valores de Kc maiores do que 1,2 para três cultivares. Mesmo sendo mudas, com pequena área foliar e sistema radicular restrito, os valores de Kc observados pelos autores foram maiores do que os valores máximos de Kc recomendados para o manejo da irrigação da cultura no campo. Para o manejo da irrigação da cultura da pimenta em casa de vegetação, Sharma *et al.* (2017) observaram valores de evapotranspiração da cultura acima de 10 mm dia⁻¹ e Kc superior a 1,6. Esses resultados confirmam que há maior consumo de água para culturas mantidas em casas de vegetação, assim como observado no presente estudo.

O maior consumo hídrico de culturas mantidas em vasos em casas de vegetação deve-se às maiores temperaturas médias desse ambiente e ao volume restrito de solo do vaso que as culturas são mantidas. A temperatura afeta diretamente a perda de água pelas culturas, uma vez que quanto mais quente o ambiente, maior será a ação

metabólica e o consumo de água pelas culturas.

Entretanto, mesmo sendo uma condição diferente da encontrada no campo, muitas vezes os resultados obtidos em experimentos realizados em casas de vegetação são aplicáveis em lavouras de campo (GAIHRE *et al.*, 2014; HOLVOET *et al.*, 2015). No caso do presente experimento, a cana-de-açúcar plantada por toletes e por MPB foram submetidas às mesmas condições, logo, espera-se que em campo aberto, o consumo hídrico do MPB seja maior, com proporção semelhante à obtida no presente estudo em relação ao plantio por toletes, podendo-se extrapolar os dados obtidos para lavouras de cana-de-açúcar plantadas por MPB.

6 CONCLUSÃO

Nos primeiros 100 dias de ciclo, a cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas apresentou maior consumo hídrico e coeficiente de cultura do que quando plantada por toletes, com valores 30% superiores. O crescimento inicial da cana-de-açúcar plantada por mudas pré-brotadas foi superior ao plantio por toletes.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa à primeira autora.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage paper, 56).

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Levantamento da cana-de-açúcar irrigada na região centro-sul do Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2017.

ANDRADE JUNIOR, A. S. D.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; SILVA, P. H. Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 169-174, 2017.

COELHO, A. P.; DALRI, A. B.; FARIA, R. T.; ANDRADE LANDELL, E. P.; PALARETTI, L. F. Perfilamento da cana-de-açúcar irrigada e plantada por mudas pré-brotadas: um novo conceito. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 71-84, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 4, n. 2, p. 1-73, ago. 2018. Safra 2017/18, Segundo Levantamento. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/1209_3473288df6b6414380e1d3ad68a39246. Acesso em: 25 mar. 2018.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 33).

GAIHRE, Y. K.; WASSMANN, R.; TIROL-PADRE, A.; VILLEGAS-PANGGA, G.; AQUINO, E.; KIMBALL, B. A. Seasonal assessment of greenhouse gas emissions from irrigated lowland rice fields under infrared warming. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 184, n.1, p. 88-100, 2014.

GAZOLA, T.; CIPOLA FILHO, M. L.; JÚNIOR, N. C. F. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. **Científica**, Jaboticabal, v. 45, n. 3, p. 300-306, 2017.

GÍRIO, L. A. D. S.; FERREIRA DIAS, F. L.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 1, p. 33-43, 2015.

HOLVOET, K.; SAMPERS, I.; SEYNNAEVE, M.; JACXSENS, L.; UYTTENDAELE, M. Agricultural and management practices and bacterial contamination in greenhouse versus open field lettuce production. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 12, n. 1, p. 32-63, 2015.

LANDELL, M. G. de A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A. dos; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; MENDONÇA, J. R. de; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F. de;

PETRI, R. H. MIGUEL, P. E. M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. (Documentos, 109).

LIBARDI, L. G. P.; FARIA, R. T.; DALRI, A. B.; ROLIM, G. S.; PALARETTI, L. F.; COELHO, A. P.; MARTINS, I. P. Evapotranspiration and crop coefficient (Kc) of pre-sprouted sugarcane plantlets for greenhouse irrigation management. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 212, n. 202, p. 306-316, 2019.

MARIN, F. R.; JONES, J. W.; SINGELS, A.; ROYCE, F.; ASSAD, E. D.; PELLEGRINO, G. Q.; BARBOSA, F. J. Climate change impacts on sugarcane attainable yield in Southern Brazil. **Climatic Change**, New York, v. 117, n. 1, p. 227-239, 2013.

MORAES, M. C. D.; GUIMARÃES, A. C. R.; PERECIN, D.; SAINZ, M. B. Effect of Planting Material Type on Experimental Trial Quality and Performance Ranking of Sugarcane Genotypes. **International Journal of Agronomy**, London, v. 2018, n. 1, p. 1-8, 2018.

PAULA, R. J. D.; ESPOSTI, C. D.; TOFFOLI, C. R. D.; FERREIRA, P. S. Weed interference in the initial growth of meristem-grown sugarcane plantlets. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 634-639, 2018.

SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; SILVA, N.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; RIBEIRO, P. H. P. Produtividade da cana-de-açúcar submetida a diferentes reposições hídricas e nitrogênio em dois ciclos. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 198-210, 2015.

SHARMA, H.; SHUKLA, M. K.; BOSLAND, P. W.; STEINER, R. Soil moisture sensor calibration, actual evapotranspiration, and crop coefficients for drip irrigated greenhouse chilli peppers. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 179, n. 3, p. 81-91, 2017.

SILVA, M. A. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 109-117, 2008.