

INFLUÊNCIA DE ÉPOCAS DE PLANTIO NA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA CHUVA EM CULTIVO IRRIGADO DE CANA-DE-AÇÚCAR

THAIS NASCIMENTO MENESES¹ E RONALDO SOUZA RESENDE²

¹Mestre em Recursos Hídricos, PRORH/UFS- São Cristóvão, SE, th41s.nascimento@gmail.com.

²Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, professor colaborador do PRORH/UFS- São Cristóvão, SE.

1 RESUMO

A otimização da água de irrigação pode ser alcançada com base na época de plantio que resulte no maior aproveitamento da água da precipitação, através da sincronização das fases fenológicas de maior demanda hídrica da cultura com a estação de maior disponibilidade hídrica. Este estudo visou avaliar o efeito de cinco épocas de plantio que resulte no maior aproveitamento da água da chuva, maximização da produtividade agroindustrial e eficiência do uso da água em cultivo irrigado de cana-de-açúcar. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos, um com a variedade de cana-de-açúcar RB92579 e outro com a RB962962, em área da Usina Coruripe, Alagoas. O delineamento estatístico dos experimentos foi em blocos ao acaso, com os tratamentos constituídos pelas épocas de plantio em outubro (E1), novembro (E2), dezembro (E3) de 2012; janeiro (E4) e fevereiro (E5) de 2013, com quatro repetições. Analisou-se ao final do primeiro ciclo de cultivo a produtividade em toneladas de colmos (TCH) e toneladas de açúcar (TAH) por hectare, e o açúcar total recuperável (ATR) das variedades de cana-de-açúcar, bem como, a eficiência de uso da água, em relação à água que entrou no sistema de produção, seja incluindo a chuva efetiva [EUA(Pe+I)] ou a precipitação total [EUA(P+I)]. O plantio em novembro maximizou o aproveitamento de água da precipitação. As épocas de plantio E1, E2 e E4 resultaram em maiores produtividades de colmo e de açúcar de ambas as variedades. O plantio em janeiro favoreceu o aumento da EUA, tanto em produtividade de colmo como de açúcar, enquanto a época menos favorável foi o plantio em fevereiro. A variedade RB92579 apresentou resultados absolutos superiores em relação aos componentes de produção e EUA, quando comparada a RB962962.

Palavras-Chave: *Saccharum* ssp., precipitação efetiva, irrigação plena, potencial produtivo.

MENESES, T.N.; RESENDE, R.S.

PLANTING PERIOD INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF RAIN WATER USE
IN SUGAR CANE IRRIGATED CROPS

2 ABSTRACT

The optimization of irrigation water can be achieved based on the planting month that results in better use of water from precipitation, by synchronizing the phenological phases of higher crop water demand with higher rainwater availability season. This study aims to evaluate the effect of five planting month that results in better use of water from precipitation, maximizing the agro-industrial productivity and rainwater use efficiency in irrigated sugarcane. In order to do so, two experiments were carried out, each with a different cultivar of sugarcane, RB92579

and RB962962, in the experimental area of the Coruripe Mill, Alagoas State, Brazil. The statistical delimitation was by randomized blocks design, and termed the treatments according to the planting month October (E1), November (E2), December (E3) – 2012; January (E4) and February (E5) – 2013) with four repetitions, based in variety. In the end of the first cropping cycle, tons of sugarcane stalks (TSS) and tons of sugar per hectare (TSH), and total recoverable sugar (TRS), and efficiency of water use in relation to water that entered the production system, either including the effective rainfall [WUE (Pe - I)] or total precipitation [WUE (P + I)] of the varieties of sugarcane analyzed were evaluated. The sugarcane planted in November maximize the use of water from precipitation. Treatments E1, E2 and E4 resulted in higher stalks and sugar yields for both varieties. Planting January increasing WUE, both in stem stalk biomass and sugar biomass basis. February was the least favorable month of planting. The variety RB92579 presented superior results related to physical productivity and the water use efficiency, when compared to the RB962962 variety.

Keywords: *Saccharum* ssp., efficient precipitation, full irrigation, productive potential.

3 INTRODUÇÃO

No Nordeste setentrional brasileiro a safra de cana-de-açúcar se estende de setembro-outubro até fevereiro-março, época na região de menor índice pluviométrico e maior demanda de água pela atmosfera. A produtividade média obtida na safra de 2013/2014 no Brasil foi de 74,78 Mg ha⁻¹, enquanto na região Nordeste ela alcançou 51,46 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2014), sendo que essa diferença é relacionada, em elevada proporção, aos maiores níveis de estresse hídrico que a cultura é submetida na região durante os ciclos de cultivo.

A má distribuição das chuvas constitui um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste Brasileiro. Concentradas em cerca de 80% entre os meses de abril a setembro, as precipitações médias anuais variam entre 500 mm em regiões mais secas, a exemplo do Rio Grande do Norte, até 1500 mm, em regiões mais frias, extremo sul da Bahia, com temperaturas médias anuais em torno de 26 °C (CINTRA, 2011). Por isso, para contornar esse problema em cultivo de sequeiro (sem irrigação) é necessário manejar a cultura de modo que os períodos de maior disponibilidade de água no solo coincidam com as fases de maior necessidade hídrica da cultura (GOMES et al., 2010).

Por tratar-se de cultivo com características de semiperenicidade, diferentes épocas de plantio da cana-de-açúcar podem influenciar no consumo de água de irrigação, bem como na produção final da cultura, principalmente pelo efeito das variáveis climáticas relacionadas às diferentes fases de desenvolvimento da cultura (RESENDE et al., 2013b). Dessa forma, a sincronização das fases fenológicas de maior demanda hídrica da cultura com o período de maior disponibilidade hídrica, pode reduzir a aplicação de água via irrigação, mantendo elevada produtividade agroindustrial. Assim, a definição de épocas de plantio mais condizente com a realidade regional torna possível a maior eficiência do uso da água pela cana-de-açúcar, reduzindo o custo de produção do cultivo irrigado e a pressão sobre os recursos hídricos regionais.

A época de plantio da cana-de-açúcar é um dos aspectos de maior relevância para se ter boa produtividade final ou bom estande de mudas. Sua propagação é geralmente feita por intermédio de pedaços de colmo (toletes), contendo uma ou mais gemas. A brotação de suas gemas constitui uma fase importante, pois um bom estabelecimento desta reflete em um bom

estande, que trará à área cultivada plantas vigorosas (SILVA; CARLIN; PERECIN, 2004; JADOSKI et al., 2010).

As épocas de plantio da cana-de-açúcar são definidas em função do ciclo de produção, como “de ano” ou de verão, em que a colheita é feita após 12 meses e “de ano e meio” ou de inverno, com a colheita realizada após 18 meses. Em Alagoas, no nordeste brasileiro, o plantio de “cana de ano” é feito no período de setembro a fevereiro, geralmente com irrigação. O plantio de “cana de ano e meio” é feito de abril a agosto. A escolha da época de plantio é importante para uma boa brotação e perfilhamento, pois períodos com maiores temperaturas e luminosidade favorecem o estabelecimento da cultura (HOLANDA, 2010).

Conforme Resende (2013a), levando-se em conta a não uniformidade do regime anual de precipitação, a resposta da cana-de-açúcar à irrigação se torna dependente da magnitude e época de ocorrência do déficit hídrico e das condições climáticas prevalentes nesse período. Nas regiões tradicionais de produção do Sul e Sudeste do Brasil, a época de ocorrência de déficit hídrico está associada ao momento de menor demanda evapotranspirométrica e mais baixa temperatura; de modo contrário, na região Nordeste há uma coincidência entre o momento de ocorrência do déficit hídrico com o de maior demanda evaporativa da atmosfera, potencializando o efeito do déficit hídrico, mas ao mesmo tempo, aumentando o potencial de resposta da planta à irrigação.

O trabalho teve como objetivo avaliar diferentes épocas de plantio em cultivo irrigado de cana-de-açúcar visando definir aquela que resulta em maior aproveitamento da água proveniente da precipitação, bem como maiores produtividades física e tecnológica e a eficiência do uso de água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área pertencente à Usina Coruripe de Açúcar e Alcool, localizada no município de Coruripe, Alagoas, cujas coordenadas geográficas de Greenwich são, 10°01'29,15'' de latitude Sul e 35°16'24,86'' de longitude Oeste, com altitude de 108 m.

De acordo com a classificação de Köppen a região possui clima do tipo A', tropical chuvoso, com verão seco, abrangendo os meses de outubro a março e precipitações concentradas entre os meses de abril a setembro. Os parâmetros climáticos apresentam as seguintes médias anuais: a) precipitação: 1.179,5 mm; b) temperatura: 25,2 °C; c) umidade relativa do ar: 82,9% e d) velocidade do vento: 1,48 m s⁻¹ (BRASIL, 2009). O solo da área experimental é o Argissolo Amarelo Distrófico fragipânico, segundo a classificação da Embrapa (2006), apresentando como características típicas, horizontes coesos e relevo plano a suave ondulado (CINTRA et al., 2006; CINTRA, 2011). As características físico-hídricas e químicas do solo estão expressas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental, Usina Coruripe, AL, 2012.

Prof. (m)	Granulometria (g kg ⁻¹)						CC (m ³ m ⁻³)	PMP (Mg m ⁻³)	Ds	Classificação Textural
	AMG +AG	AM	AF+ AMF	ATotal	Silte	Argila				
0,0-0,2	214,9	447,6	213,1	875,6	66,0	58,4	0,13	0,05	1,57	Arenosa
0,2-0,4	189,0	339,0	260,3	788,3	106,5	105,2	0,14	0,06	1,65	Areia-franca

(1)AMG, areia muito grossa (2 a 1mm); AG, areia grossa (1 a 0,5mm); AM, areia média(0,5 a 0,25mm); AF, areia fina (0,25 a 0,1mm); AMF, areia muito fina (0,1 a 0,05 mm); CC, capacidade de campo (10 kPa); PMP, ponto de murcha permanente (1.500 kPa); Ds, densidade do solo (Mgm⁻³).

Tabela 2. Caracterização química do solo da área experimental, Usina Coruripe, AL.

Prof. (m)	pH em H ₂ O	MO (%)	P K Ca Mg Na Al H+Al S CTC V AS										
			(cmol _c dm ⁻³)										
0,0-0,2	6,1	1,65	0,16	0,12	2,7	0,5	0,06	0,0	2,4	3,38	5,78	58	0,0
0,2-0,4	6,0	1,01	0,08	0,10	1,6	0,4	0,02	0,0	2,2	2,12	4,32	49	0,0

(1) MO, matéria orgânica; P, fósforo; K, potássio; Ca, cálcio; Mg, magnésio; Na, sódio; Al, alumínio; H+Al, acidez total; S, soma de bases; CTC, capacidade de troca catiônica; V, saturação por bases; SA, saturação por alumínio.

O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso, representado por cinco tratamentos e quatro repetições. Foram instalados dois experimentos, cada um com uma variedade de cana-de-açúcar, a saber: RB92579 e RB962962. As características das mesmas podem ser encontradas em RIDESA (2010). Em cada variedade, o aproveitamento da água oriunda da precipitação foi avaliado para a condição de diferentes épocas de plantio, no período de outubro de 2012 a fevereiro de 2013, sendo eles: outubro (E1), novembro (E2), dezembro (E3), janeiro (E4) e fevereiro (E5).

A cana-de-açúcar foi conduzida em espaçamento duplo, com 0,5 m entre fileiras, na dupla e 1,3 m entre duplas. A parcela foi constituída por quatro linhas duplas, com 11 m de comprimento e 7,2 m de largura, resultando em uma área de 79,2 m² por parcela. Como parcela útil foi considerada as duas fileiras duplas centrais, correspondendo a uma área de 39,4 m².

O preparo inicial do solo consistiu de uma subsolagem seguida de uma aração e uma gradagem cruzada, com incorporação de 500 kg ha⁻¹ de Calmix® (70% calcário + 30% gesso) e posterior sulcação. A adubação de plantio consistiu na aplicação de 1.000 kg ha⁻¹ da formulação NPK 05-20-06 + 50 kg ha⁻¹ de formulação de micronutrientes e a de cobertura na aplicação de 70 kg ha⁻¹ da formulação NPK 24-00-00 + 27 kg ha⁻¹ da mesma formulação de micronutrientes, aos 120 DAP. Os plantios foram realizados sempre no dia 15 de cada mês. Os mesmos foram realizados utilizando colmos (toletes) previamente tratados, com densidade de 15-18 gemas por metro, inseridos manualmente nos sulcos.

A aplicação diária das lâminas de irrigação em cada tratamento foi efetuada através de sistema de gotejamento subsuperficial, com o tubogotejador enterrado a uma profundidade de 0,25 m e espaçados a 1,8 m. Os gotejadores foram do tipo pastilha, autocompensantes, com vazão de 1 Lh⁻¹ e pressão de serviço de 150 kPa, espaçados a 0,5 m entre si. A lâmina foi determinada com base na reposição da média diária da evapotranspiração de referência (ET_o) da semana anterior, estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), a partir de dados de uma estação climatológica automática da rede INMET (CORURIFE-A355, código OMM: 86619), instalada aproximadamente a 5 km da área experimental. A

evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada a partir da ETo, utilizando-se os coeficientes de cultivo (Kc) obtidos por Silva et al. (2012) e definidos em função da idade da cana, para cada tratamento.

O balanço de água no solo para cada tratamento foi efetuado em escala diária, seguindo o modelo de Thorntwaite-Matter (1957), a partir da capacidade de armazenamento de água do solo – CAD, calculada com base na umidade média do solo na capacidade de campo – θ_{cc} e no ponto de murchamento – θ_{pm} apresentados na Tabela 1, bem como na profundidade efetiva do sistema radicular (0,40 m), definida após abertura de trincheiras para quantificação das raízes. Considerou-se como componentes de entrada do balanço a precipitação total – P e a lâmina de irrigação aplicada - I e como componentes de saída a evapotranspiração de cultivo – ETc e a perda por lixiviação, correspondente ao excedente hídrico – Exc. Todos os componentes foram computados em termos de lâmina (mm). O armazenamento de água no solo em um determinado dia ARM_i, o excedente hídrico diário - Exc_i, o déficit hídrico diário – Def_i, a precipitação efetiva no ciclo de cultivo - Pe e a eficiência da precipitação (EFP, em %) foram calculados como segue:

$$ARM_i = (ARM_{i-1} + P_i + I_i - ETc) \quad (1)$$

Em que: ARM_i = armazenamento no dia *i*, mm; ARM_{i-1} = armazenamento do dia anterior, mm; P_i = precipitação total do dia *i*, mm; I_i = lâmina bruta do dia *i*, mm; ETc = evapotranspiração da cultura no dia *i*, mm.

$$Exc_i = (P_i + I_i - ETc_i) - (CAD - ARM_{i-1}) > 0 \quad (2)$$

$$Def_i = P_i - ETc_i < 0 \quad (3)$$

$$Pe = P - \sum Exc \quad (4)$$

em que: Pe = Precipitação efetiva total do ciclo de cultivo, mm; P = Precipitação total do ciclo de cultivo, mm; Exc = somatório do excedente hídrico diário, mm

$$EFP\% = \frac{Pe}{P} * 100 \quad (5)$$

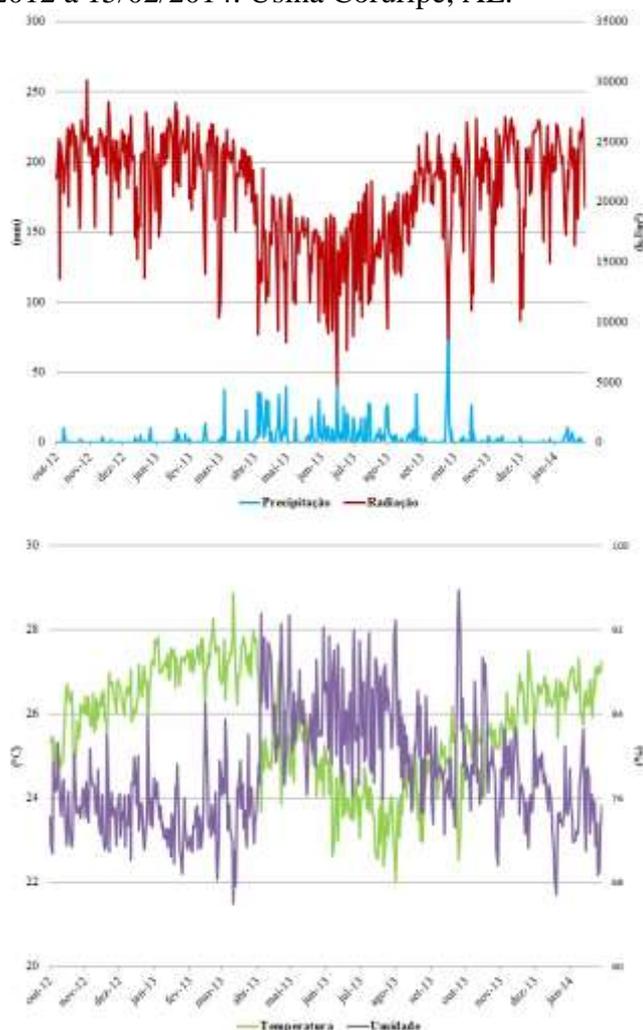
Foi analisada a produtividade de colmos industrializáveis (TCH, em Mg ha⁻¹) e os parâmetros de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, a saber: açúcar total recuperável (ATR, em kg Mg⁻¹), quantificados conforme o CONSECANA (2006) e tonelada de açúcar por hectare (TAH, em Mg ha⁻¹), produto do ATR pelo TCH, dividido por 1000. O ciclo para todos os meses de plantio foi de 12 meses. Para cada época de plantio foi calculada a Eficiência de Uso de Água – EUA, em kg m⁻³, definida como a razão entre a toneladas de colmos (TCH) ou toneladas de açúcar (TAH) por hectare, e o volume de água de precipitação (P e Pe), em m³ ha⁻¹, que entrou no sistema de produção.

Os dados dos componentes de produção e da EUA foram submetidos à análise de variância, utilizando o Teste F para avaliar sua significância estatística e, posteriormente, o Teste de Tukey para comparação de médias dos tratamentos, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR – Sistema para análise de variância (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação concentrou-se entre os meses de abril a setembro do ano de 2013, correspondendo a 70% do total precipitado no período avaliado (Figura 1). Durante esses meses foram registrados os maiores percentuais de umidade e os menores valores de radiação e de temperatura, característico do período das águas, enquanto que os demais meses (novembro a fevereiro) compreendeu o período seco da região.

Figura 1. Médias diárias dos elementos meteorológicos, temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), precipitação (mm) e radiação solar global (kJ m⁻²), no período de 19/10/2012 a 15/02/2014. Usina Coruripe, AL.



Fonte: Dados da estação meteorológica INMET, localizada na Usina Coruripe, AL.

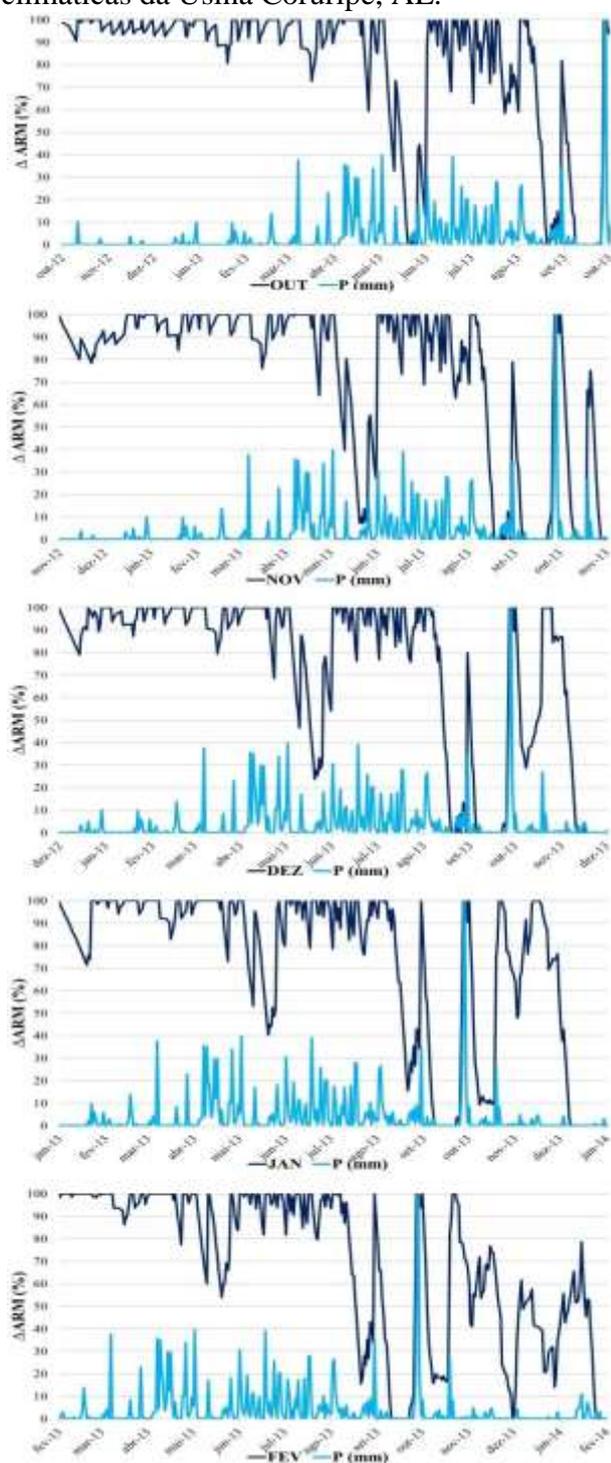
No tocante ao solo da área experimental, uma combinação das suas características físico-hídricas e da pequena profundidade do sistema radicular, essa última influenciada pela presença da camada de impedimento, resulta em uma condição de baixa capacidade de armazenamento de água. Essa camada tem origem pedogenética e é caracterizada por horizonte adensado, muito duro ou extremante duro quando seco e geralmente friável quando úmido, sendo normalmente encontrado entre, 0,2 a 0,60 m de profundidade, podendo, no entanto, atingir até um metro ou pouco mais (JACOMINE, 2001).

Tal fato se mostra preponderante na evolução do balanço de água no solo e no aproveitamento da água da chuva pela cana-de-açúcar. Assim, considerando a camada-controlada de 0,4 m e a análise físico-hídrica do solo do experimento calculou-se a capacidade de armazenamento como sendo de 35 mm.

Houve maior variabilidade do armazenamento de água do solo nos meses de transição entre o período chuvoso e seco (setembro-outubro), como também em função de veranicos nos meses de inverno (junho), nos quais questões operacionais da irrigação na Usina impediam a operacionalização da irrigação (Figura 2).

A suspensão da irrigação no último mês do ciclo de cultivo, com o objetivo de favorecer a maturação da cana, também favoreceu a variabilidade do armazenamento de água do solo. Para os plantios de início de safra, o solo se manteve a maior parte do tempo com a umidade acima de 70% do armazenamento, configurando uma situação hídrica favorável ao desenvolvimento.

Figura 2. Variações do armazenamento de água do solo (Δ ARM), para as épocas de plantio avaliadas, ao longo do primeiro ciclo de produção da cana-de-açúcar, sob as condições edafoclimáticas da Usina Coruripe, AL.



Quando considerando o ciclo total de cultivo de cada época de plantio avaliada, não ocorreu diferença acentuada nos valores de precipitação total – P, ETo e ETc, com diferenças percentuais entre o maior e o menor valor na ordem de 4%, 1% e 6%, respectivamente. Já para os valores de precipitação efetiva – Pe e excedente hídrico – Exc a magnitude é maior,

com diferenças entre o maior e o menor valor, na ordem de 20,1% e 13,7%, sendo esses os fatores que explicam a diferenciação das lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 3).

Tabela 3. Evapotranspiração de referência (ET_o), Evapotranspiração da cultura (ET_c), Irrigação (I), Precipitação total (P), Excedente hídrico (Exc), Déficit hídrico (Def), Precipitação efetiva (Pe) e Eficiência da precipitação (EFP), acumulados no primeiro ciclo de cultivo da cana-de-açúcar, sob diferentes épocas de plantio.

Trat.	ET _o	ET _c	I	P	Exc	Def	Pe	EFP
	(mm)							(%)
OUT	1564,0	1163,6	555,9	1395,8	870,4	682,9	525,4	37,6
NOV	1565,7	1166,2	458,2	1438,0	880,5	677,2	557,5	38,8
DEZ	1559,2	1176,4	469,8	1451,4	939,0	691,6	512,4	35,3
JAN	1557,5	1200,3	508,4	1434,6	940,1	735,8	494,5	34,5
FEV	1550,2	1236,2	636,2	1453,8	989,6	793,0	464,2	31,9

O plantio no mês de novembro resultou no menor déficit hídrico do solo e no maior valor de precipitação efetiva e EFP, fazendo com que esse tenha sido o mês de plantio com menor necessidade de irrigação, 458,2 mm. Por outro lado, no plantio de fevereiro foi o que resultou em maior excedente hídrico, com 989,6 mm, mas com maior ET_c e maior déficit hídrico do solo, redundando em maior necessidade de irrigação, 636,2 mm (Tabela 3).

Observa-se que o aproveitamento da água da chuva apresenta uma tendência de redução à medida que se avança o período da safra na região, tendo sido observado decréscimos da EFP (Tabela3). O baixo aproveitamento da água da chuva foi relacionado à característica da sua distribuição anual e, principalmente, à baixa capacidade de armazenamento do solo combinado com o baixo aprofundamento do sistema radicular da cana, em função da camada de impedimento.

Considerando no cálculo da ET_c apenas o período do plantio ao início da maturação, quando a irrigação é suspensa, a participação da precipitação no atendimento da demanda hídrica foi de 48,6, 54,9, 52,2, 49,3 e 42,2% para os tratamentos E1, E2, E3, E4 e E5, respectivamente (Tabela 3). Em termos médios, a precipitação efetiva atendeu 49,4% da demanda hídrica da planta, sendo o restante (50,6%) suprido pela irrigação.

A demanda de água da cana-de-açúcar variou durante o ciclo na ordem de: 0,3 a 5,1; 0,4 a 5,8; 0,4 a 6,0; 0,4 a 6,9; 0,3 a 6,9 mm dia⁻¹ para as épocas de plantio de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, respectivamente. Os plantios mais tardios apresentaram valores máximos maiores. Esse resultado reflete o fato que para os plantios mais tardios na região, o período de maior demanda de água pela planta (ET_c) coincide com uma também maior demanda de água pela atmosfera (ET_o), aliado a um menor aporte de água da precipitação.

A média diária da ET_c para o primeiro ciclo de produção variou de 3,1 a 3,3 mm dia⁻¹ para as épocas de plantio avaliadas, estando abaixo dos valores observados por Lyra et al. (2007), que contabilizaram valor médio de 4,5 mm dia⁻¹ e por Lima et al. (2010), com valor médio de 4,25 mm dia⁻¹. As diferenças observadas podem estar relacionadas, principalmente, aos valores de K_c considerados, que no caso dos dois estudos foi o da FAO. Enquanto que Silva et al (2015), usando o K_c dual, obtiveram a média diária da ET_c de 2,16, 2,09 e 2,19 mm dia⁻¹ nos 1º, 2º e 3º ciclos da cana-de-açúcar respectivamente, no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2012, para região de Rio Largo, AL, com duração de cada ciclo de 406, 371 e 357 dias.

Quando a irrigação não é considerada no balanço hídrico elaborado do solo (simulando-se os plantios na condição de sequeiro) o aproveitamento da água da chuva é ampliado. Os valores da precipitação efetiva para os tratamentos E1, E2, E3, E4 e E5 passam a ser: 753,7; 797,4; 748,7; 687,9 e 625,5 mm, correspondendo uma EFP de 54,0; 55,4; 51,6; 48,0 e 43,0%, respectivamente, e sendo 15 pontos percentuais, em média, superiores aos valores de precipitação efetiva quando considerando a irrigação. A esse respeito, Wiedenfeld (2004) indica que aplicações mais frequentes de água de irrigação, como efetuadas no presente estudo, resultam em manter o perfil do solo mais úmido, proporcionando menor capacidade de armazenar as precipitações ocorridas.

A produtividade de colmos industrializáveis (TCH) foi afetada pela época de plantio, com significância estatística para as duas variedades avaliadas (Tabela 4). Também para ambas as variedades, observou-se uma tendência de redução da produtividade física no decorrer do período de safra, sendo exceção o plantio efetuado no mês de janeiro. O plantio de fevereiro (final de safra) foi o que resultou nas menores produtividades alcançadas, com média de 130,9 Mg ha⁻¹ para a variedade RB92579 e 112,9 Mg ha⁻¹ para a variedade RB962962.

Tabela 4. Valores médios de Tonelada de colmo por hectare (TCH), Açúcar total recuperável (ATR), Tonelada de ATR por hectare (TAH), das variedades de cana-planta, RB92579 e RB962962, sob diferentes épocas de plantio.

Trat.	RB92579			RB962962		
	TCH (Mg ha ⁻¹)	ATR (kg Mg ⁻¹)	TAH (Mg ha ⁻¹)	TCH (Mg ha ⁻¹)	ATR (kg Mg ⁻¹)	TAH (Mg ha ⁻¹)
OUT	162,45a	139,25 ^a	22,68ab	142,71ab	121,23ab	17,31ab
NOV	150,23ab	141,36 ^a	21,26ab	139,43ab	125,69a	17,52ab
DEZ	139,15bc	147,43 ^a	20,51ab	133,42ab	111,08b	14,82b
JAN	165,55a	149,18 ^a	24,76 ^a	157,80a	123,43a	19,39a
FEV	130,92c	144,14 ^a	18,86b	112,91b	131,79a	14,88b
F	**	Ns	**	**	**	**
CV%	5,61	5,47	8,95	10,37	4,14	8,97
DMS	18,92	17,79	4,36	32,08	11,45	3,39

A época de plantio influenciou de forma estatisticamente significativa o rendimento de açúcar por hectare (TAH) para as duas variedades estudadas. Esse efeito pode estar associado às diferenças observadas na TCH, principalmente para a variedade RB92579, na qual a concentração de sacarose (ATR) não apresentou diferenças significativas. Assim, os resultados de TAH seguem o mesmo padrão observado na discussão do TCH, com tendência de redução ao longo da safra (com a exceção apontada do plantio de janeiro).

Houve efeito significativo das épocas de plantio sobre a eficiência de uso de água tanto quando considerando a precipitação total [EUA(P +I)], como a precipitação efetiva [EUA(Pe+I)], para ambas as variedades, ao nível de 1% de probabilidade (Teste F). Os plantios de outubro e de janeiro favoreceram o aumento da EUA, tanto em produtividade de colmos, como de açúcar, sendo a época menos favorável o plantio de fevereiro nas condições de estudo avaliado (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios da eficiência do uso da água (EUA) no ciclo de cana-planta, das variedades, RB92579 e RB962962, em diferentes épocas de plantio, na Usina Coruripe-AL, 2013/2014.

Variedade	EUA (kg m ⁻³)	Épocas de plantio				
		OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
RB92579	EUA _(Pe+I) , em base de TCH	15,02ab	14,79ab	14,17b	16,51a	11,90c
	EUA _(P+I) , em base de TCH	8,32 ^a	7,92ab	7,24b	8,52a	6,26c
	EUA _(Pe+I) , em base de TAH	2,10ab	2,09ab	2,09ab	2,47a	1,71b
	EUA _(P+I) , em base de TAH	1,16 ^a	1,12ab	1,07ab	1,27a	0,90b
RB962962	EUA _(Pe+I) , em base de TCH	13,19ab	13,73a	13,58a	15,73a	10,26b
	EUA _(P+I) , em base de TCH	7,31 ^a	7,36a	6,94ab	8,12a	5,40b
	EUA _(Pe+I) , em base de TAH	1,60bc	1,73ab	1,51bc	1,93a	1,35c
	EUA _(P+I) , em base de TAH	0,89abc	0,92ab	0,77bc	1,00a	0,71c

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nota-se que a variedade RB92579 se sobressai em relação a EUA_(Pe+I), quando comparada a RB962962 (Tabela 5). A EUA (Pe + I), com base no rendimento de colmo, variou na ordem de 14,17 a 16,51 kg m⁻³, para a variedade RB92579 e 10,26 a 15,73 kg m⁻³, para a variedade RB962962 (Tabela 5). Oliveira et al. (2011) também observaram o destaque da variedade RB92579, em relação às demais variedades testadas (SP79-1011, RB813804, RB863129, RB962962, RB872552, RB943365, RB72454, RB763710, RB867515, SP78-4764 e SP81-3250) sobre a eficiência do uso água, em sistema irrigado de forma plena, obtendo resultado médio de 183,0 kg ha⁻¹ mm⁻¹ (TCH / Pe + I), que corresponde a 18,3 kg m⁻³, no ciclo de cana-planta, para o plantio realizado em outubro de 2006, nas condições de clima e solo, do município de Carpina, PE. Também com a variedade RB92579, Teodoro (2011) obteve no primeiro ciclo de produção na região de Rio Largo, AL, uma EUA_(Pe + I) de 9,71 kg m⁻³ no tratamento com irrigação equivalente a 150% ETo e 11,11 kg m⁻³, no tratamento com reposição de 75% da ETo, no primeiro ciclo de cultivo com duração de 13 meses. Já Farias et al. (2008), para época de plantio de setembro de 2004, com a variedade SP 79-1011, na região norte - paraibana dos Tabuleiros Costeiros, encontraram valores inferiores ao desta pesquisa com reposição de 100% da ETc via pivô central fixo, resultando numa EUA_(Pe + I) em base de colmo e de açúcar de: 7,22 kg m⁻³ e 1,06 kg m⁻³ respectivamente.

Já a EUA (P + I), com base no rendimento de colmo, variou na ordem de 6,26 a 8,52 kg m⁻³, para a variedade RB92579 e 5,40 a 8,12 kg m⁻³, para a variedade RB962962 (Tabela 5). Valores similares ao desta pesquisa foram alcançados por Singh, Shukla e Bhatanagar (2007); Gava et al. (2011); Silva et al. (2011) e Silva et al. (2013) para diferentes regiões, variedades e ciclos de cultivos. No entanto, Calgaro et al. (2014), encontraram EUA_(P+I) de 9,1 kg m⁻³ para a variedade RB92579, ciclo de cana-planta, cultivada sem limitações hídricas (irrigação plena), com sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, em Juazeiro, BA, superando assim, os valores obtidos nesta pesquisa para a mesma variedade.

A EUA_(P+I) com base no rendimento de açúcar esteve entre 0,90 e 1,16 kg m⁻³ para variedade RB92579 e 0,71 a 0,1 kg m⁻³ para variedade RB962962. Para primeira variedade nota-se a diminuição da eficiência à medida que avança as épocas de plantio, a exceção do mês de janeiro, que apresentou maior produção de ATR. Da mesma forma, segue a tendência para segunda variedade, à exceção do mês de novembro.

As diferenças obtidas, em termos absolutos, entre as variedades RB92579 e RB962962, dentro do ciclo de cana-planta para as épocas de plantio avaliadas neste estudo,

estão relacionadas ao potencial genético das mesmas, visto que a quantidade de água recebida dentro de cada tratamento foi a mesma, em ambos os experimentos, sendo a variedade RB92579 mais eficiente em termos do uso de água do que a variedade RB962962.

Diferenças fisiológicas e biométricas entre genótipos de cana-de-açúcar (IACSP 94-2094 e IACSP 96-2042), foram observadas por Machado et al. (2009) em resposta ao déficit hídrico. O déficit hídrico, na fase de crescimento inicial do genótipo IACSP 96-2042, causa redução na produção de fitomassa e de sólidos solúveis em razão de menor condutância estomática e de menor eficiência aparente de carboxilação da fotossíntese. Contudo, independentemente da fase fenológica, o genótipo IACSP 94-2094 é tolerante ao déficit hídrico, pois mantém a produção de fitomassa, mesmo com redução das trocas gasosas.

Por tratar-se de uma relação entre o número de unidades de massa do produto (numerador) e o de unidades de volume de água consumida (denominador), a EUA pode ser manejada no sentido de minimizar o numerador e/ou maximizar o denominador. Neste sentido, a segunda alternativa pode ser conseguida a partir da definição adequada da época de plantio, através da sincronização das fases fenológicas de maior demanda hídrica da cultura com o período de maior disponibilidade hídrica, reduzindo, dessa maneira, a aplicação de água via irrigação, sem o comprometimento significativo da produtividade.

6 CONCLUSÕES

O plantio de novembro minimizou o consumo da água de irrigação e maximizou o aproveitamento da água da precipitação. Os plantios nos meses de outubro, novembro e janeiro maximizaram a produtividade de colmo – TCH e de açúcar – TAH, das duas variedades, assim como, a eficiência do uso da água.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Usina Coruripe SA por todo o apoio e suporte para realização do trabalho, especialmente ao Dr. José Valdemir Tenório da Costa e Eraldo Pereira Barros Júnior.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. p.300 (FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 56).

BRASIL. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. (Org.). RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R. dos; FORTES, L. T. G. Brasília, DF: INMET 2009. 465p.

CALGARO, M.; SIMÕES, W. L.; BRAGA, M. B.; PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; SOUZA, M. A. de; LIMA, J. A. Influência dos sistemas de irrigação na eficiência de uso da água da cana planta em solo argiloso. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 24., 2014, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: ABID, 2014, p. 1-6.

CINTRA, F. L. D.; IVO, W. M. P. M.; SILVA, L. V. da; LEAL, M. L. S. **Distribuição do sistema radicular de cana-de-açúcar em sistemas de cultivo com adubação orgânica e *Crotalaria spectabilis***. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006 (Boletim de Pesquisa).

CINTRA, F. L. D. Manejo de Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: TOFANELLI, M. B. D.; SILVA, T. O. da. Ed(s) **Manejo Ecológico e Conservação dos Solos e da Água no Estado de Sergipe**. São Cristóvão: UFS, 2011. Cap.5, p.205-226. 53

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**. Brasília, v.1, n.3, p.1-27, dez. de 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_19_09_02_49_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_2014-15.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2015.

CONSECANA-SP – Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do Estado de São Paulo. 2006. **Manual de Instruções**. Piracicaba: COSECANA.112 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006, p. 306.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Eficiência no uso da água na cana-de-açúcar sob diferentes lâminas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.494-506, jul./set.2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFPA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GAVA, G. J. de C.; SILVA, M. de A.; SILVA, R. C. da; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.3, p.250–255, 2011.

GOMES, A. R. A.; SARMENTO, P. V. S.; DINIZ, C. A.; SANTOS, M. A. L. dos; SÁ, L. A.; MOURA, A. B.; TAVARES, I.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L., SANTOS, J. R. T. Variáveis Meteorológicas e Produtividade Agroindustrial da Cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém, PA. **Anais....** Belém: SBMET, 2010. p.1-5

HOLANDA, L. A. de. **Produtividade, índices de crescimento e eficiência no uso da água de irrigação em cana-de-açúcar**. 2010. 46 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2010.

JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP-COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 19-46.

- JADOSKI, C. J.; TOPPA, E. V. B.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia do desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.3; n.2; p-169-176, maio/ago. 2010.
- LIMA, R. A. S.; SANTOS, M. A. L. dos; SARMENTOS, P. L. V. S.; ROCHA, A. E. Q.; BRITO, K. S.; SILVA, M. da; MOURA FILHO, G.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I. Evapotranspiração e Produtividade da Cultura da Cana-de-Açúcar Irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém, PA. **Anais....** Belém: SBMET, 2010. p.1-5.
- LYRA, G. B.; SEDIYMA, G. C.; LYRA, G. B.; PEREIRA, A. R.; SOUZA, E. F. Evapotranspiração da Cultura de Cana-de-Açúcar na Região de Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas: Coeficiente da Cultura “Único” Padrão Boletim FAO-56. **Revista STAB**, v.25, n.4, p. 40-44, 2007.
- 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**, Brasília, v.44, n.12, p.1575-1582, dez. 2009.
- OLIVEIRA, E. C. A. de; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C. de; SIMÕES NETO, D. E.; ROCHA, A. T. da; CARVALHO, L. A. de. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p.617-625, jun. 2011.
- RESENDE, R. S. Irrigação em cana-de-açúcar. **Revista Canavieiros**. Sertãozinho, SP, p. 22-26, fev. 2013a. Edição Especial. Disponível em: <<http://www.revistacanaieiros.com.br>>. Acesso em: 23 maio 2013. 58
- RESENDE, R. S.; COSTA, J. V. T. da; AMORIM, J. R. A. de; MENESES, T. N. Estimativa do consumo de água de irrigação para diferentes épocas de plantio da cana-de-açúcar, utilizando o modelo cropwat. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 23., 2013, Luís Eduardo Magalhães, BA. **Anais...** Bahia: ABID, 2013b, p. 1-6.
- RIDESIA – Rede interuniversitária para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba, p.136, mar. 2010. Disponível em: <<http://canaufv.com.br/catalogo/catalogo-2010.pdf>>. Acesso em: 23 dezembro 2013.
- SILVA, M. de A.; CARLIN, S.D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v.51, n.296, p. 457-466, 2004.
- SILVA, S.; DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L. de; LYRA, G. B.; SANTOS, M. A. L. dos. Demanda hídrica da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.19, n.9, p.849–856, 2015

SILVA, T. H. G. F da; MOURA, M. S. B. de; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. de S.; JÚNIOR GOMES, W. F. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.12, p.1257–1265, 2011.

SILVA, T. H. G. F da; MOURA, M. S. B. de; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. de S.; JÚNIOR GOMES, W. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.16, n.1, p.64–71, 2012.

SILVA, V. de P. R. da; SILVA, B. B. da; ALBUQUERQUE, W. G; BORGES, C. J. R.; SOUSA, I. F. de; DANTAS NETO, J. Crop coefficient, water requirements, yield and water use efficiency of sugarcane growth in Brazil. **Agricultural Water Management**, v.128, p.102– 109, 2013.

SINGH, P. N.; SHUKLA, S. K.; BHATNAGAR, V. K. Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) in subtropical India. **Agricultural Water Management**, v.90, p.95–100, 2007.

TEODORO, I. **Respostas técnico-econômicas da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e adubação nitrogenada**. 100p., Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2011.

WIEDENFELD, B. Scheduling water application on drip irrigated sugarcane. **Agricultural Water Management**, v.64, p.169–181, 2004.