

Época de semeadura sobre cultivares de sorgo sacarino**Planting season on sorghum cultivars of saccharine**

DOI:10.34117/bjdv6n9-628

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 28/09/2020

Marcelo José Romagnoli

Professor

Fundação Municipal de Educação e Cultura, Santa Fé do Sul (SP), Brasil

E-mail: mjromagnoli@funecsantafe.edu.br

Rogério Soares de Freitas

Pesquisador

Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais,
Votuporanga (SP), Brasil

E-mail: freitas@iac.sp.gov.br

Carlos Juliano Brant Albuquerque

Professor Adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Montes Claros (MG),
Brasil

E-mail: carlosjuliano@ufmg.br

Wander Luis Barbosa Borges

Pesquisador

Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais,
Votuporanga (SP), Brasil

E-mail: wanderborges@iac.sp.gov.br

Adalgisa Jesus. Pereira

Professora da Fundação Helena Antipoff, Ibitiré (MG), Brasil

E-mail: adalgisa.pereira@gmail.com

André Zoz

Doutorando da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Botucatu (SP), Brasil

E-mail: andre_zoz@hotmail.com

RESUMO

A demanda por fontes de energia renovável tem aumentado e diversas culturas têm sido avaliadas para fornecimento de matéria-prima, entre elas o sorgo sacarino. O presente trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de sorgo em diferentes épocas de semeadura, no Noroeste do Estado de São Paulo. O experimento foi instalado com cinco cultivares (BRS 506 e BRS 511, IAC-SART, BRANDES e SILOTEC 20) de sorgo sacarino em parcelas subdivididas em quatro épocas de semeadura (12/11/2013, 11/12/2013, 07/01/2014 e 17/02/2014). O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com sete repetições. Cada unidade experimental foi constituída por doze linhas de seis metros de comprimento. A população inicial de plantas foi de 120 mil plantas ha⁻¹ no espaçamento entre linhas de 0,50 m. Na maturação fisiológica dos grãos foram avaliadas as seguintes características: altura de planta (m), diâmetro do colmo (mm), acamamento de plantas (%), produtividade de biomassa fresca total (t ha⁻¹), produtividade biomassa de colmos (t ha⁻¹), biomassa fresca de folhas (t ha⁻¹), produtividade biomassa de caldo (t ha⁻¹) e o teor de sólidos solúveis totais do caldo (⁰Brix). A produtividade do sorgo é influenciada pela época de semeadura, com maior produção de colmos e caldo nas primeiras épocas. As cultivares BRS 511 e BRS 506 foram os mais produtivos e apresentaram grande potencial para uso na região Noroeste do Estado de São Paulo.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, energia renovável, produtividade, biomassa.

ABSTRACT

The demand for renewable energy sources has increased and several kinds of tilth have been appraised for supplying raw material, among them the sorghum (*Sorghum bicolor*). This work was carried intending to appraise the agronomic performance of sorghum cultivars in different sowing seasons, in the Northwest region of the São Paulo state. The experiment was installed with five saccharine sorghum cultivars (BRS 506 and BRS 511, IAC-SART, BRANDES and SILOTEC 20) in portions subdivided into four sowing seasons (12/11/2013, 12/11/2013, 07/01/2014 and 02/17/2014). The utilized design was random blocks, with seven repetitions. Each experimental unit was comprised of twelve six-meter line in length. The initial population of plants was 120.000 ha⁻¹ plants in 0.50 m spacing. In the physiological maturation of grains, the following characteristics were appraised: plant height (m), culm diameter (mm), plant lodging (%), total fresh biomass productivity (t ha⁻¹), culm biomass productivity (t ha⁻¹), fresh leaves biomass (t ha⁻¹) juice biomass productivity (t ha⁻¹) and the content total soluble solids in the juice (⁰Brix). The sorghum productivity is influenced by the sowing season, with greater culm and juice production in the first seasons. The BRS 511 and BRS 506 were the most productive and showed great potential for use in the Northwest s region of São Paulo state.

Keywords: *Sorghum bicolor*, renewable energy, productivity, biomass.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países com características edafoclimáticas apropriadas para o cultivo de diversas culturas para produção de combustíveis renováveis. Possui um consolidado sistema de produção de etanol e grande extensão de áreas agrícolas, podendo atender a demanda mundial por biocombustível que vem se expandindo na última década.

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) é matéria-prima que apresenta características como ciclo curto em torno de 120 dias da semeadura a colheita, elevada produção de biomassa, plantio e colheita totalmente mecanizáveis, colmos com açúcares fermentescíveis e seu bagaço pode ser utilizado para forragem, cogeração de energia elétrica e produção de etanol de segunda geração (Oliveira e Ramalho, 2006; Lourenço *et al.*, 2007; Parrella e Schaffert, 2012).

Diversos trabalhos de pesquisas têm demonstrado que é possível obter elevados rendimentos de biomassa de sorgo sacarino, como relatado por Almodares e Hadi (2009), que em trabalho de revisão constaram rendimentos de biomassa verde entre 27,9 a 128,9 t ha⁻¹, com °Brix variando de 14,3 a 23,1, sacarose de 6 a 16% e pureza de 35,9 a 76,0%.

Em trabalhos conduzidos por Bolonhezi *et al.* (2013), em Ribeirão Preto - SP, foi verificada produtividade de biomassa fresca total acima de 100 toneladas por hectares em sorgo cultivado no verão, safra 2012/13. Outros trabalhos têm demonstrado alta produtividade de sorgo sacarino em diferentes regiões do Brasil (May *et al.*, 2012a; Pereira Filho *et al.*, 2013; Fernandes *et al.*, 2014).

O aumento da demanda por combustíveis renováveis tem ampliado áreas cultivadas com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), no Estado de São Paulo, essa expansão é evidenciada no Noroeste do Estado com a instalação de novas unidades processadoras na última década. Isso cria oportunidades para expansão da cultura do sorgo sacarino nas áreas de renovação do canavial.

Por ser uma cultura de ciclo curto, também é possível, com o sorgo sacarino, aumentar o período de moagem de matéria prima da usina, antecipando o início desse período com fornecimento de colmos de sorgo sacarino. Nesse sentido, Teixeira *et al.* (1999) e Ribas (2014), destacam o cultivo do sorgo sacarino como uma alternativa técnica e economicamente viável para fornecimento de matéria prima para produção de etanol, evitando o corte antecipado de cana-de-açúcar. Desse modo, é possível reduzir o período de ociosidade de equipamentos e mão-de-obra nas usinas e também obter melhor qualidade da cana-de-açúcar que terá maior período para acúmulo de sacarose nos colmos, ampliando a eficiência da produção de etanol.

Todavia, para viabilizar o aproveitamento desta matéria prima promissora pelo setor energético do país, alguns desafios agrônômicos devem ser superados. Um dos fatores que contribuem para o melhor aproveitamento dos fatores de produção é o conhecimento da influência da época de semeadura sobre o desenvolvimento da cultura e adaptação de cultivares nos ambientes

produtivos. Diversos trabalhos têm sido realizados com diversas culturas visando obter as informações seguras sobre nível de produtividade das cultivares em diferentes localidades (Freitas *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2011; May *et al.*, 2012a; Bolonhezi *et al.*, 2013). Contudo, ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos com sorgo sacarino especialmente na região Noroeste do Estado de São Paulo.

Desse modo, o trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar a influência das épocas de semeadura nos aspectos agronômicos e produtividade de cinco cultivares de sorgo sacarino, na região Noroeste do Estado de São Paulo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido em área experimental pertencente ao Centro Avançado de pesquisa do Agronegócio de Seringueira e de Sistemas Agroflorestais do IAC/APTA, em Votuporanga (20° 28' S e 50° 04' S), em Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa, relevo suave e altitude de 440 m, de acordo Prado *et al.*, (1999). Ainda, segundo os autores, conforme a classificação de Köppen, o clima é considerado tropical com verão chuvoso e inverno seco do tipo Aw. Foram instalados quatro experimentos com cinco cultivares (BRS 506 e BRS 511, IAC-SART, BRANDES e SILOTEC 20) de sorgo sacarino em parcelas subdivididas em quatro épocas de semeadura (12/11/2013, 11/12/2013, 07/01/2014 e 17/02/2014). O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com 7 repetições. Cada unidade experimental foi constituída por 12 linhas de seis metros de comprimento. A população inicial de plantas foi de 120 mil plantas ha⁻¹ no espaçamento entre linhas de 0,50 m. Na Tabela 1 é apresentado o resultado da análise química do solo da área experimental.

Tabela 1. Aspectos químicos do solo da área experimental em Votuporanga, na profundidade de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m

Amostra	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	H ⁺ Al	S.B.	C.T.C.	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
M	g/dm ³	-	mg/dm ³	mmolc/dm ³						%	mg/dm ³					
0,0-0,20	13	4,9	44	3,1	10	5	18	18,1	36,1	50	4	0,18	0,8	29	9,8	4,3
0,20-0,40	12	4,7	53	2,8	10	4	22	16,8	38,8	43	3	0,2	1,1	36	13,5	4,2

pH em (CaCl₂ 0,01M), do P,K, Ca, Mg em (Resina); Na em (acetato de amônio pH 7), Al em (KCl 1mol/L, H + Al Tampão SMP; Cu, Fe, Mn, Zn em (DTPA pH 7). Fonte: IAC, Instituto Agronômico de Campinas, 2014.

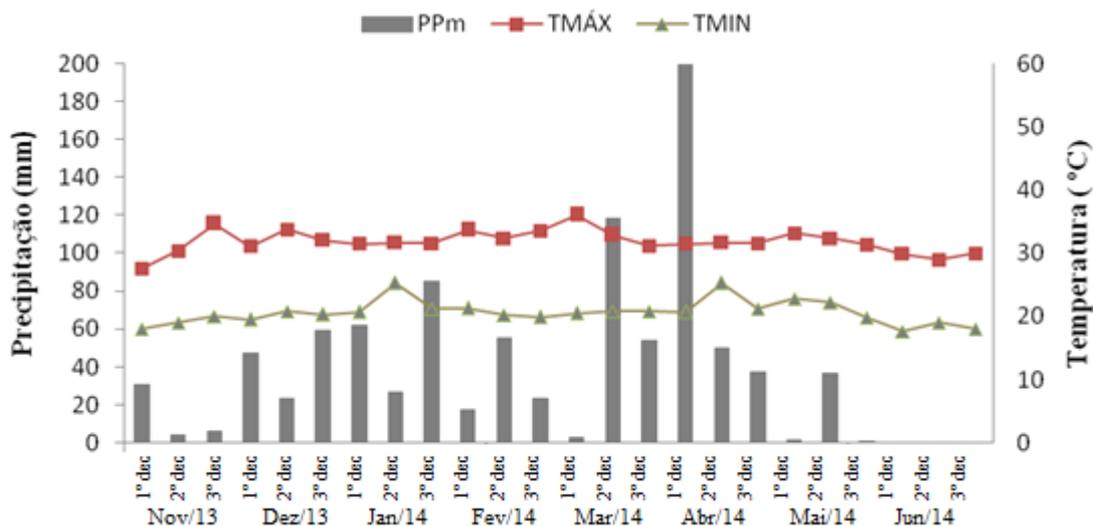
Para preparo do solo, foram realizadas uma aração e duas gradagens antes da instalação do experimento em cada época de cultivo. Na operação de semeadura, em todas as épocas, foi utilizada adubação com 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16 + 0,3% Zn (24 Kg de Nitrogênio, 84 Kg

de Fósforo, 48 Kg de Potássio e 0,90 Kg Zinco). As adubações de cobertura com nitrogênio e potássio foram realizadas em duas etapas: a primeira quando as plantas apresentavam 4 folhas desenvolvidas utilizando-se 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado de 20-00-20 (60 Kg de Nitrogênio, 0,0 Kg de Fósforo e 60 Kg de Potássio) e a segunda, quando as plantas apresentavam entre 7-8 folhas desenvolvidas utilizando 200 kg ha⁻¹ do adubo formulado 20-00-20 (40 Kg de Nitrogênio, 0,0 Kg de Fósforo e 40 Kg de Potássio).

As sementes de todos as cultivares foram tratadas com inseticida imidacloprid + thiodicarb (15 ml para cada 1 kg de sementes, do produto comercial Cropstar). A população inicial desejada foi obtida com semeadura do dobro da necessidade das sementes para obtenção de uma população final de 120 mil plantas ha⁻¹, que foi estabelecida após desbaste realizado aos sete dias após a emergência (DAE).

Na safra de 2013/2014 longos períodos do ciclo da cultura apresentaram deficiência hídrica (Figura 1). Para estabelecimento das plantas até 20 dias após a semeadura foi feita a irrigação do ensaio, permanecendo, após esse período, em condições climáticas do local.

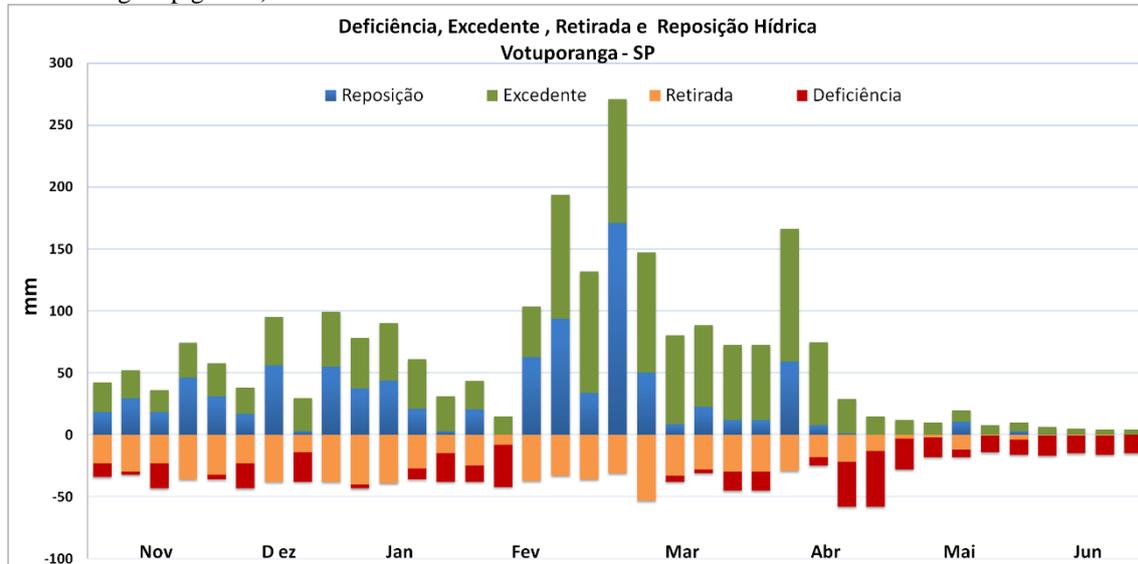
Figura 1. Médias pluviométricas decendiais durante o ciclo de desenvolvimento do sorgo sacarino. Votuporanga-SP, 2013/2014. Fonte: CIIAGRO (Centro integrado de informações agrometeorológicas), 2014. (<http://www.ciiagro.sp.gov.br>).



O experimento foi mantido livre de interferência de plantas daninhas durante todo o ciclo de cultivo através da capina manual. Além do tratamento de sementes para controle das pragas iniciais, foi feito o controle químico de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Na colheita dos colmos foi verificado elevados danos causados pela broca-da-cana (*Diatraea Saccharalis*).

Durante a condução dos experimentos foram coletados dados de temperatura mínima e máxima e precipitação do período de outubro de 2013 a maio de 2014, os quais são apresentados na Figura 2.

Figura 2: Balanço hídrico durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Épocas de semeadura (ES), 1ª (12/11/13), 2ª (11/12/13), 3ª (07/01/14), 4ª (17/02/14). Fonte: CIIAGRO (Centro integrado de informações agrometeorológicas), 2014. (<http://www.ciiagro.sp.gov.br>).



Durante o ciclo da cultura foi anotado o período para florescimento de cada cultivar, considerando a data de semeadura até o florescimento de 50% das plantas na parcela. O ciclo final foi definido como o período compreendido entre a semeadura e a maturação fisiológica.

Na colheita, quando os grãos de sorgo atingiram a maturação fisiológica foram feitas as seguintes avaliações: altura média das plantas (coletadas em 8 plantas, da superfície do solo ao ápice da panícula, em metros); número de plantas acamadas e quebradas, em %; diâmetro do colmo (no terço médio em 8 plantas, em milímetros); biomassa fresca total; produtividade de biomassa fresca de colmos; biomassa fresca de folhas, produtividade de biomassa de caldo obtida pela pesagem do caldo extraído por meio de um moinho elétrico que apresenta em torno de 70% de eficiência de extração em $t\ ha^{-1}$. Na extração do caldo, em moinho elétrico, os colmos foram processados quatro vezes, para aumentar a eficiência de extração da moenda. Do caldo extraído foi obtido o teor de °Brix com refratômetro de leitura digital. A determinação da produtividade foi feita em quatro linhas de cinco metros de comprimento.

Os resultados foram submetidos às análises de variância e optou-se pelo desdobramento das interações de todas as características avaliadas. As médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade. Nessas análises foi utilizado aplicativo computacional SAEG

(Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 8.0, desenvolvido pela FUNARBE, UFV, de Viçosa-MG, (Ribeiro Junior, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância demonstraram diferença significativa para todos os parâmetros avaliados, tanto para os fatores isolados quanto para a interação entre eles (Tabela 2). A interação significativa entre as cultivares e as épocas de semeaduras, indica que os genótipos e épocas de semeaduras isoladas não explicam todas as variações encontradas, assim, foram realizados os desdobramentos das interações. Desse modo, esses resultados mostram mudança no comportamento das cultivares avaliada em decorrência das épocas de semeadura.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das variáveis do sorgo sacarino: altura da planta (ALP), diâmetro do colmo (DIAM), acamamento (AC), Biomassa fresca total (BFT), Biomassa fresca de colmo (BCOL), Biomassa fresca de folha (BFOL), Biomassa fresca do caldo (BCAL), teor de sólidos solúveis totais no caldo (°Brix), obtidos na maturação fisiológica dos grãos em quatro épocas de semeio, Votuporanga-SP, 2014

Quadrado Médio									
FV	GL	ALP	DIAM	AC	BFT	BCOL	BFOL	BCAL	°Brix
BL/Época	24	0,98	3,45	734,33	0,63	0,40	2066082	0,11	1,35
Época (E)	3	0,41*	133,56*	50445,37*	0,12*	0,78*	0,22*	0,20*	275,17*
Cultivar (C)	4	0,67*	40,15*	1448,03*	0,19*	0,19*	0,57*	0,51*	225,65*
C x E	12	0,36*	6,43*	2174,70*	0,42*	0,46*	8434557*	0,60*	3,28*
Resíduo	96	0,77	1,87	247,71	0,24	0,20	2235233	5182282	0,40
Média	-	2,67	17,35	33,15	58741	48165	7739,3	20067	14,75
C.V (%)	-	3,28	7,88	47,48	8,44	9,28	19,31	11,34	4,30

* Significativo ($P \leq 0,01$).

Na tabela 3 verifica-se que ocorreu variação do período para florescimento e para maturação fisiológica dos grãos das cultivares, com florescimento variando de 69 até 88 dias após a semeadura e maturação fisiológica ocorrendo entre 109 e 128 dias. De modo geral, houve tendência de redução de ciclo, quando as cultivares foram implantadas em fevereiro devido a deficiência hídrica prolongada no terço final do ciclo de desenvolvimento das cultivares (Figura 1 e 2) e, também, pelo encurtamento do fotoperíodo.

Tabela 3 – Valores médios de dias até o florescimento e de dias até a maturação fisiológica dos grãos nas quatro épocas de semeadura. Votuporanga-SP, 2014

Cultivar	Épocas de semeadura				Média
	Primeira época 12 /11/ 2013	Segunda época 11/12/2013	Terceira época 07/01/2014	Quarta época 17/02/2014	
Florescimento (Dias após a semeadura)					
BRS 506	70 d C	78 c B	81 d A	71 b C	74
BRS 511	69 d C	73 d B	78 e A	68 d D	70
IAC-SART	79 b B	82 b A	82 c A	69 c C	76
BRANDES	86 a B	86 a B	87 b A	73ab C	82
SILOTEC 20	75 c B	87 a A	88 a A	72 a C	81
Média	76	81	83	71	
Maturação fisiológica (Dias após a semeadura)					
BRS 506	111 d C	118 d B	121 b A	112 a C	115
BRS 511	109 e C	113 e B	118 c A	108 c D	112
IAC-SART	118 b B	122 c A	121 b A	110 b C	118
BRANDES	126 a B	126 b B	128 a A	113 a C	121
SILOTEC 20	115 c B	128 a A	128 a A	113 a B	123
Média	116	122	123	111	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Todavia, o menor período para florescimento na semeadura da quarta época pode ser também atribuído as maiores temperaturas mínima e máxima observada durante o desenvolvimento das plantas (Tabela 3, Figura 1). Segundo Craufurd e Qi, (2001), independente do fotoperíodo, a temperatura determina a duração dos subperíodos da diferenciação floral à floração e desta até a maturação fisiológica das sementes.

A altura e diâmetro das plantas foram maiores na primeira época de semeadura (Tabela 4). Tal diferença deve-se, principalmente, às condições climáticas no período. Na primeira época de semeadura o desenvolvimento das plantas de sorgo ocorreu sem veranicos, (Figura 1 e 2), o que permitiu maior desenvolvimento vegetativo das plantas nesse período, resultando em seu maior porte.

Na segunda época de semeadura (Tabela 4) houve ocorrência de veranico (Figura 1) durante a fase de crescimento das plantas e o menor crescimento dessas pode ser associado a menor expansão celular, que inibe o crescimento das plantas (Taiz e Zeiger, 2004). Na quarta época, a menor altura das plantas também está associada ao menor fotoperíodo e ao déficit hídrico ocorrido durante boa parte da fase de desenvolvimento vegetativo até o florescimento das plantas. Ceccon *et al.* (2018) observaram redução no crescimento em altura e diâmetro em semeadura tardia.

O acamamento das plantas, característica indesejável das cultivares, que é influenciada por diversos fatores ambientais, apresentou alta ocorrência em todas as cultivares avaliadas,

principalmente na primeira e terceira épocas de semeadura, respectivamente com 35,27 % e 85,68% das plantas acamadas (Tabela 4). Na terceira época todas as cultivares apresentaram elevado índice de acamamento sem diferir entre elas, e na primeira época de semeadura ocorreu também acamamento das variedades BRS 511, BRS 506, e destaque nesta época para a cultivar IAC-SART com 76% de acamamento.

O tamanho de panícula e altura maior das plantas pode estar associado ao maior acamamento da cultivar IAC-SART. Na terceira época ocorreu acamamento das plantas próximo ao seu florescimento e conseqüentemente afetou o desempenho agrônômico das cultivares. Nesta época os fatores principais que ocasionaram o acamamento das plantas foram às fortes chuvas e (Figura 1) com vento registrados no período de desenvolvimento das plantas. Durante o desenvolvimento das plantas também foram verificados elevados danos causados pela broca-da-cana nos colmos, o que pode tê-los tornados mais frágeis e expostos aos fatores ambientais como o vento. Além de dificultar a colheita dos colmos para beneficiamento industrial, as plantas acamadas apresentam menor produção de biomassa e resultam em menores valores de °Brix e maior teor de impurezas no caldo (May *et al.*, 2012b; Parrella *et al.*, 2011; Schaffert *et al.*, 2011).

Verifica-se que a produtividade de biomassa fresca total e de colmo (Tabela 5) foi maior na primeira época de semeadura quando as condições climáticas de temperatura foram mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Em tais épocas, a média de produção de biomassa da planta toda foi superior a 90 t ha⁻¹ para a cultivar BRS 511 com aproximadamente 80 t ha⁻¹ de biomassa de colmos. Na terceira época obteve-se produção intermediária para biomassa fresca total com produção média de 50 t ha⁻¹ e biomassa fresca de colmo em torno 42 t ha⁻¹, destaque para BRS 511 com produção de biomassa fresca total, próximo a 60 t ha⁻¹ e biomassa de colmo 52 t ha⁻¹, sem diferir da variedade BRS 506.

Nessa época de semeadura, embora tenham ocorrido condições de umidade adequadas e temperaturas superiores a 21 °C, indicada por Magalhães *et al.* (2014) como a mínima exigida durante o ciclo da cultura para o seu crescimento e desenvolvimento adequados, o acamamento precoce das plantas, principalmente devido a fortes chuvas (Figura 1 e 2) e ventos, parece ter sido preponderante para menor produção de biomassa. Na quarta época, a produção de biomassa foi menor em função do menor crescimento das plantas (Tabela 5), principalmente, devido ao longo período de deficiência hídrica após o florescimento das plantas (Figura 1).

Tabela 4 – Valores médios de altura da planta, diâmetro do colmo e acamamento, obtidos na maturação fisiológica dos grãos em quatro épocas de semeadura, Votuporanga-SP, 2014.

Cultivar	Épocas de semeadura				Média
	Primeira época 12 /11/ 2013	Segunda época 11/12/2013	Terceira época 07/01/2014	Quarta época 17/02/2014	
Altura da Planta (m)					
BRS 506	2,70 b A	2,72bc A	2,58 a B	2,57 a B	2,65
BRS 511	2,92 a A	2,83ab B	2,62 a C	2,61 a C	2,75
IAC-SART	3,00 a A	2,86a B	2,70 a B	2,68 a B	2,81
BRANDES	2,81 b A	2,62 c B	2,60 a B	2,60 a B	2,66
SILOTEC 20	2,76 b A	2,60 c B	2,27 b C	2,32 b C	2,49
Média	2,84	2,73	2,55	2,56	
Diâmetro do colmo (mm)					
BRS 506	18,02 bc A	18,94 bc A	15,98 a B	15,67 ab B	17,39
BRS 511	20,63 a b A	19,47 ab A	16,79 a B	15,81 ab B	18,65
IAC-SART	21,09 a A	21,31 a A	16,65 a B	16,32 a B	18,11
BRANDES	18,64 bc A	17,03 cd AB	15,64 ab B	16,11 a B	17,13
SILOTEC 20	17,84 c A	16,22 d B	13,92 b C	14,01 b C	15,50
Média	19,42	18,62	15,80	15,58	
Acamamento (%)					
BRS 506	34,42 c B	13,90 a C	77,13 a A	0,28 a C	31,43
BRS 511	57,85 b B	13,94 a C	81,42 a A	0,14 a C	38,34
IAC-SART	76,46 a A	13,92 a B	80,20 a A	0,0 a C	42,64
BRANDES	7,62 d B	6,80 a B	96,64 a A	0,0 a C	27,76
SILOTEC 20	10,01 d B	9,20 a B	93,00 a A	0,0 a B	25,64
Média	35,27	11,55	85,68	0,08	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As cultivares que mais se destacaram para produção de biomassa de colmos e caldo foram a BRS 511 e a BRS 506. Na segunda época, a cultivar IAC-SART também apresentou alta produção de biomassa de colmos. A produtividade de colmos é uma característica fortemente associada à produtividade de etanol (Murray *et al.*, 2008; Ritter *et al.*, 2008), pois o caldo, rico em açúcares fermentescíveis, é extraído em sua totalidade dos colmos. Desse modo, quanto maior o rendimento de colmos, maior será a produtividade de caldo e, portanto, maior volume de etanol produzido.

Os valores de sólidos solúveis totais variaram amplamente entre cultivares e épocas de semeadura (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de Biomassa Fresca Total, Biomassa de Colmo, Biomassa Fresca de Folha, Biomassa de Caldo, Sólidos solúveis totais (°Brix), obtidos na maturação fisiológica dos grãos em quatro épocas de semeio, Votuporanga-SP

Cultivar	Épocas de semeadura				Média
	Primeira época 12/11/2013	Segunda época 11/12/2013	Terceira época 07/01/2014	Quarta época 17/02/2014	
Biomassa fresca total (t ha ⁻¹)					
BRS 506	83,60 b A	71,50 b B	57,52 a C	41,73 a C	63,59
BRS 511	91,55 a A	82,97 a B	59,33 a C	44,51 a D	69,59
IAC-SART	78,50 b A	85,61 a A	39,17 c B	32,86 b B	59,03
BRANDES	63,60 c B	70,61 b A	47,40 b C	32,04 b D	53,41
SILOTEC 20	49,04 d B	66,31 b A	45,58 bc B	31,33 b C	48,06
Média	73,25	75,40	49,80	36,5	
Biomassa fresca de Colmo (t ha ⁻¹)					
BRS 506	72,90 b A	57,36 b B	49,57 a B	34,09 ab C	53,48
BRS 511	79,72a A	66,28 a B	51,74 a C	37,06 a D	58,70
IAC-SART	67,64 b A	68,14 a A	31,32 c B	25,64 c B	48,19
BRANDES	49,00 c B	57,18 b A	38,52 b C	26,19 c D	42,72
SILOTEC 20	36,90 c B	49,26 c A	37,66 bc B	27,08 bc C	37,73
Média	61,23	59,64	41,76	30,01	
Biomassa fresca de Folha (t ha ⁻¹)					
BRS 506	10,14 a A	12,01 ab A	7,40 a B	6,24 ab B	8,95
BRS 511	10,00 a B	13,93 a A	7,47 a C	6,44 a C	9,46
IAC-SART	8,90 ab A	10,37 b A	6,63 a B	4,01 bc C	7,48
BRANDES	8,50 ab A	7,73 c A	7,46 a A	3,34 c B	6,76
SELOTEC 20	7,39 b A	7,68 c A	6,58 a A	2,65 c B	6,08
Média	8,95 b	10,34 a	7,11 c	4,54 d	
Biomassa fresca de Caldo (t ha ⁻¹)					
BRS 506	35,16 a A	25,12 ab B	20,78 a C	13,62 a D	23,42
BRS 511	38,36 a A	29,11 a B	20,24 a C	15,49 a D	25,80
IAC-SART	22,42 b B	24,70 b A	17,15 a C	7,96 b D	18,07
BRANDES	21,70 b B	23,74 b A	12,42 b C	8,79 b C	16,65
SILOTEC 20	21,12 b B	22,84 b A	12,38 b C	9,17 b C	16,36
Média	27,55	25,10	16,60	11,01	
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)					
BRS 506	15,44 b B	17,96 a B	14,03 a C	20,06 a A	16,87
BRS 511	19,08 a B	19,95 a A	14,03 a C	21,08 a A	18,53
IAC-SART	13,35 c B	14,40 b B	10,92 b C	16,57 b A	13,81
BRANDES	12,18 cd C	13,36 bc B	8,72 c D	15,60 b A	12,46
SILOTEC 20	11,10 d C	12,95 c B	8,20 c D	15,95 b A	12,05
Média	14,23	15,72	11,18	17,85	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A cultivar de maior destaque para essa característica foi a BRS 511 que apresentou °Brix de até 21,08 na quarta época de semeadura, sem diferir da BRS 506. Na terceira época de semeadura, assim como para as demais características, o acamamento parece ter contribuído para reduzir o teor

de sólidos solúveis para todas as cultivares. Nessa época, mesmo a cultivar BRS 511 que apresentou °Brix superior a 19 nas demais épocas, atingiu apenas 14 °Brix. Esses resultados corroboram com o que foi descrito por May *et al.*, (2012b), que relata o efeito do acamamento de plantas sobre essa e outras variáveis da planta de sorgo sacarino.

Na quarta época de semeadura foram verificados os maiores valores de sólidos solúveis totais devido ao longo período de estresse hídrico que as plantas sofreram após o florescimento (Tabela 5; Figura 1). Segundo Murray *et al.*, (2008) e Ritter *et al.*, (2008) o teor de sólidos solúveis tem correlação direta com o teor de ART no caldo, os quais são utilizados como alimentos pelas leveduras na produção de etanol, sendo, portanto, desejável em maior grau possível. Todavia, a maior valor de °Brix deve estar associado à produtividade de colmos e caldo que resultará em maior produtividade de etanol. Guimarães Júnnyor *et al.* (2015) verificaram redução na produção de colmo e no valor de °Brix em semeadura tardia, ocasionado pelas condições climáticas, devido a deficiência hídrica.

Destaque para produção de biomassa total e biomassa de colmo das variedades BRS 511 e BRS 506 na primeira época e IAC-SART, sem diferir da cultivar BRS 511, na segunda época. Em todas as épocas os maiores teores de °Brix foram das variedades BRS 511 e BRS 506. A produtividade de biomassa de colmo, de caldo e o teor de sólidos solúveis verificados nas cultivares BRS 511 e BRS 506 estão acima dos valores preconizados por May *et al.*, (2014), que indicam como níveis mínimos de produção de açúcar e açúcares redutores totais no caldo para viabilização econômica da produção de etanol a partir do sorgo sacarino um ART de 12,5%, correspondente a 14,25 a 14,50 de °Brix. Verifica-se que a extração de 80 kg de açúcar por tonelada de colmos pode produzir de 2.000 a 2.200 litros de etanol por hectare, com rendimento de biomassa de 40 t ha⁻¹.

4 CONCLUSÕES

As épocas mais produtivas foram as semeaduras de novembro e de dezembro. As cultivares BRS 511 e BRS 506 foram as mais produtivas em todas as épocas de avaliação considerando o conjunto dos parâmetros avaliados.

Pelos níveis de produtividade observados nos ensaios, o sorgo sacarino pode constituir alternativa de cultivo viável para renovação de canaviais e fornecimento de matéria prima para produção de etanol na região Noroeste do Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- Almodares, A. & Hadi, M. R. (2009) - Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 4, n. 9, p. 772-780. [cit. 2013-12-20]. < <https://pdfs.semanticscholar.org/9caf/a134a96d86ec84808c1abb8cc82711296074.pdf> >.
- Bolonhezi, D.; Camilo, E.H. & Garcia, J.C. (2013) - Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de sorgo sacarino cultivados em Ribeirão Preto/SP. *In: Workshop de Agroenergia 7. Anais...* Ribeirão Preto - SP: APTA/IAC, CD-ROM
- Ceccon, G.; Makino, P.A.; Alves, V.B.; Fachinelli, R.; Luz, R.A. (2018) - Produtividade de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura e tipos de solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, vol. 5, n. 2, p. 69-75.
- Craufurd, P.Q. & Qi, A. (2001) - Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) *In: Nigeria. Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 108, n. 3, p. 199-211. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(01\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00241-6)
- Fernandes, P.G., May A., Coelho F.C., Abreu M.C. & Bertolino K.M. (2014) - Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. *Ciência Rural*, Santa Maria, vol. 44, n. 6, p. 975-981. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014000600004>
- Freitas, R.S.; Duarte, A.P.; Borges, W.L.B. & Strada, W.L. (2010) - Desempenho Agrônômico de Cultivares de Sorgo Granífero com Diferentes Densidades de Plantas em Votuporanga, Noroeste do Estado de São Paulo. *In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Potencialidades, Desafios e Sustentabilidade*. Goiânia. p. 1511-1517.
- Guimarães Júnnyor, W.S.; Severiano, E.C.; Silva, A.G.; Gonçalves, W.G.; Andrade, R.; Martins, B.R.R.; Custódio, G.D. (2015) - Sweet Sorghum Performance Affected by Soil Compaction and Sowing Time as a Second Crop in the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 39, p. 1744-1754. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20150121>.
- Lourenço, M.E.V.; Massa, V.M.L.; Palma, P.M.M. & Rato, A.E.M. (2007) - Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, vol. 30, n. 1, p. 103-110.
- Magalhães, P.C.; Souza T.C.; May, A.; Lima Filho O.F.; Santos, F.C.; Moreira, J.A.A.; Leite, C.E.P.; Albuquerque, C.J.B. & Freitas, R.S. (2014) - Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. *In: Sorgo: do plantio a colheita*. Viçosa - MG, ed. UFV. p. 9-11.
- May A.; Campanha, M.M; Silva, A.F.; Coelho, M.A.O; Parrella, R.A.; Schaffert, R.E. & Pereira Filho, I.A. (2012a) - Variedades de sorgo em diferentes espaçamentos e população de plantas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 11, n. 3, p. 278-290. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6577/rbms.v11n3p278-290>
- May, A.; Albuquerque, C.J.B.; Silva, A.F. & Pereira Filho, I. A. (2012b) - Manejo e tratos culturais. *In: May, A.; Durães, F.O.M.; Pereira Filho, I.A.; Schaffert, R.E. & Parrella, R.A.C. (Ed.). Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRSIG-Tecnologia Qualidade Embrapa*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 22-31.

May, A. Parrella R.A.C.; Damasceno C.M.B. & Simione M.L.F. (2014) - Sorgo como matéria prima para a produção de bioenergia: etanol e cogeração. *In: Sorgo: inovações Tecnológicas. Informe Agropecuário*. EPAMIG. Belo Horizonte – MG, vol. 35, n. 278, p. 14-15.

Murray, S.C.; Sharma, A.; Rooney, W.L.; Klein, P.E.; Mullet, J.E.; Mitchell, S.E. & Kresovich, S. (2008) - Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock: I. QTL for stem sugar and grain nonstructural carbohydrates. *Crop Science*, Madison, vol. 48, p. 2165-2179. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2008.01.0016>

Oliveira, R.A.C. & Ramalho, J. (2006) - Plano Nacional de Agroenergia: ed. 2, rev. Brasília, DF. *Embrapa Informação Tecnológica*, p. 110.

Parrella, R.A.C. (2011) - Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. *Agroenergia em Revista*. Brasília- DF, vol. 2, n. 3, p. 47.

Parrella, R.A.C. & Schaffert, R.E. (2012) - Cultivares. *In: Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRSIG-Tecnologia Qualidade Embrapa*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 14-21.

Pereira Filho, I.A.; Parrella, R.A.; Moreira, J.A.A.; May, A.; Souza, V.F. & Cruz, J.C. (2013) - Avaliação de cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH) em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 12, n. 2, p. 118-127. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p118-127>

Prado, H.; Jorge, J.A. & Menk, J.R.F. (1999) - Levantamento pedológico detalhado e caracterização físico-hídrico dos solos da Estação Experimental de Agronomia de Votuporanga (SP). *Boletim Científico*, ed. IAC-Campinas, n. 42, p. 24.

Ribas, P.M. (2014) - Informação e tecnologia garantem bons resultados com sorgo. *In: Sorgo: inovações Tecnológicas. Informe Agropecuário*. Belo Horizonte – MG, vol. 35, n. 278, p. 06.

Ribeiro Jr., J.I. (2001) - *Análises estatísticas no SAEG* (Sistema para análises estatísticas). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 301.

Ritter, K.B.; Jordan, D.R.; Chapman, S.C.; Godwin, I.D.; Mace, E.S. & McIntyre, C.L. (2008) - Identification of QTL for sugar-related traits in a sweet x grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) recombinant inbred population. *Molecular Breeding*, Dordrecht, vol. 22, n. 3, p. 367-384.

Santos G.S. (2011) - Concorrência ampliada dos produtos do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar no Brasil. *Agroenergia em Revista*. Brasília - DF, ed. 3, p. 37-42.

Schaffert, R.E.; Parrella, R.; May, A. & Durães, F. O. M. (2011) - Metas de rendimentos e qualidade de sorgo sacarino. *Agroenergia em Revista*. Brasília – DF, vol. 2, n. 3, p. 47.

Taiz, L. & Zeiger, E. (2004) - *Fisiologia Vegetal*, Porto Alegre: Artmed, p. 719.

Teixeira C.G.; Jardine J.G.; Nicolletta G. & Zarone M. H. (1999) - Influência da época de corte sobre o teor de açúcares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, vol. 34, n. 9, p. 1601-1606. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000900010>