



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA
CURSO DE DOUTORADO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

BRUNO FRANÇA DA TRINDADE LESSA

**AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS DE SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE
ETANOL NO SEMIÁRIDO: MATURAÇÃO E RESPOSTAS AO SILÍCIO**

FORTALEZA - CE

2015

BRUNO FRANÇA DA TRINDADE LESSA

**AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS DE SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE
ETANOL NO SEMIÁRIDO: MATURAÇÃO E RESPOSTAS AO SILÍCIO**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra

FORTALEZA - CE

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- L631a Lessa, Bruno França da Trindade
 Avaliações agrônômicas de sorgo sacarino para produção de etanol no semiárido: maturação e resposta ao solício. / Bruno França da Trindade Lessa. – 2015.
 97 f. il., color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
 Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza,
 2015.
 Área de concentração: Grandes Culturas
 Orientação: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.
1. Fitotecnia. 2. Adubação. 3. Adubos e Fertilizantes. I. Título.

BRUNO FRANÇA DA TRINDADE LESSA

**AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS DE SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE
ETANOL NO SEMIÁRIDO: MATURAÇÃO E RESPOSTAS AO SILÍCIO**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em
Agronomia / Fitotecnia do Departamento de
Ciências Agrárias da Universidade Federal
do Ceará, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia.

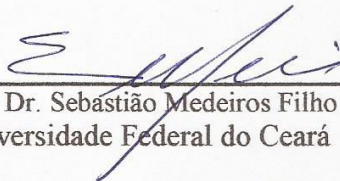
Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra

Aprovada em: 11 / 12 / 2015.

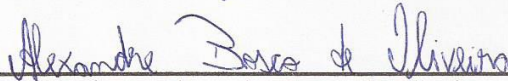
BANCA EXAMINADORA



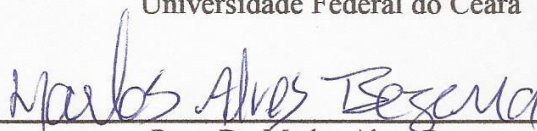
Prof. Dr. Alek Sandro Dutra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará



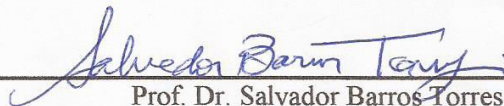
Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho
Universidade Federal do Ceará



Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira
Universidade Federal do Ceará



Pesq. Dr. Marlos Alves Bezerra
Embrapa Agroindústria Tropical



Prof. Dr. Salvador Barros Torres
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

A Deus.

*A minha mãe, Maria Luciere França, a minha esposa
Andressa de Jesus da Trindade Lessa, ao meu padrasto,
Eliberto José Moraes de Souza e ao meu irmão Élisson
França de Souza, pelo apoio e dedicação incondicionais.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, que guiou os meus passos até aqui;

A toda minha família (mãe, esposa, padrasto e irmão) pelo apoio, carinho, dedicação e confiança;

A Universidade Federal do Ceará (UFC), juntamente com o Centro de Ciências Agrárias, pelas oportunidades que culminaram na realização desta conquista;

A Fundação CAPES, pela bolsa concedida e pelo incentivo a pesquisa;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alek Sandro Dutra, pelo apoio e confiança;

Aos componentes da banca examinadora, Dr. Marlos A. Bezerra, Prof. Dr. Alexandre B. de Oliveira, Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho e Prof. Dr. Salvador B. Torres pelas observações e contribuições dadas ao trabalho;

A Fazenda Experimental Vale do Curú e seus dedicados funcionários pelo acolhimento pessoal e contribuição, direta ou indireta, para a realização deste trabalho;

Ao Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFC e ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da EMBRAPA Agroindústria Tropical pela concessão do ambiente de trabalho e equipamentos para a realização de etapas importantes desta pesquisa;

E aos amigos Anderson Herculano Galvão, Antônia Gardênia D. Sousa, Antônio Francelino de Oliveira Filho, Antônio N. da Silva, Camila Castro Santos, Charles Lobo Pinheiro, Francisco Cristiano de S. Severino, Francisco Rodrigo de F. Lima, Frederico Yan M. Nascimento, Hernandes R. dos Santos Léa de Oliveira Costa, Maria da Conceição Freitas, Tatiana Maria da Silva, Ramon Costa Feitosa, Wallace Edelky de Souza Freitas, Wesley do N. Souza pela essencial e direta colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características agronômicas e tecnológicas do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) produzido no semiárido em função da maturação fisiológica e adubação silicatada. Para isso, realizou-se experimento em campo no município de Pentecoste – CE, com três genótipos (BRS 506, BRS 511 e híbrido 7C30) sob diferentes doses de silicato de potássio via foliar (0; 500; 1000 e 1500 mL ha⁻¹) e diferentes épocas de colheita, tanto para o corte do colmo (90, 97, 104 e 111 dias após o plantio) quanto para a colheita de sementes (30, 37, 47 e 51 dias após a plena floração). Avaliou-se a produção de fitomassa fresca e seca (folhas, panículas e colmos), o rendimento e características bioquímicas do caldo e a qualidade e produção de sementes. Os dados obtidos foram submetidos ao estudo estatístico com testes de normalidade e homogeneidade, teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para dados não normais, análise de variância (ANAVA), teste de comparação de média (Tukey) e regressão polinomial para dados normais ou normalizados (sistema Box Cox). Os valores médios de produtividade (fitomassa total) alcançados foram de 58,6; 64,9 e 24,5 t.ha⁻¹ para BRS 506, BRS 511 e híbrido 7C30, respectivamente, no ano de 2014. Já em 2015 houve decréscimo de produção de 8,5% para a BRS 506 e 21,2% para a BRS 511, mas permanecendo em níveis satisfatórios. No ano de 2014, as cultivares BRS alcançaram rendimento na ordem de 20 e 22 mil L ha⁻¹ de caldo, enquanto o híbrido atingiu apenas 4 mil L ha⁻¹, não estando apto para produção de etanol. O caldo das cultivares BRS apresentou elevado padrão de qualidade, com 16 a 18 °brix, sendo que a BRS 511 se destacou positivamente apresentando 157 g L⁻¹ de carboidratos totais aos 111 dias após sementeira. Em 2015 as duas cultivares BRS mantiveram alta qualidade de caldo com acréscimo de carboidratos totais (165 a 167 g L⁻¹). No ciclo de 2015 houve efeito do adubo silício para o acúmulo de matéria seca e para a qualidade do caldo aumentando os teores de carboidratos totais. As sementes das cultivares BRS 506 e BRS 511 apresentaram ótimas condições fisiológicas (90% de germinação), atingindo o máximo potencial de vigor aos 49 a 53 dias após a plena floração. As cultivares estudadas BRS 506 e BRS 511 são recomendadas para a região semiárida apresentando elevada produção de biomassa e alto padrão de qualidade de caldo quando o corte é realizado aos 111 dias após o plantio. Ambas cultivares BRS apresentam alto potencial para a produção de sementes com maturação fisiológica aos 110 e 113 dias após o plantio para as cultivares BRS 511 e BRS 506, respectivamente. Finalmente, entre 1100 e 1400 mL ha⁻¹ de silicato de potássio é o intervalo de doses indicadas para o manejo de sorgo sacarino no semiárido.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. Carboidratos. Épocas de colheita. Adubação silicatada.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agronomic and technological characteristics of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) produced in semiarid as a function the physiological maturity and Silicon fertilization. Was conducted a field experiment in the city of Pentecost - CE with three genotypes (BRS 506, BRS 511 and hybrid 7C30), potassium silicate dosages (0, 500; 1000 and 1500 mL ha⁻¹) and harvest times, both the stalk cut (90, 97, 104 and 111 days after planting) and for seed harvest (30, 37, 47 and 51 days after full bloom). Was accomplished the production of fresh and dry weight (leaves, stems and panicles), Yield and biochemistry analysis of stalk juice and seed quality. The data were submitted to statistical analysis, normality and homogeneity tests, nonparametric Kruskal-Wallis test for non-normal data, analysis of variance (ANAVA), mean comparison test (Tukey) and polynomial regression to normal or normalized data (Box-Cox system). Average productivity values (total biomass) were 58.6; 64.9 and 24.5 t ha⁻¹ for BRS 506, BRS 511, and hybrid 7C30, respectively, in 2014. In 2015 there was 8.5% decrease for BRS 506 production and 21.2% for BRS 511, but remained at satisfactory levels. In 2014, the varieties achieved yields juice in the order of 20 000 and 22 000 L ha⁻¹, while the hybrid reached only 4000 L ha⁻¹, not being able to ethanol production. The varieties stalks juice showed high standard of biochemical quality 16-18 °brix, wherein the BRS 511 showed 157 g L⁻¹ total carbohydrates to 111 days after sowing. In 2015 cultivars maintained high quality stalk juice with total carbohydrates increase (165-167 g L⁻¹). In the 2015 cycle there was effect of silicon fertilizer for the accumulation of dry matter and quality of the stalk juice, increasing the total carbohydrates. The varieties seeds (BRS 506 and BRS 511) showed great physiological conditions (90% germination), reaching the maximum potential vigor after 49 to 53 days after full bloom. The varieties studied (BRS 506 and BRS 511) are recommended for the semiarid region presenting high biomass production and quality stalk juice at 111 days after sowing. Both varieties have a high potential to seeds production with physiological maturity at 113 and 110 days after sowing the varieties BRS 506 and BRS 511, respectively. Finally, 1100 and 1400 ml ha⁻¹ is indicated dosege for the management of sweet sorghum in the semiarid.

Keywords: *Sorghum bicolor*. Carbohydrates. Harvest times. Silicon fertilization.

LISTA DE TABELA

CAPÍTULO 1 - FITOMASSA DE SORGO SACARINO PRODUZIDO NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCA DE COLHEITA

- Tabela 1:** Matéria fresca de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho dos anos de 2014 e 2015..... 36
- Tabela 2:** Matéria fresca de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho dos anos de 2014 e 2015 colhidos em diferentes épocas após a semeadura..... 39
- Tabela 3:** Resumo da ANAVA das variáveis com dados normalizados pelo sistema box cox: matéria seca de panículas (MSP), colmos (MSC) e total (MST) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE)..... 42
- Tabela 4:** Matéria seca de panículas (MSP) de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014 e colhidos em diferentes épocas após a semeadura..... 43
- Tabela 5:** Matéria seca de colmos (MSC) e matéria seca total (MST) de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014 e 2015..... 44
- Tabela 6:** Matéria seca de colmos (MSC) e matéria seca total (MST) de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014, em função da época de colheita..... 45

CAPÍTULO 2 - RENDIMENTO E QUALIDADE DE CALDO DE SORGO SACARINO NO SEMIÁRIDO: ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCAS DE COLHEITA

Tabela 1: Rendimento de caldo (RC) de sorgo sacarino produzido em município do semiárido (Pentecoste, CE) em função do genótipo e épocas de colheita..... 60

Tabela 2: Resumo da ANAVA: sólidos solúveis totais (SST), carboidratos solúveis totais (CST) e etanol de sorgo sacarino produzido em município do semiárido (Pentecoste - CE)..... 61

Tabela 3: Sólidos solúveis totais (SST) do caldo de sorgo sacarino de três diferentes genótipos mensurados em quatro épocas de colheita em município do semiárido (Pentecoste, CE)..... 62

Tabela 4: Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) no caldo de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2015 em função da época de colheita..... 65

Tabela 5: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2015 colhidos em quatro épocas de colheita..... 70

CAPÍTULO 3 - MATURAÇÃO DE SEMENTES DE SORGO SACARINO PRODUZIDAS NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA

Tabela 1: Características físicas e fisiológicas de sementes de duas cultivares de sorgo sacarino submetidas a diferentes níveis de adubação silicatada e colhidas em diferentes épocas..... 85

APÊNDICE

Tabela 1: Principais parâmetros meteorológicos referentes ao período de 15 de março a 15 de julho de 2014 em Pentecoste – CE.....	94
Tabela 2: Pluviosidade (P) referente ao período de março a julho de 2015 no município de Pentecoste – CE.....	94
Tabela 3: Condições físico-químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Fazenda Vale do Curu, Pentecoste, CE (amostragem em fevereiro de 2014).....	95
Tabela 4: Condições físico-químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Fazenda Vale do Curu em Pentecoste - CE (amostragem em fevereiro de 2015).....	95
Tabela 5: Época de florescimento para três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) nas épocas chuvosas dos anos de 2014 e 2015.....	96
Tabela 6: Principais atividades e tratos culturais realizados durante cada ciclo de cultivo do sorgo sacarino com suas respectivas épocas.....	96

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - FITOMASSA DE SORGO SACARINO PRODUZIDO NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCA DE COLHEITA

- Figura 1:** Matéria seca de folhas (MSF) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho dos anos de 2014 e 2015 em função do genótipo (A) e das épocas de colheita (B)..... 40
- Figura 2:** Matéria seca de panículas (MSP) de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014 em função da época de colheita..... 43
- Figura 3:** Desdobramento da interação silício vs época de colheita para a matéria seca de colmos (MSC) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) no ano de 2015..... 46
- Figura 4:** Desdobramento da interação silício vs época de colheita para a matéria seca total (MST) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) no ano de 2015..... 48

CAPÍTULO 2 - RENDIMENTO E QUALIDADE DE CALDO DE SORGO SACARINO NO SEMIÁRIDO: ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCAS DE COLHEITA

- Figura 1:** Sólidos solúveis totais (SST) no caldo de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste, CE) nos anos de 2014 (A) e 2015 (B) em função da época de colheita..... 63
- Figura 2:** Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) do caldo de sorgo sacarino produzido no município do semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2014 em função

dos fatores isolados: genótipo (A) e época de colheita (B)..... 64

Figura 3: Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) no caldo de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido no ano de 2015 em função da época de colheita..... 66

Figura 4: Sólidos solúveis totais (A) e carboidratos solúveis totais (B) em caldo de sorgo sacarino produzidos no semiárido no ano 2015 em função da adubação foliar com silicato de potássio (K_2SiO_3)..... 67

Figura 5: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido no ano de 2014..... 69

Figura 6: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido no ano de 2015 em função da época de colheita..... 70

Figura 7: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido no ano de 2015 em função das doses de silicato de potássio (A) e épocas de colheita (B)..... 71

CAPÍTULO 3 - MATURAÇÃO DE SEMENTES DE SORGO SACARINO PRODUZIDAS NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA

Figura 1: ^(A)Box Plot para o conjunto de dados de massa da matéria fresca de panícula (MMFP) e para a ^(B)quantidade de sementes por panícula (QSP)..... 83

Figura 2: Índice de velocidade de germinação de sementes de duas cultivares de sorgo sacarino em função da época de colheita..... 86

Figura 3: ^(A e B)Comprimento de parte aérea (CPA) de plântulas de sorgo sacarino em função da época de colheita de sementes e da cultivar; ^(C)massa da matéria seca de parte aérea (MSPA) e ^(D)comprimento de raiz (CR) em função da época de colheita de

sementes.....	87
---------------	----

Figura 4: Massa da matéria seca de raiz (MSR) de plântulas de sorgo sacarino em função da cultivar (A) e da época de colheita de sementes (B).....	88
---	----

APÊNDICE

Figura 1: Exame fitopatológico de folhas de sorgo sacarino cultivado em Pentecoste - CE entre março e julho de 2015.....	97
---	----

Figura 2: Vista aérea da área experimental (A. E.), marcação em vermelho, pertencente à Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) da Universidade Federal do Ceará em Pentecoste - CE.....	98
--	----

Figura 3: Imagem georreferenciada da área experimental (retângulo azul) situada na Fazenda Experimental Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará em Pentecoste - CE.....	99
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	HIPÓTESES.....	18
3	OBJETIVOS.....	18
3.1	Objetivo Geral.....	18
3.2	Objetivos Específicos.....	18
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
4.1	O Sorgo Sacarino.....	19
4.1.1	Visão Geral.....	19
4.1.2	Importância Econômica do Sorgo Sacarino.....	19
4.1.3	O Sorgo Sacarino no Nordeste.....	21
4.2	Etanol.....	21
4.2.1	Matéria Prima para a Produção de Etanol.....	22
4.2.2	Processos Industriais para a Produção de Etanol.....	23
4.3	Silício.....	23
4.3.1	O Silício como Nutriente para as Plantas.....	23
4.3.2	A Adubação Silicatada e as Gramíneas.....	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
	CAPÍTULO 1 - FITOMASSA DE SORGO SACARINO PRODUZIDO NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCA DE COLHEITA.....	31
	Resumo.....	31
	Abstract.....	31
	Introdução.....	32
	Material e Métodos.....	33
	Resultados e Discussão.....	35
	Conclusões.....	49
	Referências Bibliográficas.....	49

CAPÍTULO 2 - RENDIMENTO E QUALIDADE DE CALDO DE SORGO SACARINO NO SEMIÁRIDO: ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCAS DE COLHEITA.....	
Resumo.....	54
Abstract.....	54
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	59
Conclusões.....	73
Referências Bibliográficas.....	73
CAPÍTULO 3 - MATURAÇÃO DE SEMENTES DE SORGO SACARINO PRODUZIDAS NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA.....	78
Resumo.....	78
Abstract.....	78
Introdução.....	79
Material e Métodos.....	80
Resultados e Discussão.....	83
Conclusões.....	88
Referências Bibliográficas.....	88
APÊNDICE.....	93

1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos renováveis é crescente a cada dia, o que deixa a agricultura brasileira entre as mais promissoras neste quesito. Com relação aos biocombustíveis, por exemplo, o Brasil detém o título de maior exportador de etanol, alternativa ao uso de combustível oriundo do petróleo (não renovável), sendo o segundo maior produtor (NOVA CANA, 2015a). Toda essa importância se deu graças à hegemonia no cultivo de cana-de-açúcar, em que historicamente metade da produção se destina à fabricação de etanol (CONAB, 2014).

Na safra de cana-de-açúcar 2014/15 a produção de etanol, entre o anidro e o hidratado, foi de 28,6 bilhões de litros, sendo que apenas 7,1% deste total foram oriundos da região norte-nordeste (CONAB, 2014). Uma forma de alavancar a produção de etanol no Nordeste seria o incentivo para o cultivo de outro importante exemplar da família Poaceae, o sorgo do tipo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Ademais, seu cultivo pode amenizar os efeitos da falta do produto (etanol) no período de entressafra da cana-de-açúcar na região, época que obriga a importação desse insumo da região centro-sul, aumentando assim seu preço no mercado. O cultivo do sorgo sacarino no período de entressafra da cana-de-açúcar já é uma realidade em algumas usinas sucroalcooleiras na região centro-sul do país (CUNHA; SEVERO FILHO, 2010).

Em meados dos anos 70, com a implantação do Programa Pro-Álcool, o sorgo sacarino ganhou notoriedade no tocante a produção de etanol para as microdestilarias. No entanto, a mesma perdeu importância no decorrer dos anos 80 e 90 em virtude da eliminação de incentivos governamentais para essas pequenas destilarias (PURCINO, 2011). A implantação do Plano Nacional de Agroenergia (2006 – 2011) veio a consolidar o retorno da importância desta cultura como fonte de recursos renováveis em uma época de interesse extremo pela sustentabilidade ambiental (MAPA, 2006). Assim, retornou-se o programa de melhoramento genético da cultura, com o desenvolvimento pela Embrapa de novas cultivares.

O sorgo sacarino é uma espécie que, assim como a cana-de-açúcar, tem a propriedade de acumular açúcares, principalmente sacarose, em toda a extensão de seu colmo (TEIXEIRA *et al.*, 1999). E, através do processo de moagens do colmo para a obtenção do caldo e consequentes tratamentos químicos de fermentação e destilação se dá a produção do etanol, igualmente ao que acontece no processamento do caldo da cana-de-açúcar. Este tipo de sorgo atinge maturidade fisiológica por volta dos 120 dias, podendo alcançar produtividade de 70

toneladas de colmo por hectare e obtendo até 60 litros de etanol por tonelada processada (DURÃES *et al.*, 2012).

Em adição, a semelhança entre o sorgo sacarino e a cana-de-açúcar referente ao processo fisiológico de acumulação de sacarose enseja o interesse em se testar práticas comprovadamente ligadas ao aumento do rendimento da cana-de-açúcar na cultura do sorgo.

Uma atividade que é considerada altamente benéfica para algumas culturas, principalmente gramínea como a cana-de-açúcar, é a utilização de silício mineral no manejo nutricional. Diversos trabalhos relatam os benefícios do silício para a cana-de-açúcar, incluindo aumento da produção de colmos, aumento da vida útil do canavial, diminuição do acamamento, redução de pragas e doenças, entre outros (Marafon; Endres, 2011). Estes benefícios levam a uma maior eficiência fotossintética das plantas o que pode aumentar consideravelmente os níveis de sacarose acumulada.

Outra questão que merece destaque diz respeito a adaptação de cultivares de sorgo sacarino às condições climáticas da região Nordeste, incluindo o semiárido. Estudos e pesquisas que possibilitem a indicação de genótipos adaptados e formas de manejo adequadas para estas condições tornam-se de fundamental importância para se alcançar a estabilidade da cultura na região, não somente para cobrir a demanda de etanol no período de entressafra das usinas sucroalcooleiras, mas também para abrir novos mercados no âmbito da agricultura familiar.

2 HIPÓTESES

2.1 Para alguma cultivares de sorgo sacarino, as condições de clima da região Nordeste favorece a antecipação das épocas de colheita tanto para o corte dos colmos quanto para a colheita das sementes.

2.2 A adubação com silício melhora a qualidade do caldo (decorrente do maior acúmulo de açúcares) e das sementes (elevados níveis de germinação e vigor) de sorgo sacarino.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a produtividade e a qualidade tecnológica de três genótipos de sorgo sacarino, assim como a maturação de sementes em função da adubação foliar com silício e de épocas diferentes para colheita.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Avaliar a produção de fitomassa de três genótipos de sorgo sacarino submetidos a adubação foliar silicatada e colhidas em épocas distintas;

3.2.2 Avaliar a qualidade do caldo de três genótipos de sorgo sacarino em função da adubação com silício e da época de corte dos colmos;

3.2.3 Verificar a qualidade e a produção de sementes de três genótipos de sorgo sacarino em função da adubação com silício e da época de colheita.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O sorgo sacarino

3.1.1 Visão geral

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma espécie de gramínea (Poaceae) nativa do continente africano e bastante difundida por suas características de adaptabilidade a estresses abióticos, principalmente de temperatura do ar e umidade do solo (PURCINO, 2011). Esta espécie é classificada em diferentes tipos de acordo com o seu potencial de uso para os diferentes fins da agroindústria. O sorgo pode ser do tipo forrageiro, destinado à produção de forragem para silagem ou pastagem para animais; do tipo granífero, destinado à produção de grãos; do tipo vassoura, cultivado essencialmente no sul do país para a confecção de vassouras caseiras; e por fim, do tipo sacarino, que apresenta a característica de acumular altos teores de açúcares fermentescíveis no colmo (PONTES, 2013), igualmente como ocorre para a cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.), com alta conversão de energia solar em energia química.

Entre as cultivares existentes no Brasil (variedades e híbridos) o sorgo sacarino apresenta altura variando entre 2,60 e 2,95 m, variação de 63 a 80 dias para o florescimento e período para colheita de 100 a 130 dias após o plantio (PARRELLA; SCHAFFERT, 2012). O caldo do sorgo sacarino apresenta variação de 15 a 21 °Brix com teor de sacarose de 8,0 a 17,5%, bem próximos aos valores encontrados na cana-de-açúcar que está entre 18 e 21 °Brix e sacarose entre 15 e 18%, o que torna a utilização do caldo do sorgo uma alternativa para complementar ou mesmo substituir o caldo de cana-de-açúcar nas destilarias do país (DURÃES *et al.*, 2012).

3.1.2 Importância econômica do sorgo sacarino

O sorgo sacarino é cultivado no Brasil desde a década de 50, mas passou a ser uma cultura de importância econômica em meados da década de 70 com a implementação do Programa Nacional do Alcool (Pró-Alcool) pelo governo brasileiro. Este Programa visava a substituição do uso de combustíveis derivados do petróleo por biocombustíveis, uma resposta a crise do petróleo. Nesta época, a principal cultura já era a cana-de-açúcar, mas o sorgo sacarino era cultivado de maneira satisfatória para viabilizar a atividade de médias e pequenas

destilarias, principalmente por apresentar ciclo rápido, de apenas quatro meses, e assim manter essas microdestilarias sem períodos ociosos. A Embrapa passou a encaminhar programas de melhoramento genético, o que promoveu a criação de cultivares com altos rendimentos de colmo e potencial elevado para a produção de etanol, destacando-se as variedades BRS 506 e 507 e o híbrido BRS 601. Com o Programa, o país passou a ser uma referência mundial na produção de etanol, tornando-se economia pioneira no uso de biocombustíveis (PURCINO, 2011).

No decorrer dos anos 80 e 90 o cultivo do sorgo sacarino passou a perder expressão no mercado bioenergético graças à eliminação de incentivos governamentais para as pequenas destilarias, o que ocasionou o fechamento de muitas destas, e também pelo desenvolvimento da injeção eletrônica e do catalisador de três vias nos veículos automotivos, que reduziram de forma drástica as emissões no escapamento e, com isso, o efeito poluidor dos combustíveis fósseis deixou de ser um grande problema (LEITE; LEAL, 2007).

Entretanto, no começo dos anos 2000 o setor bioenergético volta a sofrer novas reformulações, a consciência ambiental toma força na mídia e a busca pela sustentabilidade ganha notoriedade no setor agrícola. Assim, o uso de combustíveis renováveis volta ao cenário automotivo com a criação, em 2003, dos carros flex fuel com rápida aceitação dos consumidores (NOVA CANA, 2015a). Em 2006 o governo implanta o Plano Nacional de Agroenergia (2006 - 2011) consolidando permanentemente a produção de etanol no país (MAPA, 2006). Nestes termos, as grandes indústrias de álcool se consolidam aumentando o cultivo da cana-de-açúcar, cultura inquestionavelmente superior em rendimento para grandes usinas, que até o momento é a cultura “chefe” para a produção de etanol (PURCINO, 2011). Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar sendo que praticamente metade da produção se destina a fabricação de álcool (CONAB, 2014), o que coloca o Brasil no posto de segundo maior produtor de etanol do mundo (NOVA CANA, 2015a).

Com este cenário, o sorgo sacarino torna-se um importante aliado na produção de etanol, e o mesmo já se insere novamente no agronegócio nacional. Em 2008 a Embrapa retomou as atividades no campo do melhoramento genético do sorgo sacarino e as usinas sucroalcooleiras aproveitaram o ciclo curto do mesmo para produzir etanol no período de entressafra da cana-de-açúcar (CUNHA; SEVERO FILHO, 2010; PARRELLA, 2011).

Segundo a Embrapa milho e sorgo os valores de referência mínimos exigidos para o cultivo de sorgo sacarino no Brasil é de 50 t.ha^{-1} para produção de colmo, $60 \text{ L etanol.t}^{-1}$ e $3000 \text{ L etanol.ha}^{-1}$ (DURÃES *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2011; PARRELLA; SCHAFFERT, 2012).

3.1.3 O sorgo sacarino no Nordeste

A cultura do sorgo adapta-se bem às condições do semiárido nordestino, já que possui ciclo vegetativo curto e alta tolerância aos déficits hídricos, comuns na região, pois consegue extrair e reter mais água e suportar elevadas temperaturas, representando, por isso mesmo, alternativa para cultivo em áreas inapropriadas para o milho (AGÊNCIA PRODETEC, 2015).

Nesse sentido, pequenos agricultores podem utilizar o sorgo sacarino em mini e microdestilarias para a produção de etanol ou até aguardente. Pois a cultura se sobressai em regiões marginais, onde não se produz cana-de-açúcar, com baixa precipitação e solos ácidos, como o Norte de Minas Gerais e o Nordeste do Brasil (PARRELLA, 2010),

Poucos trabalhos foram realizados na região Nordeste visando avaliar a adaptabilidade da cultura na região. Percebe-se maior foco de estudos pela Universidade Federal da Paraíba e pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), com pesquisas de qualidade do caldo visando tanto à produção de aguardente quanto a de álcool carburante (etanol). Investigações destas instituições possibilitaram indicações comprovadas do uso do caldo do sorgo sacarino para a fabricação de cachaça, atendendo os padrões da legislação vigente (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2005).

As investigações sobre a produção de biomassa do sorgo sacarino em diferentes lugares da região semiárida foram realizadas por Tabosa *et al.* (2010); este autor verificou superioridade da variedade SF-15 sobre as variedades tradicionais, como a Rio e a Roma, recomendada para toda a região semiárida, já as mais tradicionais podem ser recomendadas com algumas restrições como é o caso da exigência de irrigação para o estado de Sergipe.

3.2 Etanol

O etanol é um composto de fórmula química $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ pertencente à função orgânica dos álcoois, por isso denominado também de álcool etílico e por ser o tipo mais comum desta função, muitas vezes, é chamado simplesmente de álcool. O etanol é utilizado na fabricação de diversos produtos, como tintas, solventes, bebidas, alimentos, cosméticos e combustível automotivo, sendo este último o principal motivo para produção em ampla escala (NOVA CANA, 2015b).

3.2.1 Matéria prima para a produção de etanol

A produção do etanol pode ser realizada por três diferentes vias, por destilação de líquidos alcoólicos, pela via sintética e pela via fermentativa. A destilação de líquidos (cervejas, vinhos, cachaças etc.) se dá em casos especiais como para regulação de mercado de bebidas fermentadas ou destiladas, quando ocorrem superproduções, cujo método não tem significância econômica para o Brasil. A via sintética, também sem expressão nacional, ocorre em regiões onde há grandes reservas de petróleo, sendo viável a síntese de etanol a partir de hidrocarbonetos não saturados, como o eteno e o etino, gases de petróleo e hulha. A via fermentativa é a mais utilizada no Brasil e se dá pela fermentação de material vegetal de origem agrícola rico em açúcares (sacarose, glicose e frutose), utilizando principalmente a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como agente fermentativo (OLIVEIRA, 2015).

As matérias-primas para a fermentação etanólica são classificadas para efeito didático em açucaradas, amiláceas e celulósicas. As fontes açucaradas se dividem ainda em 1) diretamente fermentescíveis, pela presença de substâncias que não precisam de transformação para a ação das leveduras, como as frutas (glicose e frutose); 2) não-diretamente fermentescíveis, que contém compostos que necessitam ser hidrolisados antes de serem absorvidos pelos organismos, como a beterraba (rafinose e sacarose), o malte (maltose) e o soro de leite (lactose); e 3) mistas, como a cana-de-açúcar e o sorgo sacarino que apresentam grandes quantidades de açúcares redutores e não-redutores (OLIVEIRA, 2015).

Quanto às fontes amiláceas ou feculentas, em que a fermentação ocorre a partir do amido, citam-se o milho, o sorgo granífero, o trigo (amiláceas), a mandioca, a batata e o coco de babaçu (feculentas). As matérias-primas celulósicas são as que se constituem principalmente de hemicelulose e celulose, e assim como o amido necessitam de transformação prévia para açúcares fermentescíveis, citam-se as madeiras, e resíduos de serraria. Neste último, encaixam-se também os resíduos agrícolas como a palha do milho, a casca do arroz e o bagaço da cana, sendo denominados por etanol de segunda geração (LEITE; CORTEZ, 2008; OLIVEIRA, 2015; SANTOS *et al.*, 2015).

No Brasil, a matéria prima mais utilizada como fonte de carboidratos para a produção de etanol é a cana-de-açúcar, devido ao seu potencial de acumular grandes quantidades de sacarose, o que permite a produção tanto do álcool quanto do açúcar, e por ser mais adaptada às condições edafoclimáticas do país (NOVA CANA, 2015; OLIVEIRA, 2015).

3.2.2 Processos industriais para a produção de etanol

Os processos para a produção de etanol, que ocorre através do processamento da cana-de-açúcar, segue etapas ordenadas com modificações físicas e químicas da matéria-prima, desde o momento de colheita até o armazenamento do produto final.

Com a chegada do material (cana-de-açúcar) na indústria ocorre inicialmente a lavagem, para a retirada de poeira, areia e terra. O material é picado e submetido à ação de um eletroímã que retira os materiais metálicos do produto. Em sequência ocorre a moagem para extração do caldo, qual é peneirado e esterilizado. O caldo é levado a tanques onde mistura-se às leveduras (*S. cerevisiae*); estes, alimentam-se do açúcar presente no caldo produzindo etanol e gás carbônico (fermentação). Após algumas horas, o mosto resultante contém o vinho fermentado, açúcares que não foram fermentados e o etanol (10%). Para separar o etanol presente no mosto, utiliza-se técnicas de destilação e condensação resultando no etanol hidratado (96%), este utilizado como combustível. Há ainda a possibilidade de desidratar este tipo de etanol, para retirada do restante da água, produzindo o etanol anidro, com graduação alcoólica de 99,5%, utilizado na mistura com a gasolina, 27% nas normas atuais, e na confecção de solventes e produtos de limpeza (MME, 2015; NOVA CANA, 2015b; OLIVEIRA, 2015).

3.3 Silício

3.3.1 O silício como nutriente para as plantas

O silício (Si^{14}) é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre. Ocorre principalmente como mineral inerte das areias, quartzo (SiO_2 puro), caulinitas, micas, feldspatos e em outros argilominerais (MARAFON; ENDRES, 2011).

Entretanto, devido ao fenômeno da dessilicização dos solos, o Si é continuamente perdido pelo processo de lixiviação. Os solos tropicais e subtropicais possuem, geralmente, baixos teores de silício disponíveis para as plantas. Estes solos, em determinadas circunstâncias, podem se beneficiar da adubação com Si (KORNDÖRFER; PEREIRA; CARVALHO, 2002).

No manejo nutricional das plantas cultivadas, o silício não é reconhecido como elemento essencial, pois não é exigido pela planta para completar seu ciclo de vida. Como exceção, apenas espécies da família botânica Equisetaceae requerem o silício para completar

seus ciclos de vida. No entanto, várias espécies acumulam quantidades substanciais de silício e apresentam melhorias no crescimento e na fertilidade quando supridas adequadamente com este elemento (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Entre os benefícios proporcionados pela absorção do silício, Marafon e Endres (2011) elencaram a resistência à pragas e doenças, diminuição da taxa de transpiração, amenização dos efeitos do excesso de metais pesados e do estresse salino, aumentos na eficiência fotossintética, no suprimento de carboidratos, na assimilação da amônia, na força mecânica dos colmos, no perfilhamento, nos teores de clorofila, e ainda, redução da senescência foliar e proteção das folhas contra os danos causados pela radiação ultravioleta.

O silício é depositado principalmente no retículo endoplasmático, paredes celulares e espaços intercelulares, como sílica amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Este elemento também pode formar complexos com polifenóis, servindo como alternativa à lignina no reforço das paredes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A ocorrência do silício se encontra na solução do solo, principalmente, como ácido monossilícico (H_4SiO_4), com uma concentração variando de 0,1 a 0,6 mM, sendo absorvido pelas plantas nessa forma em quantidades bastante variáveis. Valores entre 0,1% e 10% são os mais usuais, embora ocorram percentuais tanto menores como maiores (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Já o silício na planta é pouco móvel, devido à ausência de carga elétrica. Acredita-se que a absorção do H_4SiO_4 (ácido monossilícico) é de natureza não seletiva e energeticamente passiva. O transporte do silício da raiz até a parte aérea se dá através do xilema e depende da taxa de evapotranspiração. Supõe-se que o transporte do silício se dê principalmente através do movimento ascendente da água no interior da planta (KORNDÖRFER; PEREIRA; CARVALHO, 2002).

3.3.2 A adubação silicatada e as gramíneas

A família Poaceae que incluem importantes culturas como arroz, trigo, milho e cana-de-açúcar apresentam grande capacidade de acumular silício, podendo até mesmo ultrapassar os teores de macronutrientes primários, portanto tais espécies se mostram bastantes responsivas à adubação silicatada (MARAFON; ENDRES, 2011; RAMOS; KORNDÖRFER; NOLLA, 2008).

Respostas satisfatórias da adubação silicatada no método hidropônico pelas culturas do trigo e da aveia, com aumentos significativos no crescimento e produção de grãos,

principalmente, para o trigo, foram relatadas por Lima Filho e Tsai (2007). Para estes autores, as três cultivares de trigo BR 18, BR 40 e IPR 85, apresentaram crescimento acentuado na matéria seca da parte aérea, espigas e grãos. Já Barbosa *et al.* (2008) verificaram aumento da produtividade de grãos de sorgo pela aplicação de silicato de cálcio tanto no sulco de plantio quanto em área total.

Outras duas culturas bastante responsivas à aplicação do silício são a cana-de-açúcar e o arroz (KORNDÖRFER; PEREIRA; CARVALHO, 2002; RAMOS, KORNDÖRFER; NOLLA, 2008). Um dos principais efeitos proporcionados pelo silício nessas culturas é a menor incidência de pragas e doenças. O mecanismo de resistência a doenças é atribuído à associação do silício com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação. Existem pesquisadores que acreditam que o silício, além do efeito puramente mecânico, também teria o papel de proteção sistêmica contra fungos. Vários pesquisadores demonstraram que o silício está relacionado com a reação do arroz a várias e importantes doenças, tais como a brusone (*Pyricularia grisea*), escaudadura (*Microdochium oryzae*) e mancha parda (*Drechslera oryzae*) (BARBOSA FILHO *et al.*, 2000). Na cana-de-açúcar já se conhece o efeito do silício na diminuição da ferrugem e da mancha parda, doenças causadas pelos fungos *Puccinia melanocephala* e *Cercospora longipes*, respectivamente (MARAFON; ENDRES, 2011).

Com relação às pragas, sabe-se da eficiência do silício na diminuição do ataque de pragas; para o arroz, alguns insetos que são afetados pelos altos conteúdos de silício na planta são: *Chilo suppressalis*, *Scirpophaga incertulas*, *Chlorops oryzae*, *Niphotettix bipunctatus cincticeps*, *Nilaparvata lugens*, *Sogetella furcifera*, além dos ácaros (BARBOSA FILHO *et al.*, 2000). Segundo Korndörfer, Pereira e Carvalho (2002) o ataque de pragas na cana-de-açúcar, principalmente pela broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), cigarrinhas da folha (*Mahanarva posticata*) e das raízes (*Mahanarva fimbriolata*) poderiam ser diminuídas nas cultivares acumuladoras de silício.

A adubação silicatada, principalmente para a cana-de-açúcar, também proporciona outros benefícios, como maior resistência aos estresses hídricos e salinos, menor taxa de acamamento, e aumento na taxa fotossintética, todas estas modificações fisiológicas já foram comprovadas pela ciência (KORNDÖRFER; PEREIRA; CARVALHO, 2002; MARAFON; ENDRES, 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PRODETEC. **Agricultura nordeste**: BNB-ETENE mostra panorama sobre cultura do sorgo. Acesso em: 5 nov 2015. Disponível em: <<http://www.agenciaprodetec.com.br/estudos-e-pesquisas/354-agricultura-nordeste-bnb-etene-mostra-panorama-sobre-cultura-do-sorgo.html>>. 2015.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz. Encarte Técnico, Potafos. **Informações Agronômicas**, nº 89, 2000.

BARBOSA, N. C.; VENÂNCIO, R.; ASSIS, M. H. S.; PAIVA, J. B.; CARNEIRO, M. A. C.; PEREIRA, H. S. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em neossolo quartzarênico de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 290-296, 2008.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2014. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: CONAB, 2014. Acesso em: 4 nov 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_19_09_02_49_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_2014-15.pdf>.

CUNHA, S. P.; SEVERO FILHO, W. A. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Tecno-Lógica**, v. 14, n. 2, p. 69-75, 2010.

DURÃES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, L. A. C (Editores). **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada**: oportunidades, perspectivas e desafios. Documentos 138, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76 p. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/933001>>. Acesso em: 30 out. 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CARVALHO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. *Tecnologia/Pesquisa*, **STAB**, v. 21, n. 2, 2002.

LEITE, R. C.; CORTEZ, L. A. B. **O etanol combustível no Brasil**. In: Ministério das Relações Exteriores. *Biocombustíveis no Brasil: realidades e perspectivas*. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3_000g7gq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmfk.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2015.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos**, n. 78, p. 15-21, 2007.

LIMA, A. M.; SANTOS, D. T.; GARCIA, J. C. **Viabilidade econômica e arranjos produtivos**. In: DURÃES, F. O. M. *Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia*. Embrapa Agroenergia, *Agroenergia em revista*. Ano II, n. 3, ago. 2011.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**/Embrapa Agropecuária Oeste, 41. 2007.

MAPA - Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. - Brasília, DF : **Embrapa Informação Tecnológica**, 2006. 110 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/PLAN%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf>.

MARAFON, A. C; ENDRES, L. **Adubação silicatada em cana-de-açúcar**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 46 p. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_165.pdf>.

MME – Ministério de Minas e Energia, Assessoria de Comunicação Social, Governo Federal. **“Governo decide pela elevação da mistura de etanol na gasolina a 27%”**. Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/primeiro-destaque/-/asset_publisher/iS28XocIOLAj/content/governo-decide-pela-elevacao-da-mistura-de-etanol-na-gasolina-a-27->](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/primeiro-destaque/-/asset_publisher/iS28XocIOLAj/content/governo-decide-pela-elevacao-da-mistura-de-etanol-na-gasolina-a-27-). Publicado em: 4 mar. 2015. Acesso em: 29 out. 2015.

NOVA CANA. **Pró-álcool**: programa brasileiro de álcool. Acesso em 12 out 2015. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol.htm>>. 2015a.

NOVA CANA. **Sobre o etanol**. Acesso em 2 nov 2015. Disponível em: <<http://www.novacana.com/etanol/sobre-etanol/>>. 2015b.

OLIVEIRA, S. Processos de produção. Acesso em: 4 nov 2015. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/samueloliveira/disciplinas/tecnologia-de-fabricacao-de-biocombustiveis/bioetanol/apostila-2-processo-de-producao-de-etanol-de-cana-de-acucar>>. 2015.

PARRELLA, R. A. C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Ed. 3, 2011. 51p.

PARRELLA, R. A. C. **Sorgo sacarino: Alternativa para a produção de etanol**. Dia de campo na TV/Embrapa. Acesso em 7 nov 2015. Disponível em: <<http://hotsites.sct.embrapa.br/diacampo/programacao/2010/sorgo-sacarino-alternativa-para-a-producao-de-etanol>>. 2010.

PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. *In*: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, L. A. C (Editores). Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol, Sistema BRS 1G – Tecnologia qualidade Embrapa. Documentos 139, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012, cap 1. p. 14-21. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Dagma_Da_Silva2/publication/256717776_sorgo_sacarino_documento_139/links/00463523ae38d01ff1000000.pdf>. Acesso em: 29 out. 2015.

PONTES, G. M. **Avaliação da produtividade de biomassa de capim elefante e sorgo sacarino no estado do Ceará para uso energético**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado em

Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas – EESP – FGV, São Paulo, 2013.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. In: DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. Embrapa Agroenergia, **Agroenergia em revista**. Ano II, n. 3, ago. 2011.

RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 751-757, 2008.

RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; ROCHA, A. S.; DANTAS, J. P.; FLORENTINO, E. R.; SILVA, F. L. H. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 9-16, 2008.

SANTOS, R. F.; PLACIDO, H. F.; GARCIA, E. B.; CANTÚ, C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; FRIGO, K. D. A. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 1-12, 2015. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/rber/article/download/39690/pdf_37>.

SOUZA, C. C.; DANTAS, J. P.; SILVA, S. M.; SOUZA, V. C.; ALMEIDA, F. A.; SILVA, L. E. Produtividade do sorgo granífero cv. sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 512-517, 2005.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; SILVA FILHO, J. G.; BRITO, A. R. M. B.; RODRIGUES, J. A. S. O Sorgo sacarino no semi-árido brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; NICONELLA, G.; ZARONI, M. H. influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, 1999.

CAPÍTULO 1

FITOMASSA DE SORGO SACARINO PRODUZIDO NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCA DE COLHEITA

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produtividade de biomassa de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivado no semiárido em função da adubação silicatada e épocas de colheita. Para isso, implantou-se experimentos em campo nos anos de 2014 e 2015 na Fazenda Vale-do-Curú, Pentecoste, CE com três genótipos de sorgo sacarino (BRS 506, BRS 511 e híbrido experimental 7C30) adubados via foliar com silicato de potássio (0; 500; 1000 e 1500 mL ha⁻¹) e colhidos aos 90, 97, 104 e 111 dias após a semeadura. A colheita foi realizada em doze plantas na área útil da parcela para determinação das massas das matérias fresca e seca de colmos, folhas, panículas e total das plantas. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis (5%) quando não normais e análise de variância com teste de Tukey (5%) e regressão, para os dados normais. Os valores médios de produtividade (biomassa total) alcançados foram de 58,6; 64,9 e 24,5 t.ha⁻¹ para BRS 506, BRS 511 e híbrido, respectivamente, no ano de 2014. Para o ano de 2015, houve decréscimo de produção de 8,5% para a cultivar BRS 506 e de 21,2% para a BRS 511, mas permanecendo em níveis satisfatórios. No segundo ciclo houve aumento da massa seca no colmo em função da aplicação de silício em dosagem acima de 833,3 mL ha⁻¹. As cultivares BRS 506 e BRS 511 foram indicadas para cultivo no semiárido com o máximo de biomassa alcançado aos 90 dias após a semeadura.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. BRS 506. BRS 511. Híbrido 7C30. Massa fresca. Silício.

BIOMASS OF SWEET SORGHUM PRODUCED IN SEMIARID AS A FUNCTION SILICATE FERTILIZER AND HARVEST SEASON

Abstract

The aim of this study was to evaluate the biomass productivity potential of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) produced in the semiarid for different genotypes and harvesting times. Was deployed a field experiment in 2014 with replay in 2015 at Vale do Curu Farm, Pentecoste-CE, with three genotypes of sweet sorghum (BRS 506, BRS 511 and

experimental hybrid 7C30) fertilized with potassium silicate (0, 500, 1000 and 1500 mL ha⁻¹) and gathered at 90, 97, 104 and 111 days after sowing. Twelve plants were harvested in the floor area of the plot to determine the fresh and dry weight of stems, leaves, panicles and full of plants. The experimental design was the RBD (randomized block design) in split plot design with four replications. The not normal data were submitted to Kruskal-Wallis test (5%) and analysis of variance with Tukey's test (5%) and regression to the normal data. Average productivity values (total biomass) were 58.6; 64.9 and 24.5 t ha⁻¹ for BRS 506, BRS 511, and hybrid, respectively, in 2014. In 2015 there has decrease in production of the varieties of 8.5% for BRS 506 and 21.2% for BRS 511, but remained at satisfactory levels. In the second cycle there was an increase of stalk dry weight as a function of silicon in the above dosage 833.3 ml h⁻¹. BRS 506 and BRS 511 cultivars are suitable for cultivation in semiarid with maximum biomass at 90 days after sowing.

Keywords: *Sweet Sorghum*. BRS 506. BRS 511. Hybrid 7C30. Fresh weight. Silicon.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma espécie da família Poaceae nativa do continente africano e classificada em diferentes tipos de acordo com o seu potencial de uso para os diferentes fins agroindustriais. Os tipos são o forrageiro, o granífero, o vassoura e o sacarino, este último com característica de acumular altos teores de açúcares fermentescíveis no colmo (PONTES, 2013). Atualmente, há ainda um tipo de sorgo chamado de biomassa, com finalidade exclusiva de alta produção de biomassa para a geração de energia através da queima em usinas termelétricas (EMBRAPA, 2014).

Com a tendência atual das atividades ecologicamente sustentáveis, o sorgo sacarino se destaca como importante fonte de energia renovável, fortalecendo o setor bioenergético brasileiro. E, por suas características de rusticidade, pode abranger a produção de etanol para regiões de baixa ou até mesmo nenhuma expressão no setor alcooleiro, como o semiárido nordestino.

O cultivo do sorgo sacarino no semiárido torna-se altamente promissor, já que se trata de uma espécie comprovadamente resistente à seca (PURCINO, 2011). Trata-se de uma espécie eficaz no uso da água, e em caso de elevação da temperatura e/ou intensidade luminosa mantém sua eficiência fotossintética por se tratar de uma planta com metabolismo C4 (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A definição do momento adequado para a colheita é importante, tendo em vista que as condições de luz e água estão diretamente envolvidas no processo de maturação do colmo. Nas regiões Sudeste e Sul o sorgo sacarino encontra-se apto para colheita entre 100 e 130 dias após a semeadura (PARRELLA; SCHAFFERT, 2012). Nas regiões semiáridas, esta época para o corte dos colmos poderá ser antecipada a depender das características agrônômicas alcançadas.

Uma atividade que está se consolidando em cultivos com espécies da família Poaceae, e que atualmente vem tomando espaço no cenário científico para outras famílias botânicas é o uso da adubação complementar com silício (MARAFON; ENDRES, 2011; RAMOS; KORNDÖRFER; NOLLA, 2008), seja via solo ou foliar. Este micronutriente no manejo de plantas cultivadas não é reconhecido como elemento essencial, no entanto, várias espécies acumulam quantidades substanciais de silício e apresentam melhorias no crescimento e desenvolvimento quando supridas adequadamente por este elemento (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A hipótese é que a adubação foliar adicional na cultura do sorgo sacarino com silício promove maior proteção contra pragas e doenças, assim como aumentar a resistência ao déficit hídrico, evitando o gasto energético do metabolismo vegetal para tal proteção e assim ser mais bem aproveitado para os processos de acúmulo de metabólitos no colmo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa e rendimento de caldo de três genótipos de sorgo sacarino em função da adubação foliar silicatada e diferentes épocas de colheita em região semiárida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, na Fazenda Experimental Vale do Curu, (coordenadas UTM 462620 E; 9577349 S e altitude de 48 m) (Apêndice – Figuras 2 e 3) em Planossolo de textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006) pertencente à Universidade Federal do Ceará, Pentecoste – CE. O primeiro ciclo de cultivo se estendeu entre os meses de março a julho de 2014, período que compreende a estação chuvosa na região, com semeadura realizada em 22 de março. O experimento foi repetido para o mesmo período em 2015, com semeadura em sete de março.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido com chuvas irregulares. Os dados meteorológicos referentes aos períodos de experimento encontram-se na Tabela 1 e 2 da seção Apêndice.

Após as atividades de preparo do solo (duas gradagens no primeiro ciclo e uma subsolagem seguida de duas gradagens no segundo), foram semeados de forma manual ao longo do sulco de plantio três diferentes genótipos de sorgo sacarino: duas cultivares comerciais, a BRS 506, adquirida junto ao Departamento Comercial da Embrapa Produtos e Mercados/ Escritório de Sete Lagoas, MG, e a BRS-511, cedida pela empresa Ceres Sementes do Brasil Ltda., além do híbrido experimental (não comercial) também cedido pela Ceres[®] de código interno EJX 7C30.

Levando em consideração a análise de solo (Apêndice - Tabelas 3 e 4) e recomendações de Coelho (2012), no momento da semeadura, em ambos os anos, foi realizada adubação de fundação com 30, 50 e 45 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e de cobertura (20 dias após semeadura) com 140 e 45 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente. As fontes utilizadas foram ureia, super fosfato simples e cloreto de potássio.

Para a aplicação dos tratamentos, realizou-se adubação com silicato de potássio (Abrafo[®]: 12% SiO₂; 12 % K₂O) via foliar nas dosagens de 500, 1000 e 1500 mL ha⁻¹. As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador costal (20 L) com bomba tipo pistão, bico em leque com vazão de 19 L h⁻¹ e acoplado ao “chapéu de napoleão” para não haver influência entre as diferentes parcelas, incluindo a controle (sem aplicação). Utilizou-se também o espalhante adesivo Assist[®] (adjuvante) na concentração de 5% do volume de calda que foi de 100 L ha⁻¹.

No primeiro ciclo de cultivo (2014) a adubação silicatada foi realizada quando as plantas se encontravam entre os estádios V7 e V9 (sete a nove folhas completamente expandidas) o que ocorreu aos 30 dias após a semeadura (DAS). No segundo ciclo (2015), a adubação foi realizada duas vezes, em estágio anterior (V4 a V6) aos 20 DAS e também no mesmo período do ciclo anterior (V7 e V9, o que ocorreu aos 25 DAS).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados repetidos quatro vezes em esquema de parcelas subdivididas (3 x 4 x 4): três genótipos, quatro níveis de silício (incluindo a parcela sem silício) e quatro épocas de colheita (90, 97, 104 e 111 dias após a semeadura).

Com o esquema proposto, o experimento teve área total de 2.688 m² contendo 30.720 plantas, sendo o bloco de 672 m² e a parcela de 14 m², com 160 plantas cada parcela. A parcela foi constituída de quatro linhas de cinco metros contendo 40 plantas em cada linha (8 pl m⁻¹) e espaçadas em 0,70 m (PARRELA; SHAFFERT, 2012), sendo as duas linhas centrais a área útil da parcela.

Cada atividade e tratos culturais realizadas durante o ciclo da cultura encontram-se descritos na Tabela 6 da seção Apêndice informando as respectivas épocas referentes as tomadas de decisões.

Aos 90, 97, 104 e 111 dias após semeadura foram realizadas as amostragens em cada parcela coletando doze plantas das linhas úteis aleatoriamente, com pesagem do feixe em balança digital (15 kg) para determinação da massa da matéria fresca total (MFT).

Das doze plantas, quatro foram separadas de maneira aleatória para pesagem da massa da matéria fresca e seca das partes separadamente, folhas (MFF e MSF), colmos (MFC e MSC) e panículas (MFP e MSP). A massa da matéria seca total (MST) foi determinada com o somatório da massa de matéria seca das partes. Os dados de fitomassa foram extrapolados para $t\ ha^{-1}$ em função da quantidade de plantas em um hectare, pelo espaçamento e densidade de semeadura utilizados (114.286 plantas).

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e quando atenderam a tais pressuposições foi feita análise de variância (ANAVA) com teste de Tukey (5%) para comparar as médias das três cultivares; e estudo de regressão polinomial para analisar os níveis de silício e as épocas de colheita. Quando os dados não atenderam pelo menos uma das pressuposições, estes foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruscal-Wallis, com comparações múltiplas por pares quando $p\text{-valor} \leq 0,05$ e nível de significância a 5%.

As variáveis MSP (ciclo 1), MSC (ciclo 2) e MST (ciclo 2) foram analisadas com os dados transformados, através do sistema Boxcox, o que possibilitou o ajuste dos dados para realização da ANAVA.

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio dos softwares Action 2.7 (ESTATCAMP, 2014) para transformação Box-cox, teste de Bartlett (teste de variância) e teste de Kruscal-Wallis; Assistat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) para os testes de normalidade; e Sisvar 5.3 Build 77 (FERREIRA, 2011) para ANAVA com Tukey ou regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seja através de análise de variância ou análise não-paramétrica sempre houve efeito significativo para o fator genótipo. A produção de fitomassa foi sempre superior para as cultivares BRS 506 e BRS 511, estas não apresentando diferenças estatísticas entre si ($p > 0,05$), com exceção das variáveis relacionadas às panículas (Tabela 1). Os dados de

produtividade, para as cultivares BRS, foram bastante satisfatórios, para ambos os ciclos de produção. A matéria fresca total, designada comumente por fitomassa ou biomassa total, é a principal variável de desempenho agrônomo para a cultura, cujos valores foram 58,6 e 64,9 t ha⁻¹, respectivamente para BRS 506 e BRS 511 no primeiro ciclo de produção (2014), enquanto no segundo ciclo (2015) registrou-se 53,6 e 51 t ha⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1: Matéria fresca de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho dos anos de 2014 e 2015.

GEN	----- t ha ⁻¹ -----			
	MF ^F	MF ^C	MF ^P	MFT
<i>Ciclo 1 (2014)</i>				
BRS 506	4,43 a	51,05 a	3,12 b	58,60 a
BRS 511	6,00 a	52,52 a	2,82 b	64,94 a
HB 7C30	1,41 b	18,84 b	4,26 a	24,51 b
<i>Ciclo 2 (2015)</i>				
BRS 506	7,79 a	47,28 a	2,59 b	51,05 a
BRS 511	7,49 a	46,54 a	2,03 b	51,18 a
HB 7C30	2,45 b	25,03 b	3,04 a	30,40 b

MF^F: massa da matéria fresca de folhas; MF^C: massa da matéria fresca de colmos; MF^P: massa da matéria fresca de panículas; MFT: massa da matéria fresca total. ^{a, b} Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância a 5%.

Ainda em relação à fitomassa total, os valores apresentados se encontram acima da produtividade média nacional para a cultura do sorgo sacarino descrita por Lima *et al.* (2011), que é de 50 t ha⁻¹. E que corresponde basicamente às produções da região Centro-Sul do país, muitas das quais advém de lavouras irrigadas e altamente tecnificadas, realidade distinta da agricultura de sequeiro, onde se enquadra esta pesquisa, e da maioria dos produtores rurais do semiárido nordestino.

Souza *et al.* (2013), avaliando a adaptabilidade e estabilidade de 25 cultivares de sorgo sacarino em diferentes regiões do país (MG, MT e RS) constataram produção de fitomassa total média na ordem de 43,3 t ha⁻¹. A cultivar BRS 506, também testada por Souza *et al.* (2013), obteve sua maior produtividade na cidade de Nova Porteirinha - MG, 59,6 t ha⁻¹, valor este, próximo ao encontrado no presente trabalho no primeiro ciclo de produção, 58,6 t ha⁻¹. A cultivar BRS 511, no primeiro ano, atingiu média de 64,9 t ha⁻¹ (Tabela 1), média superior em comparação às diferentes cultivares do trabalho mencionado.

Em pesquisa na cidade de Évora, Portugal, trabalhando-se com sorgo sacarino frente a diferentes níveis de irrigação, Lourenço *et al.* (2007) verificaram média de 63 t ha⁻¹ no seu tratamento de maior densidade hídrica, ou seja, produziu-se no semiárido cearense em regime de sequeiro o mesmo que se produziu com alto regime hídrico em país da Europa. Estes resultados ressaltam a tese de que a produção de sorgo sacarino no semiárido, mesmo em condição de sequeiro, torna-se altamente viável, com produtividade semelhante aos grandes polos produtores das regiões Centro e Sul do Brasil e até mesmo em outros países.

No tocante a produção de colmos, registrou-se no presente trabalho produtividades médias variando entre 46,5 e 52,5 t ha⁻¹. Portanto, respeitando os índices tecnológicos de cada cultura, pode-se até fazer uma comparação com a produtividade da cana-de-açúcar, principal matéria-prima para o setor alcooleiro, que na safra 2013/14 da região Nordeste foi de 51,1 t ha⁻¹ (CONAB, 2013). Para a cultivar BRS 511, um dos mais recentes lançamentos da Embrapa Milho e Sorgo, em comunicado técnico desenvolvido por esta instituição postula-se rendimento médio de colmos entre 60 a 80 t ha⁻¹ (EMBRAPA, 2012), o que não foi atingido no presente trabalho, mas apresentando valores acima do esperado, chegando a 52,5 t ha⁻¹ no ano de 2014 (Tabela 1).

O híbrido estudado apresentou desempenho muito abaixo do esperado para a cultura, chegando a alcançar apenas 24,5 e 30,4 t ha⁻¹ de matéria fresca total (fitomassa total), respectivamente, no primeiro e segundo ciclo, ou seja, próximo da metade da produtividade média nacional para o sorgo sacarino, mencionada anteriormente (LIMA *et al.*, 2011). O híbrido em questão trata-se de material não comercial, que no momento da aquisição de suas sementes, ainda encontrava-se em avaliação de desempenho agrícola na região Sudeste; e, verificando os rendimentos encontrados trata-se de material não apto para comercialização, pelo menos nas condições deste trabalho. Pode-se inferir que parte dessa baixa produtividade do genótipo EJX 7C30 é devida às condições extremas do semiárido, condições estas distintas das exigências de muitos genótipos híbridos. Dávalos (2015) relata que os híbridos, em geral, são mais exigentes em aplicação de tecnologia relativa à correção de acidez do solo, utilização de nutrientes, suprimento de umidade do solo etc. Assim sendo, nas condições deste trabalho, o genótipo não conseguiu explorar seu máximo potencial, o que prejudicou seu rendimento.

Ainda de acordo com a Tabela 1, as cultivares BRS 506 e 511 sofreram déficit de produção quando comparando os diferentes anos, com exceção da massa de matéria fresca de folhas. Vê-se que para o ano de 2015 houveram perdas na ordem de 3 a 6 t ha⁻¹ de colmos em comparação a 2014. Quanto às panículas, as perdas ficaram entre 500 a 800 kg ha⁻¹. A BRS 506 apresentou déficit de 8,5% em massa total de um ano para o outro, enquanto para BRS

511 este déficit foi de 21,2%. Mesmo com estas alterações, os valores de produtividade (massa total) permaneceram em níveis satisfatórios (acima de 50 t ha⁻¹).

As diferenças em produção entre os ciclos podem ser explicadas pelas alterações climáticas de cada ano, principalmente quanto à pluviosidade (Apêndice - Tabelas 1 e 2). A estação chuvosa de 2014 obteve 516,2 mm, sendo 343 mm durante o período experimental. A literatura estabelece uma precipitação anual entre 375 e 625 mm como ideal para o sorgo sacarino (GOMES, 2014), sendo assim a precipitação em 2014 ficou dentro do intervalo indicado. Em 2015 a estação chuvosa registrou precipitação de 835 mm, sendo 695 mm entre o plantio e a colheita, ultrapassando o intervalo ideal postulado e propiciando problemas de manejo. Evidenciou-se investimento metabólico das plantas para a produção de folhas no ano mais chuvoso (2015), chegando ao acréscimo nesta variável de 75,8% para a cultivar BRS 506, seguido do material híbrido com 73,7% e, por fim, a BRS 511 com 24,8% (Tabela 1).

As chuvas torrenciais deste período (março a julho de 2015) proporcionaram alagamento em alguns pontos do experimento com consequente proliferação de fitodoenças, como a cercosporiose que foi diagnosticada em campo (Apêndice – Figura 1). Tais condições contribuíram para diminuir a produtividade, principalmente para a cultivar BRS 511. Apesar das condições adversas e da irregularidade na frequência pluviométrica comum neste tipo de região, as cultivares BRS conseguiram manter alta produtividade. A maior precipitação para o ano de 2015, mesmo considerando os pontos negativos que vieram em consequência desta, como o alagamento e ataque de fungos, diminuindo a produtividade das cultivares BRS, enquanto para o material híbrido, houve melhoria na produção, com ganho de 19,4% em fitomassa total (Tabela 1). O híbrido foi beneficiado com o aumento das chuvas, apesar de não alcançar patamares consideráveis de produtividade (30 t ha⁻¹).

O único caráter avaliado em que o híbrido apresentou melhores resultados em comparação às cultivares BRS foi em relação à produção de panículas. No primeiro ano, o híbrido EJX 7C30 obteve média de 4,26 t ha⁻¹ de panículas, 36,5% a mais de massa fresca quando comparado à cultivar BRS 506. A diferença entre esse híbrido e a cultivar BRS 511 foi ainda maior, com superioridade de 51%. No segundo ciclo, o híbrido produziu em média 3,04 t ha⁻¹, tendo superioridade de 17,4 e 49,7% para as cultivares BRS 506 e BRS 511, respectivamente (Tabela 1). Estes resultados conduzem ao discernimento da potencialidade real desse novo genótipo, com isso, pode-se inferir que o metabolismo desse material, em condições semiárida, favoreceu a produção de grãos em detrimento ao desenvolvimento do colmo, o que sugere um material com potencial granífero e não sacarino. Em experimento realizado, também, na região Nordeste (Teresina - PI) com avaliação de híbridos de sorgo do

tipo granífero, sem restrição hídrica, houve intervalos em toneladas de panículas por hectare de 4,54 a 10,75 (SANTANA, 2013), ficando o híbrido 7C30 muito próximo ao limite inferior deste intervalo. Novas pesquisas com esse material (EJX 7C30) com foco na produção de grãos são requeridas para confirmar sua potencialidade e buscar formas de manejo que melhorem tais resultados.

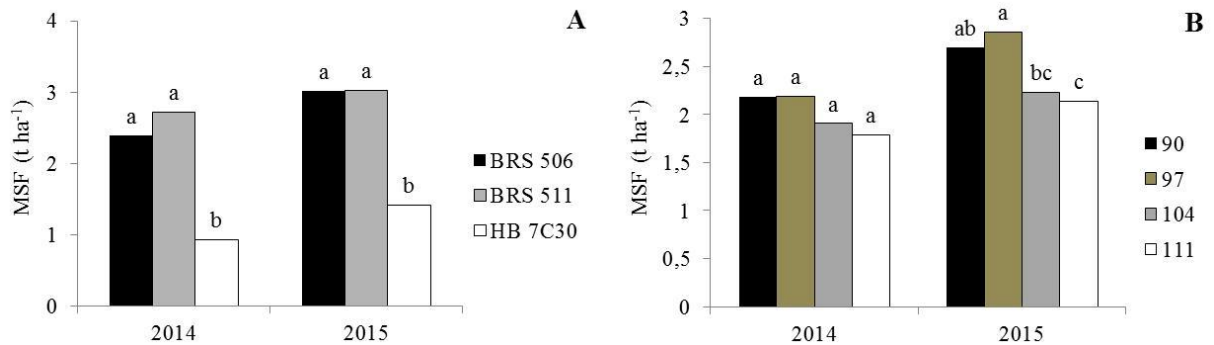
Para a produção de matéria fresca ao longo dos 21 dias finais de cada ciclo, foi notada a perda de água no processo de senescência (Tabela 2). No ano de menor índice pluviométrico (2014), ao se analisar a massa das folhas, pode-se acompanhar a deterioração destas com perda em massa de 58,3% entre 90 e 111 dias após a semeadura (DAS), sendo este processo intensificado após 97 DAS, com perda semanal de 30 a 35% da massa foliar até os 111 DAS. Esta perda em massa foi determinada exclusivamente pela desidratação das folhas, tendo em vista a manutenção da massa seca destas (Figura 1B). No ano de 2015, para a massa fresca das folhas não houve variação de maneira ordenada com valores próximos uns aos outros independente do tempo de colheita. O maior volume de chuva fez com que a desidratação das folhas (senescência) não ocorresse ainda nesse período, e observando a Figura 1B nota-se que houve decréscimo da massa seca, revelando ainda o processo de translocação de assimilados para as demais partes da planta (panículas e colmos), diferente do ciclo anterior (2014) que neste período as plantas já haviam estabilizado o processo metabólico.

Tabela 2: Matéria fresca de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho dos anos de 2014 e 2015 colhidos em diferentes épocas após a semeadura.

DAS	----- $t \text{ ha}^{-1}$ -----			
	MFF	MFC	MFP	MFT
<i>Ciclo 1 (2014)</i>				
90	5,01 a	43,01 a	4,04 a	52,09 a
97	4,63 ab	41,43 a	3,52 ab	49,59 a
104	3,24 bc	40,14 a	3,11 b	50,82 a
111	2,90 c	38,64 a	2,88 b	44,42 b
<i>Ciclo 2 (2015)</i>				
90	5,95 ab	40,42 a	3,58 a	46,59 a
97	6,95 a	42,48 a	3,03 a	47,75 a
104	5,25 b	37,36 a	1,83 b	42,18 a
111	5,50 ab	38,98 a	1,82 b	40,42 a

MFF: massa da matéria fresca de folhas; MFC: massa da matéria fresca de colmos; MFP: massa da matéria fresca de panículas; MFT: massa da matéria fresca total; RC: rendimento de caldo em volume; DAS: dias após a semeadura. ^{a, b} Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância a 5%.

Figura 1: Matéria seca de folhas (MSF) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho dos anos de 2014 e 2015 em função do genótipo (A) e das épocas de colheita (B).



^{a, b} Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com nível de significância a 5%.

Quanto à massa da matéria fresca de colmo, não houve alteração significativa no decorrer dos dias finais, o que mostra uma manutenção dos componentes metabólicos deste órgão, o que facilita o planejamento para a colheita em decorrência do amplo período sem haver perda de produção (Tabela 2). Outro ponto importante nesse processo é quanto à maturação das panículas que apresentou perda média semanal de 10,6% em massa (Tabela 2), mostrando o processo natural de desidratação do grão, que estatisticamente parece ter se estabilizado a partir dos 97 DAS. Assim, deve-se optar para fazer a colheita das panículas, em casos específicos de interesse nos grãos produzidos, no intervalo de 90 a 97 DAS.

Ainda com relação à massa da matéria fresca de panículas, no segundo ciclo (2015) (Tabela 2), percebem-se valores muito baixos a partir dos 104 DAS. Esse fato pode ser explicado pela predação às panículas por pássaros, evidenciada em campo nesse final de ciclo, o que não havia acontecido no primeiro ano de cultivo, determinando a não adoção de medidas de contenção ao ataque de pássaros. Em 2014, por ter sido ano de pouca pluviosidade, provavelmente ocorreu refúgio da fauna para outras localidades e, com o maior índice pluviométrico no ano seguinte, o clima favoreceu o retorno deste tipo de fauna, com consequente aumento da predação às panículas.

Com cada órgão apresentando suas específicas taxas de maturação, de modo geral para a planta, visualizando a massa da matéria fresca total, só evidenciou-se perda significativa na

última semana de avaliação, ou seja, entre 104 e 111 DAS (Tabela 2). Tem-se, portanto, um período de 14 dias (90 a 104 DAS) sem haver perda de produtividade nessas condições.

No segundo ano de cultivo (Tabela 2), a perda de massa das panículas foi mais acentuada que no primeiro ano, com início deste processo entre 97 e 104 DAS, evidenciando o processo de maturação das panículas neste período em decorrência da perda natural de água. Em 2015 percebeu-se que o processo de senescência foi adiado haja a perda irrisória da massa das folhas, que neste segundo ciclo foi de apenas 7,5% entre o menor e maior período de colheita, enquanto no primeiro ciclo, a perda de massa foi de 58,3%, como já mencionado. Provavelmente, isto se ocorreu por conta da maior quantidade de chuvas durante o ciclo da cultura em 2015, o que proporcionou alta umidade no solo no período destinado às colheitas, atrasando a maturação.

A ausência de diferença entre as épocas de colheita e/ou o decréscimo de massa ao longo destas é fato importante tendo em vista que se obteve maior quantidade de biomassa desde o menor período de tempo estudado. A condição semiárida promoveu um ciclo de vida mais curto para o sorgo sacarino, uma vantagem se comparado ao Centro-Sul do país onde se atinge o máximo potencial de biomassa em torno de 100 dias, 100 e 110 DAS para híbridos e 110 a 120 para as variedades (PARRELLA; SCHAFFERT, 2012; TEIXEIRA *et al.*, 1999).

As variáveis massa da matéria seca de panícula, no primeiro ciclo, massa da matéria seca de colmo e total, no segundo, foram analisadas de forma paramétrica e se mostraram altamente responsivas aos fatores estudados, com significância para algumas interações (Tabela 3). No primeiro ciclo de produção, houve interação significativa entre os genótipos e as épocas de colheita para a matéria seca de panículas ($p < 0,01$). Já no segundo ano de produção, constatou-se interação entre os níveis de silício e épocas de colheita para a matéria seca de colmos e também total ($p < 0,05$). Não se constatou interação conjunta entre os três fatores para as variáveis assim analisadas, sendo abordadas neste capítulo as interações duplas significativas ou os efeitos isolados dos fatores.

Tabela 3: Resumo da ANAVA das variáveis com dados normalizados pelo sistema box cox: matéria seca de panículas (MSP), colmos (MSC) e total (MST) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE).

FV	GL	MSP ¹	MSC ²	MST ²
		----- QM -----		
Bloco	3	0,7332 ^{ns}	0,3893 ^{ns}	0,3584 ^{ns}
Gen (G)	2	19,8602 ^{**}	9,3215 ^{**}	5,4667 ^{**}
<i>Erro 1</i>	6	0,8006	0,083	0,0536
Silício (S)	3	0,0897 ^{ns}	0,0842 ^{ns}	0,0755 ^{ns}
G x S	6	0,4194 ^{ns}	0,0182 ^{ns}	0,0104 ^{ns}
<i>Erro 2</i>	27	0,2742	0,7713	0,0584
Colheita (Co)	3	0,3102 ^{ns}	1,4103 ^{**}	1,7373 ^{**}
G x Co	6	0,8343 ^{**}	0,0254 ^{ns}	0,0155 ^{ns}
S x Co	9	0,2878 ^{ns}	0,0963 [*]	0,0697 [*]
G x S x Co	18	0,1555 ^{ns}	0,0723 ^{ns}	0,0554 ^{ns}
<i>Erro 3</i>	108	0,1631	0,0479	0,0329
Total	191	-	-	-
CV p (%)	-	69,0	11,5	8,2
CV sp (%)	-	40,4	11,1	8,6
CV ssp (%)	-	31,1	8,7	6,4

FV: fatores de variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação; ^{ns}, ^{*}, ^{**} respectivamente, não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F da análise de variância (ANAVA). ¹(ciclo 1); ²(ciclo 2).

A tabela 4 e a figura 2 representam os desdobramentos da interação significativa (genótipo *vs* épocas de colheita) para massa da matéria seca de panícula no primeiro ciclo de produção. Verifica-se que independente do tempo de colheita, o híbrido 7C30 mostrou-se superior em relação às cultivares BRS (Tabela 8). Este resultado segue a mesma lógica de raciocínio em relação a variável massa da matéria fresca de panícula.

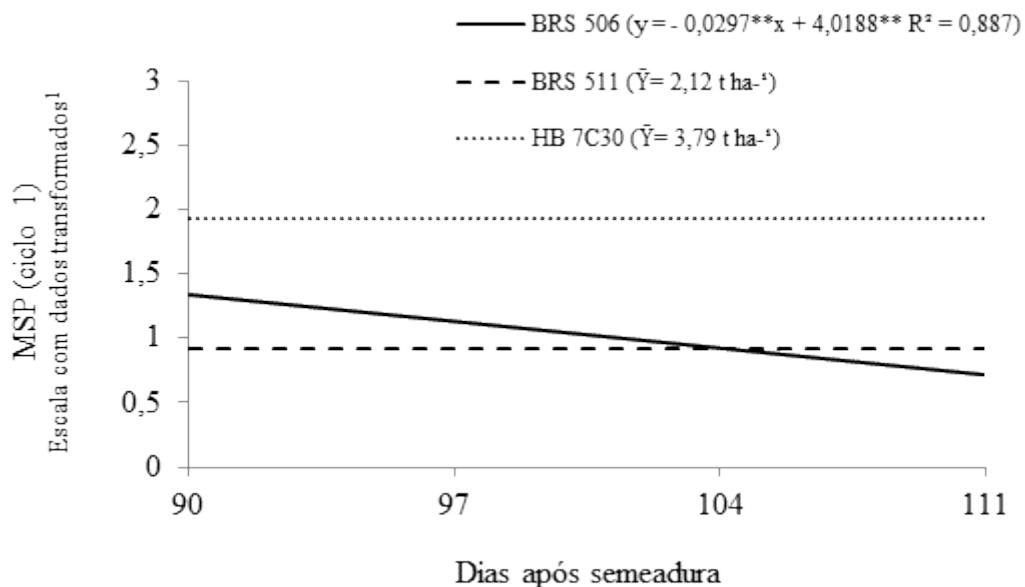
Em contrapartida, o comportamento individual dos genótipos revelou que apenas a cultivar BRS 506 sofreu decréscimo da massa seca de panículas ao longo dos períodos de colheita, com ajuste linear significativo ($p > 0,01$). Esse fato foi devido a fatores como predação e desprendimento dos grãos pela ação de ventos fortes, comuns na região. Assim, os outros genótipos parecem ser menos propensos aos fatores citados, já que não houve ajuste matemático, revelando manutenção da massa seca no tempo, com produtividade média de 2,12 e 3,79 t ha⁻¹ para a cultivar BRS 511 e o híbrido 7C30, respectivamente (Figura 2).

Tabela 4: Matéria seca de panículas (MSP) de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014 e colhidos em diferentes épocas após a semeadura.

GEN	MSP (t ha ⁻¹)			
	90	97	104	111
	----- Dias após semeadura -----			
BRS 506	2,69 ab	2,62 b	1,98 b	1,88 b
BRS 511	2,27 b	2,19 b	2,15 b	1,86 b
EJX 7C30	3,45 a	3,64 a	4,01 a	4,08 a

^{a, b} Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de significância a 5%.

Figura 2: Matéria seca de panículas (MSP) de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014 em função da época de colheita.



¹ Dados previamente transformados pelo sistema BoxCox ($\lambda = 0,530303$); \bar{Y} : Média dos dados originais;

** significância pelo teste F a 1 % de probabilidade de erro.

A matéria seca de colmos e total apresentaram médias satisfatórias, principalmente no primeiro ano de produção, valor de 21,3 t ha⁻¹ para a cultivar BRS 506, e 23,6 t ha⁻¹ para a BRS 511 por motivos já mencionados (Tabela 5). Em comparação às informações técnicas da cultivar BRS 511, em que o rendimento em massa seca é de 15 a 20 t ha⁻¹ (EMBRAPA,

2012), os resultados apresentados na Tabela 5 estão acima do que foi postulado para as condições de Sete Lagoas - MG, pelo menos para as cultivares BRS. Em trabalho de Lourenço, Januário e Massa (2013), na cidade de Évora, Portugal, estes autores verificaram a adaptabilidade de algumas cultivares de sorgo sacarino e obtiveram produtividades de matéria seca de colmo de 20 a 22 t ha⁻¹ para as cultivares, vistas como as mais produtivas. No presente trabalho, a variação geral para esse caractere foi de 15,2 a 18,7 t ha⁻¹. É importante citar que na pesquisa conduzida em Portugal, a lavoura foi submetida à irrigação adicional por gotejamento, técnica de irrigação altamente eficiente e contrastante à realidade semiárida (sequeiro), mesmo assim a diferença foi mínima.

Tabela 5: Matéria seca de colmos (MSC) e matéria seca total (MST) de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014 e 2015.

GEN	MSC ----- t ha ⁻¹ -----	MST
<i>Ciclo 1 (2014)</i>		
BRS 506	16,60 a	21,33 a
BRS 511	18,77 a	23,68 a
HB 7C30	05,77 b	10,53 b
<i>Ciclo 2 (2015)</i>		
BRS 506	15,27 a	19,97 a
BRS 511	15,24 a	19,87 a
HB 7C30	07,88 b	12,01 b

^{a, b} Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis no ciclo 1; e pelo teste de Tukey no ciclo 2; ambos com nível de significância a 5%.

Na tabela 6 constam os valores de matéria seca (colmo e total) referente ao ano de 2014 em função do período de colheita e, de modo geral, o acúmulo de matéria seca na planta foi estabilizado aos 90 DAS, o que está representado pela não diferenciação estatística na variável matéria seca total. Quanto ao colmo, verifica-se que o acúmulo de matéria seca neste apresentou maior incremento aos 111 DAS com média isolada estatisticamente das demais épocas (Tabela 6), sendo a única que diferiu da época com menor valor observado (97 DAS).

Tabela 6: Matéria seca de colmos (MSC) e matéria seca total (MST) de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014, em função da época de colheita.

DAS	MSC ----- t ha ⁻¹ -----	MST
90	13,22 ab	18,23 a
97	11,64 b	16,69 a
104	12,43 ab	17,12 a
111	17,56 a	22,02 a

DAS: dias após semeadura; ^{a, b} Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com nível de significância a 5%.

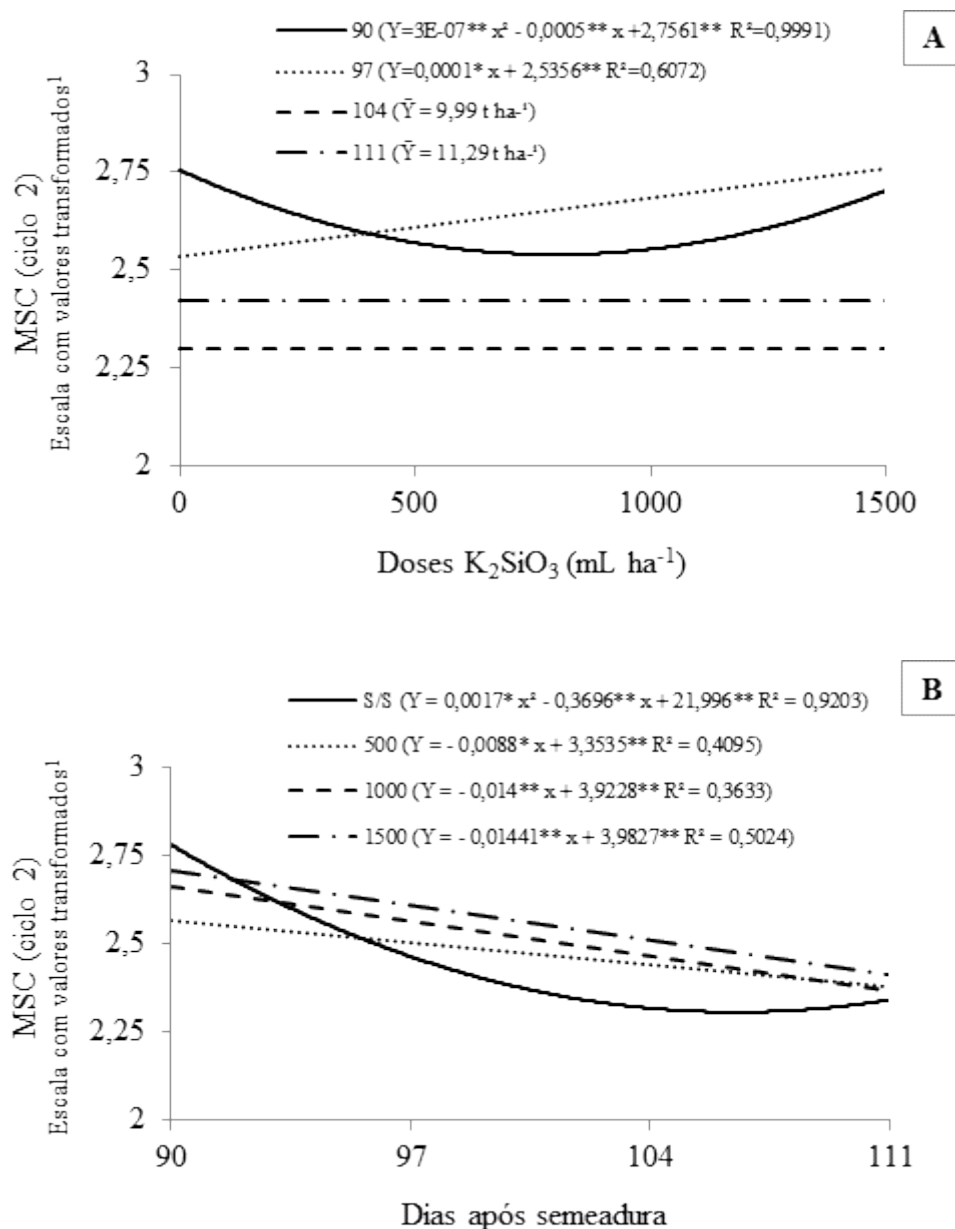
No segundo ciclo (2015), as interações ocorreram de forma significativa para a matéria seca de colmos e matéria seca total, desta vez com efeitos do fator silício, algo que ainda não tinha sido percebido para as demais variáveis no ano de 2015 e para as demais no ano de 2014. Os efeitos registrados pelo K₂SiO₃ na lavoura de 2015, provavelmente, ocorreram devido ao aumento do número de aplicação, que foi realizada duas vezes no referido ano, diferentemente do ano anterior, com única aplicação, devida necessidade de tratamentos culturais no início do cultivo, impedindo a realização da primeira aplicação, o que não foi suficiente para promover efeito no acúmulo de fitomassa. Outro ponto provável que pode ter determinado a resposta do silício apenas no segundo ciclo, foi o fato da presença do fungo fitopatogênico *Gloeocercospora sorghi* diagnosticado na lavoura (Apêndice – Figura 1). Tudo isso em função do maior índice pluviométrico no referido ano, o que propiciou condições favoráveis à doença, fatores esses discutidos anteriormente.

Tendo em vista que o silício atua como barreira ao ataque de fungos fitopatogênicos, muitas vezes até como indutor de resistência (BOTELHO *et al.*, 2011; CARVALHO, MORAES; CARVALHO, 1999; SOUZA; MACHADO, 2011), o benefício deste elemento foi mais pronunciado em comparação ao ano anterior que não se constatou ataque do fungo (ano de menor pluviosidade). Ou seja, o efeito do silício pode ter ocorrido em função de sua ação protetora ao ataque de fungos sendo evidenciados nos caracteres de produção.

A Figura 3 representa o comportamento da matéria seca de colmos de acordo com as doses de silício e as épocas de colheita. Aos 90 DAS houve ajuste matemático significativo ($p > 0,05$) com alto coeficiente de determinação (99,9%) ao modelo quadrático, mostrando acréscimo de matéria seca quando do aumento da dose de silício a partir da dose mínima de 833,3 mL, com incremento da matéria seca na ordem de 23% entre esta dose mínima

calculada e a dose máxima utilizada (1500 mL ha⁻¹). Em função do modelo matemático pode-se afirmar que o acúmulo de matéria seca aumentaria ao utilizar doses maiores (> 1500 mL) do silicato em questão.

Figura 3: Desdobramento da interação silício vs época de colheita para a matéria seca de colmos (MSC) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) no ano de 2015.



(A) Desdobramento para o fator silício dentro de cada época de colheita; (B) desdobramento do fator época de colheita dentro de cada nível de silício. ¹Dados previamente transformados pelo sistema BoxCox ($\lambda = 0$);
 **; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{Y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

O ajuste foi significativo ($p > 0,05$) para regressão linear quando realizou-se a colheita aos 97 DAS com acréscimo de matéria seca à medida que aumentou a dose do produto silicato de potássio (Figura 5). Assim, verificou-se também benefício significativo do elemento silício no desenvolvimento do colmo apesar do menor coeficiente de determinação (60,7%). A maior dose do produto (1500 mL ha^{-1}) possibilitou aumento de $2,33 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca em comparação à parcela controle, representando acréscimo de 18,5%. A aplicação foliar com silicato de potássio foi estudada em lavoura de milho por Souza et al. (2010). Estes autores verificaram aumento da matéria seca dos colmos em função das doses de K_2SiO_3 ; e, constataram, também, maior eficiência fotossintética e maior produtividade de grãos em decorrência da adubação silicatada. Maior produtividade já foi comprovada na cultura do sorgo em função da aplicação de silício via solo para o sorgo do tipo granífero (BARBOSA *et al.*, 2008).

A partir dos 104 DAS não houve ajuste matemático em função dos níveis de silício (Figura 3A), o que denota não haver mais efeito do elemento a partir desta época. Assim, verifica-se que esses períodos entre a primeira e última colheita propostos no estudo, apesar do pouco distanciamento temporal (sete dias), parece conter o momento crítico sobre o desenvolvimento final da planta. Até aos 97 DAS, as plantas das parcelas tratadas encontravam-se sujeitas ao efeito do elemento adicionado, sendo estas beneficiadas. E com o decorrer dos dias, as plantas das parcelas não tratadas continuaram seu processo de maturação normalmente alcançando o mesmo patamar de produção das plantas das parcelas tratadas. Ou seja, o K_2SiO_3 possibilitou maior acúmulo de matéria seca no colmo quando das colheitas antecipadas, o que sugere o encurtamento do ciclo em decorrência dessa forma de manejo, pois se trata de uma vantagem agrônômica, pelo menos quando o interesse é acúmulo de biomassa.

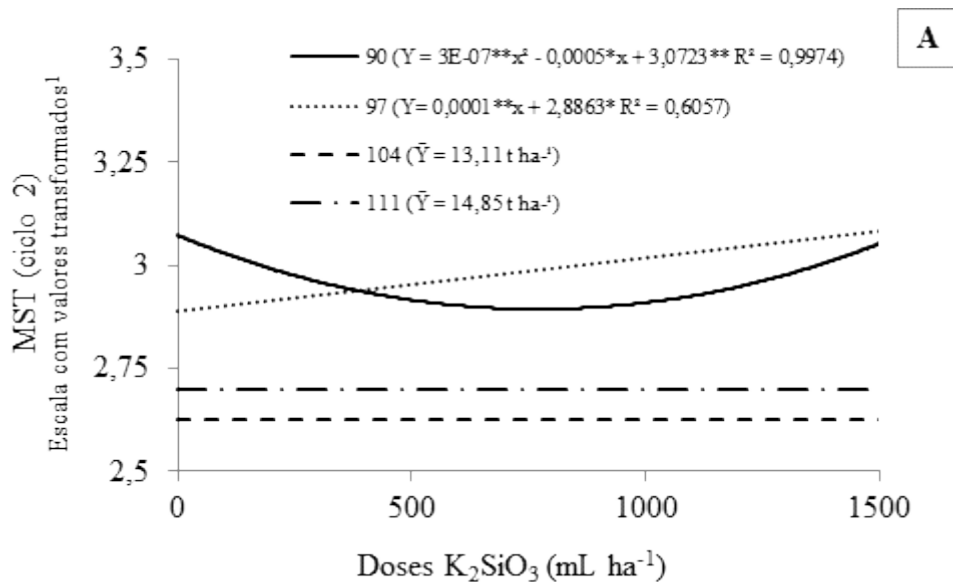
Os resultados encontrados para a massa da matéria seca de colmo com relação às doses de silício (Figura 3A) foram semelhantes aos encontrados para a massa da matéria seca total (Figura 4A), com ajustes matemáticos semelhantes para os tratamentos (épocas de colheita), e até igual dose mínima para ação do silício aos 97 DAS ($833,3 \text{ mL}$), revelando que os efeitos do fator silício para a matéria seca total foi em decorrência dos efeitos sobre o desenvolvimento do colmo.

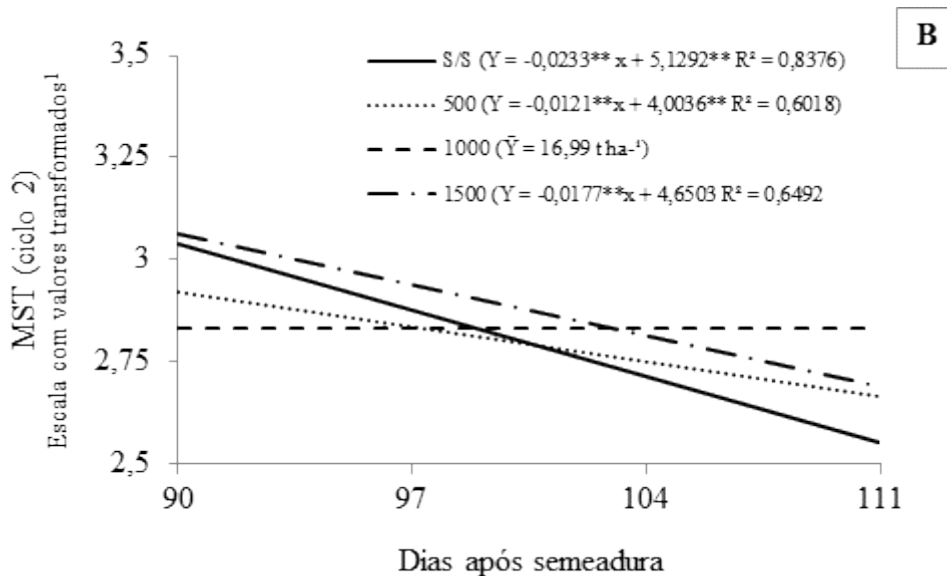
Quanto à análise do tempo dentro de cada nível de silício (desdobramento inverso), pode-se verificar perda linear ($p > 0,05$) de matéria seca de colmo para as plantas tratadas com silício (Figura 3B). Para as plantas controle houve ajuste quadrático da regressão com alto coeficiente de determinação (92%), revelando perda acentuada da matéria seca até aos 109

DAS (ponto mínimo calculado). Pode-se visualizar ainda pela Figura 3B que nessa época (109 DAS) as plantas tratadas encontravam-se com maiores valores de matéria seca. Percebe-se, então, que a translocação de material do colmo para as demais partes da planta, muito provavelmente para as panículas, ocorreu de forma mais uniforme (linearizado) ao longo do tempo para as plantas tratadas com silício.

No tocante a massa seca total, que leva em consideração também as outras partes da planta, uma peculiaridade pode ser verificada (Figura 4B). Pode-se visualizar que a perda linear ($p > 0,05$) de matéria seca que ocorreu nesse período de 90 a 111 DAS, basicamente em função da senescência foliar, foi drasticamente afetada para as plantas tratadas com silício na dose de 1000 mL ha^{-1} ao ponto de não haver ajuste matemático significativo, o que ocorreu para os demais níveis (Figura 4 B). Pode-se inferir, portanto, que o silício nesta forma e dose retardou o processo de senescência, ou, no mínimo, quebrou a uniformidade do processo, o que foi um fator positivo, haja vista a manutenção da matéria seca, mesmo no maior período de colheita.

Figura 4: Desdobramento da interação silício vs época de colheita para a matéria seca total (MST) de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste - CE) no ano de 2015.





(A) Desdobramento para o fator silício dentro de cada época de colheita; (B) desdobramento do fator época de colheita dentro de cada nível de silício. ¹Dados previamente transformados pelo sistema BoxCox ($\lambda = 0$); ** * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{Y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

CONCLUSÕES

As cultivares de sorgo sacarino BRS 506 e 511 apresentam índices elevados de produtividade nas regiões semiáridas em cultivo de sequeiro com colheita entre 90 e 97 dias após semeadura.

O acúmulo de matéria seca das plantas de sorgo sacarino se intensifica em função da adubação foliar silicatada (K_2SiO_3), com dose mínima de $833 \text{ mL } 100 \text{ L}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, N. C.; VENÂNCIO, R.; ASSIS, M. H. S.; PAIVA, J. B.; CARNEIRO, M. A. C.; PEREIRA, H. S. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em neossolo quartzarênico de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 290-296, 2008.

BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; BOTELHO, C. E.; POZZA, A. A.A.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; SOUZA, P. E. Efeito do silício na intensidade da cercosporiose e

na nutrição mineral de mudas de cafeeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 1, p. 23-29, 2011.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 3, p. 505-510, 1999.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, Agosto/2013. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: CONAB, 2013.

COELHO, A. M. Adubação. *In*: DURÃES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, L. A. C. **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 139, 2012, cap. 5. p. 42-50.

DÁVALOS, E. D. **Variedade de milho para a agricultura familiar: uso de variedades apresenta vantagens sobre os híbridos comerciais**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=22349&secao=Colunas%20e%20Artigos>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **BRS 511: o sorgo sacarino com alto potencial de colmos**. Embrapa Milho e Sorgo, Núcleo de Comunicação Organizacional, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68401/1/brs-511.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **Sorgo biomassa é ótima opção para geração de energia**. 2014. Publicado em:

<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2246665/sorgo-biomassa-e-otima-opcao-para-geracao-de-energia>>. 18 nov. 2014. Acesso em: 3 nov. 2015.

ESTATCAMP. **Software Action**. Disponível em: <<http://www.estatcamp/empresa/software-action>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

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

GOMES, S. C. M. P. **Produção de etanol utilizando mix de sorgo sacarino e cana-de-açúcar em processo de maturação**. 2014. 51 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

LIMA, A. M.; SANTOS, D. T.; GARCIA, J. C. **Viabilidade econômica e arranjos produtivos**. In: DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. Embrapa Agroenergia, Agroenergia em revista. Ano II, n. 3, ago. 2011.

LOURENÇO, M. E. V.; MASSA, V. M. L.; PALMA, P. M. M.; RATO, A. E. M. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 3, n.1, p. 103-110, 2007.

LOURENÇO, M. E. V.; JANUÁRIO, M. I. N.; MASSA, V. M. L. Avaliação do potencial de variedades de sorgo sacarino e forrageiro para a produção de bioetanol. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 96-103, 2013.

MARAFON, A. C.; ENDRES, L. **Adubação silicatada em cana-de-açúcar**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 46 p. Documentos 165. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_165.pdf>. Acesso em: 17 set. 2015.

PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, L. A. C (Editores). **Sistema**

Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol, Sistema BRS 1G – Tecnologia qualidade Embrapa. Documentos 139, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012, cap 1. p. 14-21. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Dagma_Da_Silva2/publication/256717776_sorgo_sacarin_o_documento_139/links/00463523ae38d01ff1000000.pdf>. Acesso em: 29 out. 2015.

PONTES, G. M. **Avaliação da produtividade de biomassa de capim elefante e sorgo sacarino no estado do Ceará para uso energético.** 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas – EESP – FGV, São Paulo, 2013.

PURCINO, A. A. C. **Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos.** In: DURÃES, F. O. M. **Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia.** Embrapa Agroenergia, Agroenergia em revista. Ano II, n. 3, ago. 2011.

RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 751-757, 2008.

SANTANA, M. C. B. **Desempenho produtivo de híbridos comerciais de sorgo granífero sob deficiência hídrica.** 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí, 2013.

SANTOS, G. R.; RODRIGUES, A. C.; BONIFACIO, A.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; TSCHOEKE, P. H. Severidade de antracnose em folhas de sorgo submetido a doses crescentes de silício. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 403-408, 2014.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

SOUZA, V. F.; PARRELLA, R. A. C.; TARDIN, F. D.; COSTA, M. R.; CARVALHO JÚNIOR, G. A.; SCHAFFERT, R. E. Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 144-151, 2013.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; NICONELLA, G.; ZARONI, M. H. influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, 1999.

CAPÍTULO 2

RENDIMENTO E QUALIDADE DE CALDO DE SORGO SACARINO CULTIVADO NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA E ÉPOCAS DE COLHEITA

Resumo

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) se insere no setor energético como uma fonte alternativa para produção de etanol, sendo altamente promissor para o fortalecimento da agricultura em regiões semiáridas. O presente trabalho objetivou avaliar o rendimento e a qualidade de caldo de cultivares sorgo sacarino em função da adubação foliar silicatada e determinar o momento ideal para colheita. O trabalho foi desenvolvido em município do semiárido (Pentecoste – CE) no período chuvoso de 2014 e 2015 utilizando três genótipos: duas cultivares comerciais (BRS 506 e BRS 511) e um híbrido experimental (7C30), adubados com silicato de potássio via foliar (0; 500; 1000 e 1500 mL 100 L⁻¹ ha⁻¹). A colheita foi realizada em quatro épocas: 90; 97; 104 e 111 dias após a semeadura, com determinação do rendimento de caldo em base de volume, e da qualidade, quantificando os teores de sólidos solúveis (°brix) e porcentagem de carboidratos totais, além da produção estimada de etanol. No ano de 2014, as cultivares BRS alcançaram rendimento na ordem de 20 e 22 mil L caldo ha⁻¹ de caldo, enquanto o híbrido atingiu apenas 4 mil L ha⁻¹, não estando apto para produção de etanol. O caldo das cultivares BRS 506 e 511 apresentou elevado padrão de qualidade, com 16 a 18 °brix, destacando-se a cultivar BRS 511 com 157 g L⁻¹ de carboidratos totais aos 111 dias após semeadura. Em 2015 as cultivares BRS mantiveram alta qualidade de caldo com acréscimo de carboidratos totais (165 a 167 g L⁻¹), havendo neste ano efeito do adubo foliar silicatado sendo o intervalo entre 1100 e 1440 mL ha⁻¹ as doses indicadas ao sorgo sacarino. As cultivares BRS 506 e 511 são recomendadas para a região semiárida, pois apresentam alto padrão de qualidade de caldo quando colhidas aos 111 dias após a semeadura.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. BRS 506. BRS 511. Carboidratos totais. Etanol.

YIELD AND QUALITY OF SWEET SORGHUM JUICE IN SEMIARID: MATURITY AND SILICON EFFECT

Abstract

The sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is inserted in the energy sector as an alternative source for ethanol production, is highly promising for strengthening agriculture in semi-arid regions. This study aimed to evaluate the yield and quality of sweet sorghum juice as a function of silicate foliar fertilization and determine the optimal time to harvest. Research was conducted in the semiarid in the rainy season of 2014 and 2015 (Pentecoste - CE) using three genotypes: two commercial varieties (BRS 506 and BRS 511) and an experimental hybrid (7C30), these fertilized with potassium silicate foliar (0, 500, 1000 and 1500 mL 100 L⁻¹ ha⁻¹). Plants were harvested in four seasons: 90; 97; 104 and 111 days after sowing, with determination of the juice yield, soluble solids (°brix), total carbohydrates percentage and estimated production of ethanol. In 2014, the varieties achieved juice productivity in the order of 20 000 and 22 000 L ha⁻¹, while the hybrid reached only 4000 L ha⁻¹, not being able to ethanol production. BRS 506 and BRS 511 stalk juice showed high standard of biochemical quality (16-18 °brix), and the BRS 511 presenting 157 g L⁻¹ of total carbohydrates to 111 days after sowing. In 2015, varieties maintained high juice quality with total carbohydrates increase (165 to 167 g L⁻¹). This year there was effect of the fertilizer silicon being the dosages interval between 1100 and 1440 ml ha⁻¹ given to sweet sorghum cultivate. The varieties studied (BRS 506 and BRS 511) are recommended for the semiarid region presenting high juice quality with harvest at 111 days after sowing.

Keywords: *Sorghum bicolor*. BRS 506. BRS 511. Total carbohydrates. Ethanol.

INTRODUÇÃO

O etanol como biocombustível teve seu período de ascensão no Brasil na década de 70 com a advento do Pro-álcool (programa governamental que visou a diminuição do uso de combustíveis fósseis), permitindo maior investimento do setor privado na produção. O etanol pode ser utilizado como combustível na sua forma hidratada (96%) ou em associação à gasolina com atuais 27% de etanol anidro (99,6%) em sua composição (NOVA CANA, 2015; MME, 2015).

A produção de etanol no Brasil se dá industrialmente por processos de fermentação e destilação de soluções ricas em açúcares, e é viabilizada no cenário agrícola brasileiro principalmente pelo cultivo de espécies vegetais acumuladoras de carboidratos fermentescíveis, tendo a cana-de-açúcar como a principal matéria prima. Em consequência das atuais demandas por atividades sustentáveis e conseqüentemente o fortalecimento do setor bioenergético, outras fontes de matéria-prima encontram-se em ascensão como o sorgo e a

mandioca e os resíduos agrícolas (bagaço de cana e restos madeiros), este último denominado etanol de segunda geração; (LEITE; CORTEZ, 2008; SANTOS *et al.*, 2015).

Dentre estas alternativas, o sorgo sacarino se destaca: 1) por apresentar semelhanças fisiológicas à cana-de-açúcar na acumulação de açúcares fermentescíveis; 2) por ser uma cultura com facilidade de implantação e condução (uso de sementes, ciclo curto, aptidão à colheita mecanizada, uso do mesmo aparato industrial da cana-de-açúcar para extração do caldo etc.); e, 3) por apresentar alto nível de resistência ao estresse hídrico (DURÃES *et al.* 2012; PARRELLA; SCHAFFERT, 2012; PURCINO, 2011).

Com relação aos índices de qualidade do caldo do sorgo sacarino, Durães *et al.* (2012) relatam que nesta espécie ocorre variação de 15 a 21 °Brix com teor de sacarose de 8,0 a 17,5% e ART (açúcares redutores totais) de 13 a 20% (inclusão da sacarose invertida). Estes valores são bem próximos aos encontrados para a cana-de-açúcar, que segundo esses mesmos autores, estão entre 18 e 21 °Brix, sacarose entre 15 e 18%, e ART de 16 a 19%, o que torna a utilização do caldo do sorgo uma alternativa para complementar a produção de etanol nas destilarias do país.

Tendo em vista a rusticidade do sorgo sacarino, conferindo-lhe certo nível de resistência hídrica e seu metabolismo fisiológico (C4) adaptado a condições de alta temperatura e luminosidade, com alta eficiência do uso da água, (PURCINO, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2009) é fácil relacionar seu cultivo às condições da região semiárida brasileira. Entretanto o seu cultivo não é difundido e parte disso pode ser decorrente dos poucos estudos com esta ênfase. Pesquisas já indicam o uso do caldo do sorgo sacarino na fabricação de cachaça, cuja qualidade atendeu aos padrões da legislação vigente (RIBEIRO FILHO, 2008; SOUZA *et al.*, 2005), e outras comprovaram a adaptabilidade de algumas variedades com alta produção de biomassa (TABOSA, 2010).

Aliando os fatores intrínsecos à cultura, às técnicas de manejo adequadas pode estabelecer o cultivo do sorgo sacarino no semiárido. Uma técnica que parece bastante promissora é o uso da adubação adicional com o silício (Si), este, geralmente conferi melhorias nas características morfológicas e fisiológicas das culturas, principalmente para a família Poaceae (KORNDÖRFER; PEREIRA; CARVALHO, 2002; RAMOS; KORNDÖRFER; NOLLA, 2008). Na cultura da cana-de-açúcar, por exemplo, já se sabe que além de proporcionar menor incidência de pragas e doenças, o silício também proporciona outros benefícios, como maior resistência aos estresses hídricos e salinos, menor taxa de acamamento e aumento na taxa fotossintética (KORNDÖRFER; PEREIRA; CARVALHO, 2002; MARAFON; ENDRES, 2011).

A partir do exposto, objetiva-se com este trabalho avaliar o rendimento e a qualidade do caldo de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido em função da adubação foliar silicatada e da época de colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em método agrícola de sequeiro na Fazenda Experimental Vale do Curú pertencente à Universidade Federal do Ceará, Pentecoste – CE (coordenadas UTM 462620 E; 9577349 S e altitude de 48 m) (Apêndice – Figuras 2 e 3) em Planossolo de textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006). O primeiro ciclo de cultivo se estendeu entre os meses de março a julho de 2014, período que compreende a estação chuvosa na região, com sementeira realizada em 22 de março. O experimento foi repetido no ano de 2015, semeando-se em sete de março.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido com chuvas irregulares. Os dados meteorológicos referentes aos períodos do experimento encontram-se nas Tabelas 1 e 2 da seção Apêndice.

Após as atividades de preparo do solo (duas gradagens no primeiro ciclo e uma subsolagem seguida de duas gradagens no segundo), foram semeados de forma manual ao longo do sulco de plantio três diferentes genótipos de sorgo sacarino: duas cultivares comerciais, a BRS-506, adquirida junto ao Departamento Comercial da Embrapa Produtos e Mercados/Sete Lagoas, MG e a BRS-511, cedida pela empresa Ceres Sementes do Brasil Ltda., além do híbrido experimental (não comercial) também cedido pela Ceres[®] de código interno EJX 7C30.

Levando em consideração as análises de solo (Apêndice - Tabelas 3 e 4) e recomendações de Coelho (2012), no momento da sementeira, para ambos os anos, foi realizada adubação de fundação com 30, 50 e 45 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e de cobertura (20 dias após sementeira) com 140 e 45 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente. As fontes utilizadas foram ureia, super fosfato simples e cloreto de potássio.

Para a aplicação dos tratamentos, realizou-se adubação com silicato de potássio (Abrafo1[®]: 12% SiO₂; 12 % K₂O) via foliar nas dosagens de 500, 1000 e 1500 mL ha⁻¹. As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador costal (20 L) com bomba tipo pistão, bico em leque com vazão de 19 L h⁻¹ e acoplado ao “chapéu de napoleão” para não haver influência entre as diferentes parcelas, incluindo a controle (sem aplicação). Utilizou-se

também o espalhante adesivo Assist[®] (adjuvante) na concentração de 5% do volume de calda que foi de 100 L ha⁻¹.

No primeiro ciclo de cultivo (2014), a adubação silicatada foi realizada quando as plantas se encontravam entre os estádios V7 e V9 (sete a nove folhas completamente expandidas) o que ocorreu aos 30 dias após a semeadura (DAS). No segundo ciclo (2015), essa adubação foi realizada em estádio anterior (V4 a V6) aos 20 DAS e, também, em mesmo período do ciclo anterior (V7 e V9, o que ocorreu aos 25 DAS).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados repetidos quatro vezes em esquema de parcelas subdivididas (3 x 4 x 4): três genótipos, quatro níveis de silício (incluindo a parcela sem silício) e quatro épocas de colheita (90, 97, 104 e 111 dias após a semeadura). Com o esquema proposto, o experimento teve área total de 2.688 m² contendo 30.720 plantas, sendo o bloco de 672 m² e a parcela de 14 m², com 160 plantas por parcela. A parcela foi constituída de quatro linhas de cinco metros contendo 40 plantas por linha (8 pl m⁻¹) e espaçadas em 0,70 m (PARRELA; SHAFFERT, 2012), sendo a área útil da parcela constituída por duas linhas centrais.

Cada atividade e tratos culturais realizados durante o ciclo da cultura encontram-se descritos na Tabela 6 da seção Apêndices, em que constam as respectivas épocas de tomadas de decisão.

Aos 90, 97, 104 e 111 dias após semeadura foram realizadas as amostragens em cada parcela experimental coletando, aleatoriamente, oito plantas das linhas úteis. As folhas e panículas foram retiradas para composição das amostras de colmos limpos, e assim proceder a extração do caldo em moenda elétrica de cana simples (1 cv) para determinação do rendimento em volume (RC), com extrapolação para m³ ha⁻¹.

Para cada parcela, coletou-se amostras do caldo que foram colocados em frascos plásticos (100 mL) com posterior mensuração do conteúdo de sólidos solúveis totais (SST - °brix) utilizando refratômetro portátil graduado (0 – 32 °brix), cuja análise foi realizada logo após a extração.

Em seguida, as amostras foram levadas ao laboratório para determinação dos carboidratos solúveis totais (CST) em g L⁻¹, com armazenamento em ultrafreezer (- 80 °C) durante o período de análises. O extrato de trabalho foi preparado através da filtragem do caldo em chumaço de algodão e diluindo-o em água destilada (100 vezes); em seguida, foi submetido ao método colorimétrico do fenol + ácido sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956) com modificações, seguido de leitura da absorbância em espectrofotômetro (490 nm) e

comparação por curva padrão de glicose anidra (98%). Esta etapa foi realizada no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza - CE.

A produção estimada de etanol ($L\ ha^{-1}$) foi determinada através da equação postulada por Lipinski (1978 *apud* Sakellariou-Makrantonak *et al.*, 2007), em que o etanol ($L\ ha^{-1}$) = carboidratos totais (%) x 6,5 (fator de conversão) x 0,85 (eficiência do processo fermentativo) x biomassa fresca ($t\ ha^{-1}$). Para o componente da fórmula “biomassa fresca”, utilizou-se os dados de produtividade de colmos (capítulo 1) em função de se utilizar apenas esta parte da planta para a obtenção do caldo.

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e quando atenderam a tais pressuposições foi feita análise de variância (ANAVA) com teste de Tukey (5%) para comparar as médias das três cultivares; e, estudo de regressão polinomial para analisar os níveis de silício e as épocas de colheita. Quando os dados não atenderam, a pelo menos uma das pressuposições, estes foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com comparações múltiplas por pares quando p -valor $\leq 0,05$ e nível de significância a 5% (RC e Etanol/ciclo 1).

As variáveis sólidos solúveis totais e etanol/ciclo 2 foram submetidas a transformação de dados através do sistema Boxcox, o que possibilitou o ajuste dos dados para realização da ANAVA.

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio dos softwares Action 2.7 (ESTATCAMP, 2015) para transformação Box-cox, teste de Bartlett (teste de variância) e teste de Kruskal-Wallis; Assistat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) para os testes de normalidade; e Sisvar 5.3 Build 77 (FERREIRA, 2011) para ANAVA com Tukey ou regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares BRS 506 e 511 apresentaram valores médios de caldo extraído de 21,77 e 19,93 $m^3\ ha^{-1}$, respectivamente (Tabela 1), mas dentro do intervalo para as cultivares sacarinas. Para ambos os anos, a cultivar BRS 511, apresentou valores pouco abaixo da BRS 506, sendo o menor volume médio encontrado de 18,31 $m^3\ ha^{-1}$, mas não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) (Tabela 1). Esses valores se assemelham ao rendimento encontrado em lavouras de regiões não semiáridas. Em pesquisa realizada pela Embrapa Milho e Sorgo em Sete Logoas - MG com algumas de suas cultivares, o volume de caldo variou entre 20,28 (BRS 501) e 24,89 $m^3\ ha^{-1}$ (BRS 506) (PEREIRA FILHO *et al.*, 2013). Em pesquisa realizada

na Índia, quatro entre seis genótipos avaliados apresentaram rendimentos médios de caldo no intervalo de 20 a 23 m³ ha⁻¹ (RATNAVATHI *et al.*, 2010), resultados semelhantes aos verificados neste trabalho.

Quando se analisa as épocas de colheita, observa-se não haver diferença para essa variável quando a colheita ocorreu entre 90 e 111 DAS (Tabela 1).

Tabela 1: Rendimento de caldo (RC) de sorgo sacarino produzido em município do semiárido (Pentecoste, CE) em função do genótipo e épocas de colheita.

RC		
FV	Ciclo 1	Ciclo 2
GEN	----- m ³ ha ⁻¹ -----	
BRS 506	21,77 a	19,31 a
BRS 511	19,93 a	18,31 a
7C30	03,97 b	06,72 b
K-W (p)	1,04 x 10 ⁻²⁸	2,01 x 10 ⁻²⁷
DAS		
90	14,38 a	16,63 a
97	16,31 a	13,83 ab
104	15,87 a	12,62 b
111	14,33 a	15,89 a
K-W (p)	0,4324	4,94 x 10 ⁻³

FV: fontes de variação; DAS: dias após semeadura.

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W), com comparações múltiplas por pares quando p-valor ≤ 0,05; nível de significância a 5%.

A análise paramétrica para as variáveis normais ou normalizadas apontaram efeitos significativos ($p > 0,05$) para algumas das interações possíveis. Efeito altamente significativo foi verificado para a interação entre os genótipos e as épocas de colheita. E, para o segundo ciclo de produção, mostrou-se o efeito do fator silício, seguindo a mesma lógica do que foi discutido no Capítulo 1 desta pesquisa, com interações significativas envolvendo este fator (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da ANAVA: sólidos solúveis totais (SST), carboidratos solúveis totais (CST) e etanol de sorgo sacarino produzido em município do semiárido (Pentecoste - CE).

FV	GL	SST ¹	SST ²	CST ¹	CST ²	Etanol ²
		----- QM -----				
Gen (G)	2	0,966 *	2,431 *	58786 **	33779 **	750776 **
Bloco	3	0,077 ^{ns}	0,114 ^{ns}	2935 ^{ns}	733 ^{ns}	20998 *
Erro 1	6	0,053 ^{ns}	0,286 ^{ns}	1106 ^{ns}	2037 ^{ns}	2592 ^{ns}
Silício (S)	3	0,009 ^{ns}	0,227 *	403 ^{ns}	1928 *	14122 *
G x S	6	0,018 ^{ns}	0,030 ^{ns}	1068 ^{ns}	281 ^{ns}	1633 ^{ns}
Erro 2	27	0,016 ^{ns}	0,063 ^{ns}	518 ^{ns}	466 ^{ns}	4538 ^{ns}
Colheita (C)	3	0,355 **	1,378 **	9795 **	9503 **	15939 **
G x C	6	0,045*	0,457 **	1120 ^{ns}	5512 **	23436 **
S x C	9	0,011 ^{ns}	0,044 ^{ns}	467 ^{ns}	1084 ^{ns}	7274 *
G x S x C	18	0,011 ^{ns}	0,111 *	434 ^{ns}	1306 *	9595 **
Erro 3	108	0,013 ^{ns}	0,058 ^{ns}	643 ^{ns}	650 ^{ns}	3704 ^{ns}
Total	191					
CV p (%)		8,57	13,68	26,10	33,42	15,02
CV sp (%)		4,83	6,44	17,87	16,00	19,87
CV ssp (%)		4,32	6,17	19,90	18,88	17,95

FV: fatores de variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação;

^{ns}, *, ** respectivamente, não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F da análise de variância (ANAVA);

Os dados de SST^{1,2} e Etanol² foram submetidos à transformação Box Cox;

¹(ciclo 1); ²(ciclo 2).

O teor de sólidos solúveis dos genótipos aqui estudados apresentou intervalo de 12,7 a 18,1 °Brix, como pode ser visualizado na Tabela 3 em função do ano de produção, genótipos e épocas de colheita. Para ambos os anos de produção, as cultivares BRS 506 e BRS 511 lavaram vantagem em relação ao híbrido 7C30 no período final de maturação, ou seja, após os 104 DAS, revelando que após este período as cultivares BRS acumularam maiores quantidades de sólidos solúveis no colmo. Pode-se visualizar pela figura 1 que em ambos os anos tais cultivares acumularam sólidos de forma linear ($p > 0,01$) até atingir a faixa média de 16,4 a 18,1 °Brix aos 111 DAS. Como visto, Durães *et al.* (2012) relataram que o intervalo de 15 a 20 °Brix são valores compatíveis aos encontrados na cana-de-açúcar, o que demonstra

respaldo tecnológico para essas duas cultivares BRS estudadas. No Irã, em estudo com 36 diferentes cultivares de sorgo sacarino, a variação encontrada foi de 14,32 a 22,85 °Brix (ALMODARES; HADI, 2009), o que reforça os resultados encontrados nesta pesquisa.

O híbrido apresentou modelo matemático diferente para o acúmulo de sólidos solúveis durante o período de avaliações (Figura 1). Em ambos os anos, este se ajustou de forma quadrática ao longo dos dias finais de maturação. Houve decréscimo de brix a partir dos 90 DAS, com a retomada do acúmulo dos sólidos aos 98 e 100 dias (valores calculados) respectivamente, no primeiro e segundo ciclo. Provavelmente, este é o período de maturação dos grãos para o híbrido, o que proporcionou redirecionamento de fotoassimilados do colmo para as panículas, em acordo com a lógica natural fonte/dreno (TAIZ; ZEIGER, 2009). Até aos 111 DAS, último período de avaliação, os valores de brix para o híbrido não atingiram patamares consideráveis, quando comparado às cultivares BRS.

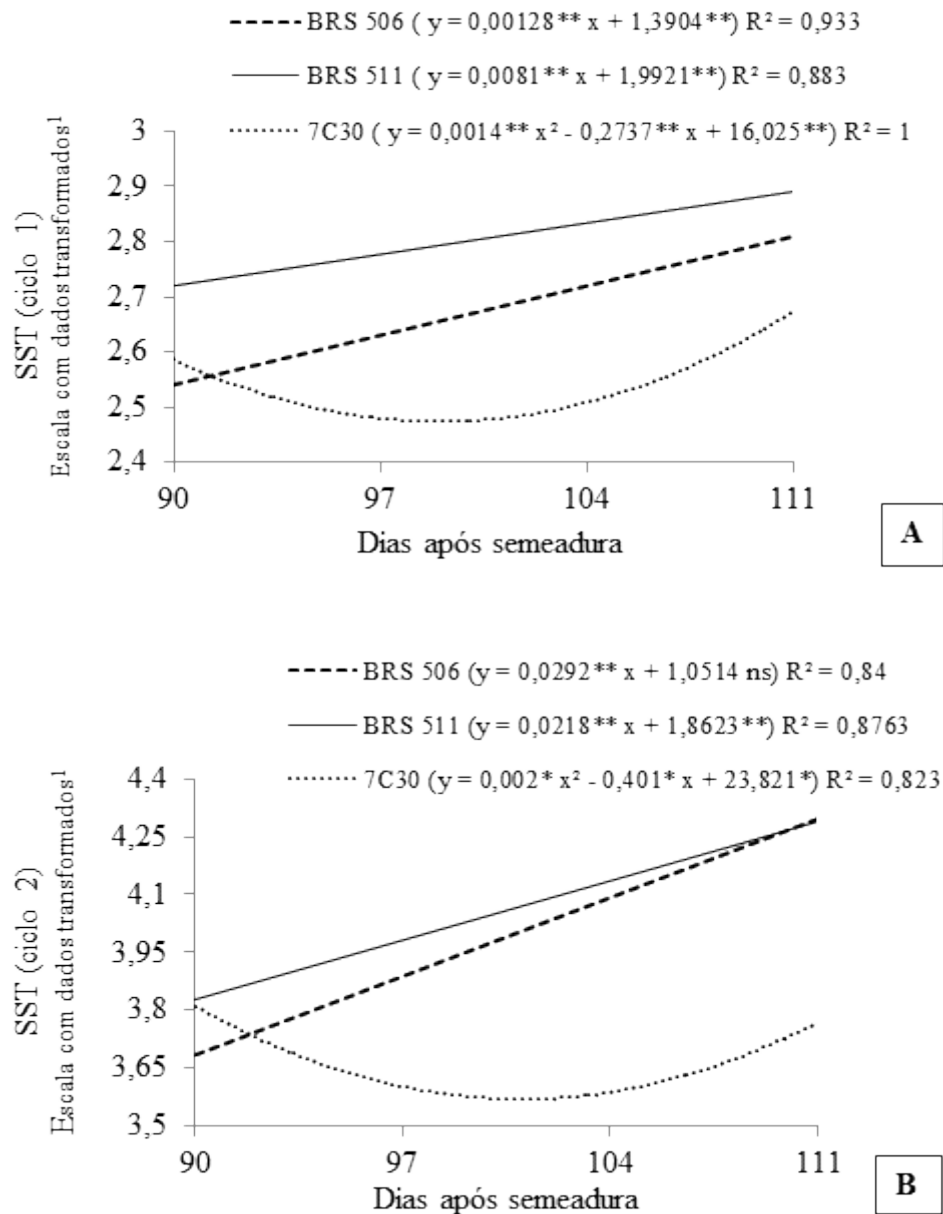
Tabela 3: Sólidos solúveis totais (SST) do caldo de sorgo sacarino de três diferentes genótipos mensurados em quatro épocas de colheita em município do semiárido (Pentecoste, CE).

SST (° Brix)				
Gen	----- Dias após semeadura -----			
	90	97	104	111
<i>Ciclo 1(2014)</i>				
BRS 506	13,04 B*	13,28 B	15,18 A	16,81 A
BRS 511	15,54 A	15,48 A	17,22 A	18,12 A
7C30	13,27 B	11,92 B	12,28 B	14,47 B
<i>Ciclo 2 (2015)</i>				
BRS 506	12,77 A	13,26 AB	16,53 A	16,41 A
BRS 511	13,68 A	14,11 A	16,41 A	16,53 A
7C30	13,58 A	11,77 B	12,42 B	13,05 B

Médias seguidas de letras iguais comparam os diferentes genótipos (colunas) e não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro;

*Análise estatística realizada com os dados transformados (sistema Box Cox) sendo apresentadas as médias originais.

Figura 1: Sólidos solúveis totais (SST) no caldo de três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste, CE) nos anos de 2014 (A) e 2015 (B) em função da época de colheita.



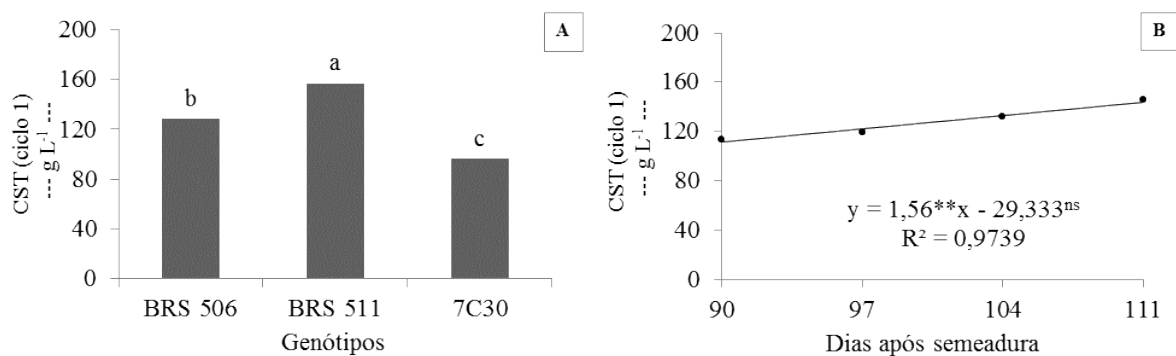
ns, *, **: respectivamente, significância pelo teste F quando não significativo, significativo ao nível 5% e significativo ao nível de 1%. ¹ Transformação de dados pelo sistema Box Cox ($\lambda = 0,27778$).

Com relação ao conteúdo de carboidratos totais do caldo, no ano de 2014 a cultivar BRS 511 se destacou, com uma média de 157,12 gramas por litro de caldo, tendo acúmulo

destes carboidratos ao longo dos dias de forma linear com incremento de 32,76 g de açúcares no litro de caldo até os 111 DAS, aumento de 29,5% (Figura 2).

O conteúdo de carboidratos totais do caldo do sorgo sacarino, em tese, é o que reflete com maior precisão a qualidade do material estudado, pois é este substrato que os microrganismos, geralmente leveduras, utilizados na indústria, que será submetido à metabolização (respiração) com consequente liberação de etanol na solução, processo denominado fermentação etanólica (GONÇALVES et al., 2011). Assim, quanto mais carboidratos (substrato) na solução maior será a produção de etanol (produto).

Figura 2: Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) do caldo de sorgo sacarino produzido no município do semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2014 em função dos fatores isolados: genótipo (A) e época de colheita (B).



Letras diferentes sobre as colunas (gráfico A) comparam os diferentes genótipos e indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Valores com ** e ^{ns} na regressão (gráfico B) indicam níveis de significância a 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

Neste primeiro ciclo não houve efeito de interação entre os fatores, diferentemente do ano de 2015 que apresentou interação significativa ($p < 0,01$) entre os genótipos e as épocas de colheita (Tabela 2), sendo os respectivos desdobramentos apresentados na Tabela 4 e Figura 3. Entretanto no ano de 2014 a cultivar BRS 511 foi superior às demais, mas no ciclo seguinte, 2015, ambas as cultivares BRS não diferiram entre si ($p < 0,05$), e o híbrido 7C30 só se manteve semelhante aos 90 DAS (Tabela 4).

Com relação às épocas de colheita, as cultivares BRS se ajustaram ao modelo linear de regressão ($p < 0,01$) com o acúmulo de carboidratos entre a menor e maior época de 47,83 e 33,75%, respectivamente, para a BRS 506 e BRS 511. Com isso, aos 111 DAS essas cultivares se encontravam com 171,14 e 174,64 g L⁻¹ (Figura 3), teores maiores do que os

registrados no ano/ciclo anterior, possivelmente em razão do maior índice de pluviosidade ocorrido em 2015 (Apêndice - Tabelas 1 e 2). Os índices tecnológicos destas cultivares (condições adequadas de cultivo) estipulam valores de açúcares totais na ordem de 172,5 e 194 g L⁻¹, para BRS 506 e BRS 511 respectivamente (Embrapa, 2012a; Embrapa, 2012b). Ou seja, em condição semiárida, a cultivar BRS 506 alcançou resultados de qualidade de caldo equivalentes aos cultivos referência para a espécie, e a cultivar BRS 511, apesar do menor índice, também, obteve resultado altamente satisfatório, principalmente para o segundo ciclo de produção.

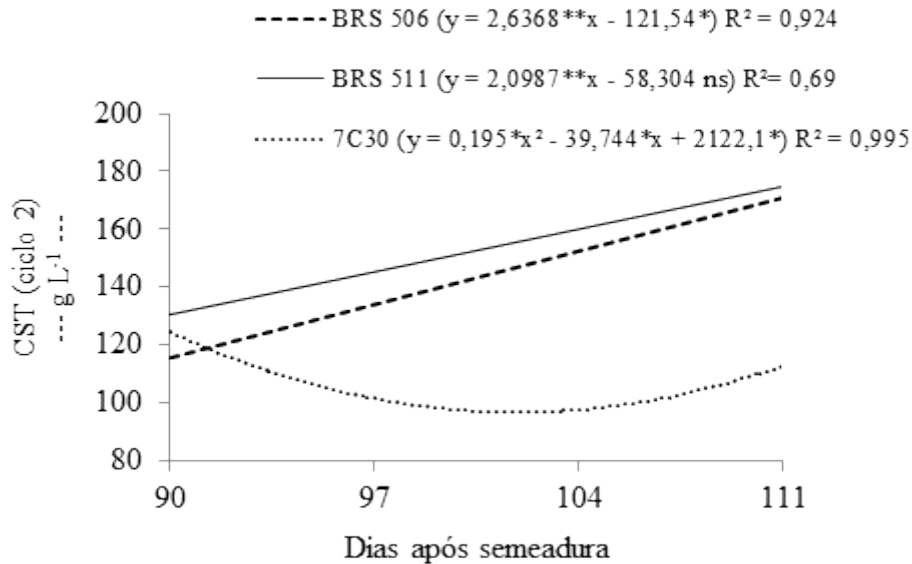
O híbrido 7C30 apresentou o mesmo comportamento quanto ao padrão de maturação ao longo dos dias avaliados (Figura 3) em comparação aos resultados de brix, revelando uma curva ajustada ao modelo quadrático ($p < 0,01$) com decréscimo de carboidratos até 102 DAS e retomada do acúmulo a partir deste, mas não atingindo valores tão significativos como os verificados pelas duas cultivares BRS.

Tabela 4: Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) no caldo de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2015 em função da época de colheita.

Gen	CST (g L ⁻¹)			
	90	97	104	111
	----- Dias após semeadura -----			
BRS 506	113,73 A	132,38 A	162,51 A	165,21 A
BRS 511	133,36 A	132,80 A	176,52 A	167,76 A
7C30	124,74 A	100,43 B	98,54 B	112,45 B

Médias seguidas de letras iguais comparam os diferentes genótipos (colunas) e não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Figura 3: Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) no caldo de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2015 em função da época de colheita.

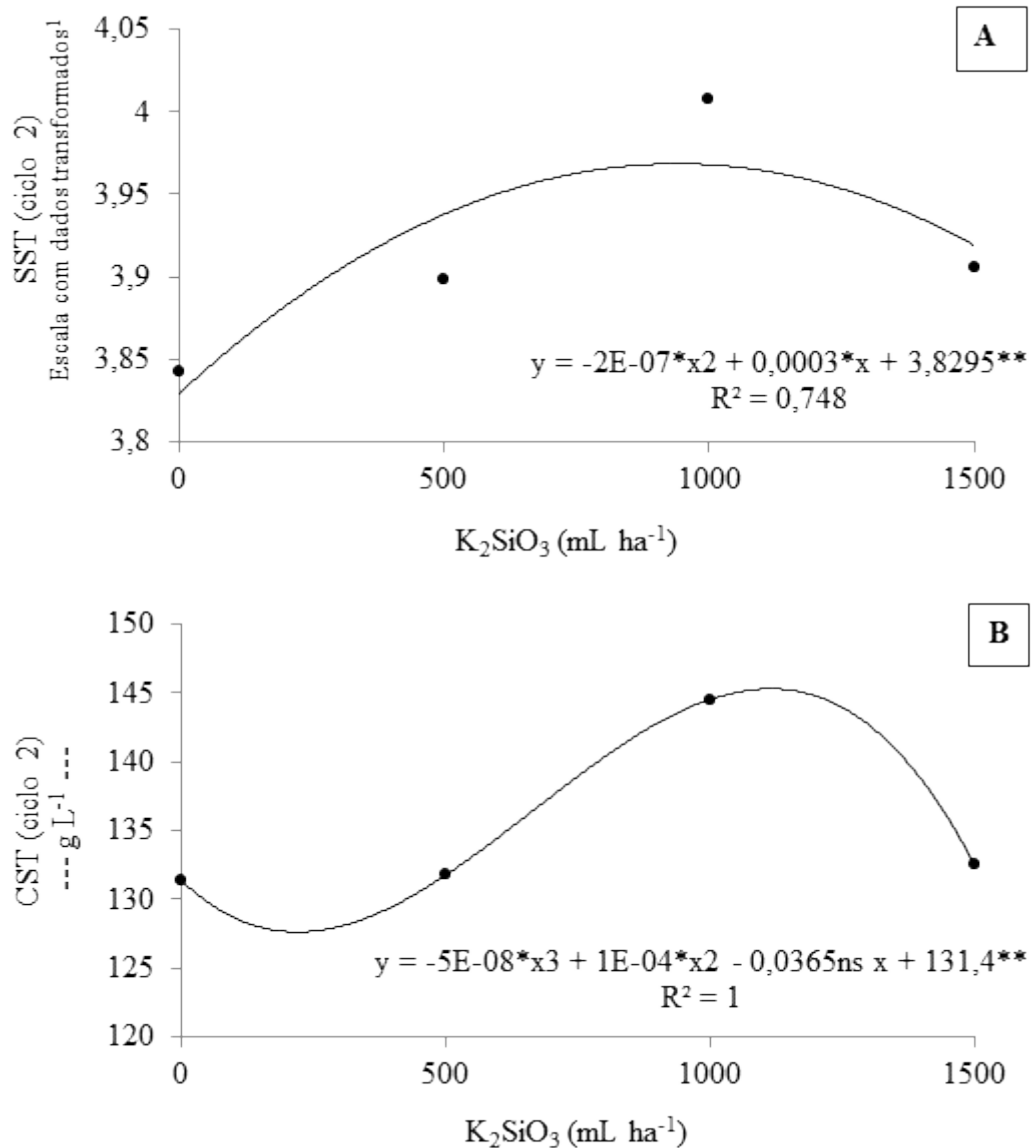


ns, *, **: respectivamente, significância pelo teste F quando não significativo, significativo ao nível 5% e significativo ao nível de 1%.

No cultivo de 2015 o silício proporcionou efeitos significativos aos índices de qualidade avaliados (Tabela 2), provavelmente em função de uma segunda aplicação do adubo. Os dados de sólidos solúveis totais e carboidratos solúveis totais, para os níveis de silício, se ajustaram aos modelos quadrático e cúbico respectivamente, com alto nível de significância ($p < 0,01$). Calculando as equações, encontra-se a dose de 750 mL ha^{-1} para sólidos solúveis totais (Figura 4 A) e 1115 mL ha^{-1} para carboidratos solúveis totais (Figura 4 B). Embora a equação cúbica em sua totalidade não reflita um sentido biológico, pode-se atribuir o segundo ponto de inflexão como resposta de interesse.

A diferença de doses com efeito máximo entre as variáveis pode está relacionada com a distância entre os dados reais e os gerados pela regressão, que promoveu um grau de determinação (R^2) de aproximadamente 75% para sólidos solúveis totais e de 100% para carboidratos solúveis totais (Figura 4), o que garante confiabilidade total para este último, atribuindo a dose calculada de 1115 mL ha^{-1} como a mais correta.

Figura 4: Sólidos solúveis totais (A) e carboidratos solúveis totais (B) em caldo de sorgo sacarino produzidos no semiárido (Pentecoste, CE) no ano 2015 em função da adubação foliar com silicato de potássio (K_2SiO_3).



ns, *, **: respectivamente, significância pelo teste F quando não significativo, significativo ao nível 5% e significativo ao nível de 1%. ¹ Transformação de dados (gráfico A) pelo sistema Box Cox ($\lambda = 0,27778$).

A dose de 1115 mL ha⁻¹ (ponto máximo calculado) proporcionou incremento de 10,9% em carboidratos totais no caldo dos genótipos de sorgo sacarino (Figura 4B). Estes dados contrastam com os apresentados por Sauim *et al.* (2015) que não verificaram efeito do silicato de potássio no crescimento ou qualidade de caldo de sorgo sacarino em Umuarama, PR. Provavelmente, um fator que pode ter contribuído para tal fato, foi a condição ambiental

de cultivo. O elemento silício é frequentemente associado à diminuição de estresses ambientais (DURÃES *et al.*, 2012), assim a adubação adicional promoveu efeito considerável nos índices tecnológicos do sorgo sacarino quando cultivado em região semiárida (seca e altas temperaturas).

O silício quando absorvido acumula-se nas folhas, principalmente em gramíneas, formando uma barreira protetora contra o ataque de pragas e doenças e ainda regulando a perda de água pelas plantas (transpiração). Assim as plantas tratadas com silício parecem intensificar seu metabolismo primário, retratado aqui pelo maior acúmulo de açúcares, em detrimento do metabolismo secundário, este associado à proteção vegetal (KORNDÖRFER, PEREIRA; CARVALHO, 2002, TAIZ; ZEIGUER, 2009).

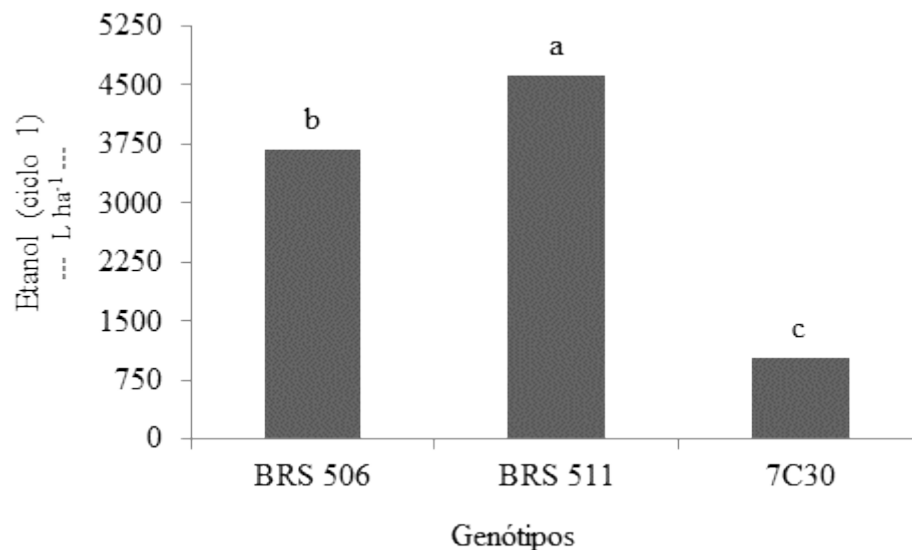
A utilização de silício nas diferentes formas de manejo proporcionam aumentos consideráveis de carboidratos solúveis em outras importantes gramíneas cultivadas. Em trabalho de casa de vegetação com aplicação em solução nutritiva de silício, plantas de sorgo granífero e forrageiro aumentaram seus teores de carboidratos na parte aérea (NASCIMENTO *et al.*, 2014). Korndorfer, Pereira e Camargo (2002) relatam em revisão sobre o assunto aumento de 22% na produção de açúcares em cana-de-açúcar.

Portanto, a adubação silicatada no manejo de espécies da família Poaceae, principalmente em região semiárida, parece ser uma técnica promissora para a melhoria do desenvolvimento agrícola nestas condições.

Para a produção de etanol, no primeiro ciclo de produção, o fator genótipo foi o único que apresentou diferenças estatísticas entre tratamentos. A cultivar BRS 511 se mostrou superior também em região semiárida, com produção de 4631,05 L ha⁻¹. Para a BRS 506, a produção foi de 3691,06 L ha⁻¹. Ambas as cultivares obtiveram produções mais que satisfatórias apesar das condições estressantes do semiárido. O híbrido 7C30 mais uma vez mostrou sua inexpressividade de produção, chegando a apenas 1040,1 L ha⁻¹ de etanol (Figura 5), valor muito aquém do esperado.

A produção de etanol atingida neste trabalho reflete a qualidade do caldo discutida até o momento. May *et al.* (2012) verificaram para as cultivares BRS 506 e BRS 511 em Sete Lagoas, MG, produção de etanol de 2062,35 e 4352,51 L ha⁻¹, respectivamente, sendo a última a variedade apontada como a mais promissora para esta finalidade. Almodares e Hadi (2009) estipulam que a produção de etanol advindo do sorgo sacarino fica em torno 3000 L ha⁻¹, o que reforça a superioridade da BRS 511, sendo esta variedade um dos lançamentos mais recentes da Embrapa (EMBRAPA, 2012b).

Figura 5: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2014.



Letras diferentes sobre as colunas comparam os diferentes genótipos e indicam diferença estatística pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com comparações múltiplas por pares quando p -valor $\leq 0,05$; nível de significância a 5%.

No segundo ciclo de produção, em função de suas características diferenciadas de ambiente e manejo, como já abordado, todos os fatores estudados apresentaram efeitos significativos ($p < 0,05$). As interações envolvendo o fator época de colheita também foram significativas, conforme Tabela 5 e Figura 6. Nestas, verificam-se o desdobramento da interação genótipo x época de colheita, revelando acréscimo em produção de etanol para a cultivar BRS 506 em relação ao ano/ciclo anterior, apresentando-se semelhante à BRS 511, independente da época de colheita (Tabela 5). A produção de etanol cresceu linearmente ($p < 0,01$) em função dos dias decorridos, como mostra a Figura 6, chegando aos valores estimados pela regressão de 4415,93 e 4378,1 L ha⁻¹ aos 111 DAS, respectivamente, para BRS 506 e BRS 511.

De forma semelhante aos resultados de sólidos solúveis e carboidratos solúveis totais, a produção de etanol, ao longo dos dias avaliados, para o híbrido 7C30, se ajustou ao modelo quadrático com concavidade da curva para cima, mostrando que o seu potencial de produção começa a aumentar aos 104,7 ~ 105 DAS, se mantendo sempre inferior às cultivares BRS (Figura 6).

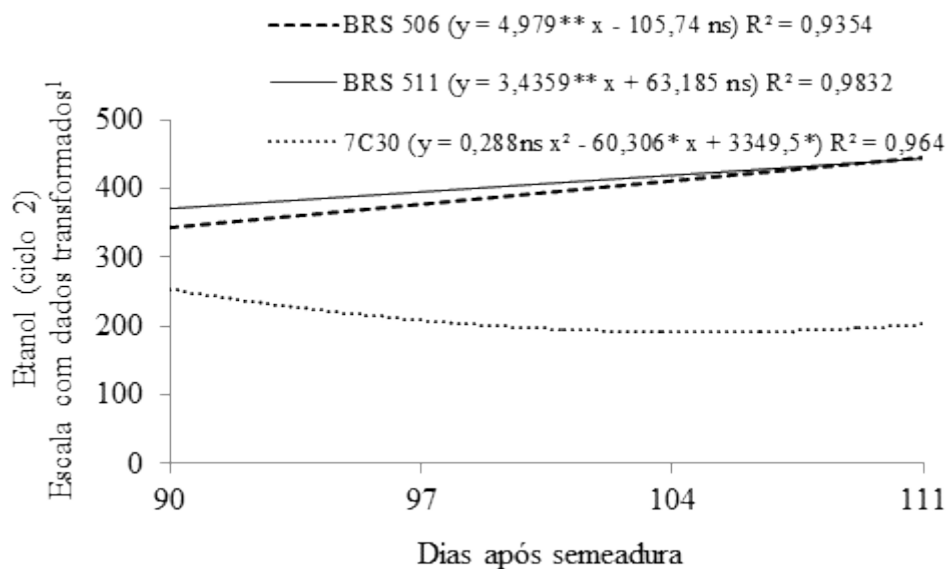
Tabela 5: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2015 colhidos em quatro épocas de colheita.

Gen	Etanol (L ha ⁻¹)			
	90	97	104	111
	----- Dias após semeadura -----			
BRS 506	2850,50 A*	3646,75 A	3980,53 A	4307,01 A
BRS 511	3400,08 A	3648,24 A	4111,76 A	4355,89 A
7C30	1912,41 B	1516,14 B	1224,27 B	1414,33 B

Médias seguidas de letras iguais comparam os diferentes genótipos (colunas) e não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro;

*Análise estatística realizada com os dados transformados (sistema Box Cox) sendo apresentadas as médias originais.

Figura 6: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2015 em função da época de colheita.

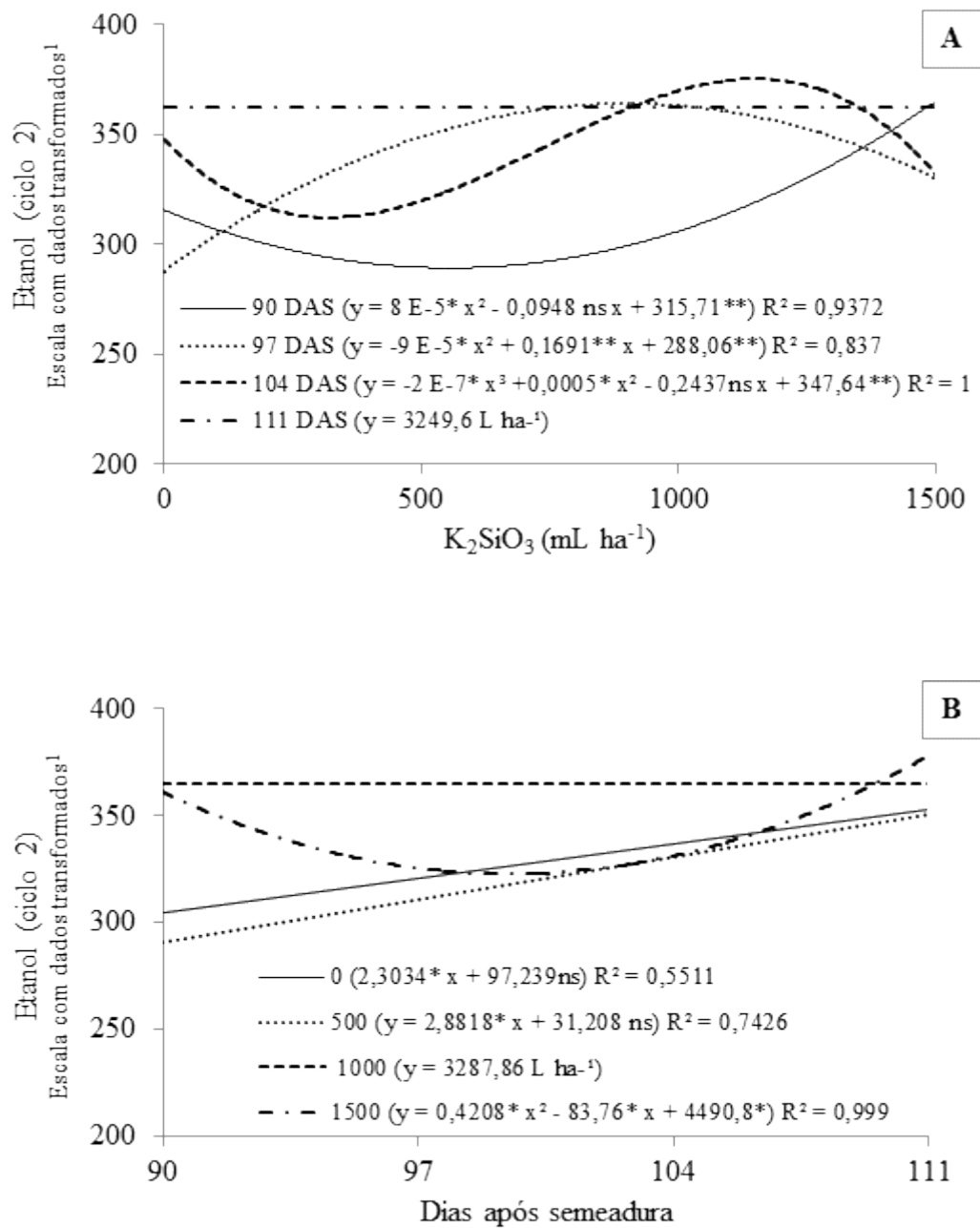


ns, *, **: significância pelo teste F, respectivamente quando não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%. ¹ Transformação de dados pelo sistema Box Cox ($\lambda = 0,6818182$).

A Figura 7 representa o desdobramento para a interação doses de silício x épocas de colheita para a produção estimada de etanol. Quanto às doses de silicato de potássio aplicadas,

houve ajustes matemáticos diferentes para cada época de colheita (Figura 7A), o que justifica a interação significativa pelo efeito do silício no processo de maturação das plantas de sorgo.

Figura 7: Produção estimada de etanol de três genótipos de sorgo sacarino produzido no semiárido (Pentecoste, CE) no ano de 2015 em função das doses de silicato de potássio (A) e épocas de colheita (B).



ns, *, **: significância pelo teste F, respectivamente quando não significativo, significativo a 5% e significativo a 1%. ¹ Transformação de dados pelo sistema Box Cox ($\lambda = 0,6818182$).

Quando da colheita aos 90 DAS, pode-se visualizar que o efeito do silício só começa a se pronunciar a partir da dose mínima de 592,5 mL ha⁻¹ (valor calculado, $p < 0,05$). E, no caso das colheitas mais tardias, encontram-se as doses que melhor contribuíram para a produção de etanol. Os pontos máximos para os ajustes quadrático ($p < 0,01$) e cúbico ($p < 0,05$), respectivamente, aos 97 e 104 DAS, foram de 939,44 e 1370,2 mL ha⁻¹. Para a colheita aos 111 DAS não se observou efeito do silício, tendo em vista o não ajuste matemático (Figura 7A).

Analisando juntamente à dose de melhor expressão encontrada para o teor de carboidratos, que foi de 1115,1 mL ha⁻¹, pode-se estipular o intervalo entre 1100 e 1400 mL ha⁻¹ como possibilidade de dosagem para o silicato de potássio no manejo do sorgo sacarino em região semiárida com melhoria no acúmulo de carboidratos e, conseqüentemente, para a produção de etanol.

A indicação sugerida pelo fabricante do produto comercial utilizado neste trabalho é de 1000 mL ha⁻¹ para diferentes culturas da família Poaceae, como milho, trigo e o próprio sorgo. Percebe-se então que os resultados apresentados, além de especificar o manejo para o sorgo sacarino no semiárido, mostram que a indicação rotulada é subestimada, para essas condições, pelo menos para a cultura do sorgo.

Além do efeito direto na produção de etanol, a adubação silicatada parece ter alterado o processo final de maturação ao longo dos dias, ou seja, o potencial de produção de etanol foi diferenciado para as plantas tratadas com as maiores doses aplicadas (Figura 7B). Plantas não tratadas ou tratadas com 500 mL do produto aumentaram linearmente ($p < 0,05$) a produção de etanol, em função do acúmulo crescente de carboidratos como visto anteriormente. Quando a dose foi de 1000 mL, não houve ajuste matemático podendo inferir que o potencial máximo de produção de etanol já havia estabilizado aos 90 DAS. E quando sob a dose de 1500 mL o ajuste apresentado ($p < 0,05$) possibilitou a informação de que a produção do etanol começou a aumentar somente a partir dos 99,5 ~ 100 dias após a semeadura, ou seja, atrasou a maturação (Figura 7B). Assim, nota-se que a dose de 1000 mL foi benéfica, não havendo mais tal benefício quando sob 1500 mL. Este resultado reforça o intervalo de doses postulado anteriormente como o mais indicado para a adubação adicional de silício no semiárido para a cultura do sorgo sacarino, entre 1100 e 1400 mL ha⁻¹.

Quanto à época de colheita, de maneira geral, as duas cultivares BRS apresentaram índices satisfatórios de produtividade e qualidade de caldo. Viu-se que durante o intervalo de avaliações (90 a 111 DAS) estes índices foram aumentando até a constatação dos melhores resultados na última época avaliada, aos 111 DAS (Figuras 1, 2B, 3, 6 e 7B). Assim, a

indicação da época de colheita aos 110 dias parece ser correta em função das comuns designações apresentadas em literatura. Em trabalho de Teixeira et al. (1999) em Jundiaí - SP, também avaliando a maturidade fisiológica do colmo de sorgo sacarino, estes autores concluíram que o maior teor de açúcares se dá aos 121 DAS, dez dias a mais em comparação ao presente estudo, uma importante vantagem para o manejo agrícola do sorgo sacarino no Nordeste, confirmando a hipótese do trabalho a respeito da antecipação da maturidade fisiológica.

CONCLUSÕES

As cultivares BRS 506 e 511 apresentam altos índices tecnológicos para a produção de etanol com elevado rendimento e acúmulo de açúcares no caldo, quando cultivadas em região semiárida e colhidas aos 110 dias após a semeadura.

A aplicação de silicato de potássio no manejo do sorgo sacarino nas dosagens entre 1100 e 1400 mL ha⁻¹ acelera a maturidade fisiológica e promove aumento da qualidade do caldo e maior produção de etanol para as cultivares BRS 506 e 511.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772-780, 2009. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/6DDEDD738826>>.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, Washington, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

COELHO, A. M. Adubação. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, L. A. C (Editores). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol, Sistema BRS 1G – Tecnologia qualidade Embrapa**. Documentos 139, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012, cap 5. p. 42-50. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Dagma_Da_Silva2/publication/256717776_sorgo_sacarin_o_documento_139>

/links/00463523ae38d01ff1000000.pdf>. Acesso em: 29 out. 2015.

DURÃES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, L. A. C (Editores). **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios**. Documentos 138, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/933001>>. Acesso em: 30 out. 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **BRS 506: o sorgo sacarino mais testado e plantado no Brasil**. Embrapa Milho e Sorgo, Núcleo de Comunicação Organizacional, 2012a. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/937340>>. Acesso em: 2 nov. 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **BRS 511: o sorgo sacarino com alto potencial de colmos**. Embrapa Milho e Sorgo, Núcleo de Comunicação Organizacional, 2012b. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/937343>>. Acesso em: 2 nov. 2015.

ESTATCAMP. **Software Action**. Disponível em: <<http://www.estatcamp/empresa/software-action>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

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

GONÇALVES, R. C.; SIQUEIRA, F. L. T.; MATA, J. F.; VIEIRA, G. E. G. Desafios e perspectivas da produção de etanol no Brasil: uma revisão. **Revista Liberato**, v. 12, n. 18, p. 107-206, 2011. Disponível em: <[http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2012,%20n.%2018%20\(2011\)/2.desafios%20e%20perspectivas%20da%20.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2012,%20n.%2018%20(2011)/2.desafios%20e%20perspectivas%20da%20.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2015.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CARVALHO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. *Tecnologia/Pesquisa, STAB*, v. 21, n. 2, 2002.

LEITE, R. C.; CORTEZ, L. A. B. **O etanol combustível no Brasil**. In: Ministério das Relações Exteriores. *Biocombustíveis no Brasil: realidades e perspectivas*. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3_000g7gq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmfk.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2015.

MARAFON, A. C.; ENDRES, L. **Adubação silicatada em cana-de-açúcar**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 46 p. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_165.pdf>.

MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, L. A. C (Editores). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol, Sistema BRS 1G – Tecnologia qualidade Embrapa**. Documentos 139, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 120p. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Dagma_Da_Silva2/publication/256717776_sorgo_sacarin_o_documento_139/links/00463523ae38d01ff1000000.pdf>. Acesso em: 29 out. 2015.

MME – Ministério de Minas e Energia, Assessoria de Comunicação Social, Governo Federal. **“Governo decide pela elevação da mistura de etanol na gasolina a 27%”**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/primeiro-destaque/-/asset_publisher/iS28XocIOLAj/content/governo-decide-pela-elevacao-da-mistura-de-etanol-na-gasolina-a-27->. Publicado em: 4 mar. 2015. Acesso em: 29 out. 2015.

NASCIMENTO, E. H. S.; RUPPENTHAL, V. NASCIMENTO, I. L.; SILVA, M. L. S.; SABÓIA, C. B.; ENEAS FILHO, J. Utilização de silício na atenuação dos efeitos do estresse salino em plantas de sorgo. **II Inovagre Internacional Meeting**, 2014. Fortaleza: INOVAGRE. DOI: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a558>.

NOVA CANA. Sobre o etanol. Acesso em 2 nov 2015. Disponível em: <<http://www.novacana.com/etanol/sobre-etanol/>>. 2015.

PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. *In*: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, L. A. C (Editores). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol, Sistema BRS 1G – Tecnologia qualidade Embrapa**. Documentos 139, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Cap. 1, p. 14-22. 2012. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Dagma_Da_Silva2/publication/256717776_sorgo_sacarino_documento_139/links/00463523ae38d01ff1000000.pdf>. Acesso em: 29 out. 2015.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. 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**, v. 12, n. 2, p. 118-127, 2013.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. *In*: DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. Embrapa Agroenergia, **Agroenergia em revista**. Ano II, n. 3, ago. 2011.

RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 751-757, 2008.

RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; ROCHA, A. S.; DANTAS, J. P.; FLORENTINO, E. R.; SILVA, F. L. H. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 9-16, 2008.

RATNAVATHI, C.V.; SURESH, K.; VIJAY KUMAR, B.S.; PALLAVI, M.; KOMALA, V.V.; SEETHARAMA, N. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 7, p. 947-952, 2010.

SANTOS, R. F.; PLACIDO, H. F.; GARCIA, E. B.; CANTÚ, C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; FRIGO, K. D. A. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2015. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/rber/article/download/39690/pdf_37>.

SAKELLARIOU-MAKRANTONAK, M.; PAPALEXIS, D.; NAKOS, N.; KALAVROUZOTIS, I. K. Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. **Agricultural Water Management**, v. 90, p. 181-189, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377407000698>>. Acesso em: 29 out. 2015.

SAUIM, E. G. O.; ZUCARELI, V.; ANDRADE, L. V.; RABAIOLI, A.; SOUSA, B. T. Desenvolvimento e produção de sorgo sacarino em função da adubação foliar silicatada. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. 2, p. 250-259, 2015.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOUZA, C. C.; DANTAS, J. P.; SILVA, S. M.; SOUZA, V. C.; ALMEIDA, F. A.; SILVA, L. E. Produtividade do sorgo granífero cv. sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 512-517, 2005.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; SILVA FILHO, J. G.; BRITO, A. R. M. B.; RODRIGUES, J. A. S. O Sorgo sacarino no semi-árido brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; NICONELLA, G.; ZARONI, M. H. influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, 1999.

CAPÍTULO 3

MATURAÇÃO DE SEMENTES DE SORGO SACARINO PRODUZIDAS NO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA

Resumo

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), cultivado para obter matéria prima utilizada na produção de etanol, destaca-se no setor energético por ter ciclo curto e ser bastante resistente a ambientes sujeitos a escassez hídrica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das sementes de sorgo sacarino cultivado em condição semiárida, procurando-se determinar a época ideal para colheita de sementes. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Vale do Curú, Pentecoste – CE, utilizando-se duas cultivares de sorgo sacarino (BRS 506 e BRS 511) sob adubação foliar com silício nas doses 500; 1000 e 1500 mL 100 L⁻¹ ha⁻¹, e comparadas às parcelas controle (sem aplicação) que foram colhidas em quatro épocas (30, 37, 44 e 51 dias após a plena floração). As sementes obtiveram 90% de germinação, atingindo máxima velocidade de germinação entre 49 e 53 dias após a plena floração. A adubação foliar silicatada nas condições aplicadas não promoveu efeito sobre as sementes das plantas tratadas. Conclui-se que as cultivares BRS 506 e 511 apresentaram alto potencial para a produção de sementes com colheitas realizadas, respectivamente, aos 113 e 110 dias após a semeadura.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. Germinação. BRS 506. BRS 511. Vigor. Silício.

MATURATION OF SWEET SORGHUM SEEDS PRODUCED IN SEMIARID AS A FUNCTION OF SILICON FERTILIZER

Abstract

The sweet sorghum *Sorghum bicolor* (L.) Moench) is cultivated to get raw material for ethanol production and stands by display short cycle and be very resistant to dry conditions. The aim of this work was evaluate the quality of sweet sorghum seeds cultivated in semiarid conditions and to figure out the ideal harvest season. An experiment was carried out in Pentecoste - CE with two varieties (BRS 506 and BRS 511) and silicon foliar fertilization (0; 500; 1000 and 1500 mL ha⁻¹100 L⁻¹) performing the seeds harvest in four seasons (30, 37, 44 and 51 days after full bloom). The seeds presented optimal physiological conditions (90% of germination) reaching the maximum potential of vigor between 49 and 53 days after full

bloom. Silicon foliar fertilization didn't promote effect on the treated plants. This paper conclude that both varieties have a high potential for seed production performing the harvest to 110 and 113 days after sowing for the varieties BRS 511 and BRS 506, respectively.

Key words: *Sorghum bicolor*. Germination. BRS 511. BRS 506. Vigor. Silicon.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de técnicas e estratégias que possibilite o fortalecimento das atividades agrícolas nas regiões semiáridas do Nordeste torna-se fundamental para o crescimento social e econômico da região, amenizando fatores de caráter negativo como o êxodo rural e o uso desordenado dos recursos naturais do bioma em questão, a Caatinga. Assim, o uso de espécies vegetais e/ou genótipos adaptados às condições climáticas da região, atrelado a formas de manejo que amenizem o estresse causado pela falta de água ou excesso de insolação, torna-se ponto chave para o progresso regional.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tipo sacarino é utilizado como matéria-prima na produção de álcool etílico (etanol) de primeira geração em pequenas destilarias e também em usinas de grande porte no período de entressafra da cana-de-açúcar (DURÃES *et al.* 2012). Este tipo de sorgo, apesar dos menores índices tecnológicos em comparação à cana-de-açúcar, principal matéria prima do setor sucroalcooleiro nacional, apresenta ciclo menor, entre 100 e 130 dias, é propagado por sementes o que facilita a implantação mecanizada da lavoura e possui significativa resistência a escassez hídrica (AGÊNCIA PRODETEC, 2013; PARRELLA; SCHAFFERT, 2012).

Espécies monocotiledôneas são conhecidas por responderem bem a adubação silicatada. Estas plantas apresentam a capacidade de acumular este mineral em tecidos foliares e caulinares (SOUSA *et al.*, 2013), promovendo efeitos indiretos benéficos como já comprovados na cultura da cana-de-açúcar, milho, arroz e sorgo granífero (BARBOSA *et al.*, 2008; KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995; MARAFON; ENDRES, 2011; SOUSA *et al.*, 2010). A aplicação foliar do mineral silício poderia atuar de forma a beneficiar o desenvolvimento do sorgo sacarino, igualmente como ocorre na cana-de-açúcar, em que a adubação com este mineral possibilitou maior eficiência fotossintética, resistência a pragas e doenças e maior tolerância à falta de água nos períodos de baixa umidade do solo (KORNDÖRFER, 2002), tendo em vista que ambas as espécies apresentam semelhantes mecanismos de acúmulo de carboidratos.

De acordo com as características citadas do sorgo sacarino, uma importante avaliação a ser feita é quanto à maturação e viabilidade das sementes produzidas em regiões semiáridas, tendo em vista que os pequenos agricultores, maioria nesta região, colhem as sementes de uma parcela de sua própria lavoura para utilização no ciclo/ano seguinte. Sabe-se que para eliminar a possibilidade de falhas no estande da lavoura ou surgimento de plantas com baixo vigor é fundamental o uso de sementes com alto padrão de qualidade (MARCOS FILHO, 2005).

A maturação de sementes constitui-se numa sequência ordenada de alterações de várias naturezas, verificadas a partir da fecundação até que as sementes se tornem independentes da planta-mãe (MARCOS FILHO, 2015). Os principais índices tecnológicos almejados ao final da maturação são o conteúdo adequado de água, maior conteúdo de matéria seca, elevada porcentagem de germinação e alto nível de vigor (ARAÚJO *et al.*, 2006; MARCOS FILHO, 2015).

No tocante aos grandes produtores, a produção de sementes já é prática consolidada em determinados setores da agricultura na região semiárida, quando associado a regime irrigado. As condições climáticas nesta região tornam-se propícias para os processos de desenvolvimento e maturação, assim como para a atividade de colheita das sementes. Dentre as características favoráveis tem-se: estação seca definida com chuvas concentradas e menor incidência de doenças, baixa umidade relativa do ar e temperaturas médias anuais elevadas (COUQUEIRO, 2012; WANDERLEY JUNIOR; MELO, 2015).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção e qualidade de sementes de duas cultivares de sorgo sacarino produzidas em região semiárida, em função da adubação silicatada e época de colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro sequeiro na Fazenda Experimental Vale do Curú, pertencente à Universidade Federal do Ceará, Pentecoste – CE, coordenadas UTM 462620 E; 9577349 S; altitude de 48 m, (Apêndice – Figuras 2 e 3) em Planossolo de textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006). O ciclo de cultivo se estendeu entre os meses de março a julho de 2014, período da estação chuvosa na região, com semeadura em 22 de março. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido com chuvas irregulares. Os dados meteorológicos referentes ao período de experimento encontram-se na Tabela 1 do Apêndice.

Após o preparo de solo (duas gradagens consecutivas), foram semeadas duas cultivares de sorgo sacarino em método agrícola de sequeiro, a BRS 506 (adquirida comercialmente junto à Embrapa Produtos e Mercado/Escritório de Sete Lagoas, MG) e a BRS 511 (disponibilizada pela empresa Ceres Sementes do Brasil Ltda).

Levando em consideração a análise de solo (Apêndice - Tabela 1) e recomendações de Coelho (2012), no momento da semeadura realizou-se a adubação em fundação com 30, 50 e 45 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, utilizando como fonte os adubos minerais ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Aos vinte dias após a semeadura efetuou-se a adubação de cobertura com 140 e 45 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente.

Para a aplicação dos tratamentos, realizou-se adubação com silicato de potássio (Abrafo1[®]: 12% SiO₂; 12 % K₂O) via foliar nas dosagens de 500, 1000 e 1500 mL ha⁻¹. As aplicações foram realizadas utilizando um pulverizador costal (20 L) com bomba tipo pistão, bico em leque com vazão de 19 L h⁻¹ e acoplado ao “chapéu de napoleão” para não haver influência entre as diferentes parcelas, incluindo a controle (sem aplicação). Utilizou-se também o espalhante adesivo Assist[®] (adjuvante) na concentração de 5% do volume de calda que foi de 100 L ha⁻¹. Esta adubação ocorreu aos 30 dias após a semeadura, quando as plantas encontravam-se com 7 a 9 folhas completamente expandidas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados repetidos quatro vezes em esquema de parcela subdividida (2 x 4 x 4): duas cultivares, quatro níveis de silício (incluindo a parcela sem aplicação) e quatro épocas de colheita. As épocas de colheita foram aos 30, 37, 44 e 51 dias após a plena floração (mais de 50% das plantas da parcela com inflorescência expandida), sendo que as cultivares atingiram este estágio em tempos diferentes, 57 e 64 dias após a semeadura para a BRS 511 e BRS 506, respectivamente (Apêndice – Tabela 5).

Com o esquema proposto, o experimento teve área total de 1792 m², cada bloco com 448 m² e cada parcela com 14 m². Cada parcela foi constituída de quatro linhas de cinco metros contendo 40 plantas em cada linha (8 pl m⁻¹) e espaçadas em 0,70 m (MAY *et al.*, 2012), sendo as duas linhas centrais a área útil da parcela.

Cada atividade e tratos culturais realizadas durante o ciclo da cultura encontram-se descritos na Tabela 6 da seção Apêndices, onde constam as respectivas épocas de ação.

Para análise da produção e qualidade de sementes, três panículas por parcela foram coletadas com auxílio de tesoura de poda seccionando na inserção da folha bandeira e levadas ao Laboratório de Análise de Sementes (UFC) para pesagem das panículas, extração e contagem das sementes. As sementes foram submetidas às seguintes análises: **teor de água** –

realizado pelo método da estufa a 105 °C (± 2 °C) por 24 h, utilizando-se 50 sementes; **peso de mil sementes** – utilizou-se oito repetições de 100 sementes, multiplicando o valor médio por 10 quando o coeficiente de variação foi menor que 4% (BRASIL, 2009); **quantidade de sementes por panícula** – extração manual e contagem das sementes nas três panículas; **germinação** – quatro repetições de 50 sementes de cada parcela foram postas entre papel toalha, tipo *germitest*, umedecido três vezes a massa do papel seco e acondicionadas em germinador de bancada regulado a 25 °C; as contagens foram realizadas no quatro e décimo dia após semeadura; **índice de velocidade de germinação** – calculado de acordo com a fórmula de Maguire (1961): $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$, em que G1, G2, Gn = número de plântulas na primeira, segunda até a última contagem e N1, N2 e Nn = número de dias da primeira, segunda até a última contagem; **teste de envelhecimento acelerado** – quatro repetições de 50 sementes foram postas sobre telas de alumínio inseridas em caixas plásticas, tipo *gerbox* contendo 40 mL de água destilada e acondicionadas em câmeras tipo *Bioquimic Oxygen Demand* (B.O.D.) por 96 horas a 41 °C (VAZQUEZ, 2011), em seguida realizado o teste de germinação com contagem das plântulas aos quatro dias após semeadura; e **avaliação de plântulas** – 20 plântulas oriundas do teste de germinação foram submetidas a medições do comprimento da parte aérea e raiz e, em seguida, colocadas separadamente em sacos tipo *kraft* e submetidas a secagem (80 °C por 24 h) em estufa com circulação forçada de ar e posterior pesagem em balança analítica (0,001 g) para determinação da massa da matéria seca (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

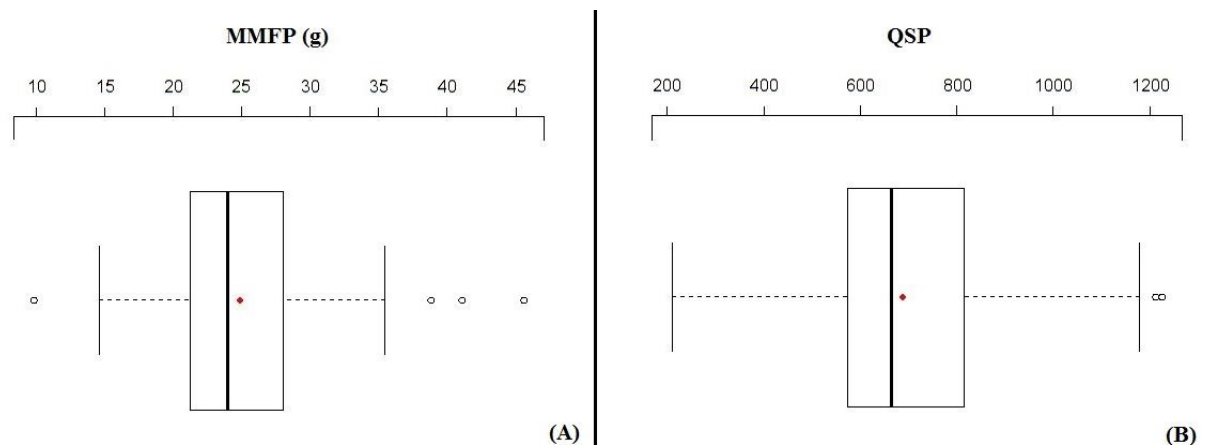
Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e quando atenderam a tais pressuposições foi feita análise de variância (ANAVA) com teste de Tukey (5%) para comparar as médias das duas cultivares; e estudo de regressão polinomial para analisar as doses de silício e épocas de colheita. Quando os dados não atenderam a, pelo menos, uma das pressuposições, estes foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (5%). A variável IVG foi analisada com os dados transformados, através do sistema Boxcox o que possibilitou o ajuste dos dados para realização da ANAVA.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares Action 2.7 (ESTATCAMP, 2014) para transformação Box-cox e teste de Bartlett (teste de variância); Assistat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) para os testes de normalidade e Kruskal-Wallis; e Sisvar 5.3 Build 77 (FERREIRA, 2011) para ANAVA com Tukey ou regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, a massa fresca de panícula e a quantidade de sementes por panícula não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos. O sorgo sacarino, nas condições deste trabalho, produziu panículas com massa média de 24,8 g ($\pm 5,72$), sendo estas compostas por quantidade média de 689 (± 180) sementes (Figura 1).

Figura 1: ^(A)Box Plot para o conjunto de dados de massa da matéria fresca de panícula (MMFP) e para a ^(B)quantidade de sementes por panícula (QSP).



Para todas as variáveis estudadas a aplicação do adubo foliar não promoveu efeito significativo (Tabela 1). A adubação silicatada, nas condições deste trabalho, não foi suficiente para proporcionar benefício às plantas de sorgo sacarino, no que se refere aos processos relativos à produção, germinação e vigor de sementes. Inúmeros fatores podem ter contribuído para o insucesso desta atividade, como a forma e o número de aplicação, as dosagens e o estágio fenológico das plantas. Com isso, abre-se uma lacuna para possíveis investigações científicas buscando atingir resultados satisfatórios quanto à adubação com silício no sorgo sacarino.

Tavares *et al.* (2014) estudaram o efeito do silício no rendimento e qualidade de sementes de trigo, constatando incremento no rendimento das sementes. É importante relatar que no trabalho supracitado o silício foi incorporado ao solo e em condições de casa-de-vegetação. Além das gramíneas, família conhecidamente mais responsiva ao silício, leguminosas também foram testadas a essa específica adubação. Em feijoeiro, adubado via

foliar, produziu-se sementes com tegumento mais espesso, além de constatar menor incidência de *Fusarium* ssp. (VEIGA, 2008). Em soja, também com adubação foliar silicatada, concluiu-se que as plantas tratadas produziram sementes com maior qualidade fisiológica (HARTER; BARROS, 2011).

Tabela 1: Características físicas e fisiológicas de sementes de duas cultivares de sorgo sacarino submetidas a diferentes níveis de adubação silicatada e colhidas em diferentes épocas.

Tratamentos	TA (%)	PMS (g)	G (%)	PC (%)	EA (%)
Cultivar					
BRS 506	13,1 a	20,3 b	91 a	66 a	90 a
BRS 511	15,1 a	21,7 a	91 a	61 a	85 b
K-W (p)	0,0739	8,52x10 ⁻⁷	0,2517	0,2228	3,14x10 ⁻⁵
K₂SiO₃ (mL/ha)					
0 (controle)	14,2 a	21,0 a	90 a	62 a	88 a
500	14,6 a	21,0 a	92 a	67 a	87 a
1000	14,0 a	21,2 a	91 a	65 a	87 a
1500	13,8 a	21,1 a	90 a	60 a	87 a
K-W (p)	0,8654	0,9897	0,9252	0,7326	0,9114
DAF					
30	19,0 a	21,0 ab	80 b	24 c	89 a
37	12,9 b	20,8 b	94 a	53 b	85 a
44	10,6 c	20,6 b	95 a	89 a	88 a
51	14,1 b	21,8 a	94 a	88 a	87 a
K-W (p)	1,77x10 ⁻¹⁸	0,0119	9,4x10 ⁻¹³	9,16x10 ⁻¹⁹	0,3949
CV (%)	26,67	7,73	10,19	48,83	8,11

Teor de água (TA), massa de mil sementes (MMS), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), teste de envelhecimento acelerado (EA), dias após a plena floração (DAF); Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W), com comparações múltiplas por pares quando p-valor $\leq 0,05$, nível de significância a 5%.

Avaliando as variáveis de caráter físico, observou-se que o teor de água apresentou diferença significativa entre seus valores médios para o fator época de colheita. Aos trinta dias após a plena floração, as sementes se encontravam com 19%, baixando para 12,9% na semana seguinte, ou seja, com 37 dias após a plena floração, ou 94 e 101 dias após a semeadura, para BRS 511 e BRS 506, respectivamente (Tabela 1). A partir desse ponto (37 dias) as sementes parecem ter terminado sua desidratação em decorrência do processo de maturação, iniciando assim a ser condicionada apenas pelo ambiente na busca pelo equilíbrio higroscópico.

A diminuição do teor de água ocorreu ainda em campo, permanecendo em faixa ideal de colheita até aos 112 dias após a semeadura. Em caso de produção comercial não seria necessária secagem artificial, que eleva o custo de produção em regiões de alta umidade, o que é uma grande vantagem para a produção de sementes em região semiárida. Ullmann *et al.* (2015) constataram alta qualidade fisiológica em sementes de sorgo sacarino com secagem artificial sob temperatura de 40 °C. Nas condições deste trabalho, observa-se na Tabela 1 do Apêndice que no mês final do ciclo da cultura, a temperatura do ar atingiu 37,1 °C, proporcionando uma secagem adequada nas sementes.

Para o peso de mil sementes, além das épocas de colheita, as cultivares também diferiram entre si ($p > 0,05$), a BRS 511 apresentou em média 1,4 g a mais em comparação a BRS 506 (Tabela 1). Esta diferença de massa entre as duas cultivares, entretanto, não vem a representar uma superioridade intrínseca para a BRS 511. Kirchner *et al.* (2014) enfatizam que a qualidade fisiológica vai além da massa de mil sementes. No trabalho destes autores, realizado em Santa Maria - RS, região de condições contrastantes com o semiárido, pode ser verificado que as sementes produzidas e submetidas à secagem artificial para atingir umidade de 12-13% obtiveram 19,4 a 20 g/1000 sementes. No presente trabalho, as sementes produzidas no semiárido cearense, com secagem natural (12,9% aos 37 dias após a floração), obtiveram 20,8 g em média.

O teste de germinação revelou elevada qualidade fisiológica, obtendo-se 90% para ambas as cultivares estudadas. É possível verificar na Tabela 1 que com 37 dias após a plena floração as sementes se encontravam com seu máximo potencial germinativo, mantendo-se até aos 51 dias. Este percentual de germinação é satisfatório de acordo com a exigência mínima da Associação Brasileira de Sementes e Mudanças que é de 70% para sementes básicas e 80% para outras categorias (ABRASEM, 2013).

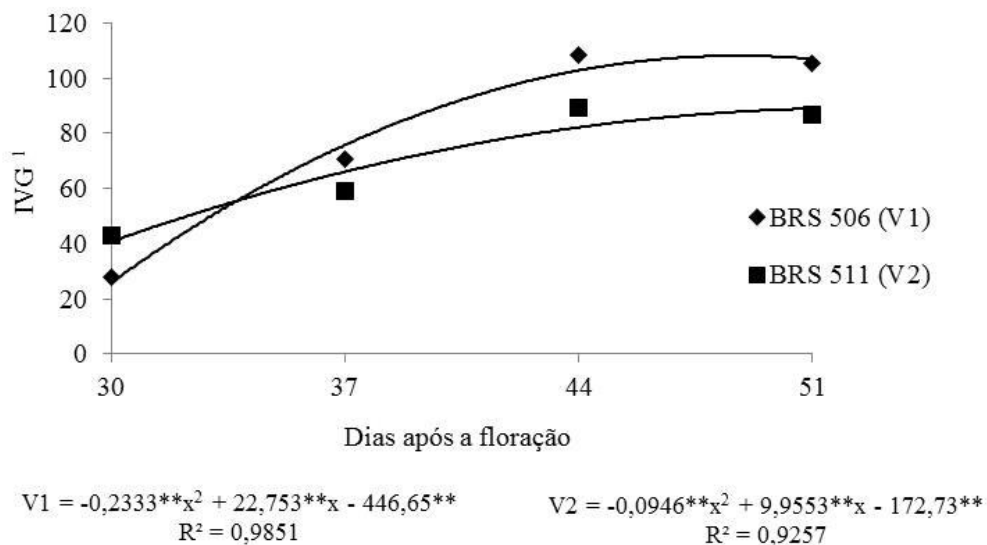
Quanto ao vigor, ainda de acordo com a Tabela 1, percebe-se que a cultivar BRS 506 não sofreu redução com estresse submetido às sementes pelo teste de envelhecimento acelerado, as sementes mantiveram os 90% de germinação, obtido no teste de germinação. Já

a BRS 511, apesar de não ter sofrido uma redução expressiva na germinação após o envelhecimento acelerado, verifica-se uma diminuição nesta variável, diferindo significativamente da BRS 506.

Quanto ao período ideal de colheita para as cultivares BRS 506 e BRS 511, foi verificado que com 37 dias após a floração a germinação já estava em seu máximo potencial. A primeira contagem de germinação mostrou que o potencial máximo de vigor foi atingido com 44 dias após a floração, mas quando do ajuste matemático para o índice de velocidade de germinação, que pôde ser avaliado de forma paramétrica, houve a possibilidade de maior precisão ao resultado. A análise de variância revelou interação significativa entre os fatores com ajuste dos dados pelo modelo polinomial quadrático para ambas as cultivares (Figura 2).

O índice de velocidade de germinação das sementes da cultivar BRS 506 foi superior a BRS 511 (Figura 2). De acordo com o ajuste matemático, para a velocidade de germinação a cultivar BRS 506 atingiu seu máximo valor aos 48,76 ~ 49 dias após a plena floração, e para a BRS 511, este momento foi aos 52,62 ~ 53 dias. Levando em consideração ao dia da semeadura, tem-se que o máximo de velocidade de germinação foi alcançado aos 113 e 110 dias após a semeadura para as cultivares BRS 506 e BRS 511, respectivamente.

Figura 2: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de duas cultivares de sorgo sacarino em função da época de colheita.

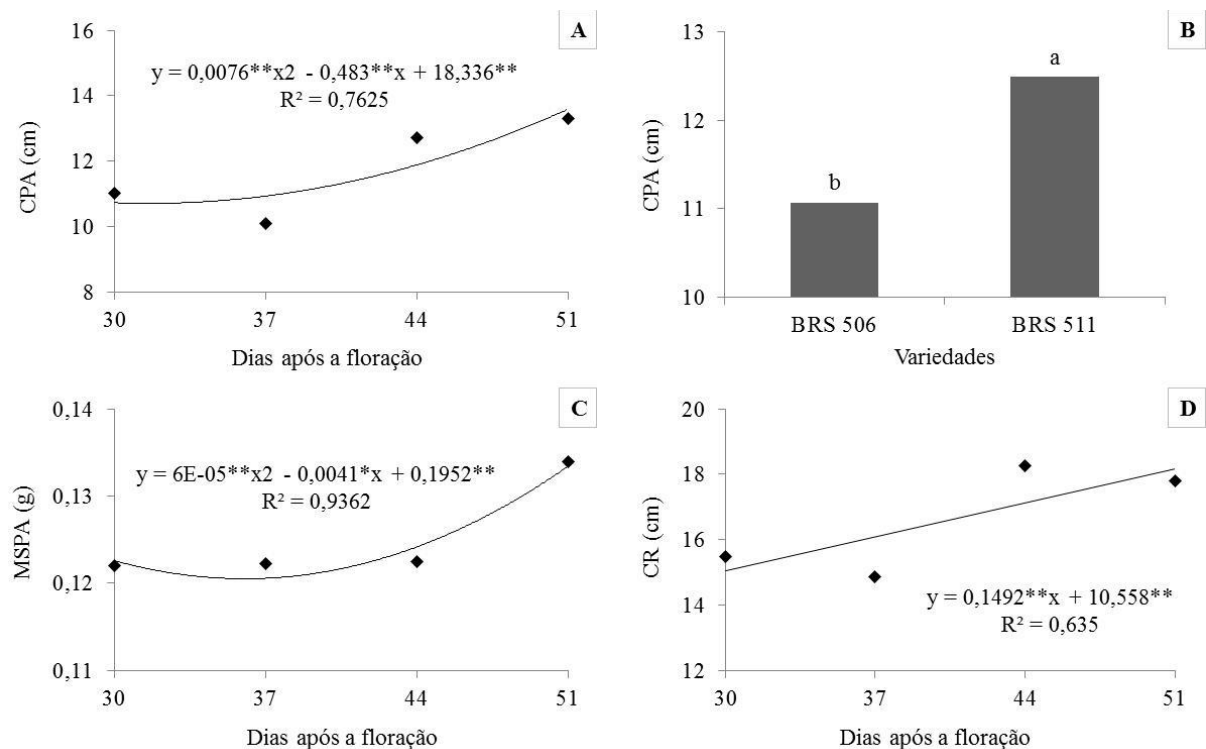


¹ Escala com valores transformados pelo sistema boxcox ($\lambda = 2,0454$), modelo de regressão significativo a 1% pelo teste F. ** significativo a 1% pelo teste F na análise de regressão.

Em pesquisa de Andrade e Oliveira (1988), em Sete Lagoas - MG, maiores percentagens de germinação e vigor foram verificadas quando as sementes encontravam-se com 35 a 44 dias após a plena floração, momento em que as sementes continham 30% de umidade, sendo a porcentagem de germinação muito abaixo do encontrado no presente trabalho, apenas 70%, mostrando que haveria necessidade de secagem artificial. Os resultados desta pesquisa revelam claramente que a região semiárida se constitui em condição ideal para a produção de sementes de sorgo sacarino.

Quanto à avaliação de plântulas, não houve efeito de interação dos fatores, sendo apresentados os resultados de forma isolada, como consta na Figura 3. O comprimento da parte aérea foi superior para a cultivar BRS 511 (Figura 3B), assim como para a massa de matéria seca de raiz (Figura 4A). No que se refere ao estudo da época de colheita, o comprimento da parte aérea apresentou ajuste matemático pela regressão polinomial quadrática, com concavidade para baixo da parábola. Este mesmo comportamento foi evidenciado para a massa seca de parte aérea (Figura 3C).

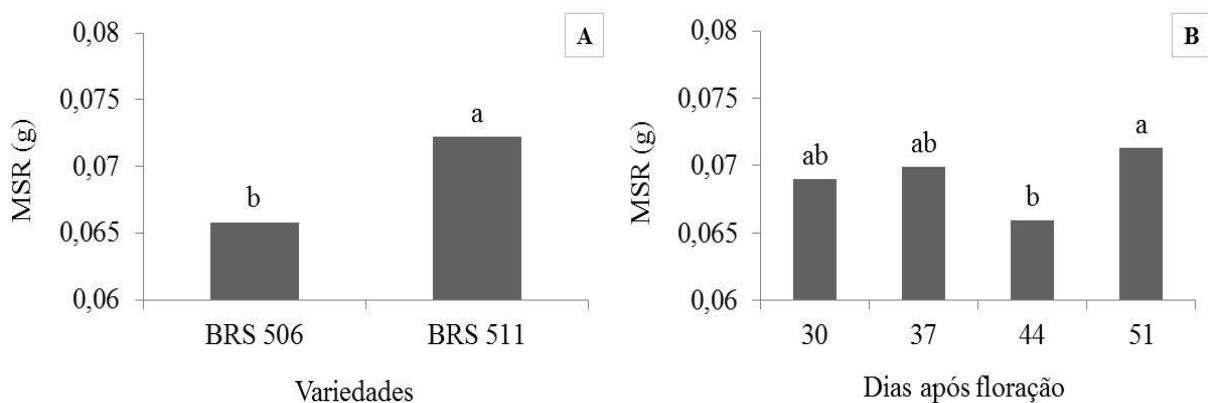
Figura 3: ^(A e B)Comprimento de parte aérea (CPA) de plântulas de sorgo sacarino em função da época de colheita de sementes e da cultivar; ^(C)massa da matéria seca de parte aérea (MSPA) e ^(D)comprimento de raiz (CR) em função da época de colheita de sementes.



**; * significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F na análise de regressão. Letras sobre as colunas representam a diferença significativa entre as cultivares (B).

O comprimento de raiz ajustou-se à regressão linear com coeficiente de determinação relativamente baixo (63,5%). A tendência foi encontrar os maiores valores quando a colheita aproximava-se aos 51 dias após a plena floração, coincidindo com os resultados encontrados para o vigor das sementes (49 e 53 dias).

Figura 4: Massa da matéria seca de raiz (MSR) de plântulas de sorgo sacarino em função da cultivar (A) e da época de colheita de sementes (B).



^{a, b} Colunas com letras sobrescritas iguais não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com comparações múltiplas por pares quando $p\text{-valor} \leq 0,05$, nível de significância a 5%.

CONCLUSÕES

- As sementes de sorgo sacarino das cultivares BRS 506 e 511, produzidas no semiárido cearense, apresentam qualidade fisiológica adequada para o comércio de sementes.
- As cultivares BRS 506 e 511, produzidas do semiárido cearense, obtêm máximo de germinação e vigor de sementes aos 113 e 110 dias, respectivamente, após a semeadura.
- Nas condições desse experimento, a adubação adicional com silicato de potássio via foliar não promove efeito sobre a produção ou qualidade das sementes de sorgo sacarino.

REFERÊNCIAS

ABRASEM – Associação Brasileira de Sementes e Mudas. **Instrução Normativa**, nº 45, de 17 de Setembro de 2013. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-45-de-17-de-Setembro-de-2013-Padr%C3%B5es-de-Identidade-e-Qualidade-Prod-e-Comerc-de-Sementes-Grandes-Culturas-Republica%C3%A7%C3%A3o-DOU-20.09.13.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

AGÊNCIA PRODETEC. **Agricultura nordeste**: BNB-ETENE mostra panorama sobre cultura do sorgo. Disponível em: <<http://www.agenciaprodetec.com.br/estudos-e-pesquisas/354-agricultura-nordeste-bnb-etene-mostra-panorama-sobre-cultura-do-sorgo.html>>. Acesso em: 5 jul. 2013.

ANDRADE, R. V.; OLIVEIRA, A. C. Maturação fisiológica do colmo e da sementes de sorgo sacarino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 10, n. 3, p.19-31, 1988.

ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R. F. Maturação de sementes de milho-doce – grupo super doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 69-76, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

COELHO, A. M. Adubação. *In*: DURÃES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, L. A. C. **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Cap. 5, p. 42-50. Documentos 139.

COUQUEIRO, J. R.; O semiárido brasileiro: lugar de vida do/a camponês/a. **Revista Eletrônica de Culturas e Educação**, v. 1, n. 6, p. 47-60, 2012.

DURÃES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, L. A. C. **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76 p. Documentos 139.

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

ESTATCAMP. **Software Action**. Disponível em: <<http://www.estatcamp/empresa/software-action>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

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

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 54-60, 2011.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, v. 70, n. 1, p. 1-5, 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB – Tecnologia/Pesquisa**, v. 21, n. 2, p. 6-9, 2002.

KIRCHENER, J. H.; MEZZOMO, W.; ROBAINA, A. D.; KOPP, L. M.; GIRARD, L. B.; ROSSO, R. B. Qualidade física, fisiológica e potencial produtivo de sementes de sorgo sacarino em Santa Maria, RS. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 1, p.29-34, 2014.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1961.

MAY, A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, A. F.; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratos culturais. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SHAFFERT, R. E.; PARRELA, L. A. C. (Ed. Tec.) **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol Sistema BRS 1G – Tecnologia qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 22-31. Documentos 139.

MARAFON, A. C.; ENDRES, L. **Adubação silicatada em cana-de-açúcar**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 46 p. Documentos 165. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_165.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2015. 660 p.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

SOUSA, R. S.; RODRIGUES, F. A.; SCHURT, D. A.; SOUZA, N. F. A.; CRUZ, M. F. A. Cytological aspects of the infection process of *Pyricularia oryzae* on leaves of wheat plants supplied with silicon. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 6, p. 472-477, 2013.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TAVARES, L. C.; FONSECA, D. A. R.; RUFINO, C. A.; OLIVEIRA, S.; BRUNES, A. P.; VILLELA, F. A. Adubação silicatada em trigo: rendimento e qualidade de sementes. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 113, n. 1, p. 94-99, 2014.

VAZQUEZ, G. H.; BERTOLIN, C. B.; SPEGIORIN, C. N. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 1, p.18-24, 2011.

VEIGA, A. D. **Influência do silício na intensidade da antracnose, na composição química e na qualidade das sementes de feijoeiro**. 2008. 81 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. 164 p.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; OLIVEIRA, D. E. C.; COSTA, L. M. Qualidade fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p.64-69, 2015.

WANDELEY JUNIOR, L. J. G.; MELO, P. C. T. **Produção de sementes de hortaliças em condições semi-áridas do nordeste do Brasil**. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Luiz%20Jorge1_Prod_%20Sem_%20Hort_%20Br.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2015.

APÊNDICE

Tabela 1: Principais parâmetros meteorológicos referentes ao período de 15 de março a 15 de julho de 2014 em Pentecoste – CE.

Período	T (°C)		UR (%)		P (mm)
	9h	15h	9h	15h	
Março (15 a 31)	29,6 (± 2,0)*	33,2 (± 2,8)	80,2 (± 8,9)	63,7 (± 10,9)	061,1
Abril	27,9 (± 1,9)	31,2 (± 2,1)	86,6 (± 8,9)	72,3 (± 11,2)	148,3
Maio	28,3 (± 1,6)	31,8 (± 1,9)	82,8 (± 10,8)	70,2 (± 11,1)	120,9
Junho	30,0 (± 1,3)	34,3 (± 1,7)	68,3 (± 7,1)	56,8 (± 6,5)	012,8
Julho (1 a 15)	30,7 (± 1,2)	35,4 (± 1,7)	61,1 (± 5,0)	46,8 (± 5,2)	000,0
Total (P)					343,1

Fonte: Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Vale do Curu pertencente à Universidade Federal do Ceará. T: temperatura; UR: umidade relativa; P: pluviosidade acumulada. *Valores médios de cada período seguido do desvio padrão entre parênteses.

Tabela 2: Pluviosidade (P) referente ao período de março a julho de 2015 no município de Pentecoste – CE.

Mês	Período experimental (2015)					Total
	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	
P (mm)	203	319,2	55	44,6	73,2	695

Fonte: FUNCEME (www.funceme.br); P: pluviosidade acumulada.

Tabela 3: Condições físico-químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Fazenda Vale do Curu, Pentecoste, CE (amostragem em fevereiro de 2014).

Prof. (cm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	S	T
----- cmolc kg ⁻¹ -----								
0 – 20	6,0	2,5	0,34	0,68	0,99	0,1	9,5	10,5
20 – 40	5,0	3,5	0,56	0,37	0,83	0,1	9,4	10,3
	V	m	C	N	MO	P Assimil	C/N	PST
--- % --- ----- g kg ⁻¹ -----								
0 – 20	90	1	8,52	0,89	14,69	0,098	10	3
20 – 40	91	1	4,80	0,42	8,28	0,055	11	5
	D.G.	pH	CE	Areia G	Areia F	Silte	Arg.	Arg. Nat.
g.cm ⁻³ H ₂ O dS.m ⁻¹ ----- g kg ⁻¹ -----								
0 – 20	1,34	7,0	0,84	13	572	280	135	85
20 – 40	1,36	7,1	0,54	43	529	305	123	76

Fonte: Laboratório de Solos/Água; Departamento de Ciências do Solo – UFC; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME.

Tabela 4: Condições físico-químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Fazenda Vale do Curú, Pentecoste, CE (amostragem em fevereiro de 2015).

Prof. (cm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	S	T
----- cmolc kg ⁻¹ -----								
0 – 20	6,5	3,0	0,40	0,69	0,99	0,15	10,6	11,6
20 – 40	4,9	2,5	0,52	0,39	1,16	0,10	8,3	9,5
	V	m	C	N	MO	P Assimil	C/N	PST
--- % --- ----- g kg ⁻¹ -----								
0 – 20	91	1	5,70	0,58	9,83	0,150	10	3
20 – 40	87	1	4,62	0,43	7,96	0,061	11	5
	D.G.	pH	CE	Areia G	Areia F	Silte	Arg.	Arg. Nat.
g.cm ⁻³ H ₂ O dS.m ⁻¹ ----- g kg ⁻¹ -----								
0 – 20	1,43	7,1	0,70	12	588	281	119	82
20 – 40	1,45	7,2	0,60	55	557	293	95	71

Fonte: Laboratório de Solos/Água; Departamento de Ciências do Solo – UFC; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME. Valor quantificado de silício na camada de 0 – 20 cm de profundidade: 30,6 mg kg⁻¹.

Tabela 5: Época de florescimento para três genótipos de sorgo sacarino produzidos no semiárido cearense (Pentecoste - CE) entre março e julho de 2014 e 2015.



Genótipo	Ciclo 1 (2014)	Ciclo 2 (2015)
	----- Dias após semeadura -----	
BRS 506	64	66
BRS 511	57	63
HB 7C30	52	53

Tabela 6: Principais atividades e tratos culturais realizados durante cada ciclo de cultivo do sorgo sacarino com suas respectivas épocas.

Atividades	Ciclo 1	Ciclo 2
	22/03/2014*	07/03/2015*
	----- Dias após semeadura -----	
Desbaste	15	15
Adubação cobertura	20	20
Aplicação K ₂ SO ₃ (1)	30	20
Aplicação K ₂ SO ₃ (2)	-	25
Aplicação inseticida	22	10
Capina (1)	10	30
Capina (2)	30	-
Colheita (1)	90	90
Colheita (2)	97	97
Colheita (3)	104	104
Colheita (4)	111	111

*Data do plantio; Aplicação do silicato de potássio: K₂SO₃ (12 % Si; 12 % K₂O) + Assist (5 %); Desbaste deixando cerca de oito plantas por metro linear; Inseticida utilizado: Decis 25 (200 mL ha⁻¹) + Assist (5 %); Capinas realizadas manualmente com auxílio de enxada; Colheita manual cortando doze plantas na área útil das parcelas.

Figura 1: Exame fitopatológico de folhas de sorgo sacarino cultivado em Pentecoste - CE entre março e julho de 2015.

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA SETOR DE FITOSSANIDADE LABORATÓRIO DE MICOLOGIA</p>
<p>CLÍNICA FITOPATOLÓGICA</p>	
<p>RESULTADO DE EXAME FITOPATOLÓGICO</p>	
<p>Interessado: Prof. Alexandre Bosco de Oliveira End.: Av. Mister Hull, 2992 - Fortaleza - CE Material: Folhas Procedência do material: Pentecoste - CE Data da coleta: 23/04/2015 Data da análise: 24/04/2015 Método utilizado na análise: Câmara úmida, isolamento em BDA e microscopia</p>	<p>Fone: (85)33669130</p>
<p>Prezado Sr.(a)</p>	
<p>Em referência à consulta feita por V. S.^a, constante do material recebido – folhas de sorgo sacarino - registrado sob o nº 03/2015, informamos que o mesmo foi analisado pelo método de câmara úmida, isolamento em BDA (Batata-Destrose-Ágar) seguido de análise microscópica.</p>	
<p>As avaliações indicaram a presença do fungo <i>Gloeocercospora sorghi</i> – agente causal da mancha zonada em sorgo.</p>	
<p>Fortaleza, 29 de abril de 2015.</p>	
	
<p>Cristiano Souza Lima Prof. Adjunto - Agronomia/Fitopatologia</p>	
<p><small>Av. Mister Hull, 2977, Campus do Pici, Bloco 806, Setor de Fitossanidade – CEP: 60356-001 – Fortaleza-CE Fone: 3366-9681 – Fax: 33669688 – Email/Website: csl@ufc.br</small></p>	
<p>Laudo sorgo.docx</p>	<p>1/1</p>

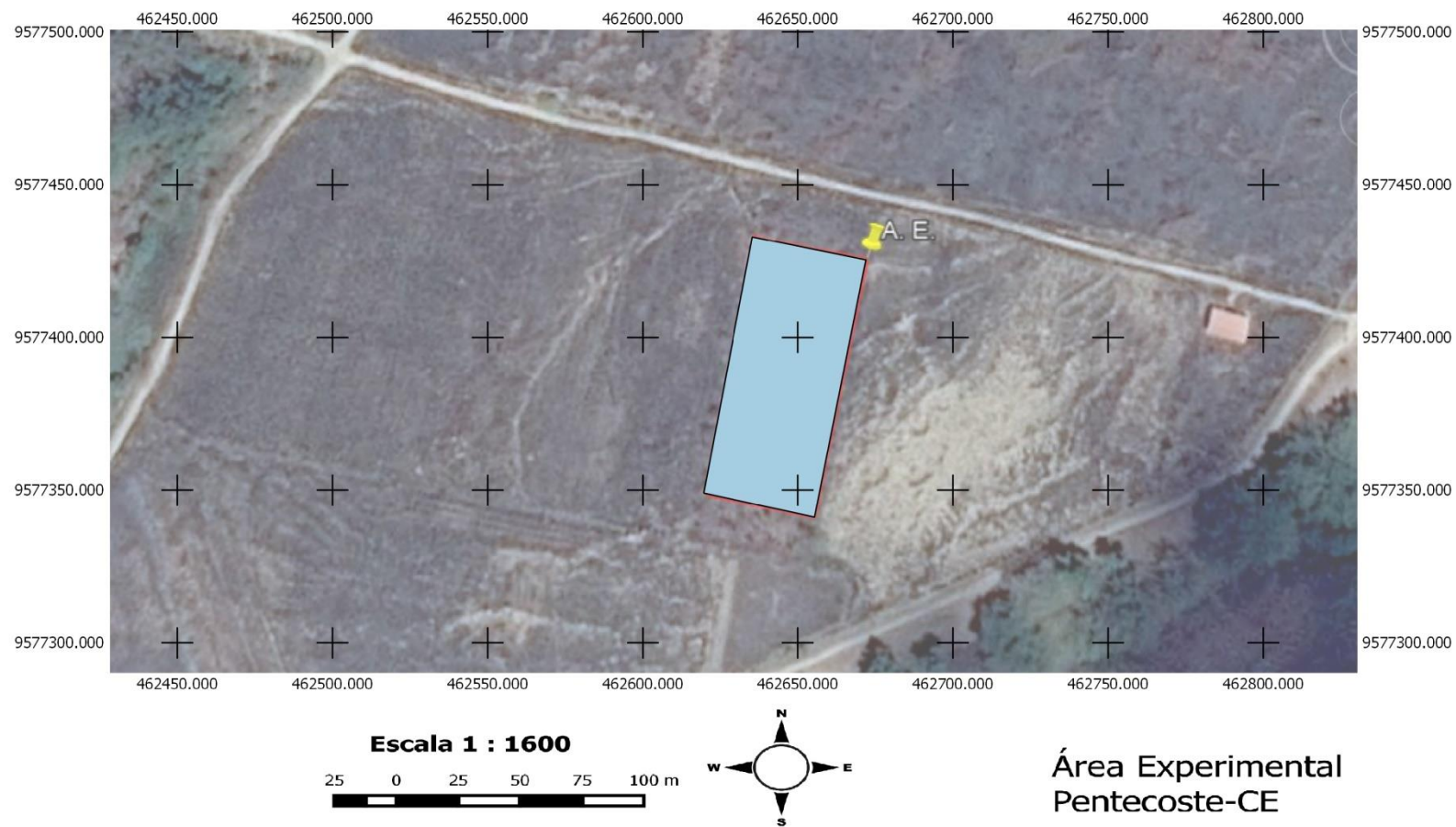
Fonte: Laboratório de Micologia – Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal do Ceará

Figura 2: Vista aérea da área experimental (A. E.), marcação em vermelho, pertencente à Fazenda Experimental Vale do Curú (FEVC) da Universidade Federal do Ceará em Pentecoste - CE.



Fonte: Google Earth (Acesso em: 9 set. 2015).

Figura 3: Imagem georreferenciada da área experimental (retângulo azul) situada na Fazenda Experimental Vale do Curú da Universidade Federal do Ceará em Pentecoste - CE.



Fonte: Software livre de geoprocessamento QGIS 2.8.2; Imagem: Google Earth (Acesso em: 17 out. 2015).