



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE AGRONOMIA

WESLEY DO NASCIMENTO SOUSA

**CRESCIMENTO E TEOR RELATIVO DE CLOROFILA DE DUAS CULTIVARES
DE SORGO SACARINO PRODUZIDAS NO SEMIÁRIDO**

FORTALEZA - CE
2016

WESLEY DO NASCIMENTO SOUSA

**CRESCIMENTO E TEOR RELATIVO DE CLOROFILA DE DUAS CULTIVARES
DE SORGO SACARINO PRODUZIDAS NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina de Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.
Coorientador: Dr. Bruno França da Trindade Lessa.

FORTALEZA - CE

2016

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

S697c Sousa, Wesley do Nascimento.
Crescimento e teor relativo de clorofila de duas cultivares de sorgo sacarino produzidas no semiárido. / Wesley do Nascimento Sousa.. – 2016.
35 f. : il. color

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra
Coorientação: Prof. Dr. Bruno França da Trindade Lessa

1. Sorgo. 2. Agronomia. I. Título.

CDD 631

WESLEY DO NASCIMENTO SOUSA

**CRESCIMENTO E TEOR RELATIVO DE CLOROFILA DE DUAS CULTIVARES
DE SORGO SACARINO PRODUZIDAS NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Área de concentração: **Fitotecnia.**

Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.
Coorientador: Dr. Bruno França da Trindade Lessa.

Aprovada em: 13 / 01 / 2016

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Bruno França da Trindade Lessa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A meu grande **Deus**, pela vida.

Aos meus pais, **José Miranda de Sousa** e **Maria José do Nascimento Sousa**, pelo apoio, incentivo e carinho incontestável e por terem, na humildade de ambos, “alicerçado” minha personalidade e caráter que norteiam minha vida. Aos meus irmãos **Elienai, Sâmia, Charmênia, Milena e Samuel**, por acreditarem na minha pessoa e incentivo sem mensuração. E a minha amada e preciosa namorada **Rita Kelly**, pelo amor, carinho, companheirismo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, acima de tudo, pelas oportunidades, por guiar meus passos até aqui, e pelo suprimento constante de forças para continuar a caminhada.

A toda minha **família** (pai, mãe, irmãos, cunhados, sobrinhos (as) e namorada), pelo apoio, carinho, dedicação, companheirismo, compreensão, confiança e amizade.

A **Universidade Federal do Ceará (UFC)**, ao **Centro de Ciências Agrárias**, pela concessão da bolsa de estudo durante minha carreira acadêmica e pela oportunidade de realizar o curso.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Alek Sandro Dutra**, pela excelente orientação.

Aos participantes da banca examinadora Prof. **Dr. Alexandre Bosco de Oliveira** e **Dr. Bruno França da Trindade Lessa** pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões ao trabalho.

A **Fazenda Experimental Vale do Curu** e seus funcionários pelo acolhimento pessoal e contribuição.

Aos colegas e amigos de curso, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Aos amigos e irmãos em Cristo Jesus, da congregação de **Dom Lustosa** e aos que passaram por ela também, pela cobertura espiritual.

E a todos, que de uma forma ou de outra, contribuíram na ajuda e apoio para concretização deste trabalho.

“Combati o bom combate acabei a carreira,
guardei a fé”

(2 Timóteo 4.7)

RESUMO

O Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma planta nativa da África, possui diferentes tipos, apresenta-se como cultura adaptada a condições ambientais adversas. O sorgo do tipo sacarino apresenta vantagens agronômicas e industriais na produção do etanol, tais como: ciclo curto; possibilidade na mecanização da colheita e colmo succulento com açúcares diretamente fermentáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e o teor relativo de clorofila de duas cultivares (BRS 506 e BRS 511) de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) produzidas no semiárido. O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Vale do Curú no município de Pentecoste – CE foi realizado no período de Março a Julho de 2014, quadra chuvosa na região. Os tratamentos avaliados consistiram de duas cultivares (BRS 506 e BRS 511) e avaliação do crescimento em diferentes dias após a semeadura (45; 60; 75 e 90) com delineamento em blocos casualizados repetidos quatro vezes no arranjo de parcelas subdivididas (2x4). Para as avaliações das variáveis morfológicas foram feitas medições a cada 15 dias para as seguintes variáveis: altura de planta (AP), número de folha (NF), angulação da folha +3 (AF+3) e diâmetro médio do colmo (DMC) e o Índice relativo de clorofila. Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade da variância, teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (5%) para dados não normais, análise de variância (ANOVA) com teste de Tukey (5%) para comparação de médias e regressão polinomial para analisar os tempos de crescimento. Os resultados para angulação foliar média foi de 40° aos 45 DAS, enquanto que aos 90 DAS às folhas se posicionaram com uma inclinação de 88°. Para altura de plantas diferiu-se apenas nos 45 e 90 DAS, porém verificou-se um comportamento crescente para ambas cultivares, apresentando uma variação de 157,08 cm a 301,23 cm, de altura para as idades de 45 até os 90 DAS, respectivamente. Para a clorofila A constatou-se uma redução quando se comparou à idade de 60 DAS (36,72 unid. IRC) com a idade de 90 DAS (30,39 unid. IRC). A clorofila total diferiu estatisticamente quando comparado as idades de 60 e 90 DAS, sendo observados valores de índice de clorofila de 48,64 e 38,75, respectivamente. As cultivares BRS 506 e 511 apresentam padrão morfológico semelhantes entre si, atingindo altura de 3 metros nas idades de 75 e 90 DAS, quando cultivadas nas condições deste trabalho (sequeiro). Ambas cultivares apresenta aumento da angulação foliar a partir dos 45 DAS, e estabilização da altura aos 60 DAS.

Palavras-chave: BRS 511. Altura. Angulação foliar. Análise de crescimento. *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

The Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is a plant native to Africa, has different types, presents itself as culture adapted to adverse environmental conditions. Sorghum type of sweet has agronomic and industrial advantages in the production of ethanol, such as: short cycle; possibility mechanization of the harvest and moist stem with directly fermentable sugars. The objective of this work was to evaluate the morphology of growth and the relative chlorophyll content of two cultivars (BRS 506 e BRS 511) of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) produced in semiarid. The experiment was installed at the Experimental Farm Vale do Curu in municipality of Pentecost – CE, was performed between March to July 2014 rainy season in the region. The treatments evaluated consist of two cultivars (BRS 506 e BRS 511) and evaluation of growth on different days after sowing (45; 60; 75 e 90) with a randomized block design repeating four times in a split plot arrangement (2x4). For evaluations of the morphological variables measurements were made every 15 days for the following variables: plant height (HP), number of leaves (NL), leaf angle +3 (AL + 3), medium stalk diameter (DMS) and the relative chlorophyll index. Data obtained were submitted to normality and homogeneity of variance tests, nonparametric test Kruskal-Wallis (5%) for non-normal data, analysis of variance (ANOVA) with Tukey test (5%) to compare means and polynomial regression to analyze the growth times. The results for average foliar angulation were 40° to 45 days whereas the DAS 90 to leaves were positioned with an inclination of 88°. For height of plants differ only in the 45 and 90 DAS, but there was an increasing behavior for both cultivars showing a variation of 157.08 cm to 301.23 cm tall for ages 45 to 90 DAS, respectively. For chlorophyll A has found a reduction when comparing the age of 60 DAS (36.72 pcs. IRC) by the age of 90 DAS (30.39 pcs IRC). The total chlorophyll differ statistically when compared the ages of 60 and 90 DAS, being observed chlorophyll index values of 48.64 and 38.75, respectively. As BRS 506 cultivars and 511 show similar morphological pattern each other, reaching height of 3 meters at the ages of 75 and 90 DAS, when cultured under the conditions of this work (dryland). Both cultivars has increase of the leaf angle from 45 DAS, and stabilization of the height at 60 DAS.

Keywords: BRS 511. Height. Leaf angle. Growth analysis. Sorghum bicolor.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Altura da planta (AP) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A), número de folhas (NF) e angulação da folha +3 (AF+3) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B)..... 22
- Figura 2:** Diâmetro médio do colmo (DMC) de sorgo sacarino realizando em três partes de diâmetro da planta, representando a média das duas cultivares (A) e o medidor de clorofila ClorofiLOG CFL1030, sendo feita a leitura em três partes da folha de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B)..... 23
- Figura 3:** Angulação folha +3 (AF+3) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e diâmetro médio do colmo (DMC) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B)..... 25
- Figura 4:** Índice relativo de clorofila A e B de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e (B)..... 26
- Figura 5:** Número de folhas (NF) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e altura da planta (AP) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B)..... 28
- Figura 6:** Teor relativo de clorofila total (A+B) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e Razão entre clorofila A e B (A/B) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B)..... 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Principais parâmetros meteorológicos referentes ao período de 15 de Março a 15 de Julho de 2014 em Pentecoste – CE.....	20
Tabela 2:	Condições físico-químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental da Fazenda Vale do Curu em Pentecoste, Ceará (Amostragem em Fevereiro de 2014).....	21
Tabela 3:	Resumo da análise de variância para as variáveis: angulação da folha +3 (AF+3), diâmetro médio dos colmos (DMC) e clorofila B (Clor B), relativo às cultivares (C), tempo de crescimento (T) e suas interações.....	24
Tabela 4:	BRS 506; BRS 511; Altura da planta (AP); número de folhas (NF); clorofila A (Clor A); somatório da clorofila A e B (Clor AB) e razão entre clorofila AB (Raz AB).....	27

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO SORGO.....	14
2.1.1	Origem e classificação botânica.....	14
2.1.2	Ecofisiologia.....	15
2.1.3	Tipos de sorgo.....	16
2.2	SORGO SACARINO.....	17
2.2.1	Descrição morfológica.....	17
2.2.2	Finalidade e Importância econômica do sorgo sacarino.....	18
2.3	CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO E O SORGO SACARINO NO NORDESTE.....	19
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1	Local e período experimental.....	21
3.2	Condução do experimento.....	21
3.3	Tratamentos e delineamento experimental.....	22
3.4	Avaliação das características morfológicas.....	23
3.5	Análise estatística.....	24
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.	CONCLUSÃO.....	31
6.	REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

Na busca de utilizar fontes renováveis de energia, o Brasil reencontra uma grande oportunidade de desenvolvimento econômico e social, por meio dos combustíveis renováveis. Em relação aos produtos chamados de biocombustível, o Brasil apresenta vantagens em relação a outros países e isso tornar o país um importante exportador de biocombustíveis. Atualmente o país é considerado o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (CONAB, 2014) e também o segundo maior produtor de etanol do mundo (NOVA CANA, 2015).

A cana-de-açúcar é considerada nacionalmente como a principal cultura para produção de etanol, porém vale ressaltar outras espécies que também se apresentam viáveis nesse processo. Entre essas se destaca o sorgo sacarino, que assim como a cana-de-açúcar possui colmo suculento com presença de açúcares diretamente fermentáveis, além de adaptar-se muito bem a extremas condições climáticas, tornando um ponto chave para o progresso do semiárido brasileiro que se caracteriza por ser uma região seca e quente, historicamente associada ao subdesenvolvimento e consolidada pelo extrativismo dos recursos naturais do bioma Caatinga (LESSA, 2015).

Neste sentido, o cultivo do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) apresenta-se promissor na região do Nordeste, tendo em vista sua capacidade de resistência a ambientes propícios a escassez hídrica (PURCINO, 2011) e ainda altamente adaptável a altos níveis de radiação solar (TAIZ; ZEIGER, 2009), e isso torna uma forma de elevar a produção de etanol no nordeste e que poderia amenizar os efeitos da falta do produto (etanol) no período de entressafra da cana-de-açúcar na região.

Portanto, torna-se fundamental o estudo agrônomo de cultivares a fim de avaliar a adaptabilidade do sorgo sacarino na região do semiárido; indicação das melhores cultivares e formas de manejo adequadas para estas condições. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e o teor relativo de clorofila de duas cultivares de sorgo sacarino (BRS 506 e BRS 511) produzidas no semiárido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é o resultado da produção da assistência do homem, onde o mesmo tratou em civilizar a espécie e, com o passar do tempo, vem convertendo em produtos a fim de atender as suas necessidades. Além de ser uma indústria de energia é uma planta de grande importância em regiões muito quente e muito seca, onde o homem não consegue uma produção de boa qualidade, cultivando até mesmo outras espécies, como o milho (RIBAS, 2003).

O Sorgo pertence ao grupo das plantas C₄, com altas taxas fotossintéticas, ou seja, apresenta alta eficiência na utilização da luz solar por meio da fotossíntese, sendo essa afetada pela quantidade de luz ativa interceptada pela estrutura do dossel e pela distribuição ao longo do dossel, é uma planta de ciclo rápido, podendo variar de 100 a 120 dias (MAGALHÃES; DURÃES, 2003). Possui seus diferentes tipos (granífero, forrageiro, vassoura e sacarino) e é bastante difundida por apresentar adaptabilidade ampla a condições adversas de temperatura do ar e umidade do solo (PURCINO, 2011), nas quais a produtividade de outros grãos seria antieconômica.

Por a espécie não suportar temperaturas abaixo de 20°, visto que seu crescimento e desenvolvimento não serão eficientes, seu cultivo no Brasil se concentra em regiões que apresentem temperaturas superiores a essa. Embora seja uma cultura de origem tropical, o sorgo vem sendo cultivado em latitudes de até 45° norte ou 45° sul, e isso só foi possível graças aos trabalhos dos melhoristas de plantas, que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical (RIBAS, 2010).

2.1.1 Origem e classificação botânica

O sorgo originou-se no quadrante Noroeste da África onde se encontra, atualmente, sua maior variabilidade em espécies silvestres e cultivadas. Sua domesticação se deu possivelmente cerca de 7.000 anos, na Etiópia, pela seleção de espécies silvestres (*Sorghum arundinaceum* ou *Sorghum verticilliflorum*) passando pelo Vale do Nilo, até o Oriente Próximo atingindo a Índia e a Tailândia. O sorgo atingiu a China pela rota da seda no século III d.C, partindo também da Índia (SANTOS *et al.*, 2005).

Nas Américas, precisamente no Caribe, onde foram introduzidas as primeiras plantas, pelos escravos africanos, e chegando a atingir a região sudoeste dos EUA por volta da metade do século XIX, onde era muito utilizado na produção de xarope e melaço (RIBAS, 2003).

No Brasil, o sorgo foi introduzido com aquisição de cerca de 50 genótipos oriundos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) na década de 70 onde a Embrapa Milho e Sorgo (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo) iniciou pesquisas de desenvolvimento de novas cultivares de sorgo sacarino. As cultivares brasileiras BRS 506 e BRS 507, e o híbrido BRS 601, foram as primeiras a terem progresso com potencial para a produção de etanol para as microdestilarias em 1987. No entanto, perdeu importância ao decorrer dos anos 80 e 90 por falta de incentivos governamentais para as pequenas destilarias (PURCINO, 2011).

O Sorgo pertence à família *Poaceae*, gênero *Sorghum*, e de espécie cultivada *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É uma planta nativa do continente Africano e de parte da Ásia, onde já é conhecido há muitos séculos. Apesar de ser uma cultura bem antiga, foi somente no final do século passado que começou a se desenvolver, chegando a ser o quinto cereal mais plantado do mundo.

2.1.2 Ecofisiologia

Por se tratar de uma planta C_4 , com altas taxas fotossintéticas, o sorgo tem se mostrado uma poaceae que tem qualidades variadas e numerosas quanto às condições climáticas, sendo uma espécie com bastante facilidade na adaptação em ambientes extremos, especialmente quando tratamos de temperatura do ar e umidade do solo. O sorgo apresenta alta tolerância, a falta de água e ao excesso de umidade no solo, quando em comparação a maioria dos cereais e pode ser cultivado numa ampla faixa de condições de solo (MAGALHÃES *et al.*, 2008).

A grande maioria dos materiais genéticos do sorgo requer temperaturas superiores a 21 °C para um bom crescimento vegetativo e desenvolvimento da planta, pois segundo Magalhães e Durães (2003), regiões com temperaturas superiores a essa, proporcionam condições de adequada produtividade. Devido à sua origem tropical o sorgo é uma das plantas mais sensíveis a baixas temperaturas noturnas. A temperatura ótima para o seu crescimento e desenvolvimento está entre 33 e 34°C, acima de 38 ° C e abaixo de 16 ° C a produtividade apresenta uma queda (MAGALHÃES *et al.*, 2008).

Ao examinar simultaneamente o sorgo e o milho, o sorgo suporta mais a temperaturas altas e tolera menos a temperaturas baixas, visto que temperaturas baixas influencia diretamente, o desenvolvimento da panícula principalmente por ter efeito sobre a esterilidade das espiguetas (MAGALHÃES *et al.*, 2008). A sensibilidade a temperaturas baixas é maior durante, o processo de divisão das células-filhas, a meiose.

Dentre os elementos climáticos, a radiação solar também desempenha um papel fundamental na fotossíntese regulando não somente a mesma, mas também no desenvolvimento, crescimento e produtividade das plantas, como dormência, florescimento, germinação das sementes e morfogêneses (CÂNDIDO, 2003).

O sorgo é um cereal que em função de sua menor necessidade de água, encontra-se um passo a frente de outros grãos, por exemplo, no que diz respeito à matéria seca, quando comparado com o milho que precisa de 370 kg de água para produzir 1 kg de massa de matéria seca e o trigo, de 500 kg para a mesma relação, o sorgo sacarino necessita apenas de 330 kg para produzir 1 kg de massa de matéria seca. Para produzir grãos, o sorgo requer uma quantidade de 25 mm de chuva após o plantio, 250 mm durante a fase de crescimento e de 25 a 50 mm na maturidade (MAGALHÃES; DURÃES, 2003).

2.1.3 Tipos de sorgo

Em se tratar das diversas formas observadas nessa espécie, a mesma possui diferentes propósitos para o seu cultivo; nesse recinto tem-se o sorgo granífero; o forrageiro para silagem e/ou pastejo/corte; vassoura; biomassa; e o sorgo sacarino.

O granífero é o mais cultivado no mundo (DUARTE, 2008), e apresenta as melhores características para produção de grãos; nesse caso seu porte é baixo de 1,0 a 1,6 m adaptados a colheita mecânica e sua produção de biomassa permitem um potencial de produção de grãos que pode ultrapassar 10 t. ha⁻¹. No Brasil a produtividade média é de 2,4 t. ha⁻¹ visto que, as condições predominantemente onde o sorgo é cultivado não lhes permite uma expressão do seu potencial. Essa produtividade tende a aumentar com o planejamento agrícola do produtor, com manejos adequados aplicado a essas cultivares e principalmente com novas tecnologias (EMBRAPA, 2008a). A utilidade dos grãos do sorgo reside na produção de farinha para panificação, amido industrial, etanol. A planta serve também como forragem ou cobertura de solo (FERNANDES, 2013; FAO, 2014).

O sorgo forrageiro é indicado para produtores que querem usá-lo para conservação de forragem e a forragem propriamente dita para animais, sendo o segundo mais cultivado (SANTOS *et al.*, 2005), as plantas dessa cultivar apresentam porte alto e boas qualidades bromatológicas, algumas dessas plantas tem aptidão para silagem e produção de grãos. O sorgo proporciona uma vantagem sobre o milho em relação à produção de conservação de forragem, pois apresenta uma maior produtividade ao menor custo de produção (EMBRAPA, 2008b).

De acordo com Foltran (2012) o sorgo-vassoura também é de origem do continente africano, é cultivado na região de Tietê no estado de São Paulo, no período da primavera ao outono, possui porte alto, com colmos geralmente finos e panículas. Nessa cultivar a panícula passa a ser o alvo principal, pois a mesma é muito utilizada para confecção da “vassoura de sorgo”, ou “vassoura caipira”. É considerado um produto da tecnologia verde e isso tem inferido para o aumento da demanda do produto.

O sorgo biomassa que é uma das alternativas mais promissoras para o fornecimento de matéria-prima, pois apresenta ciclo curto (cerca de 150 a 180 dias) com um porte de altura elevado chegando a atingir até seis metros. É propagado por sementes, permite total mecanização de seus processos de produção; corte; carregamento; e transporte para a unidade termoelétrica. Tem sido pesquisado pela Embrapa e apresenta qualidade para gerar energia com poder calorífico similar ao da cana, do eucalipto e do capim-elefante (EMBRAPA, 2013).

E por fim o sorgo sacarino que vem ganhando uma maior importância por ser uma cultura promissora para a produção de etanol, e que pode elevar a produção do Brasil com o desenvolvimento da cultura, por se tratar de uma espécie rápida no ciclo, uma cultura totalmente mecanizável, apresenta colmos suculentos e com característica de acumular altos teores de açúcares fermentáveis no colmo (produção de 40 a 60 t ha⁻¹ de colmos). Em relação às indústrias não há necessidade de mudança do sistema e nem na logística do parque industrial e operacional das usinas que o receberão, visto que o sorgo sacarino pode ser colhido com a mesma colhedora da cana-de-açúcar e exatamente no período de entressafra da cana (PARRELLA, *et al.*, 2012b; MAY, *et al.*, 2012a).

2.2 SORGO SACARINO

2.2.1 Descrição morfológica

O sorgo sacarino é a designação dada às plantas da espécie *Sorghum bicolor* que, dentre outras características, apresentam alta produção de biomassa verde, com um porte de altura alto e com colmos suculentos com elevados teores de açúcares fermentáveis no caldo (PONTES, 2013; SOUSA, 2011).

O caldo do sorgo sacarino apresenta uma variação de 15 a 19 °Brix com teor de sacarose de 8,0 a 13%, bem próximos aos valores encontrados na cana-de-açúcar que está entre 18 e 25 °Brix e sacarose entre 14 e 22%, o que torna a utilização do caldo do sorgo uma alternativa para complementar o caldo de cana nas destilarias do país (PACHECO, 2012).

É uma planta formada pelas seguintes partes: estrutura radicular vigorosa composta por um elevado número de raízes classificadas como principal e secundária caracterizada por depositar silício na endoderme e apresentar grande quantidade de pêlos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo. Estas características habilitam a cultura a uma maior tolerância a período longo de veranicos, plantios de safrinha (DURÃES, 2014), escassez hídrica e ao excesso de umidade no solo, (FERNANDES, 2013), e conseqüentemente resistência a seca;

A produção de biomassa para cultivares de sorgo sacarino tem relação direta com altura de plantas e diâmetro do colmo, sendo essa característica influenciada pelas condições ambientais e pelo manejo cultural adotado (MAY *et al.*, 2012b). Por tanto, deve-se levar em consideração para a variável, diâmetro, os quais variaram significativamente entre as cultivares.

O sorgo sacarino apresenta um caule ereto que por sua vez é dividido em nós e entrenós sendo essa distância de entrenós controlada por 4 ou mais fatores genéticos, além das condições ambientais. A altura do caule da planta pode variar de 0,4 a 4 metros, contendo folhas alternadas formadas por bainha e lâmina foliar ao longo de toda a planta. Cerca de 30 dias após a semeadura ocorre à diferenciação do ponto de crescimento. Neste estágio a planta já se encontra com as folhas bem desenvolvidas e de 7 a 10 folhas, dependendo do seu ciclo, sendo que 1 a 3 folhas baixas já foram perdidas (MAGALHÃES *et al.*, 2008).

A inflorescência é denominada de panícula (sendo seu fruto uma cariopse ou grão seco) e possuindo um eixo central (raquis), originando ramificações primárias, secundárias e terciárias, sendo encontrados nas ramificações finais os racemos de espiguetas (FILHO, 2012).

Como as sementes do sorgo não possuem uma estrutura de proteção, como é o caso do milho, que tem a palha ou as glumas do trigo e da cevada, a planta de sorgo produz vários compostos fenólicos, os quais são utilizados para sua defesa química contra predadores, patógenos e outros competidores. Em toda a estrutura da planta possui aproximadamente os mesmos níveis de proteína, amido, lipídios e etc., porém destaca-se o tanino condensado, substância adstringente, acarretando ao grão problemas de digestibilidade (MAGALHÃES *et al.*, 2000).

2.2.2 Finalidade e Importância econômica do sorgo sacarino

O sorgo sacarino, por possuir o colmo rico em açúcares, tem potencial para produzir etanol em quantidades economicamente viáveis. A inserção e expansão do sorgo sacarino em

complemento à cana-de-açúcar para a produção de bioetanol podem estabilizar a oferta de etanol combustível no Brasil, ao longo do ano. Tal fato tem criado interesse crescente e aberto novas possibilidades para a cultura (MIRANDA, 2012a).

A área cultivada com sorgo sacarino no Brasil passou a ter uma importância econômica na década de 70, com o Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool) implantado pelo governo brasileiro que visava à substituição do uso de combustíveis derivados do petróleo por biocombustíveis, uma resposta a crise do petróleo, porém já era cultivado desde a década de 50. No momento da implantação do programa Pró-álcool 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.

Nas décadas de 80 e 90, por falta de incentivos governamentais para as pequenas destilarias e o direcionamento da política nacional para as grandes destilarias o cultivo do sorgo sacarino passou a perder expressão no mercado bioenergético com isso o foco das pesquisas com sorgo sacarino foi redirecionado para a produção de cultivares forrageira, e essa perda ocasionou o fechamento de muitas destilarias (PARRELLA, 2011).

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, além e o segundo maior produtor de etanol (CONAB, 2014). 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 aproveitam o ciclo curto do mesmo para produzir etanol no período de entressafra da cana-de-açúcar (PARRELLA, 2011).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO E O SORGO SACARINO NO NORDESTE

O Semiárido brasileiro ocupa uma área de 969.589 km² e inclui os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais (BRASIL, 2005). Os fatores mais marcantes desse ecossistema funcional são o clima, o solo e a vegetação.

O clima semiárido, também chamado de tropical semiárido, ocorre numa grande área do sertão nordestino e caracteriza por ser quente e seco, com temperaturas médias anuais em torno de 28°C, insolação superior a 3.000 horas/ano, umidade relativa em torno de 65%,

precipitação pluviométrica anual abaixo de 800 mm e solos com baixa profundidade (CÂNDIDO *et al.*, 2015).

O sorgo por se adaptar bem às condições do semiárido, possuir um ciclo vegetativo curto e apresentar alta tolerância aos déficits hídricos, tem sido alvo constante, das universidades e institutos em estudos de adaptabilidade da cultura no semiárido (LESSA *et al.*, 2015...), além de pesquisas voltadas ao seu potencial para a produção de álcool carburante e também para a fabricação cachaça (RIBEIRO *et al.*, 2008).

O cultivo de sorgo sacarino no semiárido fomentaria a participação do Nordeste no cenário energético nacional e alguns pesquisadores já comprovaram o sucesso desta atividade em algumas regiões, pelo menos no que diz respeito a dados de produção, até mesmo com indicação de variedades pelo Instituto de Agronomia de Pernambuco (SCHUNK, 2010). Porém a literatura ainda é bastante escassa de dados conclusivos sobre esta atividade.

De acordo com Parrella (2010a), agricultores de porte pequeno podem utilizar o sorgo sacarino em mini e microdestilarias para a produção de etanol ou até aguardente. Devido a sua característica intrínseca de maior tolerância ao déficit hídrico, tem sua potencialidade para o cultivo na região Nordeste onde atualmente é cultivado principalmente por pequenos produtores em sistema consorciado. A cultura do sorgo se sobressai em regiões marginais, onde não se produz cana, com baixa precipitação e solos ácidos, como o Norte de Minas e o Nordeste do Brasil.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local e período experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Vale do Curu - FEVC localizada no município de Pentecoste - CE, pertencente à Universidade Federal do Ceará - UFC. Pentecoste está situada a uma altitude média de 48 metros, coordenadas UTM a uma latitude sul 9577349, e longitude oeste 462620, situado a 91 km da capital de Fortaleza.

Quanto a classificação climática, o município de Pentecoste apresenta o tipo BSw'h', isto é, semiárido seco com chuvas irregulares e conseqüentemente uma pequena temporada úmida (AGUIAR *et al.*, 2004), segundo a classificação de Köppen (1948). Os dados meteorológicos da temperatura média do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica acumulada na FEVC durante o experimento encontram-se na Tabela 1. O experimento foi realizado no período de Março a Julho de 2014, quadra chuvosa na região.

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	
MAR (15 a 31)	29,6 (± 2,0)*	33,2 (± 2,8)	80,2 (± 8,9)	63,7 (± 10,9)	061,1
ABR	27,9 (± 1,9)	31,2 (± 2,1)	86,6 (± 8,9)	72,3 (± 11,2)	148,3
MAI	28,3 (± 1,6)	31,8 (± 1,9)	82,8 (± 10,8)	70,2 (± 11,1)	120,9
JUN	30,0 (± 1,3)	34,3 (± 1,7)	68,3 (± 7,1)	56,8 (± 6,5)	012,8
JUL (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.

3.2 Condução do experimento

O solo da área experimental é classificado como Planossolo de textura franco arenoso, segundo a classificação da Embrapa (2006). Após coletadas as amostras de solos nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do perfil, as mesmas foram submetidas a análise padrão granulometria e fertilidade (Tabela 2).

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, sendo as duas linhas centrais a área útil da parcela.

3.4 Avaliação das características morfológicas

Para as avaliações de parâmetros morfológicos foram identificadas seis plantas, para cada unidade experimental (parcelas) onde cada uma dessas plantas recebeu uma identificação com um fitilho de cor diferenciada, para um posterior acompanhamento. As plantas identificadas foram medidas a cada 15 dias.

Durante o crescimento vegetativo do sorgo sacarino, efetuaram-se medidas de altura da planta (AP), sendo medida em metros da superfície do solo até a base da folha bandeira (estágio vegetativo) ou ápice da panícula (Figura 1A), com o auxílio de uma fita métrica; número de folha (NF), onde foi feita a contabilização das folhas totalmente expandidas; angulação da folha +3 (AF+3), com o uso de um transferidor tomando como base o colmo da planta (Figura 1B); Para variável diâmetro médio do colmo (DMC), foi utilizado um paquímetro digital realizando três leituras de diâmetro uma na base, no meio e no ápice, com posterior cálculo da média (Figura 2A); e o Índice relativo de clorofila através do medidor ClorofiLOG CFL1030, sendo feita a leitura em três partes da folha +3, base, meio e ápice, com posterior cálculo da média (Figura 2B).



Figura 1: Altura da planta (AP) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A), número de folhas (NF) e angulação da folha +3 (AF+3) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B).



Figura 2: Diâmetro médio do colmo (DMC) de sorgo sacarino realizando em três partes de diâmetro da planta, representando a média das duas cultivares (A) e o medidor de clorofila ClorofiLOG CFL1030, sendo feita a leitura em três partes da folha de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B).

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias e quando atenderam a tais pressuposições foi feita análise de variância (ANOVA), para as variáveis, ângulo da folha +3 (AF+3), diâmetro médio dos colmos (DMC) e clorofila B (Clor B) com teste de Tukey (5%) para comparar as médias das duas cultivares; e estudo de regressão polinomial para analisar os tempos de crescimento. Quando os dados não atenderam a uma das pressuposições estes foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (5%), para as variáveis, altura de plantas (AP), número de folhas (NF), clorofila A (Clor A), clorofila total (Clor A+B) e razão entre a clorofila A e B (Clor A/B). As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do software Sisvar 5.3 Build 77 (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância conjunta do experimento, não apresentou efeito significativo ($p < 0,01$), pelo teste F, da interação entre as cultivares (C) e o tempo de crescimento em diferentes dias após a semeadura (DAS) para as variáveis, ângulo foliar, diâmetro médio do colmo e clorofila B (Tabela 3). Porém verificou-se que para o fator tempo após a semeadura houve efeito significativo para todas as variáveis ($p < 0,01$) quando submetido à análise isoladamente.

Pode-se observar também que o coeficiente de variação apresentou um intervalo de 5,25 a 51,84%, sendo este último valor classificado como muito alto, pois é superior a 30%, de acordo com Pontes (2013). Vale ressaltar que por ser um experimento de campo e sob condição de sequeiro, estes dados (coeficiente de variação) podem ser considerados satisfatórios, visto que não se podem controlar fatores abióticos como temperatura, umidade, luz, água e etc., e que conseqüentemente interferiram nessas variáveis.

Tabela 3: Resumo da análise de variância para as variáveis: angulação da folha +3 (AF+3), diâmetro médio dos colmos (DMC) e clorofila B (Clor B), relativo às cultivares (C), tempo de crescimento (T) e suas interações.

Fonte de Variação	gl	Quadrado Médio		
		AF+3	DMC	Clor B
Bloco	3	146,716149 ^{ns}	3,393407 ^{ns}	5,061626 ^{ns}
Cultivares	1	652,507812 ^{ns}	9,78048 ^{ns}	34,042677 ^{ns}
Residuo 1	3	897,100392 ^{ns}	8,736784 ^{ns}	7,359015 ^{ns}
Tempo	3	4860,374 ^{**}	12,132185 ^{**}	18,843175 ^{**}
Cultivares x Tempo	3	88,966134 ^{ns}	1,74174 ^{ns}	2,494192 ^{ns}
Residuo 2	18	403,160583 ^{ns}	0,684098 ^{ns}	3,308939 ^{ns}
Total corrigido	31			
CV 1 (%)		51,84	18,77	26,95
CV 2 (%)		34,75	5,25	18,07

FV: Fonte de Variação; gl: Grau de Liberdade;

CV: Coeficiente de Variação; QM: Quadrado médio;

^{ns}, ^{**}, não significativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F da análise de variância (ANOVA)

Os resultados obtidos para a variável ângulo da folha +3 apresentou diferença significativo ($P < 0,01$) nos diferentes dias após a semeadura (tempo), sendo observado modelo linear crescente (Figura 3A). Para ambas cultivares, as folhas apresentaram uma angulação de 40° aos 45 DAS, enquanto que aos 90 DAS às folhas se posicionaram com uma inclinação de 88°. Wenner et al 2001 citam que folhas com posicionamento mais horizontal ao solo são mais eficientes na captação de luz, porém luz em excesso não é convertida em fotoprodutos o

que resulta em menor taxa de ganho de carbono. Em contraposição folhas mais perpendicular ao solo diminui a interceptação da radiação excessiva resultando em um reforço no ganho de carbono. Em outros estudos conduzidos por Sousa *et al.* (2015) com morfologia do crescimento de sorgo sacarino produzidos no semiárido em função de adubação foliar silicatada, constataram que a BRS 511 apresentou angulação foliar de 35° e 78° aos 45 e 90 DAS, respectivamente.

Portanto com o passar do tempo a planta perde a capacidade de melhor posicionamento das folhas, pois com 45 dias o ângulo de 40° apresenta-se satisfatório. Observa-se que mesmo tendo comportamento linear crescente as cultivares manteve uma angulação foliar considerável ao longo do crescimento, demonstrando a importância do arranjo das folhas no aproveitamento de luz de forma a maximizar a fotossíntese, além de revelar uma melhor arquitetura de parte aérea.

Para a variável diâmetro médio do colmo, pode-se observar uma redução no diâmetro médio das plantas para ambas cultivares (Figura 3B), isso devido à influência do diâmetro do ápice da planta na composição da média que diminui consideravelmente ao longo do crescimento. Segundo May *et al.* (2012a), a redução de diâmetro do colmo estabelece uma relação positiva com o acamamento e quebra de plantas, por isso é fundamental que os interessados tenham bastante atenção nessa variável. Diante da Figura 3B, verifica-se que a média das quatro épocas após a semeadura do DMC foi de 15,75 mm, sendo que este resultado é próximo do valor de 15,47 mm, obtidos por Silva (2004) em experimento com a cultivar BRS 305.

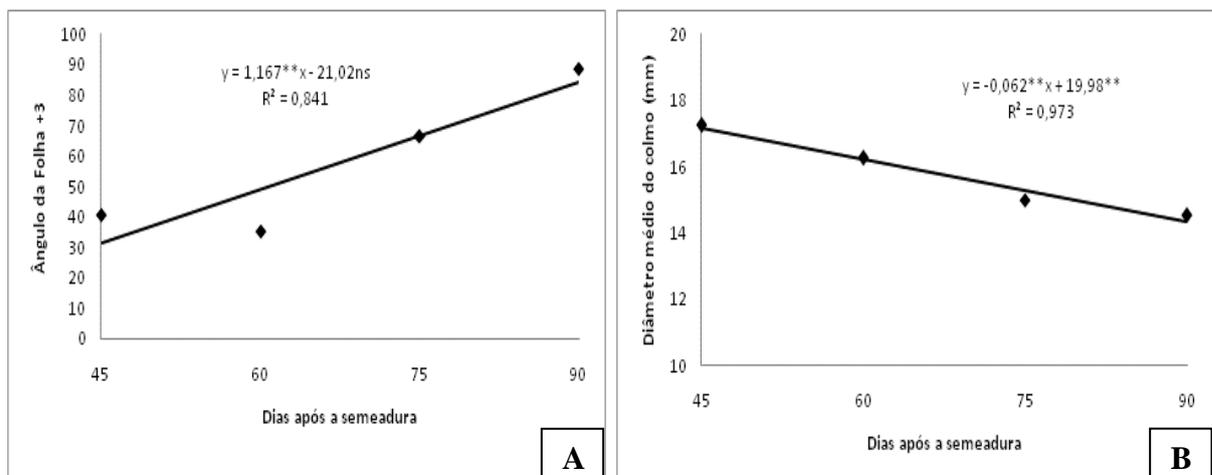


Figura 3: Angulação folha +3 (AF+3) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e diâmetro médio do colmo (DMC) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B).

O índice relativo de clorofila (IRC) estudado ao longo do crescimento foi influenciado ($P < 0,05$) pelas idades de crescimento tanto para a clorofila A quanto para a clorofila B (Figura 4A e B). A clorofila B (Figura 4A) por ser outro tipo de clorofila presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias (TAIZ & ZIEGER, 2004), teve comportamento semelhante à clorofila A. A clorofila B é convertida em clorofila A através de uma enzima chamada clorofila A oxigenase, que catalisa a conversão do grupo metil ao grupo aldeído (XU *et al.*, 2001). A clorofila B para ambas cultivares apresentou modelo de regressão linear decrescente, com um ajuste de modelo de regressão dos dados adequado e um coeficiente de determinação de 59%.

Para a clorofila A constatou-se redução ($P < 0,05$) quando se comparou à idade de 60 DAS (36,72 unid. IRC) com a idade de 90 DAS (30,39 unid. IRC) (Figura 4B). O valor superior na idade de 60 DAS, pode ser atribuído a melhor estruturação da planta, com um sistema radicular mais consolidado, explorando maior volume de solo e com maior capacidade de absorção de nutrientes e água, visto que nessa idade a planta se encontrava em um dos meses com alta precipitação pluviométrica (120 mm) (Tabela 1), refletindo em maior teor de clorofila na folha nessa idade de crescimento.

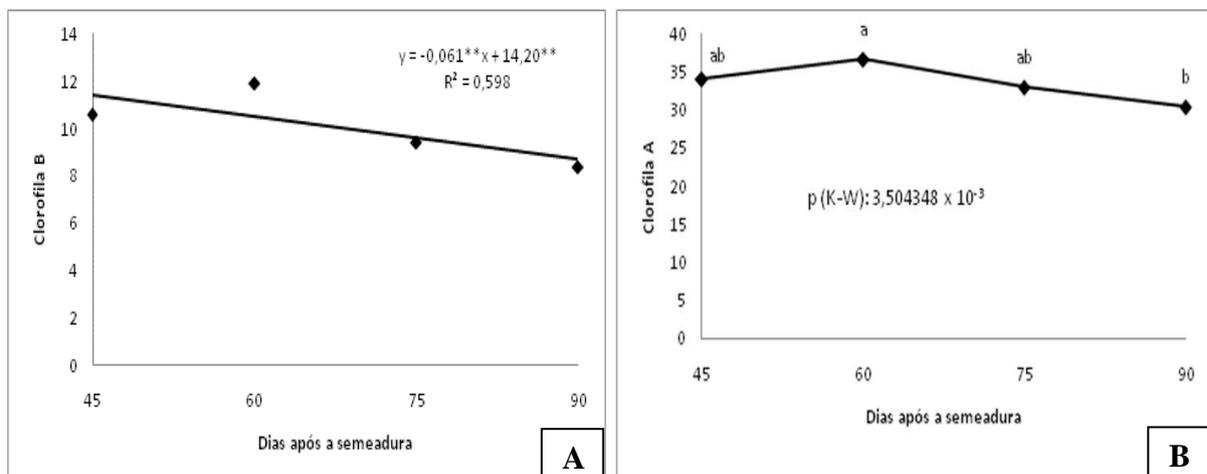


Figura 4: Índice relativo de clorofila A e B de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e (B).

Através da análise não-paramétrica não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) para as cultivares BRS 506 e BRS 511 nas variáveis estudadas, com exceção da variável razão entre a clorofila A e B que haverá uma abordagem mais a frente de forma comparativa entre os tipos de clorofila, buscando entender os resultados. A Tabela 4 apresenta os valores das variáveis morfológicas de duas cultivares analisadas. Os dados morfológicos apresentaram-se bastante satisfatórios, em ambas cultivares.

Tabela 4: BRS 506; BRS 511; Altura da planta (AP); número de folhas (NF); clorofila A (CLOR A); somatório da clorofila A e B (CLOR AB) e razão entre clorofila AB (RAZ AB).

CULTIVAR	AP	NF	Clor A	Clor A+B	Raz A/B
BRS 506	241,41 a	7,64 a	32,25 a	41,28 a	3,79 a
BRS 511	266,76 a	8,85 a	34,85 a	45,95 a	3,20 b
P (K-W)	0,1415	0,2347	0,1134	0,0764	0,0175

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

Em relação ao número de folhas para as cultivares, o mesmo apresentou um gráfico decrescente, porém esse comportamento é satisfatório, pois de acordo com Magalhães; Durães, (2003) o número total de folhas numa planta após 30 dias de emergência varia de 7 a 30, sendo geralmente de 7 a 14 para genótipos adaptados de sorgo granífero e sacarino (Figura 5A). Portanto dos 45 aos 75 DAS o número de folhas corroboram com os dados de Magalhães; Durães, (2003), porém aos 90 DAS o número de folhas vivas cai para aproximadamente 5, visto que nessa idade a planta já se encontra em seu estágio de florescimento deslocando fotoassimilados para os colmos para que houvesse uma maior produção de sólidos solúveis totais e maiores teores de açúcares totais (PARRELLA; SCHAFFERT, 2012b) e para sua inflorescência, sendo que de 1 a 3 folhas baixas já estão em senescência.

Para altura de plantas verificou-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) para as épocas após a semeadura, mostrando estabilização do crescimento a partir dos 60 dias (Figura 5B). Aos 90 DAS observou-se para ambas cultivares um crescimento superior de 14,4 cm em relação aos 45 DAS, essa diferença na altura das plantas deve-se, principalmente pela produção de biomassa verde das cultivares.

Verificou-se um comportamento crescente para ambas cultivares, apresentando uma variação de 157,08 cm a 301,23 cm, de altura para as idades de 45 até os 90 DAS, respectivamente. Resultados superiores aos observados por PARRELLA *et al* (2010b) que avaliaram desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol, e observaram variações entre 247 cm e 305 cm.

Como pode ser visto na Figura 5B, as cultivares atingiram altura média de 301,23 cm na última avaliação realizada, no qual as plantas já haviam estabilizado seu crescimento.

Resultado semelhante foi encontrado por Parrella *et al.* (2010b) que observaram altura máxima para plantas de sorgo sacarino de 305 cm.

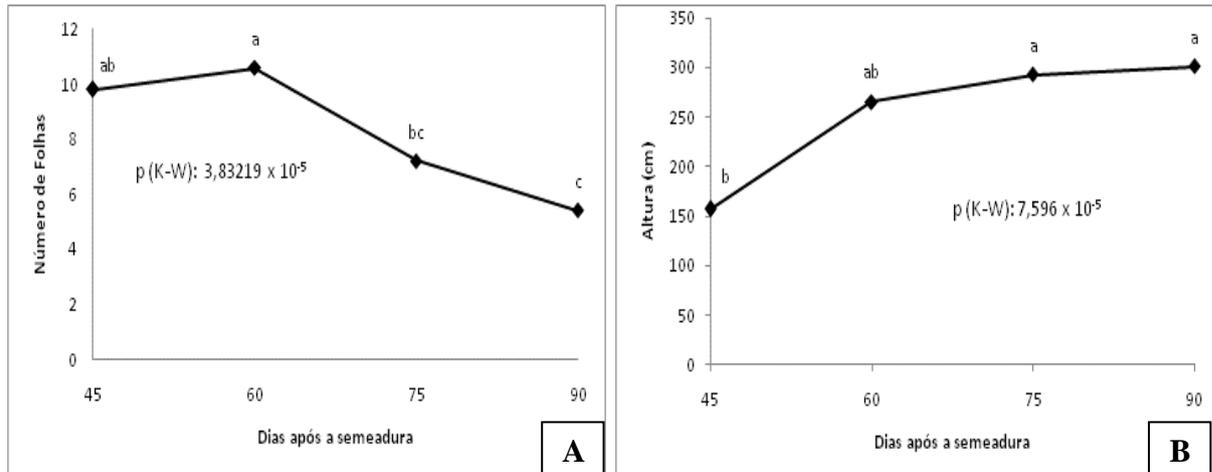


Figura 5: Número de folhas (NF) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e altura da planta (AP) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B).

Os teores de clorofila A e total apresentaram comportamento semelhante entre os dias após a semeadura. A clorofila total diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) quando comparando as idades de 60 a 90 DAS (Figura 6A), sendo observados valores de índice de clorofila de 48,64 e 38,75, respectivamente. Resultados superiores aos observados por Cavalcante *et al.*, (2015), avaliando o índice relativo de clorofila total (IRC) em folhas ativas do sorgo sacarino no início do estágio de florescimento, e na época da colheita, obtiveram para o tratamento testemunha uma média de 34,23; já Lima *et al.* (2011) em estudo com painço, obtiveram média de IRC de 31,1 testando doses de N durante o cultivo. Essa diferença aos 60 e 90 DAS se dar principalmente a forte influência da clorofila A, elevando a clorofila total nessas idades.

Em relação à razão entre a clorofila A e B (Figura 6B) não se verificou diferença significativa nos diferentes dias após a semeadura para ambas cultivares. Apenas houve diferença entre as cultivares (Tabela 2), onde a BRS 506 teve uma relação A/B superior de 0,59 em relação à BRS 511, isso devido à média da clorofila B para a cultivar BRS 511 (11,09 unid. IRC) que foi superior 3,82% em relação à média da clorofila B da BRS 506 (9,03 unid. IRC) e por sua vez reduziu essa razão.

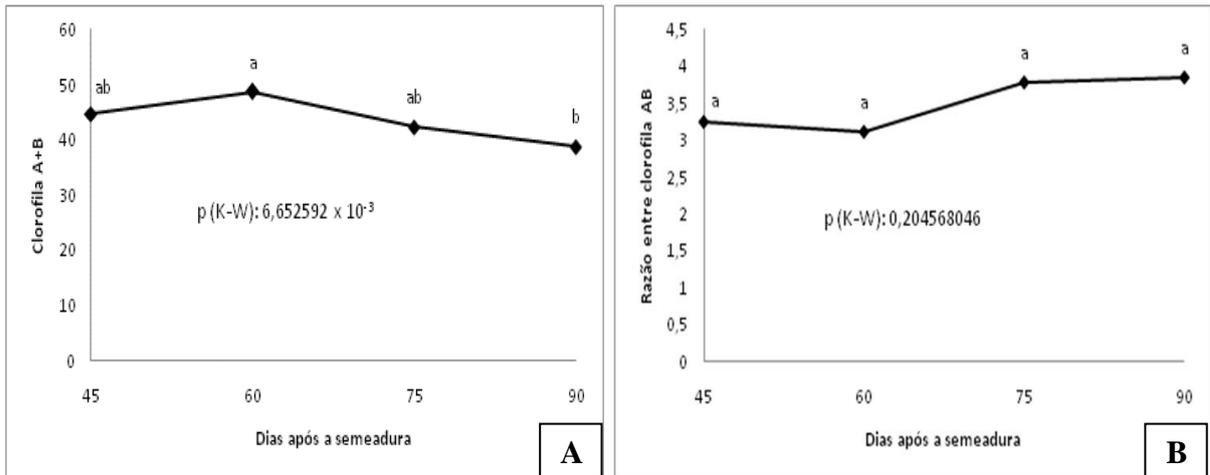


Figura 6: Teor relativo de clorofila total (A+B) de sorgo sacarino em função dos dias após semeadura, representando a média das duas cultivares (A) e Razão entre clorofila A e B (A/B) de sorgo sacarino em função do crescimento em diferentes dias após semeadura (B).

5. CONCLUSÕES

As cultivares BRS 506 e 511 apresentam padrão morfológico semelhantes entre si, atingindo altura de 3 metros nas idades de 75 e 90 DAS, quando cultivadas nas condições deste trabalho (sequeiro).

Ambas cultivares apresenta aumento da angulação foliar a partir dos 45 DAS, e estabilização da altura aos 60 DAS. A clorofila A apresentou um aumento na idade de 60 DAS.

Nota-se que ao longo do crescimento ambas cultivares apresentou um número de folhas satisfatório e manteve uma angulação foliar considerável, revelando uma melhor arquitetura de parte aérea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. J. N.; VIANA T. V. A.; AGUIAR, J. V.; JÚNIOR R. R. C.; AQUINO, F. C.; JÚNIOR, J. H. C. B. **Dados climáticos: estação de Pentecoste**, Fortaleza/CE: 2003. Embrapa Agroindústria Tropical, Documento 87, 2004. 16 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 2005. 32 p. il.
- CÂNDIDO, M. J. D. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso**. 2003. 134 f. Tese (Doctor Scientiae). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. 2003.
- CÂNDIDO, M. J. D.; ARAÚJO, G. G. L.; CAVALCANTE, M. A. B. **Pastagens no ecossistema semi-árido brasileiro: atualização e perspectivas futuras**. Disponível em: <http://www.neef.ufc.br/pal05.pdf>. Acesso em: 13.Nov.2015.
- CAVALCANTE, K. L.; DEON, M. D.; SILVA, H. K. P. **O uso de efluentes de estações de tratamento de esgoto de petrolina-pe na agricultura irrigada do sorgo sacarino: uma alternativa viável**. XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. 2015. Disponível em: <publicacoes.conbea.org.br/anais/baixar/310>. Acesso em: 2.Dez.2015.
- COELHO, A. M. **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 139, Adubação, 2012, cap. 6. P. 42-50.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2014. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: CONAB, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_19_09_02_49_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_2014-15.pdf>. Acesso em: 4.Dez.2015.
- DUARTE, J. O. **Cultivo do sorgo: Mercado e comercialização**. In: Sistemas de produção 2. ISSN 1679-012X. Versão Eletrônica - 4^a edição Set/2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/mercado.htm>. Acesso em: 13.Dez.2015.

DURÃES, N. N. L. **Heterose em sorgo sacarino**. 2014. 96 p. Dissertação (Mestrado em melhoramento vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras – MG. 2014.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Brasília. 2006. 367 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. MAPA. **Cultivo do Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia Elétrica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documento 152, 1º Ed. 2013. 65 p.

EMBRAPA, **Sorgo forrageiro para silagem: chegou à hora do plantio**. Sete Lagoas - MG. Ano 02. Ed. 11. 2008b. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/grao/11_edicao/grao_em_grao_materia_01.htm. Acesso em: 5.Nov.2015.

EMBRAPA, **Sorgo granífero**. Sete Lagoas-MG. 2008a. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2008/folders/Fo1_10.pdf. Acesso em: 14.Nov.2015.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: www.fao.org. Online: Acesso em: 5.Dez.2014.

FERNANDES, P. G. **Avaliação Agronômica de Dois Cultivares de Sorgo Sacarino (Sorghum Bicolor (L.) Moench)** em Sete Lagoas – MG. 2013. 75. f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6. p. 1039-1042, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras – MG. 2011.

FILHO, J. E. A. **Avaliação agronômica e de estabilidade e adaptabilidade de híbridos de sorgo granífero**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Campos dos Goytcazes - RJ, 2012.

FOLTRAN, D. E. **O Sorgo Vassoura como alternativa agrícola regional**. Pesquisa & Tecnologia, v. 9, n. 1, jan./jun., 2012. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao2012/janeiro-junho-2/1204-o-sorgo-vassoura-como-alternativa-agricola-regional/file.ht>. Acesso em: 16.Nov.2015.

KÖEPPEN, WILHELM. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LESSA, B. F. T.; FILHO, A. F. O.; LIMA, F. R. F.; SANTOS, C. C.; SILVA, M. N. C. **Biomassa de sorgo sacarino produzido no semiárido em função do genótipo e época de colheita**. II Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS “Convivência com o Semiárido: Certezas e Incertezas”, Quixadá – CE, Brasil. p, 1-6. Maio. 2015.

LIMA, E. V.; SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Relação da leitura do clorofilômetro com o N total na folha de painço em função da adubação nitrogenada de cobertura. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.6, n.2, p.149-158, 2011.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA: Milho e Sorgo, Documento 87, 1º Ed. 2003. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16164/1/Com_87.pdf. Acesso em: 21.Out.2015.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo de sorgo**. EMBRAPA: Milho e Sorgo *In*: Ecofisiologia: Introdução. Sistemas de Produção 2; ISSN 1679-012X. Versão Eletrônica - 4^a Ed. Set./2008. Disponível em: <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/cultivo>> Acesso em 10.Nov.2015.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 3, 2000. 46p.

MAY, A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, A. F.; FILHO, I. A. P.; **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia e qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 139, Manejo e tratos culturais. 2012b, cap. 4. P. 22-30.

MAY, A.; DURÃES, F.; **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia e qualidade Embrapa.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 139, Introdução. 2012a, cap. 1. P. 11-14.

MIRANDA, R. A. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia e qualidade Embrapa.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 139, Custo de produção e viabilidade econômica de etanol a partir do sorgo sacarino plantado na entressafra da cana-de-açúcar. 2012, cap. 12. P. 106-111.

NOVA CANA. **Sobre o etanol.** Disponível em: <<http://www.novacana.com/etanol/sobre/#maiores-produtores>>. Acesso em: 4.Dez.2015.

PACHECO, T. F. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia e qualidade Embrapa.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 139, Tecnologia Industrial. 2012, cap. 11. P. 92-106.

PARRELLA, R. A. C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**– Sorgo sacarino: Tecnologia Agrônômica e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília. Ed. 3, 2011. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56043/1/BolfeAgroeRevis.pdf>. Acesso em: 26.Out.2015.

PARRELLA, R. A. C.; MENEGUCI J. L. P.; Ribeiro, A.; SILVA A. R.; PARRELLA, N. N. L. D.; RODRIGUES J. A. S.; TARDIN F. D.; SCHAFFERT, R. E.; **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28. 2010b, Goiânia, Anais... Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010b. p. 2858-2866. CD-Rom.

PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia e qualidade Embrapa.** Sete Lagoas – MG. Embrapa Milho e Sorgo. Documento 139. Cultivares. 2012b. cap. 3. P. 14-22.

PARRELLA, R. **Sorgo sacarino: Alternativa para a produção de etanol.** Dia de campo na TV/Embrapa. 2010a. Disponível em: <<http://hotsites.sct.embrapa.br/diacampo/programacao/2010/sorgo-sacarino-alternativa-para-a-producao-de-etanol>>. Acesso em 7.Ago.2013.

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 (Mestre em Agroenergia) - Fundação Getúlio Vargas - Escola de Economia de São Paulo – 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.

RIBAS, M. N. **Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom.** 2010. 140 f. Tese (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte – MG. 2010.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Documentos, 26. p, 65. 2003. Disponível em http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16217/1/Doc_26.pdf. Acesso em 21.Out.2015.

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, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. **Melhoramento de sorgo.** In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal Viçosa, 2005. 605-658 p.

SCHUNK, N. Portal dia de campo. **Alto potencial produtivo de etanol.** Atualizada em 17 mar. 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21367&secao=Sorgo>. Acesso em: 09 jan. 2015.

SILVA, P. C. S. **Comportamento do sorgo granífero em função do manejo de nitrogênio.** 2004. 111 f. Tese (Doutor em agronomia), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria – RS. 2004.

SOUSA, W. N.; LESSA, B. F. T.; SANTOS, C. C.; LIMA, F. R. F.; DUTRA, A. S. **Morfologia do Crescimento de Sorgo Sacarino Produzidos no Semiárido em Função de Adubação Foliar Silicatada.** XXI Encontro de Iniciação à Pesquisa, Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Fortaleza – CE. p 1-5. 2015. Disponível em: <http://uol.unifor.br/oul/conteudosite/?cdConteudo=6105843>. Acesso em: 2.Nov.2015.

SOUZA, V. F. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino.** 2011. 53 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido), Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba - MG, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre : Artmed, 2004. p.693.

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

WENNER, C.; Ryel, R.J.; Correia, O. & Beyschlag, W. 2001b. **Structura and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance.** Acta Oecologica v. 22, p. 129-138. 2001.

XU, H. et al. Chlorophyll *b* can serve as the major pigment in functional photosystem II complexes of cyanobacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.98, n.24, november, 2001.