

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
RONALDO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

**ASPECTOS PRODUTIVOS DA REBROTA DE CULTIVARES
DE SORGO IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA**

RECIFE-PE
2016

RONALDO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

**ASPECTOS PRODUTIVOS DA REBROTA DE CULTIVARES DE SORGO
IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora

Prof.^a Dra. Lilia Gomes Willadino

Coorientador

Dr. José Nildo Tabosa

RECIFE-PE
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil
Ficha Catalográfica

O48a Oliveira Filho, Ronaldo Alves de
Aspectos produtivos da rebrota de cultivares de sorgo irrigados
com água salina / Ronaldo Alves de Oliveira Filho. – 2016.
65 f. : il.

Orientadora: Lilia Gomes Willadino.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, Recife, BR-PE, 2016.
Inclui referências.

1. *Sorghum bicolor* (L). Moench 2. Eficiência no uso da água
3. Produção 4. Salinidade 5. Etanol I. Willadino, Lilia Gomes,
orient. II. Título

CDD 631

**ASPECTOS PRODUTIVOS DA REBROTA DE CULTIVARES DE SORGO
IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 20 de julho de 2016

Dsc. Lilia Gomes Willadino
ORIENTADORA

Dsc. Terezinha Rangel Camara
Examinador interno

Dsc. José Nildo Tabosa
Examinador externo

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar no caminho da verdade e me conceder saúde e força para a realização dos meus objetivos.

Aos meus pais, Ronaldo Alves e Neuza Bezerra, pela educação, formação pessoal e apoio em toda minha vida.

Ao meu irmão, Rubens de Lima, que sempre me dava apoio nos momentos difíceis.

À prof.^a Lilia Gomes Willadino, por todas as orientações, ensinamentos, paciência, amizade e, principalmente, confiança

Ao Dr. José Nildo Tabosa, pelos ótimos atendimentos nos momentos de dúvidas e incertezas.

Ao Coordenador da Estação Experimental do IPA em Vitória de Santo Antão/PE, Luiz Evandro de Lima e a sua esposa Dra. Ana Rita de Moraes Brandão Brito, pela ajuda em campo, e pelas palavras de incentivo.

A todos os funcionários da Estação Experimental do IPA em Vitória de Santo Antão, dentre eles: Severino, Vera, Maciel, Marcos, André, Isaías, Wilson, Reginaldo, Gilvan entre outros que aqui não foram citados, ficam os meus sinceros agradecimentos.

Ao amigo Eulampio por estar sempre presente na condução do experimento e pelas conversas e aprendizagem, bem como pela “pontualidade”.

Ao amigo Dêiverson Dênis pela paciência e disponibilidade, principalmente, nos feriados e finais de semana, bem como pelas conversas.

Ao amigo Rodolfo pela disponibilidade e satisfação em realizar as avaliações.

Ao Professor Renato Lemos por disponibilizar os equipamentos e a infraestrutura do Laboratório de Fertilidade do Solo do IPE-Campus Vitoria de Santo Antão.

Aos amigos do trabalho, Levy Franco, Fernanda Meirelles, Rogerio Costa, Alisson Rocha, José Junior da Rocha, Stefano Juan, Gilson Rodrigues, pela paciência, amizade e principalmente compreensão de algumas ausências.

Ao estatístico do IPA Dr. Venézio pela disponibilidade e paciência nos momentos das dúvidas.

Aos amigos do LCTV pelo apoio nos momentos de descontração e trabalho.

A todos os amigos da Pós-graduação, principalmente, Evanilso Paulino, José Eduardo, José Francisco, Fabio, Danilo, Raphaela, Raguiara Primo, John.

Por fim a todos que contribuíram direta ou indiretamente para essa Vitória.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
INTRODUÇÃO.....	15
REVISÃO DE LITERATURA	17
A cultura do sorgo.....	17
Sorgo granífero	18
Sorgo sacarino.....	20
Sorgo Forrageiro	21
Aspectos multivariados do sorgo sacarino na Região.....	23
Baixa produtividade da cana-de-açúcar na zona da mata de Pernambuco e o período de entressafra.....	23
Limitação dos cultivos de sequeiro no semiárido em face da imposição climática	23
Escassez de volumoso no atendimento à demanda da alimentação animal no período seco do ano nas áreas semiáridas do estado	24
Elevado consumo hídrico da cana-de-açúcar irrigada no semiárido de Pernambuco	24
Problema de salinidade do solo e da água no semiárido	24
Uso de água salina na agricultura	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
Localização e caracterização da área experimental	28
Manejo de irrigação e coleta de água.....	30
Características agronômicas dos genótipos	32
Tratos culturais.....	33
Delineamento experimental	33
Época de colheita e amostragens	34
Avaliações biométricas e produtivas dos genótipos	34
Teror de sólidos soluveis (°Brix)	35
Etanol Teórico.....	35
Eficiência do uso da água e Requerimento de água.....	35
Análise estatística.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
Variáveis agroindústrias.....	43

Parâmetros do solo e da água de irrigação	48
CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

RESUMO

Existe uma demanda crescente de alimento no mundo e a agricultura irrigada é uma técnica importante para apoiar o aumento da produtividade das culturas. As áreas irrigadas no mundo, em torno de 18% da área total cultivada, são responsáveis por 44% da produção total agrícola do mundo. Estima-se que a população mundial atinja em 2050, 9,7 bilhões habitantes. Assim, a urbanização e a industrialização vão aumentar a competição por água de boa qualidade. Neste cenário aumenta o interesse sobre estudos do uso de fontes de água alternativas para a irrigação, como por exemplo, água com níveis de sais elevado. No entanto, para o aproveitamento adequado dessas águas deve-se levar em consideração o potencial de produção da cultura sobre essas condições. O sorgo é uma espécie agrícola rústica, com boa adaptação a estresses ambientais, tais como hídrico e salino. O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de água salina em relação ao acúmulo de sais no solo e a produtividade de diferentes genótipos de sorgo, forrageiro, sacarino e duplo propósito no segundo ciclo produtivo. O experimento foi realizado na Zona da Mata de Pernambuco, mediante avaliação da produção de biomassa e parâmetros agroindustriais na rebrota do sorgo, o segundo corte. O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, no município de Vitória de Santo Antão- PE. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados consistindo de 20 genótipos e três blocos, totalizando 60 unidades experimentais. Foi avaliada a produção de massa verde e seca total, percentagem de colmo, folha e panícula, e eficiência no uso da água na colheita das plantas. O solo foi coletado em três épocas diferentes no início da rebrota, na prefloração e na fase de grão pastoso leitoso, coleta. As avaliações do °Brix e números de folhas foram feitos em duas fases, prefloração e grão pastoso leitoso, o Brix determinado em três partes do colmo da planta, a altura foi determinada na prefloração. Foi estimada a produção de etanol teórico. Foram realizadas cinco coletadas de amostras de água. Com os resultados obtidos observou-se que a irrigação com água salina não acarretou concentração de sais na solução do solo suficiente para elevar a condutividade elétrica do extrato saturado a ponto de atingir a salinidade limiar para a cultura do sorgo. Os genótipos SF-15, T17-389-5-1x1158 e T17EPSFx2502 se destacaram na produção de matéria seca com de 35,29; 31,38 e 30,49 t ha⁻¹ respectivamente. Estes mesmos genótipos, além do BRS 508, apresentaram maior eficiência do uso água. A amostragem do °Brix deve ser feito em duas partes do colmo da plantas, e apresenta maior concentração na fase de grão pastoso leitoso. Os

genótipos T17-389-5-1x1158, BRS 508, SF-15 e SF-11 se destacaram na produção de etanol teórico.

Palavras-chaves: *Sorghum bicolor* (L). Moench, eficiência no uso da água, produção, salinidade, etanol.

**PRODUCTIVE ASPECTS OF REGROWTH OF SORGHUM CULTIVARS
IRRIGATED WITH SALINE WATER
ABSTRACT**

There is a growing demand for food in the world and the irrigated agriculture is an important technique to support the increase in productivity of crops. The irrigated areas in the world, around 18% of the total area under cultivation, are responsible for 44% of the total agricultural production in the world. It is estimated that the world population reaches in 2050, 9.7 billion inhabitants. So, urbanization and industrialization will increase competition for water of good quality. In this scenario increases the interest in studies of the use of alternative water sources for irrigation, for example, water with high salt levels. However, for the proper utilization of these waters must take into account the potential of culture production on these conditions. Sorghum is a rustic agricultural species, with good adaptability to environmental stresses, such as water and saline. The objective of the present work was to verify the effects of the application of saline water in relation to the accumulation of salts in the soil and productivity of different forage sorghum genotypes, and dual purpose sacarino in the second production cycle. The experiment was accomplished in the forest zone of Pernambuco, through evaluation of biomass production and agroindustrial parameters on regrowth of sorghum, the second cut. The experiment was conducted at the Experimental Station of the Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, in the municipality of Vitória de Santo Antão, PE. The experimental design was adopted in casualizados blocks consisting of 20 genotypes and three blocks, totaling 60 experimental units. Was assessed the production of green mass and total percentage dry thatched roofs, leaf and panicle, and water use efficiency in crop plants. The soil was collected in three different eras at the beginning of regrowth, in prefloração and in the grain paste form Milky, collection. The evaluations of the° Brix and numbers of sheets were made in two stages, prefloração and Grand Pasty, Milky Brix determined in three parts of the stem of the plant, the height was measured in prefloração. It was estimated the theoretical ethanol production. Were held five collected from water samples. With the results obtained showed that irrigation with saline water does not lead to concentration of salts in the soil solution sufficient to increase the electrical conductivity of the saturated extract about to achieve the salinity threshold for the culture of sorghum. SF-15 genotypes, T17-389-5-1x1158 and T17EPSFx2502 have excelled in the production of dry matter with 35.29; 31.38 30.49 and t ha⁻¹ respectively. These same genotypes, in addition to the BRS 508, presented a higher water use efficiency. Sampling

the° Brix should be done in two break the thatched roofs of the plants, and presents greater concentration in the grain paste form Milky. The genotypes T17-389-5-1x1158, BRS 508, SF-15 and SF-11 stood out in the production of ethanol.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L). Moench, efficiency in water use, production, salinity, ethanol.

LISTA DE TABELAS

Tabela-1. Parâmetros agroindustriais de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.....	21
Tabela-2. Comparação das características das forragens de milho e sorgo.....	22
Tabela 3. Média dos dados meteorológicos da estação experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão – PE, observados no período de condução do experimento 2015/2016.....	28
Tabela-4. Atributos físicos e químicos do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental, cultivada com 20 genótipos de sorgo em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....	29
Tabela-5. Características agronômicas das cultivares e progênies utilizada no presente estudo cultivadas, em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....	32
Tabela-6. Resumo da análise de variância das variáveis, produção da massa verde total (PMFT) t.ha ⁻¹ , produção da massa seca total (PMST) t.ha ⁻¹ , produção de massa verde colmo (PMVC) t.ha ⁻¹ , produção de massa seca colmo (PMSC) t.ha ⁻¹ , produção de massa verde folha (PFV) t.ha ⁻¹ , produção de massa seca da folha t.ha ⁻¹ , obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados com água salina em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....	37
Tabela-7. Comparação das médias das variáveis: produção da massa verde total (PMVT) t.ha ⁻¹ , produção da massa seca total (PMST) t.ha ⁻¹ , produção de massa verde colmo (PMVC) t.ha ⁻¹ , produção de massa seca colmo (PMSC) t.ha ⁻¹ , produção de massa verde folha (PFV) t.ha ⁻¹ , produção de massa seca da folha t.ha ⁻¹ , obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....	38
Tabela-8. Resumo da análise de variância das variáveis: produção de massa verde panícula (PMFP), em t.ha ⁻¹ , produção de massa seca panícula (PMSP), em t.ha ⁻¹ , percentual de massa seca colmo, folha, panícula, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....	39
Tabela-9. Comparação das médias das variáveis: produção de massa fresca panícula (PMFP), em t.ha ⁻¹ , produção de massa seca panícula (PMSP), em t.ha ⁻¹ , percentual de massa seca colmo, folha, panícula, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....	40
Tabela-10. Resumo da análise de variância das variáveis número de folha na floração (N° FPF), número de folhas na colheita (NFC), altura média das plantas (AMP), em cm, eficiência no uso de água (EUA), em Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹ , requerimento de água (RA), em mm ha ⁻¹ Kg ⁻¹ , e números de dias (N° Dias) até 50% da parcela está florada, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....	41
Tabela-11. Comparação das média das variáveis: número de folha na floração (N° FPF), número de folhas na colheita (NFC), altura média das plantas (AMP), em cm, eficiência no uso de água (EUA), em Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹ , requerimento de água (RA), em mm ha ⁻¹ Kg ⁻¹ ,	

e números de dias (Nº Dias) até 50% da parcela está florada, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....42

Tabela-12. Resumo da análise de variância das variáveis: das seções da planta (apical, mediana e basal) com 20 genótipos, floração e colheita, do teor de sólidos solúveis totais, em (°Brix) e etanol teórico na colheita, em l ha⁻¹ dados obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....44

Tabela-13. Média dos teores de sólidos solúveis (°Brix) em distintas seções do colmo, obtidos da soca de 20 de genótipos de sorgo, nas épocas de floração e grão pastoso-leitoso, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....45

Tabela-14. Média dos teores de sólidos solúveis totais (°Brix) floração e colheita e etanol teórico na colheita, em Lha⁻¹ dados obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....47

Tabela 15. Resumo da análise de variância das variáveis: concentrações de sódio e potássio na solução do solo e condutividade elétrica do extrato de saturação. Concentração do sódio no início do experimento, Na (I), K(I) CEe(I) na floração, Na (F), K(F), CEe (F) e na fase de grão pastoso leitoso, colheita Na (C), K(C), CEe(C) obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....48

Tabela-16. Média das concentrações da análise de variância das variáveis: concentrações de sódio e potássio na solução do solo e condutividade elétrica do extrato de saturação dados em mg L⁻¹. Concentração do sódio no início do experimento, Na (I), K(I) na floração, Na (F), K(F), e na fase de grão pastoso leitoso, colheita Na (C), K(C), obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....49

Tabela-17. Média da condutividade elétrica (CE) do extrato da solução do solo (CEe) dada em dS m⁻¹. CE(I) é a condutividade elétrica logo após o corte da planta, no início, CE(F) é na floração e, CE (C) e na fase de grão pastoso leitoso, colheita, dados obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....50

Tabela-18. Parâmetros físico químico da água de irrigação usada no período experimental, ao longo de 5 coletas nos 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....52

LISTA DE FIGURAS

Figura-1. Curva vazão pressão do microaspersor Amanco® utilizado experimental, cultivada com 20 genótipos de sorgo em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.....30

Figura-2. Visão panorâmica da Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco Vitória de Santo Antão. Fonte: Google Earth, adaptado: Oliveira, 2016...31

INTRODUÇÃO

No Brasil o sorgo é cultivado, principalmente, visando à produção de grãos para suprir a demanda da indústria de ração animal. A substituição do milho pelo sorgo, na alimentação animal, não só reduz custos de dieta, mas também viabiliza a cultura deste cereal que apresenta grande potencial, especialmente onde há limitações para o estabelecimento da cultura do milho.

Levando-se em consideração as adversidades climáticas, e diante do aquecimento global, o sorgo poderá se constituir em uma cultura alternativa e/ou estratégica, em face à suas características xerofílicas, potencial adaptativo e seu uso multivariado (LIRA et al., 1986).

Em termos econômicos, a produção de sorgo granífero pode representar uma opção estratégica, principalmente, para a avicultura pernambucana uma vez que reduz o custo de produção diminuindo a importação de milho de outras regiões. Apenas a avicultura consome cerca de 600 a 800 mil toneladas anuais de milho e apresenta uma taxa de crescimento de cerca de 8% ao ano. O milho produzido em Pernambuco, não atende sequer a 20% da demanda (TABOSA et al., 2008).

No Brasil, onde praticamente não há consumo de sorgo na alimentação humana, o cereal é cultivado, principalmente, visando à produção de grãos para ração e forragem para alimentação animal (DYKES et al., 2005). A nível mundial, existe um uso considerável na alimentação humana. Segundo o Conselho Internacional dos Cereais (IGC, 2014) a produção mundial sorgo granífero na safra 2014/2015 foi de 61 milhões de toneladas destes 26,4 mil destinaram-se a alimentação humana, 26,8 para ração animal e 6 mil à indústria.

Com relação ao uso do sorgo para a agroenergia, ressalta-se a importância do sorgo sacarino para a produção de etanol. Por ser uma planta que se adequa ao setor sucroalcooleiro, principalmente, pela forma de cultivo sendo totalmente mecanizável e possível de ser processada com a mesma tecnologia industrial desenvolvida para a cana. Além disso, o bagaço do sorgo sacarino apresenta poder calorífico equivalente ao da cana sendo eficiente na cogeração de energia. Além do mais, torna-se uma estratégia econômica por fornecer matéria-prima de qualidade para abastecer o mercado na entressafra da cana-de-açúcar, de forma a reduzir a instabilidade do mercado de etanol no Brasil.

O sorgo para fins forrageiro, por outro lado, é colhido quando o grão encontra-se no estado pastoso. A produção média desse sorgo de matéria seca é em torno de 26 a 29 t. ha⁻¹, no primeiro corte, equivalente à produção do milho, porém, o sorgo é capaz de rebrotar e produzir 60% da matéria seca em relação ao primeiro corte além de apresentar maior tolerância à seca, quando comparado ao milho (FORNASIEI & FORNASIERI FILHO, 2009).

Em todo o mundo, o sorgo é uma cultura marginal, ou seja, o plantio é realizado geralmente em condições mais restritivas, em termos de precipitação. O cultivo e consumo dos grãos e de forragem são significativos nos países em desenvolvimento ou que apresentam problemas de altas temperaturas e déficit hídrico durante o ano (DUARTE, 2010). Uma das formas de contornar esse problema é mediante a utilização da técnica de irrigação. Porém, apesar de vivermos num planeta com 70,8% de sua superfície coberta por água, apenas 0,5% encontra-se disponível para consumo segundo Agência Nacional de Águas (ANA, 2009). O Brasil encontra-se em posição favorável no tocante as reservas hídricas, com 12% do total da água doce superficial do mundo (ANA, 2007). E a disponibilidade hídrica *per capita* mostra uma situação satisfatória, quando comparada aos valores dos demais países. Todavia, geograficamente a distribuição dos recursos hídricos não é homogênea, segundo ANA (2009) a região que concentra a maior quantidade é a Norte com 68%, e a menos favorecida, Nordeste, com apenas 3% dos recursos hídricos do Brasil.

Uma das opções para a região Nordeste é a utilização de água de qualidade inferior na agricultura, principalmente água salobra. A produção sustentável de culturas irrigada com água que apresentam excesso de sais exige uma eficiente gestão da água de drenagem para garantir o controle de salinidade secundária. Dessa forma, uma gestão ineficiente dos sistemas de irrigação e drenagem acarreta em um fator limitante para a produção vegetal, uma vez que a salinidade reduz ou inibe o crescimento e desenvolvimento das plantas, em função dos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons. A segunda estratégia para a utilização de água salina reúne estratégias biológicas, que complementam a tecnológica, e centra-se na exploração ou desenvolvimento de plantas capazes de tolerar níveis excessivos de sais (WILLADINO & CAMARA, 2010).

O objetivo da presente pesquisa foi verificar os efeitos da aplicação de água salina em relação ao acúmulo de sais no solo e na produtividade de diferentes genótipos de sorgos, forrageiro, sacarino e duplo propósito cultivados na Zona da Mata de

Pernambuco, mediante avaliação da produção de biomassa e parâmetros agroindustriais no segundo ciclo produtivo.

REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do sorgo

A espécie *Sorghum bicolor* L. Moench tem sido submetida a inúmeras intervenções do homem ao longo do tempo, que domesticou a espécie, segundo suas necessidades. O sorgo é uma extraordinária “fábrica de energia” de enorme utilidade em regiões quentes e secas, onde não se consegue boa produtividade de grãos ou forragem cultivando outras espécies, como o milho (BORÉM et al., 2014).

A origem do sorgo está provavelmente na África, muito embora existam evidências que indicam que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. A data provável da domesticação do sorgo, segundo registros arqueológicos, deve ter ocorrido por volta de 3.000 a.C. ao tempo em que a prática de domesticação e cultivo de outros cereais eram introduzidos no Egito Antigo a partir da Etiópia (RIBAS, 2008). Na primeira década do século XX, o sorgo foi extensivamente cultivado nos Estados Unidos da América para produção de xarope ou melaço. As cultivares eram de porte muito alto e tardio, com alguma semelhança fenotípica com os atuais sorgos forrageiros para silagem. O porte avultado dessas cultivares não permitia sua utilização como plantas graníferas porque a colheita, mesmo que fosse por processo manual, era muito difícil. Os primeiros colonizadores das Grandes Planícies do Oeste Americano, passaram a selecionar plantas dos tipos Milo e Kafir mais ajustadas à agricultura que se modernizava e que eram muito mais tolerantes ao clima seco da região do que o milho. Com o advento da mecanização na segunda década do século XX, novas seleções foram sendo feitas a partir dos materiais originais, que acrescentaram mais valores às cultivares, como precocidade e porte mais baixos (RIBAS, 2008).

No Brasil, o sorgo chegou provavelmente da mesma forma como na América Central e do Norte, ou seja, pelas mãos dos escravos africanos, sendo o Nordeste uma das portas de entrada. Porém, só a partir da segunda década do século XX, a cultura foi reintroduzida de forma ordenada no país por meio de institutos de pesquisa públicos e universidades (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009). Comparando a cultura do sorgo à do milho, da soja e de outros grãos, destaca-se sua pequena expressão no país. Porém, movido pela necessidade de redução de custo da alimentação animal, criadores de aves, suínos e bovinos impulsionaram a demanda pelo grão e forragem de sorgo, de

forma que nos últimos 10 anos a área cultivada com sorgo expandiu-se de maneira extraordinária, no Brasil (BORÉM et al., 2014). Para que isso acontecesse muito se deve, também, ao intenso trabalho do Grupo Pró-Sorgo, movimento criado no fim dos anos 1980 por pesquisadores públicos e privados, técnicos da extensão rural, produtores, pecuarista, indústrias e imprensa, cujas ações contribuíram fortemente para difusão da cultura e do uso de seus produtos (DUARTE, 2010).

A expansão da área cultivada com sorgo no Brasil nos últimos anos despertou o interesse de empresas de sementes. Dessa forma sugeriram novos programas de melhoramento por empresas públicas e privadas e o aumento de investimentos nos já existentes. Para a safra de 2013/2014, essas empresas disponibilizaram mais de 36 híbridos de sorgo granífero, além de cultivares destinadas à silagem, corte e pastejo (ALBUQUERQUE et al., 2014).

O ciclo fenológico da cultura do sorgo pode ser dividido basicamente em três fases: vegetativa, reprodutiva e período de maturação do grão. A etapa de crescimento 1 (EC1), caracteriza-se pela germinação, crescimento das folhas e estabelecimento do sistema radicular fasciculado. A etapa de crescimento 2 (EC 2) inicia-se quando o meristema apical se diferencia em meristema floral e vai até a antese. E, finalmente, a etapa de crescimento 3 (EC 3) caracteriza-se pela maturação dos grãos e senescência das folhas (BORÉM et al., 2014).

Agronomicamente, o sorgo é classificado em quatro grupos: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte; verde/fenação/cobertura morta e sorgo para vassoura. O primeiro grupo inclui tipos de porte baixo que são adaptados à colheita mecânica. O segundo grupo inclui tipos de porte alto apropriados para silagem e/ou produção de açúcar e álcool. O terceiro grupo inclui sorgos utilizados para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta. O quarto grupo inclui tipos cujas panículas são utilizadas para confecção de vassouras. Dos quatro grupos, o sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica e está inserido entre os cinco cereais mais cultivados em todo o mundo, ficando atrás do arroz, trigo, milho e cevada (EMBRAPA, 2007).

Sorgo granífero

O sorgo é uma excelente alternativa para a produção de grãos em locais com solos pobres onde o milho não tem um bom desempenho, bem como em regiões com inverno quente e seco (MATEUS et al., 2011; SANI et al., 2011; SURVE & ARVADIA, 2011).

O sorgo é tolerante à seca que é comum em locais com precipitação média anual variando de 375 a 625 mm e explora de forma eficiente as camadas mais profundas do solo em busca de água disponível e produz grande quantidade de biomassa seca (SANI et al., 2011).

O sorgo granífero possui uma área total de cultivo de aproximadamente 45 milhões de hectares, sendo o quinto cereal mais cultivado no mundo e o quarto no *ranking* brasileiro. O sorgo é o quinto cereal mais cultivado no mundo e o quarto no ranking brasileiro. De 1975 a 2011, a área plantada com sorgo granífero, no Brasil, passou de 85.400 ha para 763.855 ha. No mesmo período, a produção cresceu de 200 mil toneladas para, aproximadamente dois milhões de toneladas (BORÉM et al., 2014).

A produtividade potencial de grãos de sorgo pode ultrapassar 10 t ha⁻¹ e 7 t ha⁻¹, respectivamente em condições favoráveis no verão e em plantios de sucessão. No entanto, as condições em que, predominantemente, o sorgo é cultivado não possibilitam a expressão de todo o seu potencial. A produtividade média alcançada nas lavouras brasileiras está em torno de 2,4 t ha⁻¹. Essa produtividade tende a crescer à medida em que o produtor passe a planejar suas atividades e a utilizar o manejo adequado para possibilitar o melhor desempenho da cultura.

Entre as cultivares disponíveis, o uso de híbridos simples tem sido predominante. Esses materiais apresentam ampla adaptabilidade e estabilidade de produção. Na escolha do híbrido para o plantio em sucessão, o produtor deve observar algumas características da aptidão granífera tais como: tolerância aos períodos de déficit hídricos, resistência ao acamamento e tombamento, porte da planta ultrapassar normalmente 1,5m, ciclo precoce, médio e resistência à doença na região de plantio (EMBRAPA, 2008).

A produção mundial de sorgo para a safra 2015/16, está estimada, de acordo com o último relatório de Oferta e Demanda do USDA, em 67,1 milhões de toneladas, representando um aumento de cerca de 5,5% (3,53 milhões de toneladas) em relação aos 63,6 milhões de toneladas produzidas na safra 2014/15. Já o consumo mundial, estimado em 62,79 milhões de toneladas, mostra um aumento de 7,72% (4,5 milhões de toneladas), em relação aos 58,29 milhões de toneladas da safra anterior (USDA, 2015).

Hoje o Brasil é o décimo produtor mundial de sorgo granífero, com 1,85 milhões de toneladas, em uma área de 695,2 mil ha, sendo a produção inibida em virtude do preço ser 20% inferior ao do milho, embora o custo de produção seja basicamente o mesmo. A maior produção nacional encontra-se na Região Centro-Oeste com 1,11 milhões de toneladas em uma área de 332,2 mil ha. Destaca-se o estado de Goiás com uma área de

232,6 ha e uma produção de 851,5 toneladas. O Nordeste tem uma produção de 135,7 mil toneladas em uma área de 155,6 mil ha. A Bahia destaca-se na produção com 115 mil toneladas e em uma área de 141,8 ha. Pernambuco detém uma produção de 2,7 mil toneladas em uma área de 6,2 mil ha (CONAB,2015).

Sorgo sacarino

O sorgo sacarino é uma espécie agrícola rústica, com boa adaptação a estresses ambientais por temperatura, umidade e salinidade, entretanto, ela é responsiva à aplicação de insumos como água, corretivos e fertilizantes em fases críticas do crescimento e desenvolvimento da planta. A disponibilidade de sementes de qualidade de cultivares (domínio da genética de variedades e híbridos adaptados) é imprescindível para ganhos de produtividade e rendimento, e adequadas técnicas de plantio e de manejo da cultura (p.ex., profundidade de plantio) são fundamentais para a melhor performance agrônômica e produtiva (EMBRAPA, 2011).

Ao lado da cana-de-açúcar, que é tradicionalmente empregada na produção de etanol, o sorgo sacarino apresenta-se como uma ótima opção sob o ponto de vista agrônômico e industrial (MAGALHÃES et al., 2007). O sorgo sacarino pode oferecer, dentre outras, as seguintes vantagens: rapidez no ciclo (quatro meses); cultura totalmente mecanizável (plantio por sementes, colheita mecânica); colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis (produção de 40 a 60 t ha⁻¹ de colmos); utilização do bagaço como fonte de energia para a industrialização, para a cogeração de eletricidade ou como forragem para alimentação de animais, contribuindo para um balanço energético favorável (EMBRAPA, 2012). A produção de etanol a partir do sorgo sacarino tem sido considerada viável devido à semelhança com a cana-de-açúcar, com alto teor de açúcares, boa produção de biomassa, custos inferiores ao da cana-de-açúcar (Tabela 1), além do que o processamento pode ser feito nas usinas de cana-de-açúcar.

Os maiores rendimentos de massa verde registrados na região Nordeste, sob condições irrigadas em solos apropriados, onde a cultura foi devidamente fertilizada química e organicamente, foram para as cultivares de sorgo sacarino na localidade de Canindé do São Francisco, estado de Sergipe em 2009/2010. Resultados obtidos da ordem de 120 a 194 t ha⁻¹ de massa verde total (TABOSA et al., 2010).

Tabela-1. Parâmetros agroindustriais de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.

Parâmetros	Sorgo Sacarino	Cana-de-Açúcar
Brix caldo (%)	15-19	18-25
Pureza (%)	60-75	80-90
Fibra (%)	12-20	10-15
Sacarose caldo (%)	8-13	14-22
Ar (Açúcares Redutores) Caldo (%)	1-3	0,5-1
Glicose caldo (%)	0,5-2	0,2-1
Frutose caldo (%)	0,5-1,5	0-0,5
ATE (Açúcares Redutores Totais) caldo (%)	12-17	15-24
Amido caldo (%)	0,1-0,5	0,001-0,05

Fonte (EMBRAPA, 2012).

O potencial mínimo de geração de etanol de sorgo sacarino está estimado em 3.223 L ha⁻¹, com uma produtividade que gira em torno de 55 t ha⁻¹, o que representa cerca de 58,6 L t⁻¹ (ASIS & MORAIS, 2014).

As plantas atingem a maturidade geralmente entre 120 a 140 dias, com potencial para cortes adicionais após a primeira colheita. O sorgo ainda pode ser colhido em épocas de alta umidade, desde que haja cuidado com o sistema radicular. E, já que o açúcar se acumula ao redor do centro da planta, pode ser cortada numa distância maior do solo, o que reduz a sujeira no material colhido (TEIXEIRA et al., 1997).

Sorgo Forrageiro

Nos últimos anos, o sorgo forrageiro (SF) está crescendo em popularidade como uma colheita de forragem importante, substituindo o milho em regiões semiáridas do mundo por causa do declínio na disponibilidade de água (MUTAVA et al., 2011). O SF tem uma evapotranspiração 27% menor do que o milho (HOWELL et al., 2008) e apresenta uma produção 25% maior com a mesma quantidade de água de irrigação. O milho requer mais de duas vezes o volume de irrigação (550 mm x 250 mm) e o SF produz mais matéria seca (MIRON et al., 2007). O SF tem sido amplamente utilizado para a produção de leite, pecuária e piscicultura (BEAN et al., 2013). Além disto, após a colheita

a planta do sorgo consegue conservar vivo o seu sistema radicular, que, em condições favoráveis, possibilita a rebrota (MELLO et al., 2003).

O uso do sorgo para silagem justifica-se por suas características agronômicas e semelhanças com milho (Tabela 2). Os diferenciais do sorgo são, grande produção de forragem, a maior tolerância à seca e ao calor, a capacidade de explorar um maior volume de solo por apresentar um sistema radicular abundante e profundo. Outra característica positiva é a possibilidade de se cultivar a rebrota, com produção que pode atingir até 60% do seu potencial no primeiro corte quando submetido a manejo adequado. A produtividade de massa seca do SF está correlacionada com a altura da planta, sendo que as plantas de porte mais elevado podem produzir em torno de 15 toneladas por hectare de matéria seca em um único corte (EMBRAPA, 2008).

Sob condições de sequeiro em duas colheitas somadas em Sergipe, nas localidades de Gararu e de Propriá o sorgo forrageiro apresentou valores máximos de produção de biomassa de 26 cultivares variou de 92 a 94 t ha⁻¹ de massa verde e de 30 a 34 t ha⁻¹ de massa seca. O maior destaque foi para cultivar IPA 467-4-2 que de 117 a 127 t ha⁻¹ de massa verde e 35 a 50 t ha⁻¹ de massa seca, em duas colheitas sucessivas (CARVALHO & ARAGÃO, 1989).

Tabela-2. Comparação das características das forragens de milho e sorgo.

Parâmetros	Silagem do milho	Silagem do Sorgo
MS total (%)	30-35	28-32
PB (%)	6-8	6-9
FDN (%)	45-60	50-60
FDA (%)	23-43	23-50
Celulose (%)	24-35	17-38
Hemicelulose (%)	21-30	13-23
Lignina (%)	3-5	5-11
pH	3,8-4	3,8-4,2

Fonte: Pires (2003); MS= Massa Seca; PB= Proteína bruta; FDN= Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido.

A área de sorgo forrageiro no Brasil foi de 348.742 ha para a safra 2015/2016. Essa estimativa da área plantada é baseada na venda efetiva de sementes considerando que é gasto 6kg ha⁻¹ para silagem e 12 kg ha⁻¹ para corte/pastejo. A região Sul se destaca em área plantada com 133.663 ha (38,33%) de SF, com maior área o Rio Grande do Sul

com 99.419 ha e a menor em Santa Catarina com 13.935 ha. A Região Nordeste é a quarta no ranking em área plantada de SF com 33.099 ha (9,49%), o estado de Pernambuco contribui para o somatório com 19.740 há, a menor em área plantada é o estado da Paraíba com 167 ha. E a região Norte apresenta uma área de 4.118 ha (1,18%) se destacando Tocantins com uma área de 2.642 ha (APPSM, 2016).

Aspectos multivariados do sorgo sacarino na Região

Baixa produtividade da cana-de-açúcar na zona da mata de Pernambuco e o período de entressafra

Em decorrência de aspectos de ordem edáfica e climática, principalmente nos tabuleiros costeiros litorâneos da mata norte e recorrência à irrigação constitui-se em um fato importante com vistas a manutenção de um patamar de produtividade considerado baixo quando comparado aos níveis de produtividade de outros estados do Brasil (TABOSA et al., 2010; NAGAI, 2012). Além disso, um problema que todo ano é recorrente é a entressafra da cana-de-açúcar na região canavieira: na região Nordeste e também em Pernambuco, o ciclo da cana-de-açúcar é diferenciado em face do regime de chuvas fazendo com que o período da safra ocorra em novembro a março. Assim, de abril a outubro praticamente a agroindústria canavieira não tem atividade produtiva de colheita e moagem, o que causa diversos problemas na região principalmente de emprego e renda. Estudo recente realizado em Pernambuco evidência a importância do sorgo sacarino para produção de álcool e biomassa, envolvendo variedade do IPA, a Cultivar SF15 (DUTRA et al., 2013).

Limitação dos cultivos de sequeiro no semiárido em face da imposição climática

A região semiárida de Pernambuco representa 86 % da área física do estado apresenta condições ambientais, onde se observa índice pluviométrico abaixo de 650 mm e área de até 400 mm, concentradas em três meses do ano o que caracteriza alta irregularidades em um curto período. Além disso, com associações a elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e evapotranspiração superior a disponibilidade de água, acarretando com isso déficit extremamente prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Nesse contexto, a cultura do sorgo é considerada perfeitamente adaptada as

condições do semiárido devido as suas características xerofílicas, constituindo dessa forma, uma alternativa para o seu cultivo devido ao seu uso multivariado. Recentemente, esse ponto vem sendo evidenciado em face dos últimos anos de seca como 2012 e 2013 (PERAZZO et al., 2014; SILVA et al., 2013; CAVALCANTE et al., 2013; BORBA et al., 2012).

Escassez de volumoso no atendimento à demanda da alimentação animal no período seco do ano nas áreas semiáridas do estado

O principal problema que interfere com o desempenho da pecuária regional é a escassez de volumoso no período estival do ano principalmente no polos das chamadas bacias leiteiras localizadas nas mesorregião do agreste semiárido de Pernambuco. Nesse contexto o sorgo poderá se constituir como uma alternativa viável na redução desse problema. O sorgo sacarino após a sua utilização para fins de produção de biocombustíveis, no âmbito da cadeia agroenergética, gera resíduos aproveitáveis e utilizáveis como volumoso (TABOSA et al., 2010). Além disso, como fato mais importante para esse tópico, e que os materiais de elevada produção de biomassa que não atendam às exigências do colmo sacarino, são potencialmente utilizados para a produção de forragem.

Elevado consumo hídrico da cana-de-açúcar irrigada no semiárido de Pernambuco

Evidências já são registradas do potencial alargamento das fronteiras agrícolas das áreas potenciais de irrigação para a cana-de-açúcar no Vale do São Francisco e adjacências (Projeto Canal do Sertão) de cerca de quase 200 mil hectares. Em face disto é importante enfatizar que essa cultura apresenta um consumo de água no seu ciclo de até nove vezes o que demanda o sorgo sacarino (REDDY & SANJANA, 2003). No intuito de adequação a essa exigência e levando em consideração a utilização de culturas de maior economia hídrica o sorgo apresenta-se como mais uma alternativa.

Problema de salinidade do solo e da água no semiárido

Os maiores obstáculos que interferem no desempenho da pecuária no tocante à produção de volumoso na região semiárida são representados pelas adversidades

ambientais. Neste contexto são observadas e configuradas as irregularidade das chuvas. A esta distribuição errática das chuvas também está associada, além do curto período destas, a temperatura elevadas, baixa umidade do e principalmente alta evapotranspiração, notadamente superior a disponibilidade hídrica. Assim, toda esta ocorrência poderá promover um déficit hídrico prejudicial ao desenvolvimento d maioria das planta, com reflexo drásticos, principalmente, na agricultura familiar. É importante que se afirme que a seca é uma ocorrência natural no semiárido e que é importante a convivência com esse fenômeno. E um fato não se pode combater. Somente se convive utilizando tecnologias e alternativas adequadamente viáveis. Além do mais vale salientar que nessa região há ocorrência de outro problema adverso de magnitude que interfere também no desenvolvimento das plantas, a salinidade do solo com efeito progressivo na degradação das áreas agricultáveis e de pecuária. Vale frisar que nestes anos de ocorrência sequencial de seca, como a série 2012, 2013 e 2014, existe evidência de água escassez de água para a agricultura e para o consumo humano e animal. O que fica são as águas residuárias que apresenta teores variados de sais. Essas águas poderá ser utilizada para cultivos tolerantes à salinidade (como a Atriplex e o sorgo forrageiro notadamente no sistema de gotejamento) desde que não seja negligenciada as práticas de drenagem. Outras alternativas que poderão surtir efeitos nesse âmbito de vazante decorrentes com a redução dos reservatório, promovendo plantios sucessivos nas áreas úmidas em decorrência d evapotranspiração dos reservatórios (açudes e barragens do semiárido). Em situações mais agravada, poderão ser utilizadas áreas secas dos leitos desses reservatórios. Nesse caso, a higroscopia presente nos sais do solo aliado aos elevados teores de matéria orgânica permitem o cultivo de plantas tolerantes à salinidade. Essas práticas vem sendo utilizadas em áreas com problemas de sais na unidade do IPA de Serra Talhada, onde o sorgo forrageiro tem apresentado rendimento de massa seca da ordem de 10 a 12 t ha⁻¹. Esses resultados já foram veiculados em publicações (SILVA et al., 2003; COSTA, 2012).

Uso de água salina na agricultura

Devido à crescente demanda de alimento no mundo a agricultura irrigada vem sofrendo pressão para aumentar a produtividade das culturas. O setor tem alcançado grande expressividade na produção mundial com uma área irrigada no mundo em torno de 18% da área total cultivada, sendo esta responsável por 44% da produção agrícola do

mundo. No Brasil estima-se que 4,6 milhões de hectares sejam irrigados, ou seja, apenas 6% da área total plantada, dos quais 26% representam áreas irrigadas na Região Nordeste (ANA, 2009).

O fornecimento seguro de água, como e quando, necessário pelas culturas é um pré-requisito para a produção sustentável de alimentos para a população mundial crescente (SINGH, 2016), que é susceptível de atingir o nível de 9,7 bilhões de pessoas em 2050, dos atuais 7,4 bilhões. Este aumento da população implica em cerca de 60% mais alimentos (FAO, 2013). A agricultura irrigada adequadamente irá fornecer mais alimentos no futuro. Sua participação na produção mundial de alimentos vai aumentar a cima de 45% em 2030 (SINGH, 2014).

O uso de água para a irrigação manejada de forma incorreta implica, no entanto, na degradação do solo. Uma das principais consequências do manejo inadequado da irrigação é a salinização e alcalinização dos solos. Estima-se que um quarto de toda área irrigada no mundo encontra-se seriamente comprometida pelo excesso de sais. No Brasil, estas áreas se concentram principalmente no Nordeste, onde aproximadamente nove milhões de hectares estão comprometidos, sendo a Bahia o estado mais degradado com aproximadamente 44% das terras irrigadas salinizadas, seguindo-se o do Ceará com 25,5% (LEITE, 2005).

A utilização da água salina afeta as condições físico-químicas do solo causando perda de fertilidade, e, conseqüentemente, prejudica o rendimento das culturas. Plantas que enfrentam estresse salino apresentam alterações na fisiologia que afetam negativamente o crescimento (PARIHAR et al., 2015). A irrigação com tais águas inibe o crescimento das plantas em razão da redução do potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade de água e/ou acumulação excessivas de íons nos tecidos vegetais, podendo acarretar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos (SOUZA et al., 2010), no entanto, o grau de severidade com que esses componentes influenciam o desenvolvimento das plantas é dependente de fatores como espécie vegetal, cultivar e estágio fenológico (NEVES et al., 2009).

Sem a adoção de técnicas adequadas de manejo de água e solo, entretanto, a concentração de sais no solo tende a aumentar e pode haver evolução da salinidade. Nos diferentes métodos de irrigação (localizada, por aspersão e de superfície) a água move-se no solo de forma característica a cada método, ocasionando assim diferentes formas de acúmulo de sais no solo, uma vez que o movimento dos sais no solo é governado pelo movimento da água (ASSIS JUNIOR, 2006). Com a irrigação, há o acúmulo de sais na

rizosfera devido à evapotranspiração das culturas, na qual a água é transferida do solo para a planta e a atmosfera, deixando os sais na superfície e em todo o perfil do solo. Para contornar esse problema e recuperar os solos degradados, por sais exige estudos e se baseia principalmente nas técnicas de: irrigação, lixiviação, correção, gessagem, pousio, uso de plantas resistentes a sais, todas associadas às práticas de drenagem adequadas (RIBEIRO et al., 2003).

E o acúmulo de íons salinos no citosol das células das plantas (componente iônico), provoca uma toxicidade (principalmente dos íons Na^+ e Cl^-) e um desequilíbrio nutricional, destacando-se a redução da concentração de K^+ em função do incremento da salinidade (SILVEIRA et al., 2010; WILLADINO & CAMARA, 2010). E para contornar o estresse, as plantas desenvolveu três mecanismos para prevenir o acúmulo dos sais: restrição da entrada de Na^+ pela seletividade na absorção de íons, compartimentalização de Na^+ no vacúolo e o transporte do Na^+ presente no citosol para o espaço apoplástico ou para o solo/substrato (WILLADINO & CAMARA, 2010).

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, no município de Vitória de Santo Antão, na mesorregião Mata Sul e na Microrregião Vitória de Santo Antão do Estado de Pernambuco. Localiza-se na latitude 08°07'05" S e longitude 35°17'29" W Gr, com altitude em torno de 156 metros. O clima, de acordo com Koppen, é tropical chuvoso com verão seco As' (CPRM, 2005), precipitação média anual de aproximadamente 1309,9 mm, e temperatura média ambiental de 27,1°C possuindo uma evapotranspiração potencial de 1.100 mm. Durante o experimento a média de temperatura variou entre 27,82 a 28,75 °C (Tabela 3).

Tabela-3. Média dos dados meteorológicos da estação experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão – PE, observados no período de condução do experimento 2015/2016.

Meses	Temperatura do ar em (°C)			Umidade do ar (%)			Precipitação (mm)
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.	Soma
22 a 31/10/15	31,54	24,11	27,82	70	37,4	53,7	0,5
Novembro	32,03	24,54	28,29	71,06	39,3	55,1	6,7
Dezembro	34,96	22,54	28,75	77	50	63,5	79,2
Janeiro	33,68	23,59	28,63	82	45	63	173,8
Fevereiro	34,13	22,14	28,13	82	45	63,5	26,4
Março	34,4	24,2	29,3	97	47	72	163

A caracterização físico-química do solo foi feita de acordo com o Manual de Métodos e Análises de Solos, (EMBRAPA, 1997). Foram retiradas 25 amostras simples e feitas duas amostras compostas para determinar os atributos físicos e químicos do solo (Tabela 3). As características físicas incluíram: determinação de granulometria (método da pipeta), densidade de partículas, densidade do solo e porosidade total. As análises químicas incluíram as determinações de: pH em água; Ca^{2+} e Mg^{2+} (extraídos com KCl mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica), Na^{+} e K^{+} (extraídos com solução de Mehlich-1 e determinados por espectrofotometria de chama); Al^{3+} (extraído com solução de KCl 1mol L⁻¹ e determinado por titulação); H^{+} + Al^{3+} (extraídos com solução acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e determinados por titulação), P disponível

(extraído com solução de Mehlich-1 e determinado por colorimetria); soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (CTC). As características físicas e químicas do solo encontram-se na Tabela 4.

Tabela-4. Atributos físicos e químicos do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental, cultivada com 20 genótipos de sorgo em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Atributos	Valores
Areia (g.Kg ⁻¹)	710
Silte (g.Kg ⁻¹)	100
Argila(g.Kg ⁻¹)	190
Densidade do Solo(g.cm ⁻³)	1,65
Densidade de Partículas(g.cm ⁻³)	2,57
Porosidade total (%)	35,8
Velocidade de Infiltração Básica (mm.h ⁻¹)	25
pH(1:2,5)	6,7
K(cmol _c .dm ⁻³)	0,36
Na(cmol _c .dm ⁻³)	0,8
Ca(cmol _c .dm ⁻³)	2,45
Mg(cmol _c .dm ⁻³)	1,35
P(mg.dm ⁻³)	0,34
Al(cmol _c .dm ⁻³)	0
H+Al (cmol _c .dm ⁻³)	4,12
SB(cmol _c .dm ⁻³)	5,0
PST (%)	8,7
CTC ef(cmol _c .dm ⁻³)	9,1
V (%)	55
m (%)	0

pH = potencial de hidrogênio; P = fósforo; K⁺ = potássio; Na⁺ = sódio; H⁺ + Al³⁺ = acidez potencial; Al³⁺ = alumínio ; Ca²⁺ = cálcio; Mg²⁺ = magnésio; V% = saturação/base; CTC = capacidade de troca catiônica; PST= Percentagem sódio trocável SB=Soma de bases; m% saturação por alumínio.

A coleta do solo para obtenção do extrato de saturação foi feita em três épocas: logo após o primeiro corte; condição inicial; na fase de prefloração; na colheita, fase de grão pastoso leitoso. Ao todo coletaram-se 180 amostras de solo.

A extração da solução do solo seguiu o Manual de Métodos e Análises de Solos, (EMBRAPA, 1997). Pesaram-se 700 g de solo aos quais foram adicionados inicialmente 25 ml de água, por ser um solo arenoso. Após a homogeneização foi acrescentada água, gradativamente, até a massa do solo apresentar aspecto brilhante ou espelhante. A amostra permaneceu em repouso durante 24 horas. Decorrido esse tempo, verificou-se se a massa do solo apresentava excesso ou falta de água; no primeiro caso adicionava-se mais 50 g de terra fina e repetia a operação de saturação; no segundo caso adicionava-se mais água

até completar a saturação. Posteriormente a pasta saturada foi transferida para um funil de Buckner contendo papel de filtro e adaptado a um kitasato sob sucção para coleta do filtrado. O filtrado foi utilizado para determinação da condutividade elétrica e concentração de sódio e potássio. A medição da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo foi realizada em condutivímetro de bancada com compensação de automática de temperatura modelo CG2500 Gehaka®. A determinação dos teores de Na^+ e Cl^- foi realizada utilizando-se fotômetro de chama modelo DM-62.

Manejo de irrigação e coleta de água

A irrigação da área experimental foi realizada pelo método de aspersão, em sistema de microaspersão. A linha principal ficou em declive e as linhas laterais dispostas nas curvas de nível do terreno. A avaliação do sistema seguiu o método proposto por Keller e Karmeli (1975). Foi utilizado microaspersor sem compensação de pressão Amanco®, de bocal amarelo e diâmetro molhado igual a 6,6 m, vazão de $71,54 \text{ L h}^{-1}$ para uma pressão de serviço de 192 kPa (Figura 1), gerando uma intensidade de aplicação de $5,9 \text{ mm h}^{-1}$, para espaçamento de $3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$. Adotou-se 100% de área molhada.

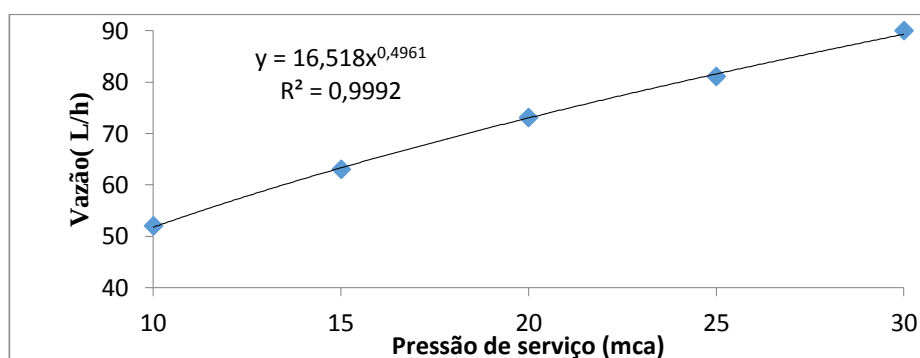


Figura-1. Curva vazão pressão do microaspersor Amanco® utilizado na área experimental, cultivada com 20 genótipos de sorgo em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

A água de irrigação foi bombeada do Rio Tapacurá para o açúde da Estação (Figura 2). A captação ocorreu no período chuvoso de junho a agosto de 2015. Nos demais meses a água encontra-se com uma maior carga de poluentes, resíduos domésticos, industriais e agropecuários, tornando-a imprópria para a irrigação.



Figura-2 Vista panorâmica da Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco Vitória de Santo Antão. Fonte: Google Earth, adaptado: Oliveira, 2016.

O monitoramento da irrigação seguiu o modelo matemático proposto por Linacre (1977) (Equação 1). Os dados meteorológicos, para alimentar o modelo, foram monitorados na Estação meteorológica do IPA.

$$Eto = \frac{\left\{ \frac{500 * Tm}{(100 - \emptyset)} + 15 * (T - Td) \right\}}{(80 - t)} \quad (1)$$

ETo - evapotranspiração de referência (mm dia-1);

$Tm = Ta + 0,006z$;

z = altitude em m;

Ta = temperatura média do ar em °C;

$\emptyset$ = latitude local em módulo e graus;

Td = temperatura do ponto de orvalho em °C.

Foram realizadas cinco coletas de água nas respectivas datas: 28/10/2015, 08/12/2015, 15/01/2016, 16/02/2016 e 30/03/2016. A primeira logo após a colheita da primeira folha, a segundo quando ocorreu a floração das plantas do primeiro genótipo, a

terceira logo após a floração de mais uma grupos de genótipos florescer, a terceira quando os demais genótipos floresceram e última no final do experimento. Essas coletas ao longo do tempo foi para saber se ocorria mudanças nas características físicas e químicas da água. As mesmas foram encaminhadas e analisadas pelo Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água - LAPRA do IPA.

Características agronômicas dos genótipos

Os materiais utilizados no experimento são de aptidão forrageira, duplo propósito e sacarino. O genótipo T17-389-51-1x1158, apesar da nomeclatura de progênese, já é uma cultivar. Na Tabela 5 encontram-se algumas características agronômicas, das cultivares e progêneses.

Tabela-5. Características agronômicas das cultivares e progêneses utilizada no presente estudo cultivadas, em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipos	AMP(cm)	PMV (t ha ⁻¹)	°Brix (%)	Aptidão	FL (Nº dias)	Cultivar ou progêneses
SF-11	180 a 200	40 a 60	15 a 20	Forrageiro	95	Cultivar
IPA 8602600	--	---	---	Forrageiro	---	Cultivar
T17-389-5-1 x 1158	--	---	---	Forrageiro	---	Cultivar
IPA SF 25	--	---	---	Forrageiro	---	Cultivar
BRS 506	300 a 330	40 a 60	15 a 22	Sacarino	75 a 85	Cultivar
BRS 508	320	50 a 70	18 a 22,9	Sacarino	67 a 77	Cultivar
BRS 509	300	60 a 80	18	Sacarino	70 a 75	Cultivar
BRS 511	300	60 a 80	21,9	Sacarino	61 a 74	Cultivar
IPA 467-4-2	350	35 a 50	--	Duplo propósito	90 a 96	Cultivar
T07 Ca92 04 Ca2000	--	---	---	Duplo propósito	---	Cultivar
SF15	250 a 350	40 a 60	--	Duplo propósito	90 a 100	Cultivar
IPA 2502	180 a 200	20 a 30	15 a 20	Duplo propósito	65	Cultivar
THEIS x 2502	--	---	---	---	---	Progênie
BRS 506 x 2502	--	---	---	---	---	Progênie
T17EPSF x 2502	--	---	---	---	---	Progênie
T17 EPSF x 2502 Branca	--	---	---	---	---	Progênie
2502 x 1158	--	---	---	---	---	Progênie
1158 x 2502	--	---	---	---	---	Progênie
2502 x SF-15	--	---	---	---	---	Progênie
2502 x IPA 467-4-2	--	---	---	---	---	Progênie

Fontes (IPA e EBRAPA) AMP. = Altura média de planta, PMV= produção de massa verde, °Brix = Teor de sólidos solúveis totais, FL= Florescimento.

Os genótipos BRS são todos destinados para produção de etanol devido a suas altas concentrações de °Brix e produção de colmo. Estas cultivares foram desenvolvidas pela EMPRAPA. A BRS 506 destaca-se como a cultivar mais testada e plantada no Brasil (EMBRAPA, 2012).

Os genótipos de duplo propósito são destinados tanto para a produção de forragem como para a produção de etanol. As progênies ainda não têm informações técnicas fixadas por não terem atingido a estabilidade genética.

Tratos culturais

A limpeza da área foi realizada com roçadeira atrelada ao trator. Logo após realizou-se o preparo do solo de forma convencional, com uma aração e duas gradagens.

O plantio foi realizado em 11 de agosto de 2015 dos 20 genótipos, de forma manual, colocando-se de 20 a 25 sementes por metro linear a uma profundidade de 5,0 cm. As sementes foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Pesquisa – IPA. Aos 15 dias após o plantio, foi realizado o desbaste das plantas. Foi feito um replantio parcial em algumas parcelas, totalizando 12 plantas por metro linear. Foram realizadas capinas manuais da área a cada 25 dias, na planta e na soca a cada 30 dias.

A adubação de fundação foi realizada no mesmo dia do plantio quando se aplicou todo o potássio e fósforo e 2/3 do nitrogênio. A adubação de cobertura foi realizada 35 dias após o plantio. Na soca foram aplicados 2/3 do quantitativo de fertilizantes aplicado na planta. A adubação foi realizada aos 25 dias depois da rebrota, conforme o Manual de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), para a cultura do sorgo, baseado na análise do solo.

O controle fitossanitário da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi realizado em duas aplicações espaçadas em 15 dias com Engeo Pleno da Syngenta®. Também foi realizado o controle de formigas cortadeiras com a utilização de formicida MIREX-S, aplicado antes do plantio e nos primeiros 15 dias após o plantio e rebrota.

Após a colheita da planta, que iniciou em 30 de setembro e terminou em 03 de dezembro de 2015. Passou a ocorrer a rebrota do sorgo, período de avaliação do presente estudo, a soca.

Delineamento experimental

O experimento foi realizado em blocos casualizados, constituído por três blocos e 20 tratamentos, totalizando 60 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos pelos 20 genótipos de sorgo. Cada unidade experimental, parcela, foi formada por quatro fileiras de seis metros de comprimento e espaçada por 0,8 m. A área

útil da parcela foi formada pelas duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 cm de cada extremidade perfazendo uma área de 8,0 m². A densidade de plantas, após a semeadura e desbaste, foi de 12 plantas por metro linear.

Época de colheita e amostragens

As avaliações da altura de planta, números de folhas e °Brix foram realizadas entre 19 de dezembro de 2015 a 08 março de 2016. Para a altura de plantas e números de folhas marcaram-se cinco plantas, aleatoriamente, e para a determinação do °Brix, três plantas. Quando 50% das plantas da parcela encontravam-se floradas, realizava-se as medições.

As colheitas ocorreram entre os dias 04 de janeiro de 2015 a 30 de março de 2016, quando as plantas encontravam-se com os grãos na fase de maturação fisiológica, pastoso leitoso.

Avaliações biométricas e produtivas dos genótipos

Contagem de folhas - Na floração e antes da colheita foi realizado a contagem do número de folhas de cinco plantas, aleatoriamente. O resultado final foi expresso em número médio de folhas por planta.

Altura média de planta- Foi mensurada com uma régua centimétrica em cinco plantas na área útil da parcela. O Resultado final foi expresso em altura média de planta em centímetro.

Produção total de massa verde – Colheu todas as plantas da área útil e pesou em balança de campo. Esse resultado em kg/parcela de massa verde foi expresso em t ha⁻¹.

Percentagem de massa seca- Do material colhido foram separadas cinco plantas e pesadas. Essas plantas foram divididas em panícula, folhas e colmos, e pesadas novamente. Em seguida o material foi transferido para a estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas ou até atingir peso constante (BOARETTO et al., 1999), para a determinação do peso seco.

Produção de massa verde e seca- Utilizando-se os percentuais obtidos para cada um dos componentes da planta (folha, colmo e panícula) biomassa verde e seca, foi extrapolado para a produção por hectare.

Teror de sólidos soluveirs (°Brix)

Quando 50% das plantas da parcela estavam floradas foram coletadas três plantas, aleatoriamente, para determinação do °Brix com o refratômetro portátil da marca A AG -1E com escala de 0 a 32% de °Brix. A análise foi feita em três partes da planta, base, meio e ápice, de forma a ter em conta possível variação ao longo do colmo. Esse mesmo procedimento foi realizado quando as plantas estavam com os grãos no estágio fisiológico de pastoso-leitoso.

Etanol Teórico

A estimativa da produtividade teórica de etanol, por hectare foi dado por meio da equação 2 adaptada de Vasilakoglou et al. (2011).

Em que:

$$Etanol(L\ ha^{-1}) = ART(\%) * MVC(t\ ha^{-1}) * 0,65 * 0,85 * \left(\frac{1,0}{0,79}\right) \quad eq(2)$$

ART = Conteúdo total de açúcares em percentagem;

MVC=Massa verde do colmo;

6,5 = Fator de conversão do etanol a partir do açúcar;

0,85 = Eficiência do processo de fermentação;

(1,0/0,79) = Gravidade específica do álcool.

A concentração de açúcares redutores totais (% ART) foi estimada pela relação linear entre o °Brix e o % ART, conforme descrito por autores (Almodares et al., 2009; Zhao et al., 2009; Guigou et al., 2011; Dutra et al., 2013).

Eficiência do uso da água e Requerimento de água

A eficiência do uso da água foi determinada pelo método de Eastin e Sullivan, (1984) que relaciona o rendimento econômico da cultura pelo total de água evapotranspirada (equação 3). O resultado expresso em KgMS ha⁻¹ mm⁻¹.

$$EUA = \frac{REC}{TAE} \quad eq(3)$$

REC= Rendimento econômico da cultura, kg MS ha⁻¹;

TAE= Total de água evapotranspirada, mm;

EUA= Eficincia do uso da água, KgMS ha⁻¹ mm⁻¹.

O requerimento de água pela cultura é expresso pela relação quantidade de água evapotranspirada e o rendimento ou total de matéria seca produzida, segunda equação 4 (GARDNER et al., 1985) .

$$RA = \frac{TAE}{REC} \quad eq(4)$$

REC= Rendimento econômico da cultura, kg MS ha⁻¹;

TAE= Total de água evapotranspirada, mm;

RA= Requerimento de água, mm ha Kg⁻¹.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05). Utilizou-se o programa SASM – Agri 8.2 (CANTERI et al., 2001) considerando um delineamento em blocos casualizados para todas as variáveis avaliadas.

Foi determinado o coeficiente de correlação de Pearson. Para avaliar a magnitude das correlações obtidas optou-se pela classificação proposta por Ribeiro (1970) com as seguintes classes: 0 – nula; 0,01 a 0,15 - desprezível (negligível); 0,15 a 0,30 – fraca; 0,30 a 0,60 – média; 0,60 a 0,90 - forte; 0,90 a 0,99 – fortíssima; 1 – máxima (perfeita).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis produção de massa verde total (PMVT), produção de massa seca total (PMST), produção de massa verde do colmo (PMVC), produção de massa seca do colmo (PMSC), produção de massa verde da folha (PMVF) e produção de massa seca das folhas (PMSF) (Tabela 6), apresentaram diferença (p< 0,01) entre os genótipos quando irrigados com água salina.

Tabela-6. Resumo da análise de variância das variáveis, produção da massa verde total (PMFT) t.ha⁻¹, produção da massa seca total (PMST) t.ha⁻¹, produção de massa verde colmo (PMVC) t.ha⁻¹, produção de massa seca colmo (PMSC) t.ha⁻¹, produção de massa verde folha (PFV) t.ha⁻¹, produção de massa seca da folha (PFSF)t.ha⁻¹, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados com água salina em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

FV	GL	QM					
		PMVT (t. ha ⁻¹)	PMST (t. ha ⁻¹)	PMVC (t. ha ⁻¹)	PMSC (t. ha ⁻¹)	PMVF (t. ha ⁻¹)	PMSF (t. ha ⁻¹)
Bloco	2	---	---	---	---	---	---
Tratamento	19	1384,96**	195,46**	1095,37**	162,26**	20,17**	3,74**
Resíduo	38	71,83	11,710	48,43	7,22	2,03	4,22
Total	59						

*, ** Significativo, pelo teste de F, 1e 5% de probabilidade, respectivamente; NS – Não significativo.

Na tabela 7 pode ser observado que não houve diferença quanto à PMVT entre os genótipos T17-389-5-1 x 1158, SF-15, T17 EPSF x 2502, SF-11 e 1158 x 2502. Esses genótipos apresentaram uma produção significativamente superior quando comparado aos IPA 8602600, IPA 2502, BRS 506 x 2502, THEIS x 2502. Comportamento semelhante foi verificado na variável PMST. Considerando-se o teor de umidade dos genótipos T17-389-5-1 x 1158, SF-15, T17 EPSF x 2502, SF-11 e 1158 x 2502, que em termos percentuais foram de 66,67; 60,92; 64,61; 59,23 e 59,33%, respectivamente, evidencia que genótipos que apresentam maiores produções de PMFT, nem sempre apresentam maiores produções de PMST pode-se observar na Tabela 7.

Tabela-7. Comparação das médias das variáveis: produção da massa verde total (PMVT) t.ha⁻¹, produção da massa seca total (PMST) t.ha⁻¹, produção de massa verde colmo (PMVC) t.ha⁻¹, produção de massa seca colmo (PMSC) t.ha⁻¹, produção de massa verde folha (PFV) t.ha⁻¹, produção de massa seca da folha (PMSF) t.ha⁻¹, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipo	PMVT (t. ha ⁻¹)	PMST (t. ha ⁻¹)	PMVC (t. ha ⁻¹)	PMSC (t. ha ⁻¹)	PMVF (t. ha ⁻¹)	PMSF (t. ha ⁻¹)
SF-11	70,250abc	28,634abc	60,308abc	23,735abc	8,363abcd	3,865abc
IPA 8602600	28,250efg	10,086gh	17,767gh	4,696h	3,802efg	1,371fgh
T17-389-5-1 x 1158	94,167a	31,385ab	78,383a	25,906ab	11,803a	3,777abcd
IPA SF 25	66,833bcd	26,953abcde	57,610abcd	22,352abc	7,485abcde	3,539abcde
BRS 506	42,056defg	17,271efgh	31,433fgh	13,723defg	5,735cdefg	1,626fgh
BRS 508	55,875cd	22,628bcdef	46,905cdef	18,860bcdef	6,677bcdefg	2,455cdefgh
BRS 509	46,292cdefg	14,593fgh	39,461cdef	11,405fgh	5,888cdefg	1,711fgh
BRS 511	52,958cde	19,729cdefg	46,233cdef	17,111cdef	5,464cdefg	1,849efgh
IPA 467-4-2	49,208cde	18,793cdefgh	36,650defg	12,094efgh	6,336bcdefg	2,663bcdefg
T07 Ca92 04 Ca2000	57,458cd	17,545efgh	46,251cdef	13,682defg	8,743abcd	2,710bcde
SF15	90,333ab	35,297 a	71,315ab	28,838a	9,725abc	4,641a
IPA 2502	22,875fg	8,711h	13,715h	4,555h	2,820fg	0,952gh
THEIS x 2502	21,542g	8,209h	16,773gh	6,320gh	3,276efg	1,241fgh
BRS 506 x 2502	22,333g	9,834gh	15,449gh	6,539gh	2,423g	0,866h
T17EPSF x 2502	86,167ab	30,493ab	71,712ab	23,985abc	9,557abc	3,663abcd
T17 EPSF x 2502 Br.	64,667bcd	26,782abcde	53,076bcde	20,986abcd	7,500abcde	2,961abcdef
2502 x 1158	51,667cde	18,476cdefgh	40,699cdef	13,63defg	6,910bcdef	2,509cbdef
1158 x 2502	69,500abc	28,261abcd	53,277bcde	20,436bcde	10,692ab	4,254ab
2502 x SF-15	46,167cdefg	17,795defgh	32,443efgh	10,769fgh	6,073cdefg	2,468cdefgh
2502 x IPA 467-4-2	48,833cdef	17,772defgh	35,298efgh	10,538fgh	4,925defg	2,093defgh
CV (%)	15,59	16,73	16,10	17,34	21,28	21,74

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Resultados diferentes foram observados por Aquino et al. (2007) que constaram reduções de 29 e 40% na produção de massa seca em dois genótipos de sorgo forrageiro com o aumento da salinidade 0,5 2, 4, 6, 8 dS m⁻¹ e Coelho (2013) ao avaliar genótipos de sorgo forrageiro quanto a tolerância à salinidade, observou redução linear com o aumento da salinidade na produção de biomassa seca, atingindo 50% para valores de 8,0 dS m⁻¹, todas as avaliações foram realizadas no primeiro corte.

Vale salientar que a condutividade elétrica da água salina utilizada na irrigação situou-se no intervalo de 0,746 dS m⁻¹ a 0,8459 dS m⁻¹, e não atingiu a salinidade limiar da água de irrigação para a cultura sorgo que é de 4,5 dS m⁻¹ (AYERS & WESTCOT, 1999). A condutividade elétrica do solo, resultante da irrigação variou dentro do intervalo de 0,597 a 2,612 dS m⁻¹ (Tabela 17).

Os genótipos T17-389-5-1 x 1158, T17 EPSF x 2502, SF-15, SF-11 e IPA SF 25 apresentaram as maiores produções de massa verde colmo, comparados com os demais genótipos (Tabela 7). Essa variável é fundamental pois está associada aos critérios de

seleção de cultivares destinadas à produção de etanol. A produção de massa seca do colmo seguiu a mesma tendência que à produção de massa verde do colmo. Esta é também uma característica importante do sorgo forrageiro para o qual o foco é obtenção de material com maior produção de massa seca de colmo.

Os genótipos T17-389-5-1 x 1158, 1158 x 2502, SF-15, T17 EPSF x 2502, T17 EPSF x 2502 Branca e IPA SF 25, constituíram o grupo de maior produção de massa verde e seca das folhas. Os genótipos que tiveram maiores produção de massa fresca das folhas apresentaram também uma maior produção de colmo. De forma similar, os genótipos que tiveram uma menor produção de folha também apresentam menor produção de massa seca do colmo.

A produção de massa verde da panícula (PMVP), produção de massa seca da panícula (PMSP) e percentual de alocação de massa seca do colmo, folha e panícula nos diferentes genótipos apresentaram diferenças significativas entre os genótipos (Tabela 8).

Tabela-8. Resumo da análise de variância das variáveis: produção de massa verde panícula (PMFP), em t.ha⁻¹, produção de massa seca panícula (PMSP), em t.ha⁻¹, percentual de massa seca colmo, folha, panícula, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

FV	G L	QM				
		PMVP (t. ha ⁻¹)	PMSP (t. ha ⁻¹)	Colmo (%)	Folha (%)	Panícula (%)
Bloco	2	---	---	---	---	---
Tratamento	19	13,975**	5,771**	380,68**	10,98**	393,0**
Resíduo	38	1,185	0,585	18,49	2,65	10,05
Total	59					

*, ** Significativo, pelo teste de F, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; NS – Não significativo.

Na produção de massa fresca de panícula o grupo de genótipos mais eficiente inclui: 2502 x 467-4-2, 2502 x SF-25, IPA 8602600, 1158 x 2502, IPA 2502, IPA 467-4-2, T17 EPSF x 2502, BRS 506 e BRS 506 x 2502. Já para a produção de panícula seca não permaneceram no grupo de maior produção os genótipos BRS 506 e BRS 506x2502 e se incluiu o genótipo T17EPSFx2502 Branca. Uma maior produção de panícula está atrelada, frequentemente, a uma maior produção de grão.

Tabela-9. Comparação das médias das variáveis: produção de massa fresca panícula (PMFP), em t.ha⁻¹, produção de massa seca panícula (PMSP), em t.ha⁻¹, percentual de massa seca colmo, folha, panícula, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipos	PMFP (t. ha ⁻¹)	PMSP (t. ha ⁻¹)	Colmo (%)	Folha (%)	Panícula (%)
SF-11	1,579efg	1,034ef	82,81ab	13,55abc	3,63f
IPA 8602600	6,681ab	4,019abc	46,30h	13,66abc	40,04a
T17-389-5-1 x 1158	3,980bcdefg	1,703cdef	82,57ab	12,03abc	5,40ef
IPA SF 25	1,739efg	1,061ef	83,12ab	13,01abc	3,88ef
BRS 506	4,888abcde	1,922cdef	79,45ab	9,47bc	11,07ef
BRS 508	2,293defg	1,313def	82,95ab	11,07abc	5,97ef
BRS 509	0,942g	0,514f	77,74abc	11,75abc	3,61f
BRS 511	1,262fg	0,768f	86,71a	9,40bc	3,89ef
IPA 467-4-2	6,222abc	4,035abc	64,30defg	14,04ab	21,65cd
T07 Ca92 04 Ca2000	2,464defg	1,153ef	77,99abc	15,51a	6,50ef
SF15	2,969cdefg	1,818cdef	81,66ab	13,21abc	5,13ef
IPA 2502	6,340abc	3,203abcde	52,05gh	10,99abc	36,95ab
THEIS x 2502	1,493fg	0,648f	77,37abcd	14,64a	7,99ef
BRS 506 x 2502	4,462abcdef	2,430bcdef	66,08cdef	8,83c	25,09c
T17EPSF x 2502	4,898abcde	2,844bcdef	78,86abc	12,17abc	8,97ef
T17 EPSF x 2502 Br.	4,091bcdefg	2,835abcdef	78,36abc	11,05abc	10,58ef
2502 x 1158	4,057bcdefg	2,336bcdef	73,03bcde	13,37abc	13,59de
1158 x 2502	5,531abcd	3,572abcd	72,19bcdef	15,06a	12,75def
2502 x SF-15	7,651a	4,557ab	61,71efg	14,19ab	24,10c
2502 x IPA 467-4-2	7,610a	5,140a	59,40fgh	11,64abc	28,95bc
CV (%)	26,83	32,63	5,87	13,11	22,67

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A maior alocação do percentual de massa seca de colmo está dentro do intervalo 77,37 a 86,71%. Em relação à alocação de massa seca na folha, o percentual variou de 10,99 a 15,51% (Tabela 9). O maior percentual de alocação de massa seca na panícula ocorreu nos genótipos IPA 8602600 e IPA 2502 (40,04 e 36,9% respectivamente). Segundo Flaresso et al. (2010), além do rendimento relacionado com a altura de plantas, a proporção de folhas, colmos e panículas e uma maior quantidade de grãos proporciona melhor qualidade de silagem.

As frações de percentagens colmo, folha e panícula, de forma geral, variaram dentro dos intervalos 46,3 a 86,71%, 8,83 a 15,51% e 3,61 a 40,04% respectivamente. Dalla Chieza et al. (2008) observaram valores médios de 65,8, 11,6 e 22,4%, para a participação percentual de colmo, folha e panícula na massa fresca, respectivamente. Neto et al. (2004), trabalharam com níveis crescentes de adubação nitrogenada e obtiveram proporções das partes da planta, avaliadas com base na massa seca,

apresentando variações entre os híbridos, de 29,01 a 53,38% para colmos, de 29,91 a 52,43% para panículas e de 16,70 a 22,64% para folhas.

As médias das variáveis número de folhas na floração, na colheita e altura das plantas, bem como os de eficiência de uso da água e requerimento de água apresentaram diferenças significativa entre os genótipos pelo teste F (Tabela 10).

Tabela-10. Resumo da análise de variância das variáveis número de folha na floração (Nº FPF), número de folhas na colheita (NFC), altura média das plantas (AMP), em cm, eficiência no uso de água (EUA), em Kg ha⁻¹ mm⁻¹, requerimento de água (RA), em mm ha⁻¹ Kg⁻¹, e números de dias (Nº Dias) até 50% da parcela está florada, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

FV	G L	QM					
		Nº.FPF	Nº.FC	AMP (cm)	E.U.A Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹	R.A mm ha Kg ⁻¹	Nº Dias
Bloco	2	---	---	---	---	---	---
Tratamento	19	3,327**	2,984**	17473,04**	645,08**	0,00039**	733,66**
Resíduo	38	0,555	0,3866	388,48	51,6550	0,000055	4,33
Total	59						

*, ** Significativo, pelo teste de F, 1e 5% de probabilidade, respectivamente; NS – Não significativo.

Os genótipos que apresentaram maior números de folhas na floração também apresentaram maior número na colheita o que indica ser esta uma característica peculiar de cada progênie e cultivar (Tabela 11). Em relação à altura da planta os genótipos IPA SF 25, T07 Ca92 04 Ca2000, SF-15, T17-389-5-1 x 1158, 1158 x 2502 e SF-11 encontram-se no grupo com maiores valores. A planta que apresenta uma maior altura não necessariamente apresentará um maior número de folha, o genótipo BRS 511, por exemplo, tem em média 10 folhas na prefloração e uma AMP de 308 cm, e as plantas do genótipo IPA SF 25 apresentaram uma altura média de plantas de 442 cm e um número médio de folhas de 7 na prefloração.

Tabela-11. Comparação das média das variáveis: número de folha na floração (Nº FPF), número de folhas na colheita (NFC), altura média das plantas (AMP), em cm, eficiência no uso de água (EUA), em Kg ha⁻¹ mm⁻¹, requerimento de água (RA), em mm ha⁻¹ Kg⁻¹, e números de dias (Nº Dias) até 50% da parcela está florada, obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipos	Nº.FPF	Nº.F.C	AMP (cm)	E.U.A (Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	R.A (mm ha Kg ⁻¹)	Florescimento Dias
SF-11	6,80de	5,93gh	399abc	57,315abcde	0,0175e	98a
IPA 8602600	8,60abcde	7,13abcdegh	193j	22,673gh	0,0443ab	70de
T17-389-5-1 x 1158	9,33abc	8,53abc	411abc	62,822ab	0,0160e	98a
IPA SF 25	7,47bcde	6,93bcdegh	442a	53,950abcdef	0,0186e	98a
BRS 506	8,43abcde	8,00abcde	257ghi	38,823cdegh	0,0260bcde	70de
BRS 508	8,80abcd	8,20abcde	319def	58,065abcd	0,0175e	73cd
BRS 509	9,40ab	8,93a	314efg	37,445cdef	0,0275bcde	71cde
BRS 511	10,00a	8,67ab	308efg	47,506bcdef	0,0211cde	73cd
IPA 467-4-2	6,80de	5,67h	300efgh	44,811bcdefg	0,0224bcde	65e
T07 Ca92 04 Ca2000	8,53abcde	7,20abcdegh	433ab	35,119efgh	0,0293bcde	98a
SF15	8,40abcde	7,87abcdegh	422ab	70,652a	0,0141e	98a
IPA 2502	7,07cde	6,37efgh	204ij	23,617gh	0,0437abc	58f
THEIS x 2502	6,73de	6,73cdegh	257ghi	20,56h	0,0559a	57f
BRS 506 x 2502	6,80de	6,47defgh	244hij	23,903gh	0,0421abcd	77bc
T17EPSF x 2502	8,87abcd	8,33abcd	379bcd	59,636abc	0,0173e	100a
T17 EPSF x 2502 Br.	8,47abcde	7,20abcdegh	335de	50,353abcde	0,0199de	94a
2502 x 1158	8,20abcde	7,33abcdegh	354cde	36,135defgh	0,0326bcde	100a
1158 x 2502	8,67abcd	7,73abcdegh	407abc	55,272abcde	0,0183e	100a
2502 x SF-15	6,33e	6,07fgh	324def	34,802fgh	0,0304bcde	80b
2502 x IPA 467-4-2	7,33bcde	5,93gh	264fghi	41,9bcdegh	0,0240bcde	70de
CV (%)	9,25	8,56	5,99	16,42	27,56	2,53

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observou-se que a altura da planta foi proporcional à produção de massa verde e seca (Tabela 7 e 11), sendo a correlação entre altura de planta e massa seca de 0,81. Porém, as variações encontrada não foram divididas à salinidade e sim varietal. Resultados similares foram encontrados por Vieira et al. (2005) que avaliaram dois genótipos, CSF18 e CSF20, irrigados com águas de diferentes níveis de salinidade, 0,90, 2,60, 4,20 e 5,80 dS m⁻¹ e não observou variação na altura entre os níveis e sim entre os genótipos. A altura de planta é uma importante variável para avaliação de plantas sob salinidade. Bem como é uma característica desejável quanto ao interesse produtivo do sorgo, porém a altura da planta está correlacionada positivamente com o percentual de colmo, principal componente responsável pela produção de silagens de menor valor (FLARESSO et al., 2000). No entanto, o genótipo 1158 x 2502 destaca-se por apresentar uma produção significativa de matéria seca e de panícula quando comparado aos demais genótipos de porte alto (Tabela 9 e 11).

Os genótipos SF-15, T17-389-5-1 x 1158, T17 EPSF x 2502, BRS 508, SF-11, 1158 x 2502, IPA SF 25 e T17 EPSF x 2502 Branca enquadram-se no grupo de maior eficiência no uso de água (Tabela 11). Já em relação ao requerimento de água os genótipos Theis x 2502, IPA 8602600, IPA 2502, BR 506 x 2502 foram os que apresentaram maiores demandas de água. Existe uma forte correlação negativa, -0,93, entre EUA e RA. Em contrapartida os genótipos de menor demanda de água foram os SF-15, T17-389-5-1 x 1158, T17 EPSF x 2502, SF-11, BRS 508, BRS 511, e IPA SF 25. Comparando genótipos mais contrastantes em termos de requerimento de água o SF-15 requer 141 kg H₂O/Kg de MS em quanto o Theis x 2502 necessita de 559kg H₂O / Kg de MS. Monteiro et al. (2004) avaliando o desempenho de 26 genótipos de sorgo forrageiro no semiárido pernambucano constatou que os genótipos que exibiram maior eficiência foram os Hss-5, Hss-11 e Hss-14, com médias de 263, 256 e 178 Kg de água/Kg de matéria seca produzida, respectivamente.

Em termos de número de dias até a floração os genótipos foram reunidos em cinco grupos, sendo classificados com: superprecoce, precoce, intermediário, tardio e muito tardio. Foram classificados como muito tardio os genótipos: SF-11, T17-389-5-1 x 1158, IPA SF 25, SF15, IPA 2502, T17EPSF x 2502, T17 EPSF x 2502 Branca, 2502 x 1158, 1158 x 2502, com número médio de 94 a 100 dias. Entre os genótipos tardio são os: 2502 x SF-15, BRS 506 x 2502 de 77 a 80 dias (Tabela. 11). Plantas muito tardias estão relacionadas à planta com maior altura, provavelmente devido ao maior tempo que a planta necessita para amadurecer. Os genótipos IPA 2502 e THEIS x 250 se destacam como genótipos superprecoces com 58 e 57 dias para florescimento respectivamente.

Variáveis agroindústrias

Observa-se interação altamente significativa entres as seções da plantas (apical, mediana e basal) e os diferentes genótipos no que se refere ao teor de sólidos solúveis totais (°Brix) nas duas épocas, floração e colheita (Tabela 12). A mesma interação ocorreu entre fase e genótipos. O etanol teórico foi estimado apenas na colheita e se observou diferenças entre os genótipos (Tabela 12).

Tabela-12. Resumo da análise de variância das variáveis: das seções da planta (apical, mediana e basal) com 20 genótipos, floração e colheita, do teor de sólidos solúveis totais, em (°Brix) e etanol teórico na colheita, em 1 ha⁻¹ dados obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

FV	GL	QM	
		°Brix na Floração	°Brix na Colheita
Bloco	2	---	---
Genótipos x Seções	38	3,943**	1,53**
Resíduo	80	0,3831	0,679

FV	GL	QM	
		Floração e colheita (°BRIX)	
Bloco	2	-----	
Fases x Genótipos	19	15,187**	
Resíduo	78	2.55697	

FV	GL	QM	
		Etanol teórico na colheita (L ha ⁻¹) ***	
Bloco	2	-----	
Tratamentos	19	1538,4046**	
Resíduo	38	77,8439	

*,** Significativo, pelo teste de F, 1e 5% de probabilidade, respectivamente; NS – Não significativo.

*** Os dados originais estão multiplicados por 10².

Na floração o teor de sólidos solúveis totais nas seções apical e mediana não apresentaram diferença significativa, apenas o IPA 467-4-2 apresentou uma percentagem menor 6,29 °Brix na seção apical do colmo (Tabela 13). Porém, quando se comparam as seções superiores com as basais destaca-se, na parte inferior, menor °Brix. Essa variação no colmo, provavelmente, deve-se ao estágio fenológico, fase de enchimento a maturação dos grãos, em que aumenta a demanda por nutrientes e água. Tovignan et al. (2016) também observaram que o acúmulo de açúcar no caule do sorgo é variável entre os entrenós. A expansão do entrenó ocorre a uma taxa variável, dependendo do genótipo e do ambiente (GUTJAHR et al., 2013).

Tabela-13. Média dos teores de sólidos solúveis (°Brix) em distintas seções do colmo, obtidos da soca de 20 de genótipos de sorgo, nas épocas de floração e grão pastoso-leitoso, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipos	°Brix na Floração			°Brix na Colheita		
	Apical	Mediana	Basal	Apical	Mediana	Basal
SF-11	14,49bcd AB	14,96ab A	12,82abc B	17,74abcde A	16,90abcd A	15,83abcd A
IPA 8602600	13,73bcde A	13,00bcd A	14,43ab A	12,06ef A	11,11de A	10,41de A
T17-389-5-1 x 1158	16,13ab A	15,12ab A	10,39cdef B	19,02abc A	16,42abcd A	13,13cde B
IPA SF 25	12,79cdef AB	13,40bcd A	11,26bcdef B	16,35bcdef A	14,29cde AB	13,27bcde B
BRS 506	9,59bf A	11,09cde A	11,22bcdef A	15,12bcdef A	14,32cde A	12,85cde A
BRS 508	18,26a A	17,05a AB	15,64a B	22,40a A	21,00a A	19,80a A
BRS 509	14,62bcd A	14,83ab A	11,64bcde B	20,72ab A	20,41ab A	18,03ab A
BRS 511	15,79abc A	14,60ab A	11,47bcde B	20,58ab A	19,01abc AB	16,99abc B
IPA 467-4-2	6,29g B	8,31e A	6,81g AB	14,06cdef A	13,59cde A	11,36cde A
T07 Ca92 04 Ca2000	11,64def A	11,85bcd A	8,02fg B	15,46bcdef A	13,89cde AB	11,41cde B
SF15	11,81def A	12,96bcd A	8,50efg B	14,73cdef A	14,00cde A	9,44e B
IPA 2502	11,42def A	12,22bcd A	12,48abcd A	10,91f A	9,70e A	9,49e A
THEIS x 2502	12,87bcd A	13,67bcd A	9,84cdefg B	14,67cdef A	14,67bcd A	13,33bcde A
BRS 506 x 2502	12,58cdef A	14,39ab A	13,00abc A	13,51cdef A	13,93cde A	11,89cde A
T17EPSF x 2502	14,25bcde A	13,27bcd AB	12,04bcd B	18,12abcd A	16,88abcd A	15,19abcd A
T17 EPSF x 2502 Br.	12,38def A	12,15bcd A	9,48defg B	15,90bcdef A	15,68abcd A	13,78bcde A
2502 x 1158	12,66cdef A	12,33bcd A	11,42bcde A	13,27cdef A	12,98de A	10,65de A
1158 x 2502	11,26ef AB	12,44bcd A	8,56efg B	13,11def A	13,50cde A	11,23cde A
2502 x SF-15	12,55cdef A	10,96de A	8,10fg B	15,77bcdef A	14,42cde AB	12,22cde B
2502 x IPA 467-4-2	13,67bcde A	14,25abc A	11,40bcde B	14,62cdef A	13,9cde A	13,01cde A
CV (%)	11,98			19,14		

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Já na fase de grão pastoso leitoso, momento da colheita, o padrão de uniformidade na distribuição do teor de sólidos solúveis totais ao longo do caule aumentou. Quando se comparam as seções apical e mediana nota-se que estas não diferem entre si, embora, comparada com a basal ainda exista diferença entre alguns genótipos, porém, em menor número de genótipos. Percebe-se, que a uniformidade aumentou entre os genótipos. O IPA 467-4-2 apresentou uma variação no teor de sólidos solúveis totais na floração, todavia na fase de grão pastoso leitoso a diferença deixou de existir entre as seções. Isso se deve, seguramente, ao equilíbrio entre a fonte e o dreno. A determinação do °Brix é uma ferramenta importante para o setor sucroalcooleiro, pois permite a estimativa dos teores de açúcares presentes no caldo e indica o potencial de produção de etanol (GUIGOU et al., 2011). Para não se ter uma sub ou superestimava do teor de sólidos solúveis totais é indicado fazer, no mínimo, duas leituras, na parte basal e mediana ou na basal e apical.

Comparando-se as médias dos genótipos em duas fases, floração e grão pastoso-leitoso, observa-se diferença significativa entre os teores de sólidos solúveis totais (Tabela. 14). Na fase de floração os genótipos BRS 508, SF-11, T17-389-5-1 x 1158,

IPA 8602600, BRS 509, BRS 511, IPA SF 25, BRS 506x2502 e T17EPSFx2502 se sobressaíram na produção do teor de sólidos solúveis totais perante os demais. Em contrapartida os BRS 506, 2502 x SF-15, 1158 x 2502, SF-15, T17EPSFx2502 Branca, IPA-467-4-2 e T07C9204Ca200 apresentaram os menores acúmulos. Na fase de grão pastoso leitoso, na colheita, os genótipos BRS 508, BRS 509 e BRS 511 foram os que tiveram os maiores acúmulos. O maior acúmulo do teor de sólidos solúveis totais em plantas de sorgo cultivados em condições salinas parece estar relacionado com a tolerância ao estresse, Silva et al. (2003) relataram que sorgo cultivado em ambiente salino apresentou maiores conteúdos de carboidratos solúveis. A cultivar BRS 509 teve um incremento de 6,09 °Brix da fase de floração a de grão pastoso leitoso, e o menor incremento foi do genótipo BRS 508, com apenas 3,74. Almodares et al. (2008) também observaram maiores acúmulos de açúcares na fase de maturação fisiológica em cultivares de sorgo cultivado sob condições salina para todos os níveis testados (2, 4, 8 e 12 dSm⁻¹), quando comparado com a fase de floração. No caso de genótipos com ciclos mais curtos e/ou dependendo das condições de manejo, o acúmulo de açúcares pode, contudo, ocorrer principalmente entre a antese e a maturidade (TOVIGNAN et al., 2015 e ZHAO et al., 2009). Nagai (2012), estudando a produtividade de biomassa de sorgo sacarino sem irrigação na Zona da Mata Norte de Pernambuco comparou os genótipos IPA 467-4-2, SF11, SF15 e IPA 2502 e encontrou resultados semelhantes para os sólidos solúveis totais com valores de 14,9, 13,7 14,35, 9,3° Brix respectivamente, ocorrendo divergência apenas para o BRS506, para o qual o autor encontrou 10,35 na fase de grão pastoso-leitoso e no experimento foi observado teor de 16 °Brix (Tabela14), para a mesma fase.

Tabela-14. Média dos teores de sólidos solúveis totais (°Brix) floração e colheita e etanol teórico na colheita, em L ha⁻¹ dados obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipos	Teor solúveis totais (°Brix)		Etanol teórico (L ha ⁻¹) ***
	Floração	Colheita	Colheita
SF-11	14,087abA	15,8bcdeA	63,2330a
IPA 8602600	13,72abA	9,903ghB	10,0810ef
T17-389-5-1 x 1158	13,88abA	15,51bcdefA	79,7779a
IPA SF 25	12,48abA	14,99cdeFA	56,1516abc
BRS 506	10,77bcB	16,9abcdA	35,4424bcde
BRS 508	16,98aB	20,72aA	67,9519a
BRS 509	13,7abB	19,79abA	53,5344abcd
BRS 511	13,95abB	19,35abcA	61,9661ab
IPA 467-4-2	7,136cB	12,21defghA	27,0690def
T07 Ca92 04 Ca2000	10,51bcA	11,87efghA	33,2835cdef
SF15	11,09bcB	14,58cdefgA	67,6364a
IPA 2502	12,04bA	9,81ghA	7,3667f
THEIS x 2502	12,12bA	12,23defghA	12,3499ef
BRS 506 x 2502	13,32abA	12,27defghA	11,7817ef
T17EPSF x 2502	13,18abA	11,97efgHA	52,6084abcd
T17 EPSF x 2502 Br.	11,33bcA	7,97hB	21,7167ef
2502 x 1158	12,14bA	8,23hB	17,1438ef
1158 x 2502	10,73bcA	10,74fghA	33,7532cdef
2502 x SF-15	10,53bcA	11fghA	21,3296ef
2502 x IPA 467-4-2	13,13abA	14,15defA	33,2712cdef
CV (%)	12,37	14,47	22,99

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*** Os dados originais estão multiplicados por 10².

A produção de etanol dos genótipos variaram de 736,6 a 7977,7 L ha⁻¹ (Tabela 14). Os genótipos T17-389-5-1 x 1158, BRS 508, SF15, SF-11, BRS 511, IPA SF 25, BRS 509 e T17EPSF x 2502 foram os que apresentaram maiores rendimentos de etanol teórico (7977,8, 6795,2, 6763,6, 6323,3, 6196,6, 5615,2, 5353,4 e 5260,8 L ha⁻¹ respectivamente). Vasilakoglou et al. (2011) observaram que plantas de sorgo cultivadas em solo com 3,2 dSm⁻¹ tiveram um rendimento de etanol teórico de 44% maior que as cultivadas em solo com 6,9 dSm⁻¹ (3766 L ha⁻¹ e 2623 L ha⁻¹ respectivamente). Já em relação ao coeficiente de Pearson observou-se uma correlação positiva de 0,74 entre a produção de etanol teórico e o teor de sólidos solúveis totais, bem como com a produção de colmo, de 0,82. O sorgo apresenta colmos com caldo rico em açúcares fermentáveis, semelhantes aos da cana-de-açúcar, e vem sendo empregado na produção de etanol, chegando a produzir entre 40-70 t ha⁻¹ de biomassa, com variação de 16 até 23° Brix (ALMODARES & HADI, 2009; PARRELLA et al., 2010).

Parâmetros do solo e da água de irrigação

Os resultados da análise de variância para as variáveis concentrações de sódio e potássio no solo foram significativas para as diferentes épocas de coleta, fase inicial, de floração e de grão pastoso leitoso. Já para a condutividade elétrica na fase inicial e na fase de colheita, não foi verificado efeito significativo (Tabela 15).

Tabela-15. Resumo da análise de variância das variáveis: concentrações de sódio e potássio na solução do solo e condutividade elétrica do extrato de saturação. Concentração do sódio no início do experimento, Na (I), K(I) CEe(I) na floração, Na (F), K(F), CEe (F) e na fase de grão pastoso leitoso, colheita Na (C), K(C), CEe(C) obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

FV	GL	QM					
		Na (I) mg L ⁻¹	K(I) mg L ⁻¹	Na (F) mg L ⁻¹	K(F) mg L ⁻¹	Na (C) mg L ⁻¹	K(C) mg L ⁻¹
Bloco	2	---	---	---	---	---	---
Trat.	19	12732,27**	1331,92**	10275,60**	416,83**	4875,16**	240,40**
Res.	38	1246,13	149,84	938,612	42,3923	1183,60	22,78
Total	59						
		C.Ee (I) dS m ⁻¹	C.Ee (F) dS m ⁻¹	C.Ee (C) dS m ⁻¹	----	-----	-----
Bloco	2	---	---	---	----	-----	-----
Trat.	19	0,4027 ^{NS}	0,2510**	0,0555 ^{NS}	----	-----	-----
Res.	38	0,2496	0,0675	0,0542	----	-----	-----
Total	59						

*, ** Significativo, pelo teste de F, 1e 5% de probabilidade, respectivamente; NS – Não significativo.

O maior teor do íon Na⁺ no extrato da solução do solo saturado ocorreu na área relativa aos genótipos SF-11, IPA 8602600, T17EPSF x 2502 BRS 508, T07 Ca92 04 Ca2000 e IPA 2502 na fase inicial do cultivo. Isso se deve a dois fatores, ciclo do genótipo e uniformidade de aplicação da água. Todos os genótipos foram irrigados com água de condutividade média de 0,692dS m⁻¹. Como o SF-11 é uma planta de ciclo muito tardio (Tabela.11), estas plantas permaneceram mais tempo no solo recebendo água salina quando comparadas ao THEIS x 2502 que tem um ciclo super precoce (Tabela11).

O solo no qual foi cultivado o genótipo IPA 8602600, precoce, apresentou uma concentração de Na⁺ semelhante ao do SF-11, muito tardio. Neste caso a variabilidade na concentração de sódio no solo é devido a aplicação da lâmina de irrigação (Tabela 16). Porém, o sistema de irrigação atendendo aos critérios de avaliação do coeficiente de uniformidade de Christiansen de 96,2%, excelente segundo Bernardo et al. (2009), e eficiência de aplicação de 86%, quando o recomendado são valores superiores a 80%, no tocante ao regime hídrico, observou-se um redução da concentração do sódio, resultante

de eventos sucessivos de chuvas ao longo do tempo. O solo no qual foi cultivado o genótipo THEIS x 2502 tendeu a apresentar maior concentração de sódio na floração quando comparado à condição inicial, este fato é consequência deste ser um genótipo super precoce e, portanto, atingiu a floração antes da ocorrência de chuvas. Na fase seguinte, colheita, após as precipitações percebe-se que ocorreu redução na concentração de sódio.

Tabela-16. Média das concentrações da análise de variância das variáveis: concentrações de sódio e potássio na solução do solo e condutividade elétrica do extrato de saturação dados em mg L⁻¹. Concentração do sódio no início do experimento, Na (I), K(I) na floração, Na (F), K(F), e na fase de grão pastoso leitoso, colheita Na (C), K(C), obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipos	Na (I) mg L ⁻¹	K(I) mg L ⁻¹	Na (F) mg L ⁻¹	K(F) mg L ⁻¹	Na (C) mg L ⁻¹	K(C) mg L ⁻¹
SF-11	421,40a	28,31ef	194,58bcd	38,187d	169,17abc	14,927ef
IPA 8602600	374,34abc	60,62abcde	130,49cd	46,115bcd	272,08a	39,308ab
T17-389-5-1 x 1158	274,17cdefg	12,71f	153,42cd	35,809d	213,62abc	17,216cdef
IPA SF 25	309,32bcde	32,76def	167,24bcd	37,196d	207,81abc	15,723def
BRS 506	182,69g	34,99def	180,77bcd	66,331ab	153,15bc	28,262bcde
BRS 508	343,72abcd	39,45bcdef	140,49cd	40,764cd	208,71abc	29,158bcde
BRS 509	278,14cdefg	77,33ab	127,55cd	39,773cd	221,83abc	19,903cdef
BRS 511	291,55bcdefg	36,11cdef	116,97cd	35,611d	170,77abc	17,515cdef
IPA 467-4-2	331,24abcd	49,85abcdef	219,28d	59,791abc	263,37a	27,267bcde
T07 Ca92 04 Ca2000	317,64abcde	34,62def	151,07cd	36,998d	141,54c	18,410cdef
SF15	317,64abcde	18,28f	125,79cd	35,611d	142,34c	10,350f
IPA 2502	255,83defg	61,36abcde	199,29bcd	45,124cd	151,75bc	44,084a
THEIS x 2502	198fg	58,95abcde	375,40a	80,007a	254,97ab	35,427ab
BRS 506 x 2502	308,56bcde	29,42ef	183,12bcd	51,466bcd	194,00abc	30,053abcd
T17EPSF x 2502	294,39bcdef	68,42abcd	187,14bcd	39,971cd	225,63abc	30,650abc
T17 EPSF x 2502 Br.	297,22bcdef	16,99abc	149,70cd	40,962cd	170,97abc	19,007cdef
2502 x 1158	215,58efg	28,31ef	158,32cd	38,187d	201,61abc	18,709cdef
1158 x 2502	198,57fg	47,62bcdef	204,87bcd	34,818d	165,17abc	15,226def
2502 x SF-15	285cdefg	68,79abcd	147,15cd	40,566cd	148,15bc	20,301cdef
2502 x IPA 467-4-2	349,39abcd	87,36a	259,26b	48,494bcd	205,41abc	25,277bcde
CV (%)	11,91	25,79	17,15	14,6	17,72	20,02

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A concentração de potássio na primeira coleta foi baixa devido a extração do sorgo durante o primeiro ciclo de cultivo, e na fase de floração, segunda coleta, observou-se um aumento que ocorreu devido à adubação. Os genótipos SF15 e T17-389-5-1 x 1158 tiveram as maiores produção de matéria seca e as menores concentrações de potássio no extrato de saturação do solo na colheita. Por outro lado os genótipos THEIS x 2502 e IPA 2502 que apresentaram menores produções (Tabela 7) observou-se uma maior concentração de potássio no extrato de saturação. Esses dados corroboram com as informações de Coelho et al. (2002) que afirmam que o requerimento nutricional varia diretamente com o potencial de produção e Pitta et al. (2001) que observaram que a

extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam linearmente com o aumento da produtividade. A maior exigência do sorgo é de nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo (PITTA et al., 2001).

Tabela-17. Média da condutividade elétrica (CE) do extrato da solução do solo (CEe) dada em dS m⁻¹. CE(I) é a condutividade elétrica logo após o corte da planta, no início, CE(F) é na floração e, CE (C) e na fase de grão pastoso leitoso, colheita, dados obtidos da soca de 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Genótipos	CEe (I) dS m ⁻¹	CEe (F) dS m ⁻¹	CEe (C) dS m ⁻¹
SF-11	2,612a	0,936abc	0,608a
IPA 8602600	2,235a	0,927abc	0,908a
T17-389-5-1 x 1158	1,637a	0,856bc	0,790a
IPA SF 25	1,839a	0,991abc	0,597a
BRS 506	1,418a	0,868bc	0,595a
BRS 508	1,740a	1,209abc	0,768a
BRS 509	1,783a	0,876bc	0,941a
BRS 511	1,926a	0,741c	0,788a
IPA 467-4-2	1,975a	1,219abc	0,867a
T07 Ca92 04 Ca2000	2,128a	0,808c	0,662a
SF15	2,043a	0,712c	0,496a
IPA 2502	1,754a	1,271abc	0,706a
THEIS x 2502	1,878a	1,642ab	1,013a
BRS 506 x 2502	1,492a	1,618ab	0,898a
T17EPSF x 2502	1,957a	1,135abc	0,799a
T17 EPSF x 2502 Br.	1,981a	1,021abc	0,724a
2502 x 1158	1,783a	1,009abc	0,823a
1158 x 2502	1,735a	1,191abc	0,833a
2502 x SF-15	2,388a	1,174abc	0,606a
2502 x IPA 467-4-2	2,953a	1,689a	0,684a
CV (%)	5,45	23,74	30,84

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Não ocorreu diferença para a CE do extrato da solução do solo saturado (CEe) na primeira leitura, mesmo ocorrendo diferença na concentração dos íons K⁺ e Na⁺. A CE de uma solução aquosa está intimamente relacionada com a concentração total de eletrólitos dissolvidos e solutos iônicos, na solução, ela é comumente usada como uma expressão da concentração total de sais dissolvidos de uma amostra aquosa, portanto, a contribuição dos íons K⁺ e Na⁺ não foi suficiente para variar significativamente a CEe. Já na floração a CEe apresentou menores valores quando comparada à fase inicial. Uma vez mais observou-se diferença, sendo as maiores nos solos dos genótipos precoces e super precoces, resultante do curto ciclo dos mesmos.

Em relação à fase de grão pastoso leitoso a CEe não variou e os valores, em termos estatísticos, similares para todos os genótipos.

Os menores valores da CE do extrato de saturação reflete a lixiviação dos sais devido às chuvas ocorridas no período. Diversos autores (SANTOS et al., 2005; ASSIS JÚNIOR et al., 2007; WILSON et al., 2006) destacam que o excedente de água lixivia o excesso de sais no perfil do solo, resultando em menor efeito da salinidade na rizosfera, o que favorece o crescimento e desenvolvimento da cultura. Dias & Blanco (2010) afirmam que para evitar efeitos negativos generalizados no desenvolvimento das plantas de sorgo, a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo não deve ultrapassar $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Considerando-se esses valores fica evidente que a utilização de água salina do Rio Tapacurá acumulada em açude com águas do período chuvoso viabiliza a produção de sorgo. Por outro lado o processo de salinização pode permanecer sem ser detectado durante anos, ou seja, com níveis moderado de sais enquanto que um aumento adicional pode causar abandono do ambiente de produção. Portanto, uma das ferramentas importante é o monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo no sistema de produção, de forma que permite prevenir o processo de salinização do solo.

Quanto à água de irrigação percebe-se que ocorreu um incremento na CE a partir da segunda coleta e uma redução na quarta e quinta coleta de água (Tabela 18). Ayers & Westcot, (1999) afirmaram que água de irrigação com salinidade inferior a $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ não apresenta problemas de salinidade, independentemente do tipo de solo utilizado, para todas as espécies de plantas. Todavia, sabe-se que se houver má drenagem do solo poderá ocorrer precipitação dos sais e causar a salinização do solo. Quanto à concentração de sais da água nas três primeiras avaliações, essas enquadram-se na classe C1, de baixa salinidade que pode ser utilizada para a maioria das culturas. Nas duas últimas avaliações a água enquadra-se na classe C2, água de média salinidade, que pode ser utilizada sempre e quando houver lixiviação moderada, segundo a classificação de Frenkel (1984). Em relação aos riscos de problemas de infiltração no solo causada pela sodicidade da água estão todas na classe S2, crescente segundo a classificação de Ayers & Westcot, (1999).

Tabela-18. Parâmetros físico químico da água de irrigação usada no período experimental, ao longo de 5 coletas nos 20 genótipos de sorgos, cultivados em Vitória de Santo Antão-PE, 2015/2016.

Parâmetros	28/10/2015	08/12/2015	15/01/2016	16/02/2016	30/03/2016
Coletas	1	2	3	4	5
Cor Aparente uH ²	100,00	70,00	70,00	80,00	70,00
Turbidez uT	12,10	14,60	4,94	ND	14,50
Condutividade Elétrica $\mu\text{S.cm}^{-1}$	646,70	746,30	876,60	845,90	731,50
pH	7,90	7,40	7,40	6,70	7,40
Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹)	412,00	259,00	414,00	540,00	476,00
Alca. de Hidróxidos em CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alca de Carbonatos em CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alca. em Bica. em CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	143,42	171,70	181,80	161,60	363,60
Alca. Total em CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	143,42	171,70	181,80	161,60	363,60
Dureza Total em CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	103,88	117,60	113,68	127,40	123,48
Cálcio em Ca ²⁺ (mg.L ⁻¹)	18,07	20,42	25,92	25,92	27,49
Magnésio em Mg ²⁺ (mg.L ⁻¹)	14,29	16,20	11,91	15,25	13,34
Sódio em Na ⁺ (m mol _c L ⁻¹)	4,7	5,7	3,9	3,7	5,9
Potássio em K ⁺ (mg.L ⁻¹)	5,80	6,70	8,80	8,20	7,70
Cloreto em Cl ⁻ (m mol _c L ⁻¹)	3,69	4,23	4,48	4,17	4,12
Sulfato em SO ₄ ⁻² (mg.L ⁻¹)	6,92	6,99	5,83	5,86	19,10
Ferro Total em Fe ² (mg.L ⁻¹)	0,90	0,00	0,27	0,00	0,09
RAS	3,07	5,23	5,19	4,55	3,61
Classificação	C1S2	C1S2	C2S1	C2S1	C1S2

Alca. = Alcalinidade; pH= Potencial hidrogeniônico; Bica. = Bicarbonato; CaCO₃ = Carbonato de cálcio; RAS= Razão de adsorção de sódio.

O teor do íon Cl⁻ aumentou ao longo do tempo no início do experimento e foi reduzido nas últimas etapas. Já o Na⁺ aumentou a concentração da primeira coleta para a segunda, foi reduzido na terceira e quarta coleta e, voltou a aumentar na última coleta. Ayers & Westcot, 1999 definiram duas classe de risco de toxicidade baseado na concentração, Cl⁻ ou Na⁺ em mmol_c L⁻¹ < 3, não oferece risco e > 3 encontra-se dentro da classe de toxidade moderada para água de irrigação por aspersão. Porém, mesmo o uso da água de irrigação dentro da classe de toxidade moderada durante todo experimento, não foi observada sintomatologia de toxidez em nenhum genótipo. Segundo Maas (1985) a concentração de mínima Cl⁻ ou Na⁺ que causa danos na cultura do sorgo deve ser superior a 10 mmol_c L⁻¹. Evidentemente com sucessivas irrigações os sais contidos na

água acumulam-se na zona radicular, e podem reduzir a disponibilidade de água e acelerar sua escassez.

CONCLUSÕES

Os genótipos indicados para a produção de matéria seca são os SF-15, T17-389-5-1x1152, T17EPSFx2552 e SF11, e para a produção de etanol os genótipos recomendados são os T17-389-5-1x1152, BRS-508, SF-15 e SF-11 irrigados com água salina.

O uso de água com condutividade elétrica média de 0,769 dS m⁻¹ não incrementa o teor de íons tóxicos na solução do solo suficiente a atingir a salinidade limiar para a cultura do sorgo.

Os genótipos que apresentaram uma maior eficiência no uso da água salina, portanto maior economia, são os SF-15, T17-389-5-1x1152, T17EPSFx2552, BRS-508.

A amostragem do °Brix na cultura do sorgo deve ser realizada em duas seções da planta, no ápice e base ou na base e na porção mediana, quando irrigados com água salina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C.J.B. Sorgo granífero: manejo, colheita, e armazenamento. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.35, n.278, p. 41-48, 2014.

ALMODARES, A.; HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. Journal of Agricultural Research. v 4. p. 772-780, 2009.

ALMODARES, A.; HADI, M. R.; AHMADPOUR, H. Sorghum stem yield and soluble carbohydrates under different salinity levels African Journal of Biotechnology Vol. 7 (22), p. 4051-4055, 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. Água: fatos e tendências. Agência Nacional de Águas: CEBDS. 2 ed. Brasília: ANA, 2009. 29p.

ANA – Agência Nacional de Águas. GEO Brasil: recursos hídricos: resumo executivo. and Demand Estimates. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>. Acessado em: 19.Jul.2016.

APPSM. Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudanças, 2016. Disponível em: http://www.apps.agr.br/upload/sorgo_site.pdf?pagina=Relatorio/31. Acesso em 10.jul.2016.

AQUINO, A.J.S.; LACERDA, C.F.; GOMES-FILHO, E. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.31, n.5, p.961-971, 2007.

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C.F.; SILVA, F. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H.R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Engenharia Agrícola, v.27, n.3, p. 702-713, 2007.

ASSIS, R. T.; MORAIS, C. L. Sorgo sacarino, a segunda safra do etanol no Brasil. Circular técnica 11. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH) - Araxá - MG, Maio de p.6, 2014.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BEANA. B. W.; BAUMHARDT, R. L.; MCCOLLUM. F.T.; MCCUISTION. K.C. Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. Field Crops Research 142, P. 20–26, 2013.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C. Manual de irrigação. 8 ed.- Viçosa: Ed. UFV, 2ª reimpressão. 2009.

BORBA, L. P.F.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; TABOSA, J. N.; GOMES, L. H. S.; SANTOS, V.L. F. Nutritive value of different silage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars. Acta Scientiarum. Animal Sciences, V. 34, p 123-129, 2012.

Boaretto, A. E.; Chitolina, J. C.; Raij, B. van; Silva, F. C. da; Tedesco, M. J.; Carmo, C. A. F. de S. do (1999) Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: Silva, F.C. da (org.) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA – Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 49-73.

BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA R. Sorgo do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UV, 2014.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM – Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott –Knott, Tukey e Duncan. Revista Brasileira de Agrocomputação, V.1, N.2, p.18-24. 2001.

CARVALHO, H.W.L. de; ARAGÃO, W.M. Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no Estado de Sergipe. I – Comportamento de progênies avan- çadas em Nossa Senhora

da Glória, Gararu e Propriá. Aracaju: EMBRAPA - CNPCO, 1989. 29 p. (EMBRAPA - CNPCO. Boletim de Pesquisa, 4).

CAVALCANTE, F. S.; SILVA, I. F.; TABOSA, J. N.; SILVA, S. M. S. Níveis de fósforo via adubação em três variedade de sorgo forrageiro: características agronômicas. Pesquisa Agropecuária Pernambucana. V. 18, P 21-26, 2013.

COELHO, A. M. SEJA O DOUTOR DO SEU SORGO. KP Potafos. ENCARTE DO INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS Nº 100 – DEZEMBRO,2002.

COELHO, D. S. Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológicos de genótipos de sorgo forrageiro. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2013.

COSTA, E. J. B. Propriedade físico-hídricas do solo cultivado com sorgo forrageiro em agricultura de vazante no semiárido. 2012. 72f (Programa de Pós-graduação em ciência do solo) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento –Central de informações agropecuárias, 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_24_11_44_50_perspectivas_agropecuaria_2015-16_-_produtos_verao.pdf Acesso em 09 jul. 2016.

DALLA CHIEZA, E.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; SANTI, M. A. M. Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.

DUARTE, J.O. Mercado e comercialização: produção de sorgo granífero no Brasil. In: Cultivo de Sorgo – Sistema de produção 2.6 ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, Set. 2010. ISSN 1679-012x. (Versão eletrônica).

DUTRA, E.D., NETO, A.G.B., SOUZA, R. B., JUNIOR, M. A. M., TABOSA, J. N., MENEZES, R.S.C. Ethanol Production from the Stem Juice of Different Sweet . Society for Sugar Research & Promotion 2013.

DYKES, L.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D ROONEY, W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v. 53, n. 17, p. 6813- 6818, 2005.

EASTIN, J.D; SULLIVAN, C.Y. Environmental stress influences on plant, persistence, physiology and production. In Physiological basis of crop growth and development. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1984. P. 201-236.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de Pesquisa Milho e Sorgo. Sorgo Granífero. Tiragem: 10.000 exemplares / Dezembro 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do Sorgo,2007. Disponível em:http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/importancia.htm. Acesso em: 14.jul. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Processamento industrial do sorgo sacarino, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2p., 2012. SANI.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises do solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 60p.

EMBRAPA (2008) - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de Pesquisa Milho e Sorgo. Sorgo Forrageiro Produção de silagem de alta qualidade. Tiragem: 10.000 exemplares / Dezembro 2008.

EMBRAPA (2012) - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. BRS 506. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68397/1/brs-506.pdf>. Acesso: 15. Jul. 2016.

FAO- World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistical Yearbook, Rome, pp. 289 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm> Acesso em: 10.jul.2016.

FERREIRA, P. A. Qualidade de água e manejo água-planta em solos salinos. Brasília: ABEAS, Viçosa: UFV, 2002. 141p. Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação. Módulo, 10.

FLARESSO, J.A.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.6, p.1608-1615, 2000.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. Manual da cultura do sorgo. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 202 p.

FRENKEL, H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: I. Shainberg and J. Shalhevet (Editors), Soil Salinity under Irrigation Processes and Management. Springer, New York, p. 143-167, 1984.

GARDNER, F.L.; PEARCE, R.B.; MITCHEL, R.L. Physiology of crop plants. Ames:Iowa State University Press, 1985.327p.

GUTJAHR, S. et al. Sugar and biomass accumulation in photoperiod- sensitive sorghums. II. Biochemical processes at internode level and interaction with phenology. Funct. Plant Biol., 355–368, 2013.

HOWELL. T.A et al. Evapotranspiration of Corn and Forage Sorghum for Silage. World Environmental and Water Resources Congress 2008 Ahupua'a. Disponível em: <http://naldc.nal.usda.gov/download/37756/PDF> Acesso em 09. jul. 2016.

IGC. IGC International Grais Council. Five-year global supply and demand projections, 2014. Disponível em: http://www.igc.int/en/downloads/grainsupdate/igc_5yrprojections2014.pdf. Acesso em: 14.jul.2016.

IPA. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, 2008.

LIMA, J. M. P., MEDEIROS, A. C., GONÇALVES, R. J. de S., LIMA, J. G. A., LIRA, M. A., TABOSA, J. N.; RIBEIRO, R. R. R. Competição de Cultivares de Sorgo Sacarino no Vale do Assu no Estado do Rio Grande do Norte. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, 2010, (28.: 2010: Goiânia). Resumos expandidos [do] XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo; IV Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta do Cartucho, Goiânia, 29 de agosto a 2 de setembro de 2010 [recurso eletrônico] / editores técnicos Paulo César Magalhães [et al]. – Dados eletrônicos. – Goiânia: ABMS, 2010a.

LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v.18, n.6, p.409-424, 1977.

LIRA, M. A. et al. Comportamento de novas progênies de sorgo forrageiro para o semiárido pernambucano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.11, p.1239-1246, nov. 1986.

MAAS, E.V. Crop tolerance to saline sprinkling water. *Plant and Soil*. v.89, p. 273-284, 1985.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Cultivo do Sorgo – Aspectos gerais dos efeitos ambientais sobre o crescimento do sorgo. *Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção 2. Sete Lagoas. 2007. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_1_ed/ambientais.htm. Acessado em 06 de outubro de 2016.*

MATEUS, G.P., CRUSCIOL, C.A.C., BORGHI, E., PARIZ, C.M., COSTA, C., SILVEIRA, J.P.F. Nitrogen fertilization on sorghum intercropped with grass in a no-tillage system. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 46, 1161–1169, 2011.

MELLO, R.; NORMBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Análise produtiva equalitativa de um híbrido de sorgo interespecífico submetido a dois cortes. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 2, n. 1, p. 20-33, 2003.

Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 60p.

MIRON, J. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 139 P. 23–39, 2007.

MONTEIRO, M.C.D. et al. Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.1, p.52-61, 2004.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUTAVA. R.N.; PRASAD, M.R.; TUINSTRA, K.D.; YU.J. Characterization of *Sorghum* genotypes for traits related to drought tolerance *Field Crops Research* 123 P.10–18, 2011.

NAGAI, M. A. Produtividade de biomassa de sorgo sacarino sem irrigação na Zona da Mata Norte de Pernambuco. 2012. 55 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

NETO, M.M. G. *et al.* Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Características agronômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.6, p.1975-1984, 2004.

NEVES, A. L. et al. Trocas gasosas teores de minerais no feijão de corda irrigados com água salina em diferentes estádios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, V.14, n 11, P. 1143-1157, 2010.

OLIVEIRA, J, R, M. Avaliação de novas progênies f6 de sorgo sacarino promissoras para a produção de etanol na zona da mata de Pernambuco. 2014. 106 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Melhoramento Genético de Plantas) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

PARIHAR, P., SINGH, S., SINGH, R., SINGH, V.P., PRASAD, S.M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environ. Sci. Pollut. Res. 22, p. 4056–4075, 2015.

PARRELA, R.A. C. et al. Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino em Diferentes Ambientes Visando a Produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010. Goiânia, set. 2010. CD-ROM.

PERAZZO, A. F., et al. Agronomic evaluation of 32 sorghum cultivares in the brazilian semiarid region. Revista Brasileira de Zootecnia (online) v.43, p 232-237, 2014.

PIRES, D. A. A. Consumo e digestibilidade aparente em ovinos, de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) com e sem tanino nos grãos. 2003. 53p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

PITTA, G.V.E.; VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (eds.). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2001. cap.9. p.243-262.

PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. 2.ed. Madrid: Agrícola Espanola, 1985. 521p.

REDDY, B.V.S.; SANJANA REDDY, P. Sweet sorghum: characteristics and potential. International Sorghum and Millets Newsletter 44:26–28. 2003.

REDDY, K. R.; NEWMAN, S.; GRUNWALD, S.; OSBORNE, T. Z.; CORSTANJE, R.; BRULAND, G.; AND RIVERO, R. In spatial distribution of soil nutrients the greater everglades ecosystem report. South Florida: Water Management District, 2005. p. 1-2.

RIBAS, P.M. Cultivo de Sorgo, 2008. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_importancia.htm> Acesso em: 14. jul de 2016.

RIBEIRO, M. E. Estatística descritiva. Comissão de planejamento agrícola (CEPA). João Pessoa, 1970. 166p.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. 2003. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S; ALVAREZ, V. H. (eds.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.165-208

SANI, B.M., DANMOWA, N.M., SANI, Y.A., JALIYA, M.M. Growth, yield and water use efficiency of maize-sorghum intercrop at Samaru, Northern Guinea Savannah, Nigeria. Niger. J. Bas. Appl. Sci. 19, 253–259, 2011.

SANTOS, D.B., FERREIRA, P.A; OLIVEIRA, FG; GARCIA, G.O.; CARNEIRO, J.E. S.; CANO, M.A.O. Estratégia de manejo da irrigação do feijoeiro com água salina. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9 (suplemento), p.16-20,2005.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N. VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. HANS RAJ GHEYI, NILDO DA SILVA DIAS, CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA (Editores). Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados Fortaleza, INCT Sal, 2010.p.161-180.

SILVA, R.; SANTOS, A.; TABOSA, J. N.; SILVA, F. G.; ALMEIDA, C. Avaliação de diferentes genótipos de sorgo para forragem e silagem. Revista Brasileira de Milho e Sorgo (impresso), v. 11, p. 224-233, 2013.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N. VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. HANS RAJ GHEYI, NILDO DA SILVA DIAS, CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA (Editores). Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados Fortaleza, INCT Sal, 2010.p.161-180.

SILVA, J. V et al. Crescimento e osmorregulação em dois genótipos de sorgo submetidos a estresse salino. Revista Ciência Agronômica, Vol. 34, P. 125 – 13, 2003.

SINGH, A. Groundwater resources management through the applications of simulation modeling: a review. Sci. Total Environ. 499,p. 414–423,2014.

SINGH, A. Optimal use of resources for increasing farm income under hydrological uncertainty. Water Resour. Manag. 30 (7), P. 2569–2580, 2016.

SILVA, V. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, I. S.; LIMA, G. S.; CAVALCANTE, E. B.; TABOSA, J. N. Tecnologia de cultivo de sorgo sudanense em leito seco de açude. IN: EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- IPA, 2003, (IPA-Divulga, 76). 3p.

SURVE, V.H., Arvadia, M.K. Performance of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L.), maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) under sole and intercropping systems. Int. J. Agric: Res. Rev. 2, 28–31, 2011.

SOUSA, G. G. et al. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho e com água salina. Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n. 11, P. 1143-1151, 2010.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, J. G. E. de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; ARAÚJO, M. R. A. de; GUERRA, N. B. Teste em linhas de sorgo no semiárido de Pernambuco para consumo humano. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 28, n. 12, p. 1385-1390, 1993.

TABOSA, N. J. et al. Potencial do Sorgo Granífero em Pernambuco e no Rio Grande do Norte – Resultados obtidos com e sem irrigação, 2008. Disponível em: http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BB876D0E9-4784-4272-BE79-FEDA61096193%7D_216_2.pdf. Acesso em: 14. jul. 2014.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V. dos; NASCIMENTO, M. M. A do; LIMA, J. M. P. de; SILVA, F. G.; SILVA FILHO, J. G.; BRITO, A. R. M. B. e RODRIGUES, J. A. S. O sorgo sacarino no semiárido Brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO e SORGO, 28, Goiânia, GO, 2010. CD ROM.

TEIXEIRA, C. G; JARDINE, J. G; BEISMAN, D. A. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar a cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. vol.17 nº 3. 1997.

TOVIGNAN, T.K et al. Assessment of the variability of Senegalese landraces for phenology and sugar yield components to broaden the genetic pool of multi-purpose sorghum. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, V. 14, p. 121-131, 2015.

TOVIGNAN, T.K.; FONCEKA, D.; NDOYE, I.; CISSE, N.; LUQUET, D. He sowing date and post-flowering water status affect the sugar and grain production of photoperiodic, sweet sorghum through the regulation of sink size and leaf area dynamics, Senegal. *Field Crops Research*, v.192, p. 67–77, 2016.

USDA- United States Departamento f Agriculture (2015) World Agricultural Supply and Demand Estimates. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>. Acesso em 21/07/2016.

VASILAKOGLU, I.; DHIMA, K.; KARAGIANNIDIS, N.; GATSIS, T. Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. *Field Crops Research* [S.I.], v. 120, n. 1, p. 38-46, 2011.

VIEIRA, M.R., et al. Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.42-46, 2005.

WILADINO, L. G.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, 2010.

WILLADINO, L. & CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer. Goiânia, vol.6, N.11, 2010.

WILSON, C.; LIU, X.; LESCH, S.M.; SUAREZ, D. L. Growth response of major USAA cowpea cultivars: II Effect of salinity on leaf gas Exchange. Plant Spicine, v.170, n.6, p. 1095-1101,2006.

ZHAO, Y.L., A. DOLAT, Y. STEINBERGER, X. WANG, A. OSMAN, AND G.H.XIE. 2009. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. Field Crops Research v. 111 p. 55–64, 2009.