



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS

AVALIAÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES F6 DE SORGO SACARINO
PROMISSORAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL NA ZONA DA
MATA DE PERNAMBUCO

JONATHAS RAFAEL MOURA DE OLIVEIRA

RECIFE

2014

JONATHAS RAFAEL MOURA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES F6 DE SORGO SACARINO
PROMISSORAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL NA ZONA DA
MATA DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Melhoramento Genético de Plantas.

Orientador: Dr. Gerson Quirino Bastos

Co-orientador: Dr. Clodoaldo José da Anunciação Filho

RECIFE

2014

**AVALIAÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES F6 DE SORGO SACARINO
PROMISSORAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL NA ZONA DA
MATA DE PERNAMBUCO**

JONATHAS RAFAEL MOURA DE OLIVEIRA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em: ___/___/___.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Gerson Quirino Bastos – UFRPE

EXAMINADORES:

Dr. José Nildo Tabosa – IPA

Prof. Dr. Gerson Quirino Bastos – UFRPE

Prof. Dr. José Wilson da Silva - UFRPE

RECIFE

2014

Entre a verdade da vida nesse meu verso encerra
Tem a medicina dos home e a medicina da terra
As duas caminha junta que a natureza não erra

O nosso engenheiro agrônomo orienta o agricultor
Caminhando passo a passo com o progresso e muito amor
Protegendo a natureza, da agricultura é o doutor

Através de sua ciência muitas praga tão no fim
Produção de qualidade o Brasil caminha assim
Como Deus é brasileiro é bão pro cê, tá bão pra mim

Da mão do nosso agrônomo a natureza floresce
A cada fruto colhido é um momento de prece
É da bondade divina que o alimento oferece

Moda do agrônomo
Tonico e Tinoco

OFEREÇO

A Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

Aos meus irmãos, Alexsandro Oliveira e Wandel Oliveira.

A meu sobrinho Elias Gabriel.

DEDICO

A minha noiva, Nádia Bethânia, por seu companheirismo, amor e incentivo. Por estar presente nos momentos importantes da minha vida, valorizando minhas conquistas e ajudando-me a alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Gerson Quirino Bastos, pela orientação, dedicação, ensinamentos e pela confiança dada na realização do mestrado.

Ao professor Dr. Clodoaldo José da Anunciação Filho, pela co-orientação, ensinamentos e pelas palavras de incentivo.

Ao Dr. José Nildo Tabosa, pelo ótimo atendimento em todos os 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 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, Biu, André, Isaías, Wilson, Gilvan entre outros que aqui não foram citados, fica os meus sinceros agradecimentos.

A meus amigos Emmanoel Dutra e Eduardo, do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco – DEN/UFPE.

A todos os professores da Pós-graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

A meu amigo Amil Edardna, pelas dicas e troca de ideias.

A meus amigos de mestrado Ana Maria, Álvaro, Amaro, Diogo, Estella, Robson e Paulo pelos momentos de apoio e descontração.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela realização dos cursos de Graduação e Pós-graduação.

Ao Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA pelo uso das instalações e materiais, com vista à realização do presente trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudo durante a realização do Mestrado.

SUMÁRIO

Agradecimentos	
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	iv
Lista de Abreviaturas e Símbolos	Vii
Resumo	Ix
Abstract	Xi
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo Geral	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Cenário atual e sua relevância	4
3.2. Origem e classificação botânica	6
3.3. Caracterização Morfológica do Sorgo	6
3.4. Fenologia da planta de sorgo	7
3.5. Fatores que afetam o desenvolvimento da planta de sorgo	12
3.6. Melhoramento Genético	19
3.7. Importância da produção do Bioetanol	22
3.8. Perspectivas do Sorgo Sacarino na Produção de Etanol	24
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II	
Resumo	33
Abstract	34
1. INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais	36
2.2. Experimento e tratos culturais	38
2.3. Época de Colheita e Amostragens	39
2.4. Variáveis analisadas	39
2.5. Análises estatísticas	40

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4. CONCLUSÃO	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
6. ANEXOS I	52
CAPÍTULO III	
Resumo	60
Abstract	61
1. INTRODUÇÃO	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais	63
2.2. Experimento e tratos culturais	65
2.3. Época de Colheita e Amostragens	66
2.4. Variáveis analisadas	66
2.5. Análises estatísticas	68
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4. CONCLUSÃO	75
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	76
6. ANEXOS I	80

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Estádio de Crescimento 1 - (EC1).....	9
Figura 2: Estádio de Crescimento 2 - (EC2).....	10
Figura 3: Estágio de crescimento 3 – (EC3).....	11
Figura 4: Dados da fenologia da planta de sorgo. PA - parte aérea; SR – sistema radicular; DAG- dias após a germinação; FF- fase fenológica; F- folha; CL-caulículo; DSR- desenvolvimento do sistema radicular; V<M- até 21 dias, o sorgo apresenta menor vigor (V) do que o milho (M); AF- área foliar; IPP – início do ponto de crescimento; EMB- emborrachamento; FLR- floração.....	12
Figura 5: Sínteses das rotas tecnológicas de obtenção de etanol.....	24

CAPÍTULO II

Figura 1: Precipitação média histórica de 2000 à 2013, obtidos no IPA, Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE.....	37
--	----

CAPÍTULO III

Figura 1: Precipitação média histórica de 2000 à 2013, obtidos no IPA, Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE.....	64
--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1: Herbicidas registrados e indicados para o controle de plantas daninhas na cultura do sorgo.....	18
Tabela 2: Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino propostas para o programa de melhoramento de sorgo sacarino da EMBRAPA.....	22
Tabela 3: Parâmetros de interesse industrial para sorgo sacarino e cana-de-açúcar.....	25

CAPÍTULO II

Tabela 1: Média dos dados meteorológicos da estação experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão – PE, observados no período do desenvolvimento da avaliação do sorgo sacarino.....	37
Tabela 2: Análise de solo realizada na Área 1 (Bloco1) e na Área 2 (Blocos 2 e 3).....	38
Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura média das plantas (AMP), em centímetros; floração (FL), em número de dias; produção de matéria verde total (PMV), em t.ha ⁻¹ ; produção de colmo (PCL), em t.ha ⁻¹ ; Porcentagem de colmo na PMV (%CL), em porcentagem, obtidas da avaliação de 80 genótipos de sorgo sacarino, avaliadas em Vitória de Santo Antão – PE, 2014.....	54
Tabela 4. Estimativa de variância genotípica (σ_g^2), variância ambiental (σ_e^2), herdabilidade média (H_m^2), coeficiente de variação genética (cv _g), coeficiente de variação ambiental (cve), razão CV _g /CV _e e progresso esperado na seleção (gs) para avaliação de diferentes variáveis, de diferentes genótipos de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão – PE, 2014.....	55
Tabela 5. Médias das variáveis: Altura média de planta (AMP), Florescimento (FL),	

Produção de matéria verde total (PMV), Produção de colmo (PCL) e % de colmo na PMV (%CL) de 80 genótipos de sorgo sacarino: Vitória de Santo Antão - PE, 2014.....56

Tabela 6: Correlação genotípica entre as variáveis de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão - PE, 2014.....58

CAPÍTULO III

Tabela 1: Média dos dados meteorológicos da estação experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão - PE, observados no período do desenvolvimento da avaliação do sorgo sacarino.....64

Tabela 2: Análise de solo realizada na Área 1 (Bloco1) e na Área 2 (Blocos 2 e 3).....65

Tabela 3. Resumo da análise de variância para Produção de matéria seca total (PMS), em $t.ha^{-1}$; Porcentagem matéria seca total (%MST), em porcentagem; Produção de colmo (PCL), em $t.ha^{-1}$; Brix na colheita ($^{\circ}$ BRIX), em graus brix; Eficiência de extração de caldo (EEC), em Porcentagem e etanol teórico (ET), em $l.ha^{-1}$, obtidas da avaliação de 80 genótipos de sorgo sacarino, avaliadas em Vitória de Santo Antão - PE, 2014.....82

Tabela 4: Estimativa de variância genotípica (σ_g^2), variância ambiental (σ_e^2), herdabilidade média (H_m^2), coeficiente de variação genética (cv_g), coeficiente de variação ambiental (cve), razão CV_g/CV_e e progresso esperado na seleção (gs) para avaliação de diferentes variáveis, de diferentes genótipos de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão - PE, 2014.....83

Tabela 5. Médias das variáveis: Produção de matéria seca total (PMS); Porcentagem matéria seca total (%MST); Produção de colmo (PCL); Brix na colheita ($^{\circ}$ BRIX); Eficiência de extração de caldo (EEC) e etanol teórico (ET) de 80 genótipos de sorgo sacarino: Vitória de Santo Antão - PE, 2014.....84

Tabela 6: Correlação genotípica entre as variáveis de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão – PE, 2014.....	86
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AR – Açúcares redutores

ATR - Açúcares totais recuperáveis

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CNPMS - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

DAF- Dias até o florescimento

EC - Estágio de crescimento

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

FEPATRO - Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária

FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística

IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PMGS - Programa de Melhoramento Genético do Sorgo

PUI - Período de Utilização Industrial

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

AMP - altura média das plantas

FL – Número de dias até a floração

PMV - produção de matéria verde

PCL - produção de colmo

%CL -Porcentagem de colmo na PMV

PMS - produção de matéria seca total

%MST - Porcentagem de matéria seca total

°BRIX - Quantidade de sólidos solúveis

EEC - eficiência de extração de caldo

ET - etanol teórico

CV% - coeficiente de variação

σ_g^2 - variância genética

σ_E^2 - variância ambiental

h_m^2 - herdabilidade média

Gs - progresso esperado na seleção

GL – Grau de liberdade

FV – Fontes de variação

QM – Quadrado médio

CVg/CVc – Índice b

t.ha⁻¹ – Toneladas por hectare

L.ha⁻¹ – Litros por hectare

AValiação DE NOVAS PROGêNIes F6 DE SORGO SACARINO PROMISSORAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Resumo

Atualmente o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) apresenta-se muito importante para o setor sucroalcooleiro e energético do Brasil, que vem buscando constantemente alternativas para aumentar rendimentos agrícolas e industriais, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar, diminuindo o tempo ocioso e os custos de produção. É uma espécie agrícola rústica, com boa adaptação a estresses ambientais, tais como os encontrados na Região Nordeste, apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentescíveis, e pode servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar. A cultura é totalmente mecanizável (plantio por sementes, tratos culturais e colheita), alta produtividade de biomassa verde (60 a 80 t.ha⁻¹), com altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l.ha⁻¹), com bagaço utilizável como fonte de energia (vapor para industrialização e cogeração de eletricidade). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de novas progênes F6 de sorgo de duplo propósito (grão e forragem, incluindo colmo seco e sacarino), visando definição de aptidão e uso. Para tanto, foi conduzido um experimento nos meses de fevereiro a junho de 2014, no campo experimental no Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, no município de Vitória de Santo Antão-PE. O estudo foi composto por 65 progênes que são resultado da segregação F6 do cruzamento entre duas variedades (IPA 467-4-2 X IPA 2502), onde a primeira variedade foi utilizada como parental masculino e a segunda como parental feminino, sendo obtidas em Vitória de Santo Antão – PE em 2010, testadas em Caruaru – PE em 2011 e novamente testadas em Vitória de Santo Antão – PE em 2013, mais 15 testemunhas que foram variedades comerciais na região, incluindo nestas as duas variedades parentais. O experimento foi delineado em blocos casualizados, composto por 80 parcelas e 3 repetições, onde cada parcela teve dimensões de 6,0 x 0,8m, com 4,80m² de área total, sendo considerada uma área útil de 3,20 m² (0,8 x 4m), eliminando o primeiro metro de cada bordadura. As variáveis foram analisadas de acordo com as características de produção apresentada em campo: Altura média de planta (AMP); Dias até o florescimento (FL); Produção de matéria verde total (PMV); produção de colmo (PCL) e Porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL). Além das características agroindustriais: Produção de matéria seca total (PMS); Porcentagem de matéria seca total (%MST); Produção de colmo (PCL); Brix na colheita (BRIX); Eficiência de extração de caldo

(EEC) e Etanol teórico (ET). As médias foram comparadas pelo teste de Scott - Knott em nível de 5% de probabilidade, sendo realizada a correlação genotípica para complementar o estudo destas variáveis.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L) Moench, Rendimento de etanol, Características Agroindustriais, Açúcares fermentescíveis, correlação genotípica.

EVALUATION OF NEW F6 PROGENIES PROMISING SWEET SORGHUM FOR ETHANOL PRODUCTION IN THE FOREST ZONE OF PERNAMBUCO

Abstract

Currently sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) has become very important for the energy sector and sugarcane in Brazil, which is constantly seeking alternatives to increase agricultural and industrial yields, especially in the off season of cane sugar, decreasing the idle time and production costs. It is a rustic agricultural species, with good adaptation to environmental stresses, such as those found in the Northeast, with features similar to stalks of sugarcane juice rich in fermentable sugars, and can be used to produce ethanol in the same facility used by the cane sugar. The culture is totally mechanized (by planting seeds, and harvesting), high productivity of green biomass (60-80 t ha⁻¹), with high yields of ethanol (3000-6000 l.ha⁻¹), bagasse usable as a source of energy (steam and electricity cogeneration industrialization). The present study was designed to indicate the most suitable for a probable launch as a variety to be grown in the Zona da Mata, Region of the State of Pernambuco, Northeast, Brazil genotypes. For this purpose, an experiment was carried out from February to June 2014 in the experimental field at the Pernambuco Agricultural Institute Enterprise - IPA, in Vitória de Santo Antão, Pernambuco. The study consisted of 65 progenies that are the result of segregation F6 a cross between two varieties (IPA467-4-2 X IPA 2502), where the first strain was used as male parent and the second as the female parent, were obtained in Vitória Santo Antão - PE in 2010, tested in Caruaru - PE in 2011 and retested in Vitória de Santo Antão - PE in 2013, more than 15 witnesses were commercial varieties in the region, including these two parental strains. The experiment was designed in randomized blocks, consisting of 80 plots and 3 replications, where each portion had dimensions of 6.0 x 0.8 m, with a total area of 4.80 m² and is considered an area of 3.20 m² (0,8 x 4m), eliminating the first meter of each boundary. Variables according to the production characteristics presented in the field were analyzed: average height of plant (AMP); Days to flowering (FL); Total production of green matter (PMV); Production Shed (PCL) and Percentage of thatch to produce total green matter (% CL). Besides the agroindustrial features: Production of total dry matter (PMS); Percentage of total dry matter (% MST); Production Shed (PCL); Harvesting Brix (Brix); Extraction efficiency of broth (EEC) and theoretical Ethanol (ET). Means were compared by Scott - Knott test at 5% level of probability, genetic correlations being conducted to complement the study of these variables.

Keywords: Sorghum bicolor (L) Moench, ethanol yield, Traditional Agribusiness, fermentable sugars, genotypic correlation.

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DE NOVAS PROGÊNIES F6 DE SORGO SACARINO PROMISSORAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo redescobre e discute as oportunidades e ameaças para a produção e distribuição de alimentos dependente de energia, incluindo as oportunidades da energia renovável da biomassa. Como se pode observar no contexto nacional, a população é alertada diariamente sobre um momento histórico de mudança de paradigma: do petróleo para a era dos biocombustíveis e da agroenergia, que pode significar “a energia que se planta”.

A magnitude do uso atual de combustíveis de origem fóssil tende a um declínio no futuro devido a diversos fatores, como a disponibilidade e facilidade de acesso às reservas existentes e, principalmente, devido aos efeitos da emissão de gases de efeito estufa sobre o meio ambiente. Neste contexto, tem-se buscado cada vez mais o uso de fontes renováveis de energia, dentre elas as baseadas em bioenergia (energia proveniente de biomassas) incluindo o uso de culturas energéticas para a produção de biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol (Sánchez & Cardona, 2008).

O sorgo é uma cultura já amplamente difundida quanto ao seu potencial para produção de etanol, e vem ganhando importância em todo mundo, principalmente o sorgo granífero, tendo já uma área de cultivo de aproximadamente 45 milhões de hectares, sendo o quinto cereal mais cultivado no mundo e o quarto no ranking brasileiro. Com relação à natureza de exploração, os sorgos são classificados em quatro grupos: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte/ verde/fenação/cobertura morta e vassoura (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009). O sorgo sacarino tornou-se uma alternativa do setor sucroalcooleiro e energético brasileiro, no intuito de aumentar rendimentos agrícolas e industriais, reduzindo custos de produção e aumentando a operacionalidade das usinas, sobretudo na entressafra de cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2012).

De acordo com a safra 2014/15 a produção deverá atingir mais de 61,0 milhões de toneladas. No entanto, a maior produção e produtividade estão na América do Norte, Estados Unidos e México juntos produzem 34% da produção mundial. Entre os maiores produtores de grãos de sorgo do mundo, a Índia detém a maior área plantada, com cerca de 11 milhões de ha. Mas os Estados Unidos lideram a produção mundial, com quase 14 milhões de toneladas numa área de pouco mais de 3 milhões de ha. Índia, Nigéria, México, Sudão, China, Argentina, Austrália, Etiópia, Burkina, pela ordem, completam o grupo dos dez maiores produtores mundiais de grãos de sorgo (FAO, 2014).

Além de apresentar diversas matérias-primas renováveis para a produção de etanol, o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ganha destaque no cenário nacional brasileiro, pois tem uma alta produtividade de biomassa verde, proporcionando altos rendimentos de etanol e açúcar, com bagaço utilizável como fonte de energia. Adicionalmente, o sorgo sacarino ainda apresenta uma boa produção de grãos, tendo suas características nutricionais similares às do milho, podendo ser utilizada na alimentação humana ou animal.

O sorgo sacarino é uma espécie agrícola rústica, com boa adaptação a estresses ambientais, tais como os baixos índices de precipitação pluvial encontradas na região nordeste, entretanto, é uma cultura que requer a aplicação de insumos modernos em fases críticas do crescimento e desenvolvimento da cultura. A disponibilidade de sementes de qualidade de cultivares (domínio da genética de variedades e híbridos adaptados) é imprescindível para ganhos de produtividade e rendimento, assim como adequadas técnicas de plantio e de manejo da cultura são limitantes para o melhor desempenho agrônomo e produtivo. Ademais formação de caldo e a produção de açúcares totais e sacarose, bem como a tipificação dos resíduos, carecem de cuidados quanto à aplicação de processos técnicos e industriais que permitam a maximização de resultados econômicos.

Atualmente, o Brasil é o oitavo maior produtor mundial de sorgo granífero, com 1,9 milhões de toneladas, em uma área de 719,3 mil ha, sendo a produção inibida em virtude do preço que é 20% inferior ao do milho, embora o custo de produção seja basicamente o mesmo. A produção nacional vem migrando para o Centro-Oeste (1.123,7 mil toneladas em uma área de 367,2 mil ha) se destacando os estados de Goiás (715,5 mil toneladas em uma área de 206,9 mil ha) e Mato Grosso (347,3 mil toneladas em uma área de 143,5 mil ha); seguindo-se Sudeste (560,6 mil toneladas em uma área de 183,0 mil ha) com destaque para o estado de Minas Gerais (517,1 mil toneladas em uma área de 170,2 mil ha); Nordeste (151,4 mil toneladas em uma área de 133,5 mil ha) com destaque para o estado da Bahia (133,9 mil toneladas em uma área de 121,7 mil ha); Sul (40,2 mil toneladas em uma área de 15,2 mil ha) com destaque para o estado do Rio Grande do Sul (40,2 mil toneladas em uma área de 15,2 mil ha) e Norte (38,4 mil toneladas em uma área de 20,4 mil ha) tendo como destaque o estado do Tocantins (38,4 mil toneladas em uma área de 20,4 mil ha) (CONAB, 2014).

Com aproximadamente a metade do Nordeste do Brasil inserida na região semi-árida, perfazendo uma extensão de 775 km². Apresentando uma precipitação pluvial na maior parte

dessa região de 700 mm anuais, essa região tem como fator determinante, para a produção de algumas culturas, o clima (TABOSA et al., 2002).

No Nordeste, entre os 10 maiores produtores de sorgo, 60% estão no semi-árido, o que comprova a boa adaptação do sorgo à região. Esta região vem tendo uma taxa de crescimento de safra de 8,2% ao ano contra 5,7% da média nacional e 5,4% do Centro-Oeste e de 12,3% do Sudeste. A produção de sorgo no Nordeste está concentrada na BA, RN, CE e PE.

No caso de Pernambuco, a situação torna-se ainda mais drástica, tendo em vista que 83% do Estado encontra-se classificado como semi-árido (TABOSA et al., 2002). Considerado as adversidades climáticas da região, o sorgo poderá se constituir em opção alternativa e/ou estratégica, em face de suas características xerofílicas, potencial adaptativo e do seu uso multivariado (Lira *et al.*, 1986). Logo vale salientar que o cultivo de plantas xerófitas no semi-árido de Pernambuco constitui uma meta fundamental para o aproveitamento dessa região, tendo em vista as adversidades climáticas da mesma (TABOSA et al., 2002).

Devido à facilidade de produção agrícola esta lavoura, tornou-se um alimento de grande importância para a base alimentar de milhões de pessoas no mundo, tendo um grande potencial de produção na região nordeste devido a suas características intrínsecas de maior tolerância ao déficit hídrico. Portanto o investimento em pesquisa é a base para o desenvolvimento de tecnologias de produção agrícola, permitindo a identificação de plantas mais aptas, sistemas de produção mais eficientes e regiões com potencial.

Dentre estas perspectivas, observa-se que na década de 80 incentivado pela implantação do Pró-álcool o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – CNPMS iniciou um programa de melhoramento de sorgo sacarino tendo como características produtividade de colmos superior a 40 t/ha e teor de sólidos solúveis médios entre 18 e 20° Brix.. Posteriormente, em 1987, as primeiras variedades brasileiras foram desenvolvidas com potencial para produção de etanol, o BR 506 e o BRS 507, e o híbrido BRS 601. Projetos-piloto de microdestilarias para a produção de etanol se valeram destas variedades, porém devido a estagnação do Pró-Álcool, este programa foi desacelerado, sendo retomado no ano de 2003 e intensificado a partir de 2008, onde a Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino, devido ao potencial desta cultura na geração de energia renovável e devido à grande demanda por matéria-prima alternativa para a produção de etanol nas grandes destilarias.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Conduzir e avaliar o potencial de novas progênies F6 de sorgo de duplo propósito (grão e forragem, incluindo colmo seco e sacarino), visando definição de aptidão e uso.

2.2. Objetivos Específicos

Identificar o potencial de novas progênies F6 de sorgo sacarino como fonte alternativa para a produção de etanol na Região da Zona da Mata de Pernambuco.

Identificar correlações genotípicas entre as características produtivas e agroindustriais do sorgo sacarino, com a finalidade de orientar as estratégias de seleção dos programas de melhoramento genético.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cenário atual e sua relevância

Com cerca de 45 milhões de hectares de área cultivada, espalhadas em diversos países, o sorgo granífero fica atrás apenas do milho, trigo, arroz e cevada (FAO, 2014), sendo, portanto, o quinto cereal mais cultivado no mundo e o quarto no ranking de produção brasileiro, com aproximadamente 1,5 milhões de hectares (IBGE, 2014).

Com relação ao setor sucroalcooleiro e energético do Brasil, é constante a busca por alternativas que visem aumentar rendimentos agrícolas e industriais, principalmente na época de entressafra da cana-de-açúcar, aumentando o tempo de operação nas usinas e consequentemente reduzindo os custos de produção. Além disso, a disponibilidade de biomassa residual para cogeração de energia é um negócio em expansão. Devido a estes acontecimentos, híbridos comerciais de sorgo com uma maior produção de biomassa estão em desenvolvimento, em fase de testes em campo, em escala (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

O sorgo apresenta versatilidade e facilidade de produção proporcionando a sua utilização como base alimentar de milhões de pessoas, principalmente em países da África e Ásia (SCHOBER et al., 2007; RODRIGUES FERREIRA et al., 2010). Este cereal se apresenta como 70% da ingestão calórica diária de alguns países, e dessa forma tem papel fundamental na segurança alimentar (DICKO et al., 2006; TAYLOR et al., 2006). Nos demais países é explorado principalmente como alimentação animal (ITAVO et al., 2009; MENEZES et al., 2009).

No Brasil, o desenvolvimento da cultura do sorgo ocorre principalmente nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Na região Nordeste encontra uma grande potencialidade, devido a suas características intrínsecas de maior tolerância ao déficit hídrico, sendo cultivado por pequenos produtores em sistema consorciado. Há ainda o crescente agronegócio do sorgo grânifero nos estados da Bahia, Piauí e Maranhão. Nesta região, a Bahia é o maior produtor seguido por Rio Grande do Norte, Piauí, Pernambuco e Ceará para a safra 13/14 de acordo com dados oficiais fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento – (CONAB 2014).

Além das diversas matérias-primas renováveis para a produção de etanol, o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) também ganha destaque no cenário nacional Brasileiro. Já se apresentando como a fonte principal de etanol de alguns países como China, Austrália e África do Sul, e atualmente sendo uma forte alternativa americana para a substituição do etanol de milho (EMYGDIO, 2010).

O sorgo sacarino apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentescíveis, e pode servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar. A cultura é totalmente mecanizável (plantio por sementes, tratamentos culturais e colheita), alta produtividade de biomassa verde (60 a 80 t.ha⁻¹), com altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l.ha⁻¹), com bagaço utilizável como fonte de energia (vapor para industrialização e cogeração de eletricidade). Observam-se resultados de 50 a 77 litros de etanol por tonelada de massa verde com ATR (açúcares totais recuperáveis) variando de 80 a 127 kg de açúcar extraídos por tonelada de massa verde, utilizando-se a mesma tecnologia utilizada nas usinas. Ainda verifica-se que é possível ajustar a mesma estrutura para colheita e processamento da biomassa (moagem, fermentação e destilação) utilizada para cana-de-açúcar. Somando-se a tudo isto, apresenta uma produção de grãos em torno de 2,5 t.ha⁻¹, os quais possuem características nutricionais semelhantes ao milho, servindo como alimentação humana e na nutrição animal (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

3.2. Origem e classificação botânica

O sorgo é uma planta da família *Poaceae*, do gênero *Sorghum*, e da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench.. É originário de regiões de clima quente (tropical) provavelmente da África, mas algumas evidências indicam que possa ter ocorrido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. Sua domesticação, segundo registros arqueológicos deve ter acontecido por volta de 3000 a.C. onde nesta época também acontecia a domesticação e cultivo de outros cereais no Egito Antigo. Possui características xerófilas, que além de baixa exigência em termos de riqueza mineral do solo, apresenta tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico, salinidade e encharcamento. Por não suportar baixas temperaturas, no Brasil encontrou o clima ideal para seu desenvolvimento, sendo cultivada em regiões e situações de temperaturas médias superior a 20°C (RIBAS, 2008).

É uma monocotiledônea C4, que apresenta ciclo curto (4 meses) produzindo açúcares no colmo de forma similar à cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), com alta conversão de energia solar em energia química. O potencial energético da biomassa (caldo, bagaço, palhada e grãos) é alto, e toda a energia do sorgo sacarino pode ser transformada com a tecnologia atual (EMBRAPA, 2012).

Por ser uma cultura que na maioria das vezes necessita de temperaturas acima de 20° para seu crescimento e desenvolvimento, ela está apta a expandir em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas e em sucessão à culturas de verão, elevada produção de massa a ser ensilada e à alta capacidade de rebrote (RODRIGUES FILHO et al., 2006).

Agronomicamente, os sorgos são classificados em quatro grupos: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte/ verde/fenação/cobertura morta e 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 confeccionadas vassouras. Dos quatro grupos, o sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica e está entre os cinco cereais mais cultivados em todo o mundo, ficando atrás do arroz, trigo, milho e cevada (EMBRAPAMILHO E SORGO, 2009)

3.3. Caracterização Morfológica do Sorgo

Tem a estrutura radicular composta por raízes que por possuir sílica na endoderme, grande quantidade de pêlos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo, assim a cultura consegue tolerar mais a seca do que outras culturas. O caule apresenta-se dividido em nós e entrenós possuindo folhas ao longo de toda a planta. Apresenta inflorescência na forma de panícula e seu fruto é uma cariopse ou grão seco. Compreende espécies anuais que podem atingir de 1 a 4 metros de altura, tendo vários caules por cova, em que cada um dos quais tem uma inflorescência terminal do tipo paniculado. Uma espiga séssil, fértil, acompanhada por duas espiguetas estéreis pedunculadas que caracterizam o gênero (VON PINHO E VASCONCELOS, 2002).

Por não apresentar uma proteção específica na semente, o que ocorre em outras culturas como, por exemplo as glumas do trigo e da cevada e a palha do milho, as plantas de sorgo apresentam compostos fenólicos, fazendo assim uma defesa química contra pássaros, patógenos e outros competidores. Portanto estes compostos fenólicos podem estar presentes ou não, tendo maior destaque o tanino condensado, que tem ação antinutricional (MAGALHAES *et al.*, 2000). Vale lembrar que a presença de tanino no grão confere a ele resistência ao ataque de pássaros, entretanto esta substância é adstringente, acarretando ao grão problemas de digestibilidade (VON PINHO E VASCONCELOS, 2002).

O que determina a presença ou não de taninos no grão de sorgo é sua constituição genética, logo genótipos que possuem genes dominantes B1 e B2 são considerados sorgo com presença de tanino. A presença de tanino nos grãos de sorgo apresentam algumas vantagens como a resistência a pássaros e doenças, porém também apresentam problemas principalmente em relação a digestão dos animais, pois formam complexos com proteínas, diminuindo sua palatabilidade e digestibilidade (RODRIGUEZ *et al.*, 1999).

A testa é um indicador morfológico da presença de tanino no grão de sorgo, logo este apresenta duas classes: os hidrolisáveis e os condensados. O primeiro não há evidências da presença em grandes quantidades, já o segundo é muito encontrado em materiais que apresentam resistências a pássaros (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

3.4. Fenologia da planta de sorgo

O sorgo, nos diferentes tipos (granífero, forrageiro e sacarino), apresenta-se como uma espécie bem adaptada a ambientes extremos de estresses abióticos, especialmente, de temperatura do ar e umidade do solo. Este comportamento de rusticidade às condições ambientais confere ao sorgo condições favoráveis à sua adaptação em relação a outras

espécies comerciais. Apesar deste fato, o sorgo é responsivo às boas práticas agrícolas e de manejo da cultura, e, portanto, passível de inovação tecnológica competitiva para a sua utilização e usos (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

Na primeira fase (EC1) de crescimento da cultura, que vai da germinação até a iniciação da panícula (Figura 1), é muito importante a rapidez da germinação, emergência e estabelecimento da plântula, uma vez que a planta é pequena, tem um crescimento inicial lento e um deficiente controle de plantas daninhas nesta fase poderá reduzir seriamente o rendimento de grãos. Não se tendo dados concretos de como os estádios iniciais da cultura pode afetar o rendimento, pensar em um bom estande, com rápida formação de folhas e sistema radicular tornará aquela cultura apta a enfrentar possíveis estresses ambientais durante o seu ciclo (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

Na segunda fase (EC2) que compreende a iniciação da panícula até o florescimento (Figura 2), vários processos de crescimento, se afetados, poderão comprometer o rendimento. São eles: desenvolvimento da área foliar, sistema radicular, acumulação de matéria seca e o estabelecimento de um número potencial de sementes. Esse último é provavelmente o mais crítico desde que maior número de grãos tem sido geralmente o mais importante componente de produção associado ao aumento de rendimento em sorgo (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

Na terceira fase (EC3) que vai da floração a maturação fisiológica (Figura 3), os fatores considerados mais importantes são aqueles relacionados ao enchimento de grãos. Durante as três etapas de crescimento, a fotossíntese, o particionamento de fotoassimilados e a divisão e expansão celular devem estar ajustados visando um bom rendimento da cultura. É lógico pensar que o rendimento final é função tanto da duração do período de enchimento de grãos como da taxa de acumulação de matéria seca diária (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009). Na Figura 4, é apresentada a fenologia da planta do sorgo mais detalhada.



Figura 1: Estádio de Crescimento 1 - (EC1). **Fonte:** OLIVEIRA, 2014



Figura 2: Estádio de Crescimento 2 - (EC2). **Fonte:** OLIVEIRA, 2014

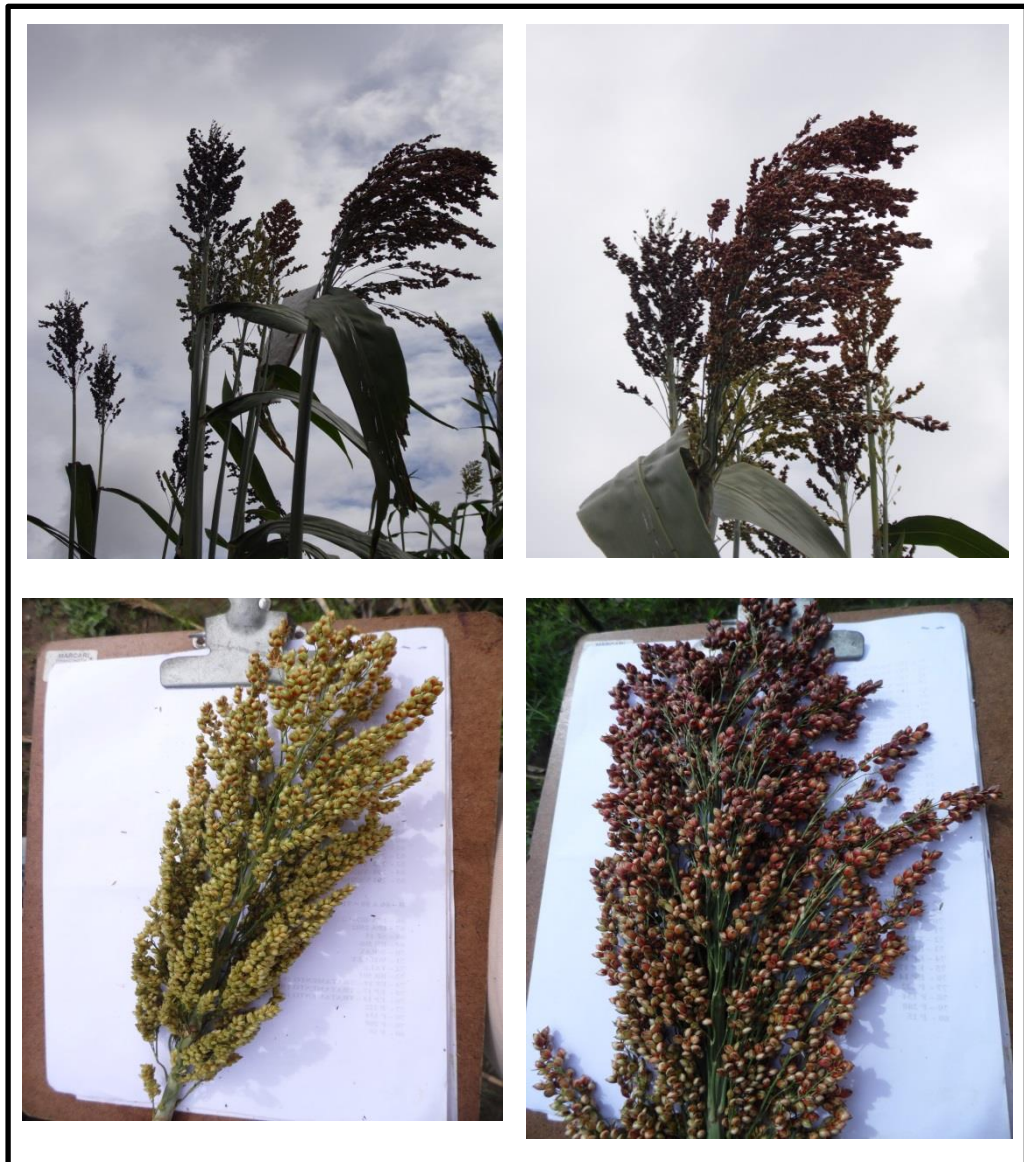


Figura 3: Estágio de crescimento 3 – (EC3). **Fonte:** OLIVEIRA, 2014.

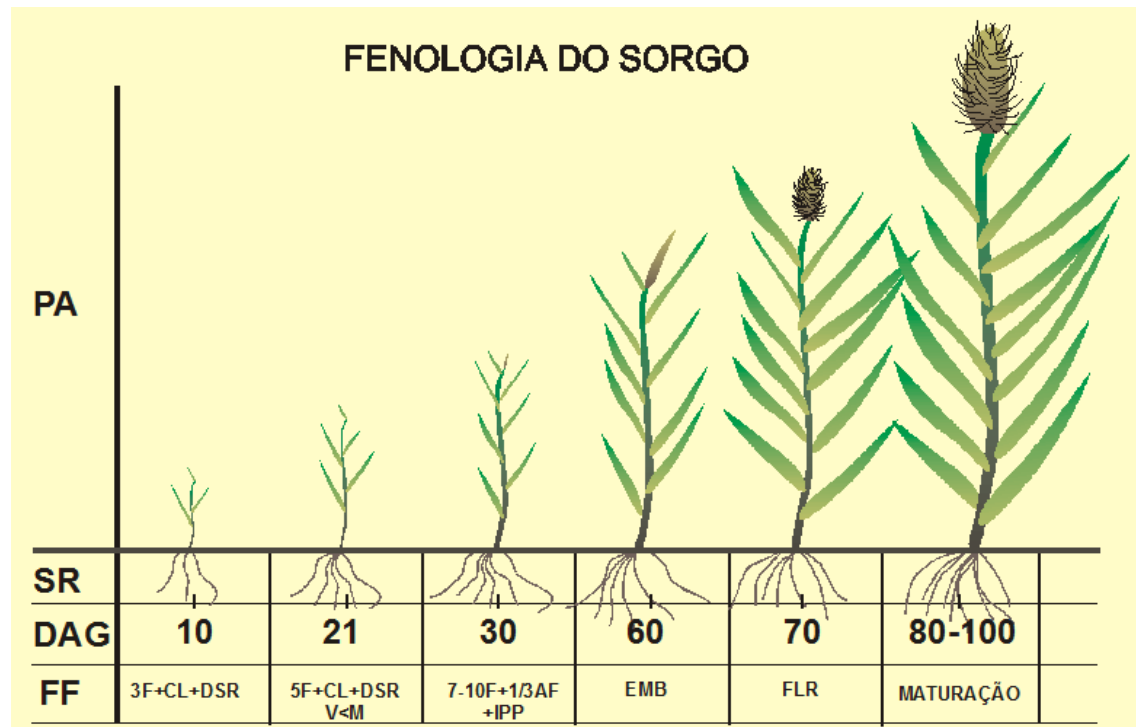


Figura 4: Dados da fenologia da planta de sorgo. PA - parte aérea; SR – sistema radicular; DAG- dias após a germinação; FF- fase fenológica; F- folha; CL-caulículo; DSR- desenvolvimento do sistema radicular; V<M- até 21 dias, o sorgo apresenta menor vigor (V) do que o milho (M); AF- área foliar; IPP – início do ponto de crescimento; EMB- emborrachamento; FLR-floração. **Fonte:** TABOSA, 2011.

3.5. Fatores que afetam o desenvolvimento da planta de sorgo

Algumas condições são favoráveis para o desenvolvimento da cultura do sorgo, porém existem fatores que afetam a cultura, como por exemplo o atraso na época de semeadura, que afeta o ciclo da cultura, antecipando o estágio fisiológico da cultura e depreciando o produto com diminuição da produção (MACHADO et. al. 1987).

Quando comparado com algum outro cereal, o sorgo necessita de menos água para seu desenvolvimento, sendo o florescimento o período mais crítico à falta de água. Segundo Santos et. al., (1996), a planta de sorgo está adaptada a vários ambientes, principalmente a condições hídricas desfavoráveis, portanto esta adaptação leva a planta do sorgo a se desenvolver em regiões onde as distribuições de chuvas são irregulares.

Admite-se que o sorgo tem maior tolerância ao déficit de água e ao excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais, podendo assim, ser cultivado em ampla faixa de condições de solo (Dajui, 1995; Prasad, et al., 2007).

A resistência à seca é uma característica complexa, pois envolve simultaneamente aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica. Logo três mecanismos estão relacionados à seca: resistência, tolerância e escape. O sorgo parece apresentar duas características: escape e tolerância. O escape através de um sistema radicular profundo e ramificado, o qual é eficiente na extração de água do solo. Já a tolerância está relacionada ao nível bioquímico, onde a planta paralisa o crescimento ou diminui as atividades metabólicas durante o estresse hídrico, acumulando reservas metabólicas e reiniciando o crescimento quando a água torna-se disponível (Masojidek et al., 1991; Embrapa, 2012). Após o término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofreram estresse. Essa situação ocorre, provavelmente, pelo acúmulo de fotoassimilados pouco utilizados no período de estresse, que ficam disponíveis para estimular o crescimento, quando a água se torna novamente disponível (Donatelli et al., 1992).

Em condições normais de cultivo, em que as plantas não estão sofrendo efeitos de estresse, a fotossíntese depende da quantidade de luz fotossinteticamente ativa, isto é, proporção de luz interceptada pela estrutura do dossel e pela distribuição ao longo do dossel. O efeito do sombreamento no sorgo, com a conseqüente redução da fotossíntese, tem um efeito menor quando acontece no Estádio de Crescimento (EC1) do que quando no Estádio de Crescimento (EC2) e (EC3). Efeito que pode ser explicado pela maior atividade metabólica da planta nesses dois estádios. Além da maior atividade, a demanda por fotoassimilados também é maior, portanto requer da planta uma taxa fotossintética alta para satisfazer os órgãos reprodutivos em crescimento. Muito embora o sombreamento vá sempre resultar numa redução de crescimento da cultura, em proporção direta a redução da radiação, o efeito final no rendimento de grãos pode ser pequeno. (MAGALHÃES et. al., 2000).

Durante o ciclo da planta de sorgo, as folhas se inserem como os principais órgãos fotossintéticos, e a taxa de crescimento da planta depende tanto da taxa de expansão da área foliar como da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar. À medida que a copa da planta se fecha, outros incrementos no índice de área foliar têm pouco ou nenhum efeito sobre a fotossíntese, a qual passa a depender da radiação solar incidente e da estrutura da copa vegetal. As taxas fotossintéticas das folhas do sorgo vão de 30 a 100 mg CO₂ dm⁻²h⁻¹, isto depende do material genético, intensidade de luz fisiologicamente ativa e da idade das folhas. Folhas de sorgo contêm um grande número de estômatos, por sinal tem sido estimado que estas possuem 50% a mais de estômatos por unidade de área do que a planta de milho, porém os estômatos do sorgo são menores. O número total de folhas numa planta varia de 7 a 30,

sendo geralmente de 7 a 14 para genótipos adaptados de sorgo granífero e sacarino (Magalhães et al., 2011).

Devido a sua origem tropical, o sorgo é sensível a baixas temperaturas noturnas. A temperatura ótima para crescimento está por volta de 33-34°C. Acima de 38°C e abaixo de 16°C, ocorre um decréscimo na produtividade. Baixas temperaturas causam redução na área foliar, perfilhamento, altura, acumulação de matéria seca e um atraso na data de floração. Isto acontece devido a uma redução da síntese de clorofila, especialmente nas folhas que se formam primeiro na planta jovem, com conseqüente redução da fotossíntese. (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

Os efeitos da temperatura durante as fases (EC2) e (EC3) se manifestam no número de grãos por panícula, afetando diretamente o rendimento final de grãos. Temperaturas mais altas geralmente tendem a antecipar a antese, assim como pode causar aborto floral. A temperatura baixa afeta o desenvolvimento da panícula, principalmente por seu efeito sobre a esterilidade das espiguetas (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009).

As exigências nutricionais do sorgo variam de acordo com o potencial de produção, observando as taxas de produtividade desta cultura, a maior exigência refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se de cálcio, magnésio e fósforo. Culturas que buscam maiores rendimentos extraem e exportam maiores quantidades de nutrientes, logo precisam de diferentes doses de fertilizantes. É o que ocorre com a cultura do sorgo no Brasil, onde as doses de nutrientes são segmentadas de acordo com as recomendações oficiais. Isso se aplica mais diretamente a nutrientes como nitrogênio e potássio, extraídos em grandes quantidades, mas também é válido para o fósforo e, de certo modo, para o enxofre. O conceito é menos importante para o cálcio e o magnésio, cujos teores nos solos, com a acidez adequadamente corrigida, devem ser suficientes para culturas de sorgo com altas produtividades (EMBRAPA, 2014).

Um aspecto muito importante na cultura do sorgo é a ocorrência de pragas e doenças, desde a época do plantio até a colheita, pois várias espécies de insetos e patógenos podem estar associados à cultura, porém sendo apenas algumas expressivas e poucas causando dano econômico. No entanto, é muito importante o monitoramento periódico da lavoura com a intenção de identificar as espécies que são nocivas e assim poder adotar medidas de controle quando necessário, pois a ocorrência da praga na lavoura nem sempre se relaciona ao nível de dano econômico e viabilizando o nível mínimo de controle esse fator varia com a população. Fatores como vigor da planta, susceptibilidade da cultivar, estágio de desenvolvimento, umidade do solo, período do ano e abundância de inimigos naturais são igualmente

importantes. Para facilitar o controle é necessária uma periodicidade no acompanhamento do ciclo da cultura. A busca de informações sobre o histórico da área é de suma importância para um controle mais eficaz de pragas e doenças (EMBRAPA MILHO E SORGO 2009).

Entre as pragas mais comuns na região semi-árida, estão as de solo: lagartas elasmó, e as formigas. Já na parte aérea destacamos a Lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (EMBRAPA 2012).

Outro aspecto muito importante que interfere nas funções fisiológicas da planta são as doenças do sorgo que são causadas pela ação de agentes, tais como: fungos, bactérias e vírus, tais alterações refletem na divisão, diferenciação e desenvolvimento celular, na utilização da água e nutrientes, na fotossíntese e na translocação, utilização e armazenamento de produtos fotossintetizados pela planta. O sorgo, devido à grande diversidade de seu uso e à ampla faixa de condições ambientais em que é cultivado, apresenta-se particularmente suscetível a um grande número de doenças, que podem resultar em perdas significativas, tanto em quantidade quanto em qualidade, quer seja do grão, forragem ou outro produto da planta. O efeito de uma doença na produção de grãos ou de forragem é diretamente proporcional à severidade de ataque em cada planta e o número de plantas infectadas. As doenças do sorgo como ocorrem em outras culturas, variam em severidade de ano para ano e de local para local, dependendo do ambiente, agente causal e resistência do hospedeiro. Determinadas doenças causam maiores problemas e abrangem consistentemente maior extensão geográfica do que outras. Dessa forma, podem ser admitidas duas classes de doenças: as principais e as de menor expressão (CRUZ et al., 2001).

A importância das doenças consideradas principais é baseada na distribuição e nas perdas econômicas que podem ocasionar. No Brasil, podemos destacar, especificamente na região semi-árida: a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), a ferrugem (*Puccinia purpurea*), e a macoformina ou Podridão seca do colmo (*Macrophomina phaseolina*). As doenças de menor expressão são aquelas que podem causar danos em áreas endêmicas ou regionais, isto é, são limitadas em distribuição, devido ao ambiente, distribuição do patógeno, sistema de cultivo ou genótipo do hospedeiro (CRUZ et al., 2001).

Outro fator de suma importância para a cultura do sorgo é controle de ervas daninhas, pois o mercado apresentam poucas opções de herbicidas pós-emergentes para a cultura no país. Em trabalhos científicos, foi observado que a cultura do sorgo apresenta resposta negativa quando na presença de ervas daninhas. É o que relatou Silva et al. (1986), citado por Karam (2004), que observaram 35% de redução na produção de grãos, quando não houve o

controle das plantas daninhas nas quatro primeiras semanas após a emergência do sorgo. Chegando a 71% de redução quando não foi empregado nenhum método de controle.

O efeito da interferência das plantas daninhas no rendimento do sorgo é variável e depende, entre outros fatores, da espécie presente e do período no qual ocorre a interferência. No Brasil é observado um grande espectro de espécies daninhas, tanto de espécies dicotiledôneas, como *Amaranthus spp* (caruru), *Cardiospermum halicacabum* (balãozinho), *Bidens spp* (picão-preto), *Euphorbia heterophylla* (leiteira), *Ipomoea spp* (corda-de-viola), *Raphanus sativus* (nabiça), *Richardia brasiliensis* (poaia-branca) e *Sida spp.* (guanxuma), quanto de monocotiledôneas, como *Brachiaria plantaginea* (papuã), *Digitaria spp.* (milhã), *Echinochloa spp.* (capim arroz) e *Eleusine indica* (capim pé-de-galinha) (KATHIRESAN, 2007).

O manejo de plantas daninhas na cultura do sorgo deve enfatizar a utilização das diferentes estratégias de controle, considerando a infraestrutura e a mão-de-obra disponíveis na propriedade, para obtenção de um bom resultado na produção. Os principais métodos de controle são: preventivo, cultural e mecânico e químico (KATHIRESAN, 2007).

O método de controle preventivo está na premissa de evitar a introdução, o estabelecimento e a disseminação de novas espécies de plantas daninhas, uma vez que a erradicação é economicamente inviável em grandes áreas. Segundo Gazzieiro et al. (1989) a disseminação das plantas daninhas está intimamente ligada às atividades do homem, tais como: o uso de sementes contaminadas, máquinas agrícolas e animais. Algumas práticas preventivas para evitar a disseminação devem ser adotadas (Gazzieiro et al., 2001):

- Utilizar sementes de boa qualidade, provenientes de campos controlados e livre de disseminulos;
- Promover a limpeza rigorosa de todas as máquinas e de todos os implementos, antes de serem transportados para áreas onde não existam tais plantas daninhas, ou para onde ocorram em baixas populações, bem como não permitir que animais se tornem veículos de disseminação;
- Controlar o desenvolvimento das invasoras, impedindo, ao máximo, a produção de sementes e/ou estruturas de reprodução nas margens de cerca, estradas, terraços, pátios, canais de irrigação ou qualquer outro local da propriedade;

- Utilizar qualquer método para o controle dos focos de infestação, desde a catação manual até a aplicação localizada de herbicida e;
- Utilizar a rotação de culturas e de herbicidas como meio para diversificar o ambiente.

O método de controle cultural vem sendo utilizado por agricultores sem que tenham a noção de estar utilizando mais uma técnica de manejo de plantas daninhas. Esse método consiste na utilização das características da cultura e do meio ambiente que aumentem a capacidade competitiva das plantas de sorgo, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento. Entre as medidas culturais adotadas encontram-se: o uso de variedades adaptadas às regiões, o espaçamento da cultura, densidade de semeadura, época de semeadura adequada, uso de cobertura morta, alelopatia, rotação de culturas e adubações adequadas (KATHIRESAN, 2007).

O controle químico deve ser realizado com utilização de herbicidas registrados no Ministério da Agricultura para o controle das plantas daninhas. Karam (2004) ressalta que em alguns casos as Secretarias Estaduais de Agricultura podem baixar portarias proibindo o uso de determinados produtos.

Quando se pensa em controle químico de ervas daninhas, deve-se levar em consideração a seletividade do herbicida frente a cultura, a eficiência no controle das principais espécies daninhas que estão presentes na área da cultivo e o efeito de resíduos no solo evitando a fitotoxicidade nas culturas utilizadas em sucessão ou em rotação. Estas observações permitirá evitar perdas de lavouras, pelo uso de produtos inadequados, principalmente com aqueles que são indicados para outras culturas como, por exemplo a cultura do milho (MOREIRA, 2004).

Na aplicação, deve-se atentar para as condições meteorológicas, como temperatura, umidade relativa do ar, ocorrências de vento e de chuva, bem como para as condições do solo e das plantas. Para se aplicar herbicidas de pré-emergência, deve-se conferir, especialmente, a condição de umidade do solo, evitando-se aplicar quando houver deficiência de umidade. Para aplicações em pós-emergência devem ser observadas as condições em que se encontram as plantas daninhas, evitando-se aplicar herbicidas sob situação de estresse. É importante averiguar a persistência dos herbicidas no solo, uma vez que diversos produtos apresentam potencial de danificar culturas semeadas em sucessão. Na escolha de um herbicida, também se deve atentar para o intervalo de segurança, que se refere ao período de tempo decorrente entre aplicação do herbicida e colheita da cultura (FEPAGRO, 2005).

O surgimento de plantas daninhas resistentes aos herbicidas depende de vários fatores, como adaptabilidade ecológica e capacidade de reprodução da espécie, dormência e longevidade das sementes da espécie ou do biótipo sob seleção, frequência na utilização de herbicidas que possuam o mesmo mecanismo de ação, eficácia do herbicida e sua persistência no solo e métodos adicionais empregados no controle de plantas daninhas (FEPAGRO, 2005). Na tabela 1 são apresentadas alternativas de herbicidas disponíveis para o controle de plantas daninhas na cultura do sorgo.

Tabela 1: Herbicidas registrados e indicados para o controle de plantas daninhas na cultura do sorgo **Fonte:** FEPAGRO, 2005.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Formulação ¹ e concentração (g L ⁻¹ ou kg ⁻¹)	Dose de aplicação (kg ou L ha ⁻¹)	Época de aplicação ²
Atrazine	Atrazina Nortox 500 SC	SC 500	3,0 – 6,5	Pré/Pós
	Atrazinax 500	SC 500	3,0 – 6,5	Pré/Pós
	Gesaprim GrDa	WG 880	2,0 – 3,0	Pré/Pós
	Gesaprim 500 Ciba-Geigy	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós
	Herbitrin 500 BR	SC 500	4,0 – 8,0	Pré
	Proof	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós
	Siptran 500 SC	SC 500	3,4 – 6,2	Pré/Pós
	Siptran 800 WP	WP 800	2,0 – 5,0	Pré/Pós
Atrazine + simazine	Extrazin SC	SC 250 + 250	3,6 – 6,8	Pré
2,4 – D (amina)	Herbi D-480	SL 480	3,0 – 4,5	Pré/Pós
Linuron	Afalon SC	SC 450	1,6	Pós
Paraquat	Gramoxone 200	SL 200	1,5 – 3,0	Pós (ervas)
Simazine	Herbazin 500 BR	SL 500	3,0 – 5,0	Pré
	Sipazina 800 PM	WP 800	2,0 – 5,0	Pré

¹ SC/SL= Concentrado Solúvel; WG = Granulado Dispersível; WP = Pó Molhável.

² Pré = Pré-emergência; Pós = Pós-emergência; Pós(ervas) = Pós-emergência na ausência da cultura ou dirigida.

O controle das plantas daninhas na cultura do sorgo por pequenos produtores, também pode ser feito através da prática de capina manual, esta sendo muito viável em pequenas áreas, onde se dá preferência à utilização dos recursos já existentes na propriedade. Como também pode-se utilizar o auxílio de ferramentas e implementos, capina mecânica (KATHIRESAN, 2007).

A capina manual vem sendo um método muito utilizado em pequenas propriedades. Geralmente, os produtores utilizam duas a três capinas com enxada durante os primeiros 40 a 50 dias da lavoura. A partir daí, o crescimento da cultura contribuirá para a redução das condições favoráveis à germinação e ao desenvolvimento das plantas daninhas. A capina deve

ser realizada evitando solos úmidos, preferencialmente em dias quentes e secos. Cuidados devem ser tomados para evitar danos às plantas do sorgo. Esse método de controle demanda grande quantidade de mão-de-obra, visto que a produtividade dessa operação é de aproximadamente 8 dias-humem há⁻¹ (SILVA et al., 1986).

A capina mecânica usando o cultivador, tracionado por animais ou tratores, ainda é o sistema mais utilizado no Brasil. As capinas mecânicas, assim como as manuais, devem ser realizadas nos primeiros 40 a 50 dias após a emergência da cultura. Nesse período, os danos ocasionados à cultura são minimizados, comparados com os possíveis danos (quebra e arranquio de plantas) decorrentes de campinas realizadas tardiamente. O cultivo deve ser realizado superficialmente, de preferência em dias quentes e secos, com solo seco, aprofundando-se as enxadas o suficiente para o arranquio ou o corte das plantas daninhas. As capinas mecânicas são geralmente realizadas com enxadas do tipo asa-de-andorinha ou picão, produtividade desse método é de aproximadamente 0,5 a 1 dia-homem ha⁻¹ (tração animal) e 1,5 a 2,0h ha⁻¹ (mecânizada) (SILVA et al., 1986).

O manejo integrado de plantas daninhas combina as diversas práticas de controle, sendo as mais importantes às capinas e os métodos mecânicos ou químicos, realizadas no momento adequado (FREITAS et al., 2004). Porém quando se faz a utilização do controle químico como parte do controle integrado de plantas daninhas, pode ocorrer reações aleloquímicas dentro da cultura do sorgo. O que se observa nos trabalhos é que a seletividade dos produtos utilizados para o controle de plantas daninhas na cultura do sorgo é de essencial importância; apesar de ser uma cultura que possui grande número de substâncias aleloquímicas sofrendo muito com o efeito dos produtos químicos, apresentando sintomas de fitotoxicidade, chegando a índices de 72,5% de fitotoxidez, causando danos à produção (MACHADO, 2006).

3.6. Melhoramento Genético

Países como México, Nigéria, EUA e Sudão são os maiores produtores de sorgo do mundo, sendo responsáveis por 66% da produção mundial. Estes países investem muito em programas de melhoramento da cultura, através de pesquisas, estudos, banco de germoplasma, visando produzir cultivares que possuam maiores valores nutricionais, melhor qualidade e desenvolvimento. As primeiras pesquisas realizadas no programa de melhoramento do sorgo foram feitas pelos EUA, baseando largamente na seleção de mutações e cruzamentos naturais,

em meados de 1914, dando início a todos os programas de melhoramento genético da cultura do sorgo em todo mundo (MAXIAGRO, 2014).

No Brasil, a Embrapa Milho e Sorgo vem desenvolvendo trabalhos visando a introdução, a adaptação e o desenvolvimento de cultivares, principalmente de sorgo granífero, forrageiro e sacarino com alto rendimento e tolerância a condições de estresses bióticos e abióticos. Trabalhos estes que tem possibilitado a obtenção e o lançamento de cultivares com valores agregados que permite melhor desempenho da cultura nas condições predominantes de cultivo das regiões produtoras (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2009). O Brasil conta com acessos introduzidos da África, dos Estados Unidos, da Europa e da Ásia. A Embrapa, criada em 1973, abriga um considerável banco de germoplasma de sorgo, e os programas de melhoramento sob a sua coordenação evoluíram na caracterização e seleção de materiais superiores (EMBRAPA, 2012).

O sorgo sacarino vem sendo utilizado para a produção de etanol de primeira e de segunda geração, sendo amplamente estudado pelo Programa de Melhoramento Genético do Sorgo (PMGS) da Embrapa. O desenvolvimento de novas variedades e híbridos dessa matéria-prima vem sendo realizado com o objetivo de aumentar a capacidade de produção do álcool (GOMES et. all., 2011). Além disso, a redução dos custos de obtenção de etanol pode ser alcançada através da melhoria da qualidade da matéria-prima (LORENZ, et. all., 2009).

A Embrapa iniciou na década de 1970 um programa de melhoramento de cultivares de sorgo sacarino, onde naquele momento o Governo Federal implantou o Pró-Álcool, incentivando assim, as micro e minidestilarias com capacidade de 100 a 1000 litros/hora, respectivamente, que utilizariam o sorgo sacarino como matéria-prima. No ano de 1975, o governo de Ernesto Geisel criou o Programa Nacional do Álcool, o Proálcool, com o intuito de substituir combustíveis derivados do petróleo, como a gasolina, por uma fonte alternativa e renovável. Dois anos antes, o mundo passava por uma grave crise do petróleo. O alto preço do barril estimulou o governo brasileiro a criar regras para que, num primeiro momento, o álcool anidro fosse adicionado à gasolina como forma de diminuir a importação dos barris em meio às crises no Oriente Médio. Devido ao alto custo da gasolina, o governo ordenou que as pessoas fizessem economia de combustível, ideia que demorou um pouco para ser assimilada. Em cerca de dois anos, nove reajustes no preço da gasolina foram anunciados por Geisel. Até o governo de Figueiredo, o Proálcool não passava de uma promessa. Lançado o desafio, as

medidas iniciais previam a instalação de novas usinas de álcool e a modernização da infraestrutura já em funcionamento (VEIGA FILHO, 2006).

Em 1979, ocorre um novo choque do petróleo, e no início dos anos 1980 o álcool mostra sinais de tornou-se uma ideia de sucesso como combustível alternativo. Um quarto dos carros vendidos no país em 1981 era movido a álcool. Para o ano seguinte, o governo federal aprovou a montagem de 292 destilarias. O petróleo passou por um momento de queda abrupta no mercado internacional em 1985, quando os produtores nacionais de álcool produziram menos, de olho nas vantagens de se investir em açúcar. O Proálcool chega aos anos 1990 consumindo mais de 10 bilhões de dólares dos cofres públicos. Com o álcool subsidiado, a Petrobras cobre os custos de produção e acumula um prejuízo de mais de 600 milhões de dólares desde 1981. Para manter o álcool atraente, o governo mantém o preço da gasolina artificialmente alto - um dos mais caros do mundo. O Proálcool é finalmente revisto em 1995, ano em que as montadoras registraram queda na produção de veículos movidos a álcool. Atualmente, a iniciativa privada é responsável por crescentes investimentos no álcool como combustível e fonte energética. O sucesso estrondoso do carro flex superou todas as expectativas. Na segunda metade da década de 2000, ele já representava mais de 80% de toda a produção automobilística, fruto de investimentos e avanços científicos (VEIGA FILHO, 2006).

Inicialmente a Embrapa introduziu 50 genótipos do USDA-Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, da África e da Índia, que foram caracterizados agronomicamente, e foram estabelecidos importantes índices de indústria para estes materiais. No início da década de 1980, a Embrapa selecionou variedades de sorgo sacarino – BR 500, BR 501, BR 502, BR 503, BR 504 e BR 505, que foram derivadas das variedades Rio, Brandes, Roma, Theis, Dale e Wray, respectivamente, com produtividade de colmo superior a 40 t há^{-1} e teor de sólido solúveis médios entre 18 e 20° Brix. Sendo desenvolvidas a partir de 1987, variedades e híbridos com potencial superior para a produção de etanol, dentre estes materiais pode-se citar as variedades BR 506 e BR 507, e os híbridos BRS 601 e BRS 602. Na década de 1990, ocorreu a desaceleração do programa de pesquisa de híbridos de sorgo sacarino para a produção de etanol, devido a estagnação do Pró-Álcool, este sendo retomado no ano de 2003 e intensificado a partir de 2008 (EMBRAPA, 2012).

Atualmente, o programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo busca o desenvolvimento de variedades e híbridos de sorgo sacarino e estabeleceu nos seus programas as seguintes metas de produtividade e qualidade (Tabela 2): produtividade mínima de biomassa – de 60 t.ha^{-1} extração mínima de açúcar total de 120 kg t^{-1} biomassa, considerando

a eficiência de extração de 90-95%; conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; produção mínima de etanol de 60 l t⁻¹ biomassa; Período de Utilização Industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 100 kg t⁻¹ biomassa (EMBRAPA, 2012).

Tabela 2: Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino propostas para o programa de melhoramento de sorgo sacarino da EMBRAPA (Schaffert et al., 2011).

Característica	Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino		
	1975	2011	(Futuro)
Rendimento mínimo de biomassa* t ha ⁻¹ (t ha ⁻¹ /mês)	40 (10)	50-60 (12-15)	80 (20)
Brix mínimo* (grau°, 245 kg cm ⁻¹ /60 seg)	16-17	18-19	20-22
Pico Brix (grau°)	21	23	23
Mínimo de extração de açúcar total* (kg t ⁻¹ biomassa)	80	100-120	120-150
Eficiência de extração (%)*	60-65	90-95	95
Teor mínimo de açúcar total no caldo (%)**	12,5	14	14-16
Rendimento mínimo de Álcool** (L t ⁻¹ biomassa)	40	60-70	70-85
Eficiência de fermentação (%)**	90	95	95
Eficiência de destilação (%)**	90	95	95
Eficiência Industrial (%)**	81	90	90
Período de Utilização Industrial (PUI, dias)*	30	30	30
Tipo de cultivar*	Variedade	variedade	variedade e híbridos

Parâmetros: *Agrônômico; **Industrial

Inserido no contexto da região Nordeste, o Instituto Agrônômico de Pernambuco vem trabalhando na busca de materiais genéticos cada vez mais eficientes, quanto à tolerância aos fatores ambientais inerentes a essa região, tais como: estresse hídrico e salino, ataque de pragas e doenças, entre outros. Portanto, faz necessário efetuar a avaliação desses genótipos, nos mais variados ambientes dessa ampla região, com o propósito de determinar o desempenho deles no que tange às produções de matéria verde e matéria seca (REIS, 2006).

3.7. Importância da produção do Bioetanol

A principal fonte de energia do mundo moderno é o petróleo, este alcançou uma posição de destaque nestas últimas décadas, devido ao seu preço relativamente baixo, e facilidades de exportação e transporte. No entanto, com a diminuição de reservas fósseis e a elevação dos custos para sua obtenção, aliado a crescente preocupação com a preservação ambiental, vêm exigindo soluções tecnológicas imediatas para a substituição dessa fonte de energia (LEITE et. al., 2007). Soluções estas que podem ser baseadas em algumas fontes

alternativas, que em longo prazo e com pouco impacto econômico poderá ser utilizada, assim fazendo-se a transição para uma nova era de energias mais limpas e renováveis (CONAB, 2008). Portanto, deve-se produzir com base em matéria orgânica renovável, a chamada bioenergia.

A bioenergia, desde que haja terras livres para cultivo, clima adequado e conhecimento suficiente para aplicá-la, representa a melhor alternativa para captar e armazenar a energia solar. Energia esta que na forma de biocombustível, sendo produzida com eficiência e sustentabilidade, pode atender às demandas, reduzindo as emissões de gases do efeito estufa, podendo assim também melhorar a qualidade do ar nas metrópoles e competir em preço com as energias convencionais (BNDES, 2008; CGEE, 2008; FAO, 2008; CEPAL, 2008).

Atualmente ocorre diversas formas de se produzir biocombustível, porém o que mais se destaca é o bioetanol devido a efetiva inserção na matriz mundial e ao avanço no modo de processamento e obtenção do mesmo. Dependendo da matéria-prima da qual é obtido, o etanol pode ser classificado como, etanol de primeira geração de tecnologia, quando é obtido à base de açúcares simples, tais como cana-de-açúcar, sorgo sacarino e beterraba sacarina, sofrendo a fermentação direta desses açúcares. O segundo é derivado de materiais amiláceos como grãos de milho e trigo. O terceiro é produzido a partir de materiais lignocelulósicos, incluindo resíduos de culturas (por exemplo, palha de arroz, bagaço de cana-de-açúcar e palha de milho) e materiais lenhosos. Estes dois últimos, também podem ser chamados de etanol de segunda geração de tecnologia, devido a matéria-prima passar por um processo de hidrólise (ácida ou enzimática), antes da fermentação, para quebrar os polissacarídeos em açúcares fermentáveis (BNDES, 2008; CGEE, 2008; FAO, 2008; CEPAL, 2008).

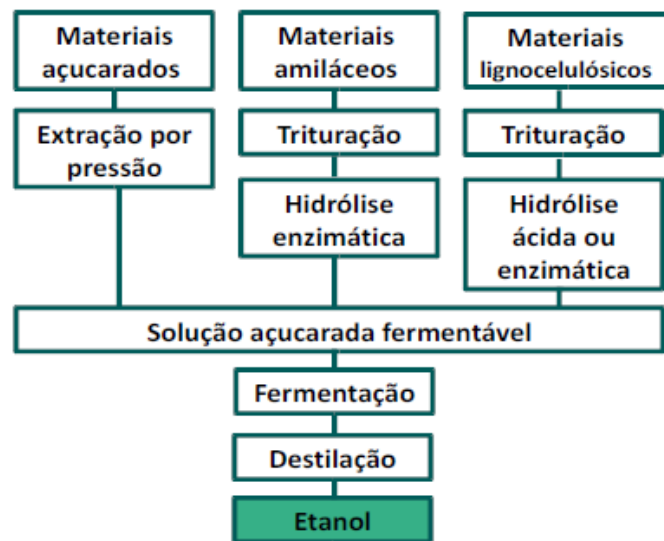


Figura 5: sínteses das rotas tecnológicas de obtenção de etanol (CONAB, 2008).

O Brasil ocupa posição privilegiada, quando se trata em produção de bioetanol, sendo o segundo maior produtor mundial de etanol de primeira geração (produzido a partir da fermentação do caldo) (NOVA CANA, 2014). Mesmo a produção de etanol a partir do caldo de cana-de-açúcar seja um processo bem estabelecido no Brasil, com os menores custos, a maior produtividade e o melhor balanço energético do mundo, ainda há espaço para crescimento (FIEMG, 2014).

A produção de etanol é passível de melhorias, portanto maiores investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação são precisos, tanto pela busca de matérias-primas alternativas, que complementem a produção do álcool, quanto pelo desenvolvimento científico e tecnológico para obtenção do etanol a partir do bagaço que contém celulose e hemicelulose, obtendo-se o etanol lignocelulósico.

3.8. Perspectivas do Sorgo Sacarino na Produção de Etanol

Levando em consideração o processo industrial na produção de etanol, ocorre pouca diferença quando se utiliza o sorgo sacarino em substituição a cana-de-açúcar (Tabela 3). A matéria-prima quando chega à indústria é quantificada, retirando-se aleatoriamente amostras para a determinação da qualidade através de ensaios laboratoriais. As análises realizadas para o sorgo sacarino seguem o mesmo procedimento já adotado na usina (EMBRAPA, 2012).

Tabela 3: Parâmetros de interesse industrial para sorgo sacarino e cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2012).

Parâmetro	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
ART (Açúcares Redutores Totais) caldo (%)	12 – 17	15 – 24
Amido caldo (%)	0,1 – 0,5	0,001 – 0,05

ZHAO et al., (2009) ao avaliarem três épocas de corte em cinco cultivares de sorgo sacarino, após o florescimento (0, 20 e 40 DAF), obtiveram rendimentos entre 1.281 L ha⁻¹ e 5.414 L ha⁻¹ de etanol.

PARRELLA et. al., (2010) ao avaliarem o desempenho de 25 cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes, com objetivo de produzir etanol, obtiveram rendimentos entre 40 e 70 litros do biocombustível por tonelada de biomassa.

Avaliações do processo industrial, em usinas de grande porte, com cultivares de sorgo sacarino encontraram rendimentos de até 60 litros por tonelada de sorgo sacarino processado. Rendimentos estes obtidos em usinas que processaram o sorgo pela primeira ou segunda vez (EMBRAPA, 2012).

Baseando na tabela de preços atuais, a produção de 45 a 50 t ha⁻¹ de biomassa e 2400 L ha⁻¹ de etanol em usina com cogeração de energia torna viável o sorgo sacarino. Entretanto com a inserção destes programas de melhoramento, poderá se desenvolver através de pesquisas, novas cultivares com potencial de produzir 80 t ha⁻¹ de biomassa, 5.500 l ha⁻¹ de etanol de 1ª geração e 3.000 L ha⁻¹ de etanol de 2ª geração (etanol celulósico), sendo justamente esse potencial que fez surgir o grande interesse na cultura (MIRANDA et al., 2012).

4. Referências Bibliográfica

- BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos), FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe). Bioetanol de cana-de-açúcar – Energia para o desenvolvimento sustentável, Rio de Janeiro, 2008.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Central de informações agropecuárias. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_12_38_56_boletim_portugues_outubro_2013.pdf. Acesso em: 07 fev. 2014.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). O etanol como combustível universal, Brasília, 2008.
- CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. **Produção de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2001, p.440-441.
- DAJUI, L. (1995) Developing sweet sorghum to meet the challenge of food, energy and environment. Acesso em 13 jun. 2014. Online: Disponível em: http://www.ifad.org/events/sorghum/b/LiDajue_developing.pdf
- DICKO, M.H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN ,A. G. J.; BERKEL, W. J. H.Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal Biotechnology**, v. 5, n.5, p. 384-395, 2006.
- DONATELLI, M.; HAMMER, G. L.; VANDERLIP, R. L (1992). Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. *Crop Science*, Madison, 32:781-786.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Processamento industrial do sorgo sacarino*, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2p., 2012.

EMBRAPA Milho e Sorgo-Sistemas de Produção, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5ª edição Set./2009 Produção de sorgo.

EMBRAPA, Cultivo do sorgo: sistema de produção, 4.ed, 2008. Versão Eletrônica. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/ecofisiologia.htm Acesso em: 07 fev. 2014.

EMYGDIO, B.M. Produção de etanol a partir de sorgo sacarino. 2010. Disponível em: www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm. Acesso em: 7/2/2014.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT 2014. Disponível em: www.faostat.org/site/567/ Acesso em: 05 jun. 2014.

FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais), Núcleo de inteligência Competitiva- bioetanol, Etanol de segunda geração (2014). <http://www.fiemg.org.br>, Acessado em junho de 2014.

FREITAS, R. S. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da mandioquinha-salsa. Planta Daninha, v. 22, n. 4, p. 499-506, 2004.

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPATRO. **Indicações técnicas para cultivo de milho e sorgo no Rio Grande do Sul 2005/2006**. Porto Alegre: FEPAGRO/Emater-RS/ASCAR, 2005. 155 p.

GAZZIEIRO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; PRETE, C. E. C.; et al. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 2001. P. 59 (Embrapa-CNPSO. Circular Técnica, n. 33).

GAZZIEIRO, D. L. P.; GUIMARÃES, S. C.; PEREIRA, F. A. R. **Plantas daninhas: cuidado com a disseminação**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1989. Folder.

GOMES, A.; RODRIGUES, D; OLIVEIRA, P. Caracterização do sorgo para a produção de etanol, Agroenergia em Revista, 3ª ed., Brasília: Embrapa Agroenergia, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Janeiro 2014. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201001_5.shtm, acesso em: 06 jun. 2014.

ITAVO, C.C.B.F.; MORAIS, M.G.; ÍTAVO, L.C.V.; SOUZA, A.R.D.L.; DAVY, F.C.A.; BIBERG, F.A.; ALVES, W.B.; SANTOS, M.V. Consumo e digestibilidade de nutrientes de dietas com silagens de grãos úmidos de milho ou sorgo, em ovinos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 2, p.452-459, 2009.

KARAM, D.; LARA, J.F.R.; MAGALHÃES, P.C. PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, M.B. Seletividade de carfentrazone-ethyl aos milhos de doce e normal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. V.3, 2004.

KATHIRESAN, R. M. Integration of elements of a farming system for sustainable weed and pest management in the tropics. *Crop Protec.*, v. 26, n. 3, p. 424-429, 2007.

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

LORENZ, A.J.; ANEX, R.P.; ISCI, A.; COORS, J.G.; LEON, N.; WEIMER, P.J.; Forage quality and composition measurements as predictors of ethanol yield from maize (*Zea mays* L.) stover, *Biotechnology for Biofuels*, 2 (2009) 1-8.

MACHADO, A. F. L.; CAMARGO, A. P. M.; FERREIRA, L. R.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G. Misturas de herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura do feijão. *Planta Daninha*, v. 24, n. 1, p. 107-114, 2006

MACHADO, J. R., J. NAKAGAWA, C. A. ROSOLEM & O. BRINHOLI. 1987. Épocas de semeadura de sorgo sacarino em São Manuel e Botucatu, Estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 22 (9/10): 951-958.

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

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; RODRIGUES, J.A.S. (2011) Ecofisiologia, In: Cultivo do Sorgo, Sistemas de Produção, 2, 7 ed. Acesso em: mai. 2014. Online. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/index.htm.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. *Plant Physiology*, Bethesda, 96:198-207, 1991.

MAXIAGRO. Sementes e Cereais, 2014. Disponível em <http://www.maxiagrors.com.br/index.php?id=2,12,0,0,1,0>. acesso em: 20 abr. 2014.

MENEZES, L.F.G.; SEGABINAZZI, L.R.; BRONDANI, I.L.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M.Z.; KUSS, F.; PACHECO, P.S.; ROSA, J.R.P. Silagem de milho e grão de sorgo como suplementos para vacas de descarte terminadas em pastagem cultivada de estação fria. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 1, p. 182-189, 2009.

MIRANDA, R.A.; KAUPERT, A.; PRINCE, F.; PIMENTEL, F.; GARCIA, J.C. Agronegócio do Sorgo Sacarino no Brasil: Aspectos econômicos, In: May, A.; DURÃES, F. O. M.; VASCONCELLOS, J.H.; PARRELLA, R.A.C; MIRANDA, R.A. Anais [do] I Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino, Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, p. 71-78, 2012.

MOREIRA, S. G., **Controle de plantas daninhas na cultura do sorgo**, 2004. Versão Eletrônica. Disponível em: <http://rehagro.com.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=39>. Acesso em: 13 fev. 2014.

NOVA CANA <<http://www.novacana.com/n/etanol/mercado/futuro/eua-projecao-futuro-mercado-etanol-190213/#>> Acessado em junho de 2014.

PARRELLA, R.A.C.; MENEGUCHI, J.L.P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A.R.; PARRELLA, N.L.D.; RODRIGUES, J.A.S.; TARDIN, F.D.; SCHAFFERT, R.D. Desempenho de

cultivares de sorgo sacarino em diversos ambientes visando produção de etanol. *Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 28; *Simpósio Brasileiro sobre Lagarta do Cartucho*, 4, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 256-263., 2010.

PRASAD, S.; SINGH, A.; JOSHI, H. C. (2007) Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. *Resources Conservation and Recycling*, Heidelberglaan, 50:1-39.

REIS, R. A., TEIXEIRA, I. A. M. de A., SIQUEIRA, G. R. Impacto da qualidade da forragem na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.580-608, 2006.

RIBAS, P.M. **Cultivo do sorgo.** 2008. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/plantio_plantio.html Acesso em: 07 fev. 2014.

RODRIGUES FERREIRA,S. M.;LUPARELLI, P. C.;SCHIEFERDECKER,M. E. M.; VILELA, R. M. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 59, n. 4, p. 2010.

RODRIGUES FILHO, O., FRANÇA, A.F.S., OLIVEIRA, R.P., OLIVEIRA, E.R., ROSA, B.SOARES,T.V.; MELLO, S.Q.S. Produção e composição de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghumbicolor* L. Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**,Goiânia, v.7, n.1, p.37-48, 2006.

RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; NOGUEIRA, F. A. S. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores e tanino e de umidade no colmo I-pH e teores de matéria seca e de ácido graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 51, p.485-490, jan. 1999.

SÁNCHEZ, O. J. E CARDONA, C. A. (2008), Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks, *Bioresource Technology*, v.99, n.13, p. 5270-5295.

SANTOS, F.G.; COSTA, E.F.; RODRIGUES, J.A.S.; LEITE, C.E.P.; SCHAFFERT, R.E. Avaliação do comportamento de genótipos de sorgo para resistência à seca. In: CONGRESSO

NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., Londrina, 1996. **Resumos...** Londrina: IAPAR,1996. p.32.

SCHAFFERT, R.E., PARRELLA, R.A. DA C., MAY, A., DURÃES, F.O.M. (2011) Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. *Agroenergia em Revista*. – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília, 3:47.

SCHOBERT, T. J.; BEAN, S. R. ; BOYLE, D. L. Gluten-Free Sorghum Bread Improved by Sourdough Fermentation: Biochemical, Rheological, and Microstructural Background. **J. Agric. Food Chem.**,v. 55, p.5137-5146, 2007.

SILVA, J. B.; PASSINI, J.; VIANA, A. C. **Controle de plantas daninhas na cultura do sorgo**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 144, p.43-45, 1986

TABOSA, J. N.; REIS, O. V.; BRITO, A. R. M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLÍCIO, J. B.; OLIVEIRA, J. A. C.; SILVA, F. G.; AZEVEDO NETO, A. D.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A.; FILHO, J. J. T.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, L. E.; CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, L. R. **Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em Diferentes ambientes agroecológicos dos estados de Pernambuco e alagoas**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, n.2, p.47-58, 2002.

TABOSA, J.N. **Fenologia da planta de sorgo**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, 2011. 1p.

TAYLOR, J. R.N.; SCHOBERT, T. J.; BEAN, S.R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. **Journal of Cereal Science**, v.44, p. 252–271, 2006.

VEIGA FILHO, A. A.; RAMOS, P. **Proálcool e evidências de concentração na produção e processamento de cana-de-açúcar**. Informações Econômicas, SP, v.36, n.7, jul. 2006.

VON PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C. **Cultura do sorgo**. Lavras: UFLA, 2002. 76p.
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 111: 55–64.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E PARÂMETROS GENÉTICOS DE NOVAS PROGÊNIES F6 DE SORGO SACARINO PARA A ZONA DA MATA PERNAMBUCANA

**CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA E PARÂMETROS GENÉTICOS DE NOVAS
PROGÊNIES F6 DE SORGO SACARINO PARA A ZONA DA MATA
PERNAMBUCANA**

Resumo

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as características produtivas e as estimativas de parâmetros genéticos de novas progênies F6 de sorgo sacarino obtidas pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Pernambuco. Em fevereiro de 2014 foi instalado um experimento no IPA - Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE, onde foram avaliadas as características agroindustriais: altura média das plantas (AMP), em centímetros; floração (FL), em número de dias; produção de matéria verde total (PMV), em t.ha⁻¹; produção de colmo (PCL), em t.ha⁻¹; Porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL), em porcentagem, de 80 genótipos dos quais, 65 progênies e 15 variedades testemunhas, em delineamento estatístico de blocos casualizados, com 3 repetições. Com os dados obtidos foi executada a análise de variância, parâmetros genéticos, as médias pelo teste de SCOTT & KNOTT a dois níveis de significância, 1% e 5% de probabilidade e a estimativa de correlação genética de Pearson a dois níveis de significância, 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de t-student. Observou-se alta herdabilidade entre as progênies avaliadas, assim como boas variabilidades, mostrando-se bons materiais para a continuação do melhoramento desta cultura. Obtiveram-se ganhos genéticos satisfatórios a partir da produção de matéria verde total e da produção de colmo, mostrando-se promissora para a produção de etanol. Recomendou-se como variedades de dupla aptidão de ciclo intermediário para a Zona da Mata de Pernambuco, as progênies 258 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013 e 292 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referentes ao tratamento 53 e 61 respectivamente. Foram indicadas para lançamento nesta mesma região, como variedades com bons rendimentos de etanol de 1º e 2º geração as progênies 258 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013 de ciclo muito tardio e 292 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013 de ciclo intermediário, referente aos tratamentos 54 e 60 respectivamente. A seleção indireta pode ser realizada com todos os parâmetros exceto a porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL).

Palavras-Chave: *Sorghum bicolor* (L) Moench, produção de etanol, bioenergia, parâmetros genéticos

**PHENOTYPIC AND GENETIC CHARACTERIZATION PARAMETERS F6
PROGENIES OF NEW SWEET SORGHUM FOR THE PERNAMBUCO ZONA DA
MATA**

Abstract

The present study was performed to evaluate production traits and estimates of genetic parameters of new F6 progenies of sorghum obtained by breeding the Pernambuco Agricultural Institute Enterprise - IPA. In February 2014 an experiment was carried out in IPA - Experimental Station Vitória de Santo Antão -PE, where agribusiness characteristics were evaluated: plant height (AMP), in cm; flowering (FL), in days; Total production of green matter (PMV) in t.ha⁻¹; production of stem (PCL) in t.ha⁻¹; Percentages of stem in total production of green matter (% CL), in percentage, 80 genotypes of which 65 progenies and 15 witnesses varieties in statistical randomized block design with 3 replications. With the data obtained was performed variance analysis, genetic parameters, the means by SCOTT & Knott test at two significance levels of 1% and 5% probability and the estimated genetic correlation Pearson at two levels of significance, 1% and 5% probability by the Student t test. High heritability was observed between progenies as well as good variability, being good materials for the continued improvement of this crop. Yielded satisfactory genetic gains from the total green matter production and the production of stem, showing up promising for the production of ethanol. It was recommended as a dual purpose varieties intermediate cycle for the Forest Zone of Pernambuco, the progenies 258 Vit2010 - Ca2011 - 02 Vit2013 and 292 Vit2010 - Ca2011 - 03 Vit2013 regarding the treatment 53 and 61 respectively. Progenies were listed for release in the same region as varieties with good yields of ethanol from 1st and 2nd generation 258 Vit2010 - Ca2011 - 03 Vit2013 cycle too late and 292 Vit2010 - Ca2011 - 02 Vit2013 intermediate cycle, referring to treatments 54 and 60 respectively. Indirect selection can be performed with all parameters except the percentage of stem to produce total green matter (% CL).

Keywords: Sorghum bicolor (L) Moench, ethanol production, bioenergy, genetic parameters.

1. INTRODUÇÃO

A bioenergia vem sendo utilizada em larga escala na matriz energética mundial, esta sendo uma alternativa de combustível limpo em substituição às energias convencionais. O uso como fonte de energia renovável contribui para a redução da emissão de dióxido de carbono no ar atmosférico (GIACOMINI et. al., 2013).

Além das diversas matérias-primas renováveis para a produção de etanol, o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ganha destaque no cenário nacional brasileiro, principalmente nas áreas da zona da mata nordestina onde a cana-de-açúcar já não apresenta produtividade satisfatória, e no semiárido (mesorregiões do sertão e do agreste), onde podemos citar mais especificamente o estado de Pernambuco que apresenta 83% de sua área física nesta mesorregião, onde a distribuição irregular das chuvas limita a maioria dos cultivos, principalmente o milho.

Por apresentar sistema de cultivo e tratos culturais, que podem ser facilmente adaptados aos existentes na cultura do milho e da cana-de-açúcar (Souza, 2011; Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). Além de ciclo curto, sendo adaptado às condições climáticas que nem sempre são ideais a outras culturas, o sorgo tem atraído o interesse na produção de biomassa (ROHOWSKY et al., 2012).

O sorgo sacarino surge como uma cultura complementar na produção de bioetanol, podendo ser cultivado na entressafra da cana-de-açúcar. Apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentescíveis, e pode servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar (ANANDAN et al. 2012).

A cultura vem demonstrando ser economicamente viável, tanto observando o ponto de vista agrônomo, quanto industrial. Destacando-se a sua utilização como matéria-prima para se produzir bioetanol, assim como a elevada produtividade conseguida em períodos compatíveis com o funcionamento das usinas e destilarias (IAP, 2006).

A sua utilização para a produção de etanol tem sido profundamente investigada e o desenvolvimento de novas variedades e híbridos vem sendo realizado com o objetivo de aumentar a produção de etanol por hectare. O aproveitamento de toda a matéria-prima (caldo, bagaço e folhas) é um dos fatores mais importantes para viabilizar a produção de etanol. A composição de cada uma destas frações definirá as etapas do processo a ser utilizado para a conversão da biomassa em etanol. (GOMES, 2011). Além disso, a redução dos custos de

obtenção de etanol pode ser alcançada através da melhoria da qualidade desta matéria-prima (LORENZ, et. al., 2009).

Portanto, comparando genótipos, podemos estimar características como produtividade de biomassa, Brix, concentração de açúcar e rendimento energético nas novas áreas de cultivo. Estudos de índices biométricos são necessários para que se possa conhecer a necessidade de determinado genótipo em estudo (BOLONHEZI et al., 2010).

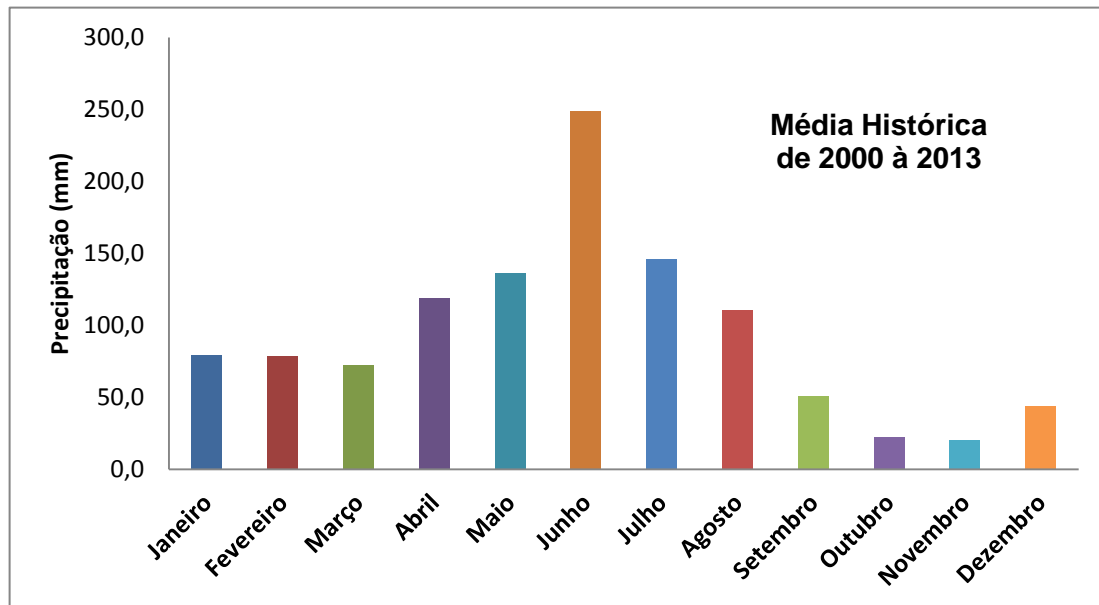
Considerando a necessidade de produzir bioenergia na entre safra da cana-de-açúcar, diminuindo o tempo ocioso por falta de matéria-prima nas usinas, o Instituto de Pesquisa Agronômica de Pernambuco (IPA) vem desenvolvendo novas variedades e híbridos, buscando assim maior produtividade de biomassa e bioetanol. O presente estudo objetivou avaliar o comportamento de genótipos de sorgo sacarino quanto à sua potencialidade de produção de biomassa e características tecnológicas para a produção de Bioetanol.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais

O experimento foi instalado no campo experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, no dia 17 de fevereiro de 2014, no município de Vitória de Santo Antão, na mesorregião Mata Sul e na Microrregião Vitória de Santo Antão do Estado de Pernambuco. O município limita-se a norte com Glória do Goitá e Chã de Alegria, a sul com Primavera e Escada, a leste com Moreno, Cabo e São Lourenço da Mata, e a oeste com Pombos. Dista 45,1 km de Recife, cujo acesso é feito pela BR-232, tem latitude 08°07'05" S e longitude 35°17'29" W Gr, com altitude em torno de 156 metros. Possui uma área de 344,2km², que representa 0,35% do Estado de Pernambuco. 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 1.100mm. Na Figura 1 é apresentada a precipitação média histórica de 2000 a 2013, e na Tabela 1 a média dos dados meteorológicos durante o período de realização do experimento.

Figura 1: Precipitação média histórica de 2000 a 2013, obtidos no IPA, Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE.



Fonte: IPA - Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

Tabela 1: Média dos dados meteorológicos da estação experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão – PE, observados no período do desenvolvimento da avaliação do sorgo sacarino.

	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Total
Precipitação (mm)	88,4	84,2	78,6	110,2	120,6	482,0
T.º Máxima (°C)	37,3	33,9	35,4	32,1	31,1	---
T.º Mínima (°C)	21,7	22,3	22,6	22,2	21,1	---
Umidade Relativa do Ar (%)	72	72	70	75	71	---

Fonte: IPA - Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

O solo do campo experimental foi classificado como o Latossolo Vermelho Distrófico, conforme (Embrapa, 2006). A caracterização química foi realizada em amostra composta do solo na camada de 0 a 20 cm, coletado em fevereiro de 2014. A análise foi realizada no

laboratório de fertilidade do solo do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), com sede na Avenida General San Martin, 1371 – Bongi – Recife/PE (Tabela 2).

Tabela 2: Análise de solo realizada na Área 1 (Bloco1) e na Área 2 (Blocos 2 e 3).

Área	P mg/dm ³	pH (H ₂ O)	-----Cmolc/dm ³ -----						-Cmolc/dm ³ -		(%)	
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	S	CTC	V	M
1	80	7,20	2,55	1,45	1,00	0,42	0,00	0,74	5,4	6,2	88	0
2	26	6,50	2,25	1,05	0,14	0,27	0,00	1,56	3,7	5,3	70	0

2.2. Experimento e tratos culturais

O experimento é composto por 65 progênies que são resultado da geração F6 do cruzamento entre duas variedades (IPA 467-4-2 X IPA 2502), onde a primeira variedade foi utilizada como parental masculino e a segunda como parental feminino, sendo obtidas em Vitória de Santo Antão – PE em 2010, testadas em Caruaru – PE em 2011 e novamente testadas em Vitória de Santo Antão – PE em 2013, mais 15 testemunhas que são variedades comerciais na região, incluindo nestas as duas variedades parentais (Anexo I).

Em campo, o experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, sendo composto por 80 tratamentos e 3 repetições (blocos), onde foram demarcados com placas identificadoras de PVC, totalizando 240 unidades experimentais (parcelas). As parcelas tiveram dimensões de 6,0 x 0,8m, com 4,80m² de área total, no qual cada tratamento (parcela) representava uma das 65 progênies ou uma das 15 testemunhas, a área útil da parcela considerada foi os 4m centrais de cada fileira, sendo eliminado 1m de cada bordaduras, perfazendo uma área útil da parcela de 3,20 m² (4 x 0,8m). A densidade de plantio utilizada foi de 12 plantas por metro linear, após o desbaste.

Inicialmente, foi realizada a limpeza da área, passando a roçadeira atrelada ao trator, logo após realizou o preparo do solo de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. Com base nos resultados da análise de solo (Tabela 2), não foi preciso fazer a correção de solo, sendo realizado nas áreas um controle de formigas cortadeiras com a utilização do formicida MIREX-S, que possui um tipo de formulação de isca granulada, sendo realizado antes do plantio e nos primeiros 15 dias após o plantio.

Demarcadas as áreas dos blocos e das parcelas, no dia 17 de fevereiro de 2014, foi realizado o plantio das 65 progênies mais as 15 variedades de acordo com o delineamento pré-

estabelecido, de forma manual, colocando-se de 20 a 30 sementes por metros linear a uma profundidade de 5 cm. As sementes foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Pesquisa - IPA. Seguindo a rotina de trabalho da estação experimental, foi montado o sistema de irrigação por microaspersão, também sendo aplicado na área herbicida à base de atrazina, na dosagem 200ml diluído em 20 litros de água, aplicado em regime de pré-emergência, realizado capinas manuais da área a cada 15 dias.

Com 15 dias após o plantio, foi realizado o desbaste das plantas em cada parcela, fazendo-se um replantio parcial em algumas parcelas, deixando apenas 12 plantas por metro linear. Com 30 dias após o plantio, foi realizada a primeira adubação de cobertura de acordo com as recomendações da análise de solo (Tabela 2). Aplicaram-se os nutrientes (NPK), conforme o Manual de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), para a cultura do sorgo sacarino, na formulação 40-00-18 a adubação foi realizada na base das plantas, repetindo o mesmo processo com 60 dias após o plantio.

Visando um possível ataque de pragas, 40 dias após o plantio fez-se a aplicação preventiva do inseticida decis, utilizando uma dosagem de 10ml diluído em 20 litros de água, aplicação esta que teve como referência ataques ocorridos em experimentos anteriores na mesma área.

2.3. Época de Colheita e Amostragens

As colheitas foram realizadas entre 05 de maio e 05 de junho de 2014, à medida que as plantas de cada parcela se encontrassem na fase de maturação fisiológica do grão (fase de grão leitoso – pastoso). Foram colhidos as plantas da área útil (quatro metros centrais de cada parcela), pesadas em balança de campo, separando-se uma amostra de 5 plantas para a determinações de peso, de folha, colmo e panícula.

2.4. Variáveis analisadas

Altura na colheita (cm): Distância média em centímetro da base rente ao solo até a extremidade das panículas, em três plantas escolhidas aleatoriamente na parcela útil.

Número de dias até 50% da floração: Contagem do número de dias do plantio até que a parcela apresentem 50% de suas plantas na fase de floração, sendo classificado em: superprecoce, precoce, intermediário, tardio, muito tardio.

Produção de Biomassa Total: Pesando em campo, todas as plantas da área útil de cada parcela, extrapolando para $t.ha^{-1}$.

Produção de Colmo por Hectare: Pesou-se em balança digital, uma amostra de 5 plantas da área útil de cada parcela, após separação e pesou-se cada parte (colmo, folha e panícula), estipulando a porcentagem de cada parte em relação a amostra colhida. Partindo da porcentagem de peso verde dos colmos encontrados nesta amostra, estima-se o peso em toneladas por hectare de colmos, referente à produção de biomassa total em cada parcela.

Relação (%) Peso dos Colmos ($t.ha^{-1}$) / Produção Total de Biomassa ($t.ha^{-1}$): Após a estimativa de produção dos colmos por hectare e de toda a biomassa produzida por hectare, calcula-se a relação entre estas pela seguinte equação:

Em que:

$$\% \text{ Relação} = (PC/PTB) \times 100$$

PC = Produção dos Colmos ($t.ha^{-1}$);

PTB = Produção Total de Biomassa ($t.ha^{-1}$)

2.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott - Knott 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. Os parâmetros genéticos, assim como as estimativas de correlações genéticas entre os pares de caracteres, foram avaliados com a utilização do programa computacional genético – estatístico GENES (CRUZ, 2006).

Foram realizadas as análises de variância, determinados os parâmetros genéticos e feitas as estimativas de correlação genotípicas para todas as variáveis em estudo: Altura média de planta (AMP), Dias até o florescimento (FL), produção de matéria verde total (PMV) e produção de colmo (PCL), porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL)

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita (o aumento de uma característica implica o aumento da outra) e o valor -1 também indica uma relação linear

perfeita mas inversa, ou seja quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis.

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). A significância das correlações foi avaliada pelo teste t-student , a dois níveis de significância 1 e 5% de probabilidade ($p < 0,01$ e $p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram coletados e analisados visando à produção de biomassa para a produção de etanol, proporcionando os resultados da análise de variância, parâmetros genéticos, valores médios e estimativas de correlação genética das variáveis consideradas, que são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

Os resumos das análises de variância para altura média de planta (AMP), número de dias até a floração (FL), produção de matéria verde total (PMV), produção de colmo (PCL) e porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL), são apresentados na Tabela 3. Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os genótipos para todas as características avaliadas, logo se conclui que os genótipos diferem geneticamente entre si quanto às características avaliadas.

Em se tratando da precisão na condução do ensaio, que é expressa pelo coeficiente de variação experimental (CV%), apresentou-se intermediária para as variáveis produção de matéria verde total (PMV) e produção de colmo (PCL) com 23,2 e 25,7%, respectivamente. As variáveis, altura média de planta (AMP), número de dias até a floração (FL) e porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL) apresentaram respectivamente 6,7, 5,2 e 11,3% sendo considerada por FERREIRA, (2000) como ótimas, tendo a floração (FL) alcançado a melhor precisão na condução dos experimentos.

Quando se analisa a Tabela 4, contendo os parâmetros genéticos, pode-se observar que todos os valores de variância genética (σ_g^2) são superiores aos valores apresentados pela variância ambiental (σ_E^2), resultado que mostra a adaptação da cultura na região. Os coeficientes de herdabilidade média (h_m^2) apresentados foram muito altos, se destacando a altura média da planta (AMP) e a floração (FL) com 90,6 e 96,5% respectivamente, resultado

muito importante para a continuação do programa de melhoramento genético desta cultura, referente à maior produção de biomassa. KENGA et al. (2006), obtiveram estimativas de herdabilidade média inferiores para altura média de planta (AMP) (77%) e para número de dias até o florescimento (FL) (42%).

Observando os coeficientes de variação genéticas, vemos que as variáveis altura média de plantas (AMP) e floração (FL) apresentaram bons resultados, 12,1 e 16,0% respectivamente. Ainda foi observado que os coeficientes de variação ambientais das variáveis, produção de matéria verde total (PMV), produção de colmo (PCL) e porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL), foram maiores que os coeficientes de variação genética, 23,2; 25,7 e 11,3% respectivamente. É muito importante a variabilidade genética dentro do programa de melhoramento genético visando o aumento de produtividade de sorgo, devido à seleção de materiais que mais tarde se possam obter maiores produtividades.

O índice b apresentado pela razão CV_g/CV_e para as variáveis altura média da planta (AMP) e floração (FL) foram superiores a 1 (um), o que indica uma estabilidade favorável para a seleção genética, já que ajuda detectar variabilidade genética na população (SOUZA et al., 2007; MISTRO et al., 2007). Com relação ao progresso esperado na seleção, podemos identificar ganhos genéticos significativos para todas as variáveis, se destacando a produção de matéria verde total (PMV) e produção de colmos (PCL) com possibilidade de ganhos na seleção de 26,7 e 26,9%, resultado esperado para o presente estudo, proporcionando maior rendimento de etanol.

A análise da Tabela 5, com valores do teste de agrupamento de médias de SCOTT & KNOTT, a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), proporcionou a avaliação da altura média das plantas (AMP) que obteve média de 336cm e os genótipos de médias semelhantes foram reunidos em cinco grupos: 2 genótipos apresentaram altura média de 426 a 445cm e foram considerados os mais altos, sendo eles os tratamentos 74 e 76 respectivamente, os quais no experimento foram variedades comerciais que serviram como testemunhas; 17 genótipos apresentaram altura média de 374 a 395cm onde dentre estes quinze são progênies que estão sendo avaliadas, a de melhor resultado foi tratamento 61 com 395cm ficando acima dos resultados encontrados para os parentais; 27 genótipos apresentaram altura média de 332 a 370cm; 33 genótipos apresentaram altura média de 264 a 328cm e apenas o tratamento 67 foi o que apresentou o menor porte 209cm. Entre as progênies avaliadas a que apresentou o pior

resultado foi o tratamento 31 com 264cm, tendo a média das testemunhas obtido 328cm. Resultados inferiores foram observados por OLIVEIRA et al. (2005) que obtiveram altura de planta entre 212 e 274 cm (média de 239cm). TABOSA et al. (2010) que avaliaram altura média de planta em cinco ambientes, na maioria destes as variedades que apresentaram os maiores valores foram SF 15, o IPA 267-4-2 e Theis, variando de 307 a 319 cm.

Em termos de número de dias até a floração, obteve-se média de 79 dias, tendo a média das testemunhas apresentado 77 dias, os genótipos de médias semelhantes foram reunidos em cinco grupos, sendo classificados em: superprecoce, precoce, intermediário, tardio, muito tardio. Foram classificados como muito tardio 5 genótipos com número médio de 97 a 107 dias, entre estes o material mais tardio foi o tratamento 74 (107 dias) que é uma testemunha, logo a maior altura da planta encontrada pode ser devida ao maior tempo que a planta necessita para amadurecer, tendo o tratamento 54 (102 dias) se destacado como a progênie mais tardia.

Grande parte das progênies avaliadas apresentou-se como tardia, onde de 30 genótipos, 26 são progênies que estão sendo avaliadas e apenas quatro são variedades testemunhas tendo média de 87 a 92 dias, se destacado neste grupo a progênie, tratamento 62 (92 dias). 13 genótipos são classificados como materiais intermediários apresentando em média 78 a 85 dias para o florescimento se destacado neste grupo a progênie, tratamento 25 (85 dias), neste grupo ainda está inserido o parental masculino, o tratamento 66 com (81 dias), 12 genótipos são classificados como precoce com média de 66 a 73 dias, se destacando neste grupo a progênie, tratamento 12 (73 dias), estando inserido neste grupo o parental feminino, tratamento 67 com (72 dias), e 20 genótipos se classificaram como superprecoce com média de 57 a 66 dias, sendo o tratamento 32 (57 dias) o que apresentou maior precocidade entre as progênies, sendo o tratamento 71 (62 dias) a testemunha mais precoce. Resultados semelhantes foram encontrados por CUNHA & LIMA (2010), quando avaliaram 29 genótipos, obtiveram média de 73 dias, sendo classificados 23 genótipos como materiais tardios com número médio de 70 a 83 dias e 6 genótipos como materiais precoces com médias de 50 a 68 dias.

A produção de matéria verde total média foi de 63,1 t.ha⁻¹. Entre os genótipos avaliados destacam-se três grupos com médias semelhantes, sendo, 8 genótipos com as maiores produções tendo média entre 87,1 a 106,9 t.ha⁻¹, tendo o tratamento 61 sido o melhor (106,9 t.ha⁻¹), ficando com uma produção maior que o da melhor testemunha, o tratamento 68

(97,3 t.ha⁻¹) assim como da média das testemunhas (62,4 t.ha⁻¹). Logo é visto que o porte da planta influenciou positivamente a produção de matéria verde, o que é um caractere importante na produção de caldo para etanol. Produção inferior foi encontrada por LIMA, et al., (2010) em experimento de competição de cultivares no Vale do Assur no estado Rio Grande do Norte, onde para a variedade SF-15 obteve-se 60,77 t.ha⁻¹.

Ainda 25 genótipos obtiveram produções intermediárias, com média de 65,9 a 81,8 t.ha⁻¹, e 47 genótipos tiveram as menores produções, tendo os tratamentos 06, 48 e 07 as piores produções, respectivamente com 34,3; 34,1 e 31,3 t.ha⁻¹. TABOSA et al., 2010, considerando cinco ambientes no semiárido nordestino, observou que os materiais que se destacaram foram o SF 15 e o IPA 467-4-2 com produções de matéria verde total de 85,9 e 76,5 t.ha⁻¹, respectivamente. FILHO, et al., (2013) avaliando cultivares de sorgo sacarino em diferentes densidade de semeadura, obtiveram para as cultivares BR 501 e BR 506, produções de matéria verde total de 74,1 e 85,9 t.ha⁻¹, respectivamente.

Com relação à produção de colmo a média foi de 33,6 t.ha⁻¹, obtendo-se dois grupos de genótipos com médias semelhantes, sendo 37 genótipos com média entre 34,8 a 58,2 t.ha⁻¹, onde quem se destacou foram os tratamentos 53, 61 e 60 obtendo respectivamente 58,2; 55,0; 49,9 t.ha⁻¹, superando a melhor testemunha, o tratamento 68 que obteve 45,4 t.ha⁻¹ assim como a média das testemunhas (32,3 t.ha⁻¹). O outro grupo formado por 43 genótipos com médias inferiores, entre 14,3 a 34,0 t.ha⁻¹, obtendo a mais baixa produtividade de colmo o tratamento 07, com 15,4 t.ha⁻¹ sendo o pior desempenho das testemunhas o tratamento 67 com 14,3 t.ha⁻¹. NAGAI, (2012), em experimento em Itambé-PE, avaliando diferentes épocas de plantio, obteve resultados muito inferiores com as cultivares IPA 467-4-2, BR 506 e SF 15 com produção de colmos de 11,6; 5,93 e 6,65 t.ha⁻¹ respectivamente, quando semeadas no mês de maio, sendo possível que a baixa produção de colmo esteja relacionada ao estresse hídrico nas fases em que predominou o desenvolvimento dos colmos.

A porcentagem de produção de colmos em relação à produção de matéria verde total é de fundamental importância para a exploração de materiais sacarinos, logo foi obtida uma média de 53% de colmos referente à produção de matéria verde total. Logo tivemos dois grupos que apresentaram genótipos com médias semelhantes, sendo o primeiro grupo formado por 35 genótipos com média entre 54 a 69%, dentre eles o melhor foi o tratamento 54 com 69%, sendo superior a melhor testemunha que foi o tratamento 77 que obteve 61% e a média das testemunhas (52%). Mesmo essa progênie não se destacando como a melhor em

produção de colmo, apresentou uma porcentagem de colmo muito satisfatória em relação à produção de matéria verde total, logo esta progênie apresenta-se como boa opção para geração de etanol de 1º e 2º geração. O segundo grupo é formado por 45 genótipos com média entre 36 a 54%, tendo como o menor resultado o tratamento 67, com 36%. NAGAI, 2012, avaliando cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de plantio em Itambé-PE, obteve resultados semelhantes com as cultivares IPA 467-4-2, BR 506 e SF 15 com 66,36; 36,18 e 35,3% respectivamente, quando semeadas no mês de maio.

São apresentadas na Tabela 6, as estimativas de correlações de Pearson entre os pares de caracteres.

A altura média da planta apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) de magnitude forte (0,60 – 0,90) e positiva com as variáveis, número de dias até a floração (FL) (0,8756), produção de matéria verde total (PMV) (0,8138) e produção de colmo (PCL) (0,7516), tendo apresentado correlação não significativa com a porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL). Resultados diferentes foram achados por Kenga et al. (2006), que obtiveram, sobretudo, correlações genotípicas negativas, mas significativas ($P < 0,01$), entre altura da planta (AMP) e florescimento (FL) (-0,29). Esses autores ainda verificaram que a floração precoce foi mais fortemente correlacionada com a estatura baixa da planta, deste modo que selecionando para precocidade de floração reduzem-se as características vegetativas. Resultado semelhante foi encontrado por Cunha & Lima, (2010) quando apresentaram correlação genotípica positiva e de magnitude elevada (0,61) entre altura média de planta (AMP) e produção matéria verde total (PMV). Logo selecionando para maior altura de planta, também estamos aumentando a produção de matéria verde total é o que afirma Cruz et al. (2004), quando diz que a causa da correlação genética é, principalmente, a pleiotropia; e se dois caracteres apresentam correlação genética favorável, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado.

A variável número de dias até a floração (FL) apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) positiva e magnitude forte (0,60 – 0,90) com a produção de matéria verde (PMV) (0,7072) e produção de colmo (PCL) (0,6946), tendo correlação genotípica não significativa com a porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL). Cunha & Lima, 2010, apresentaram entre as variáveis, número de dias até a floração (FL) e produção de matéria verde total (PMV) correlações genotípica (-0,31) negativa e baixa, embora sendo significativas ($p < 0,05$).

A produção de matéria verde total (PMV) apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) positiva e de magnitude fortíssima (0,90 – 0,99) com a produção de colmo (PCL) (0,9383), sendo sua correlação genotípica não significativa com a porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL). Resultado muito importante para a seleção de materiais para a produção de etanol de 1º e 2º geração, assim como para a produção de matéria prima para cogeração de energia. A porcentagem de produção de matéria verde total (%CL) obteve correlação genotípica ($p < 0,01$) de magnitude média e positiva com a produção de colmo (PCL) (0,3176).

4. CONCLUSÃO

Os parâmetros altura média de planta e o número de dias até a floração, apresentam alta herdabilidade média, assim como variabilidade, mostrando que estas progênies são promissoras para a continuação do melhoramento genético desta cultura.

Ganhos genéticos maiores que 25% para os parâmetros produção de matéria verde total e produção de colmo, indicam que estes genótipos são promissores para a produção de etanol.

A progênie 258 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013, referente ao tratamento 53 e a progênie 292 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 61, podem ser recomendadas para lançamento como variedades de dupla aptidão de ciclo intermediário, para a Região da Zona da Mata de Pernambuco.

A progênie 258 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 54 de ciclo muito tardio e a progênie 292 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013, referente ao tratamento 60 de ciclo intermediário, podem ser indicadas como opções de lançamento como variedades com bons rendimentos de etanol de 1º e 2º geração.

Todos os parâmetros em estudo podem ser utilizados para a seleção indireta, exceto o parâmetro porcentagem de colmo na produção de matéria verde total (%CL).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANANDAN, S. et al. Feeding value of sweet sorghum bagasse and leaf residues after juice extraction for bio-ethanol production fed to sheep as complete rations in diverse physical forms. **Animal feed science and technology**, v. 175, p. 131–136, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840112001988>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

BOLONHEZI, D. NETO, L. A. F.; CASALETTO, R. V.; JUNIOR, O. G.; PEIXOTO, W. M.; NAKAZONE, M. V. **Biomassa de três híbridos de sorgo sacarino em cultivo de verão**. 2010. Disponível em: <http://www.infobibos.com/agroenergia/normas-para-envio-de-trabalhos.html>. Acesso em 12/06/2014.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTTI, 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.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.1. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 480p.

CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.701-706, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, P. V. **Estatística Aplicada à Agronomia**. Maceió, EDUFAL, 2000, 606p.

FILHO, I. A. P.; PARRELLA R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. **Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.12, n.2, p. 118-127, 2013

GIACOMINI, I.; PEDROZA, M. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; MELLO, S. Q. S.; CERQUEIRA, F. B.; SALLA, L. **Uso potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol no estado do Tocantins**. *Revista Agrogeoambiental / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais*.– Vol. 5, n.3 (dez. 2013). Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2013.

GOMES, Angélica. RODRIGUES, Dasciana. OLIVEIRA. Patrícia. **Caracterização do sorgo para a produção de etanol**. *Agroenergia em Revista*. Ano II, nº 3, Agosto/2011, pag.26.

IAP - Instituto Agrônomo do Pernambuco, 2006. **O cultivo do sorgo no semiárido de Pernambuco: Aspectos gerais e recomendações básicas de plantio**. *Revista agricultura*. 25 de março de 2006.

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

KENGA, R.; TENKOUANO, A.; GUPTA, S.C. et al. **Genetic and phenotypic association between yield components in hybrid sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) populations**. *Euphytica*, v.150, p.319-326, 2006.

LIMA, J. M. P.; MEDEIROS, A. C.; GONÇALVES, R. J. 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, 28., 2010, Goiânia-GO. Anais. Goiania: ABMS, 2010. CD Rom.

LORENZ, A.J.; ANEX, R.P.; ISCI, A.; COORS, J.G.; LEON, N.; WEIMER, P.J.; Forage quality and composition measurements as predictors of ethanol yield from maize (*Zea mays* L.) stover, *Biotechnology for Biofuels*, 2 (2009) 1-8.

MISTRO, J.C.; FAZUOLI, L.C.; GALLO, P.B. et al. Estimates of genetic parameters in Arabic coffee derived from the Timor hybrid. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.141-147, 2007.

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

OLIVEIRA, R.P.; FRANÇA, A.F.S.; RODRIGUES FILHO, O. et al. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.45-53, 2005.

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

ROHOWSKY, B. et al. Feasibility of simultaneous saccharification and juice co-fermentation on hydrothermal pretreated sweet sorghum bagasse for ethanol production. **Applied Energy**, v. 2, p. 1-9, 2012. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912002437>>. Acesso em: 19 jun. 2014.

SOUZA, C.L.C.; LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.F. et al. Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.262-269, 2007.

SOUZA, V. F. *Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino*. (2011). 53 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG, 2011.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; FILHO, J. G. S., BRITO, A. R. M. B., RODRIGUES, J. A. S. O Sorgo Sacarino no Semi-

Árido Brasileiro: Elevada Produção de Biomassa e Rendimento de Caldo. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28., 2010, Goiânia-GO. Anais. Goiânia: ABMS, 2010. CD Rom.

ZEGADA-LIZARAZU, W.; MONTI, A. Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices. *Biomass and Bioenergy* [S.I.], v. 40, n. 0, p. 1-12, 2012.

6. ANEXOS I - Relação das Progênes + Testemunhas Tratamentos

Tratamento	Progênes
1	15 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
2	15 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
3	15 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
4	15 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
5	15 Vit2010 – Ca2011 – 05 Vit2013
6	19 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
7	19 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
8	19 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
9	19 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
10	20 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
11	20 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
12	20 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
13	20 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
14	40 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
15	40 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
16	40 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
17	40 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
18	46 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
19	46 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
20	46 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
21	46 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
22	68 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
23	68 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
24	79 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
25	79 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
26	79 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
27	79 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
28	96 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
29	96 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
30	99 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
31	99 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
32	99 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
33	138 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
34	138 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
35	144 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
36	144 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
37	144 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
38	144 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
39	183 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
40	183 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013

41	183 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
42	183 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
43	183 Vit2010 – Ca2011 – 05 Vit2013
44	199 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
45	199 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
46	226 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
47	226 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
48	226 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
49	252 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
50	252 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
51	252 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
52	258 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
53	258 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
54	258 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
55	260 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
56	260 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
57	260 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
58	260 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
59	292 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
60	292 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
61	292 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
62	292 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
63	298 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
64	298 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
65	298 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013

Tratamentos	Testemunhas (Variedades)
66	IPA 467-4-2
67	IPA 2502
68	SF 15
69	BR 506
70	WRAY
71	WILLEY
72	TALE
73	BR 501
74	EP 19 – TRATAMENTO 19 DO EPSF
75	EP 17 – TRATAMENTO 17 DO EPSF
76	EP 14 – TRATAMENTO 14 DO EPSF
77	P 222
78	P 134
79	P 288
80	P 15

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura média das plantas (AMP), em centímetros; floração (FL), em número de dias; produção de matéria verde total (PMV), em t.ha⁻¹; produção de colmo (PCL), em t.ha⁻¹; % de colmo na PMV (CL), em porcentagem, obtidas da avaliação de 80 genótipos de sorgo sacarino, avaliadas em Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

FV	GL	QM				
		AMP (cm)	FL (Nº DIAS)	PMV (t/ha ⁻¹)	PCL (t/ha ⁻¹)	CL (%)
Blocos	2	---	---	---	---	---
Tratamentos	79	5546,71**	512,59**	809,50**	254,09**	97,45**
Resíduo	158	518,05	17,74	215,54	75,02	37,24
CV (%)		6,7	5,2	23,2	25,7	11,38
Média		336,3	79,8	63,1	33,6	53,6

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

Tabela 4. Estimativa de variância genotípica (σ_g^2), variância ambiental (σ_E^2), herdabilidade média (H_m^2), coeficiente de variação genética (CVg), coeficiente de variação ambiental (CVe), razão CVg/CVe (índice b) e progresso esperado na seleção (Gs) para avaliação de diferentes variáveis, de diferentes genótipos de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

PARÂMETROS GENÉTICOS	AMP	FL	PMV	PCL	%CL
σ_g^2	1.676,2	164,9	197,9	59,6	20,0
σ_E^2	172,6	5,9	71,8	25,0	12,4
h_m^2 (%)	90,6	96,5	73,3	70,4	61,7
CVg (%)	12,1	16,0	22,2	22,9	8,3
CVe (%)	6,7	5,2	23,2	25,7	11,3
CVg/CVe	1,7	3,0	0,9	0,8	0,7
Gs (%)	16,2	22,1	26,7	26,9	9,1

AMP – altura média das plantas; FL – floração; PMV – produção de matéria verde total; PCL - produção de colmo; %CL - % de colmo na produção de matéria verde total.

Tabela 5. Médias das variáveis: Altura média de planta (AMP), Florescimento (FL), Produção de matéria verde total (PMV), Produção de colmo (PCL) e % de colmo na PMV (%CL) de 80 genótipos de sorgo sacarino: Vitória de Santo Antão-PE, 2014.

TRATAMENTO Nº ÓRDEM	AMP (cm)	FL (Nº DIAS)	PMV (t/ha)	PCL (t/ha)	CL (%)
01	361 c	88 b	57,9 c	31,5 b	54 b
02	370 c	102 a	72,7 b	36,9 a	50 b
03	364 c	90 b	59,4 c	34,8 a	58 a
04	309 d	97 a	63,8 c	37,7 a	60 a
05	356 c	90 b	100,4 a	47,7 a	47 b
06	267 d	58 e	34,3 c	17,8 b	51 b
07	292 d	61 e	31,3 c	15,4 b	48 b
08	274 d	59 e	43,3 c	25,0 b	55 a
09	279 d	60 e	42,0 c	21,4 b	49 b
10	290 d	61 e	45,6 c	18,0 b	39 b
11	375 b	90 b	71,1 b	35,3 a	49 b
12	350 c	73 d	55,0 c	25,3 b	45 b
13	306 d	70 d	39,5 c	23,9 b	60 a
14	381 b	88 b	81,8 b	42,9 a	52 b
15	378 b	83 c	80,3 b	47,4 a	59 a
16	384 b	87 b	58,8 c	29,6 b	50 b
17	386 b	83 c	76,5 b	47,1 a	61 a
18	349 c	90 b	61,0 c	33,5 b	55 a
19	348 c	87 b	61,9 c	29,0 b	46 b
20	365 c	90 b	72,0 b	36,9 a	51 b
21	390 b	92 b	89,1 a	37,7 a	44 b
22	296 d	60 e	46,7 c	24,4 b	52 b
23	295 d	63 e	52,6 c	27,1 b	51 b
24	291 d	63 e	56,6 c	30,9 b	54 a
25	365 c	85 c	35,0 c	21,0 b	61 a
26	366 c	90 b	80,0 b	45,2 a	56 a
27	282 d	65 e	42,1 c	21,7 b	51 b
28	301 d	88 b	71,6 b	40,0 a	55 a
29	314 d	68 d	65,9 b	31,6 b	48 b
30	283 d	62 e	52,8 c	27,4 b	51 b
31	264 d	61 e	41,0 c	20,7 b	50 b
32	302 d	57 e	52,0 c	26,6 b	51 b
33	295 d	63 e	58,8 c	29,6 b	51 b
34	294 d	62 e	48,1 c	26,0 b	52 b
35	328 d	71 d	45,5 c	24,2 b	52 b
36	325 d	67 d	67,2 b	39,0 a	58 a
37	339 c	72 d	81,5 b	45,5 a	55 a
38	285 d	64 e	50,4 c	26,6 b	52 b
39	374 b	90 b	73,7 b	39,5 a	54 a
40	343 c	90 b	70,4 b	37,8 a	55 a
41	375 b	92 b	81,0 b	44,6 a	55 a
42	375 b	90 b	73,4 b	41,4 a	56 a

TRATAMENTO Nº ÓRDEM	AMP (cm)	FL (Nº DIAS)	PMV (t/ha)	PCL (t/ha)	CL (%)
43	385 b	87 b	76,5 b	43,1 a	56 a
44	388 b	90 b	70,8 b	33,1 b	47 b
45	394 b	88 b	73,0 b	33,1 b	47 b
46	359 c	99 a	51,4 c	28,7 b	52 b
47	356 c	90 b	50,1 c	28,7 b	57 a
48	332 c	92 b	34,1 c	21,0 b	65 a
49	355 c	85 c	68,8 b	43,7 a	63 a
50	334 c	85 c	64,4 c	36,3 a	55 a
51	314 d	85 c	60,1 c	29,5 b	50 b
52	324 d	81 c	63,7 c	40,1 a	62 a
53	355 c	85 c	93,7 a	58,2 a	62 a
54	366 c	102 a	63,1 c	44,5 a	69 a
55	348 c	87 b	70,5 b	38,9 a	55 a
56	361 c	85 c	64,0 c	40,2 a	63 a
57	364 c	90 b	73,2 b	34,0 b	46 b
58	384 b	92 b	52,6 c	27,1 b	52 b
59	284 d	70 d	60,0 c	31,1 b	51 b
60	347 c	83 c	87,1 a	49,9 a	57 a
61	395 b	83 c	106,9 a	55,0 a	51 b
62	380 b	92 b	72,1 b	37,3 a	52 b
63	314 d	68 d	63,0 c	32,4 b	52 b
64	360 c	90 b	87,8 a	46,9 a	52 b
65	300 d	66 d	59,0 c	29,5 b	50 b
66	341 c	81 c	69,1 b	35,7 a	51 b
67	209 e	72 d	38,9 c	14,3 b	36 b
68	379 b	90 b	97,3 a	45,4 a	47 b
69	302 d	73 d	64,0 c	37,3 a	57 a
70	284 d	64 e	54,0 c	31,9 b	59 a
71	294 d	62 e	39,6 c	23,1 b	58 a
72	286 d	62 e	45,8 c	26,5 b	57 a
73	305 d	64 e	56,1 c	29,1 b	52 b
74	445 a	107 a	92,8 a	43,4 a	46 b
75	380 b	92 b	79,5 b	38,8 a	48 b
76	426 a	92 b	65,2 c	27,1 b	41 b
77	333 c	78 c	58,5 c	35,5 a	61 a
78	290 d	67 d	52,9 c	26,5 b	50 b
79	288 d	66 e	53,3 c	29,6 b	55 a
80	345 c	90 b	67,7 b	40,2 a	58 a
Média	336	79	63,1	33,6	53
Média das testemunhas	328	77	62,4	32,3	52
CV (%)	6,7	5,2	23,2	25,7	11,3

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

Tabela 6: Correlação genotípica entre as variáveis de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

	AMP	FL	PMV	PCL	%CL
AMP	1				
FL	0,8756**	1			
PMV	0,8138**	0,7072**	1		
PCL	0,7516**	0,6946**	0,9383**	1	
%CL	0,0412 ^{NS}	0,1386 ^{NS}	-0,0199 ^{NS}	0,3176**	1

*,** Significativo, pelo teste de t-student, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente;

NS: não significativo.

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS DE NOVAS PROGÊNIES F6 DE SORGO SACARINO PARA A ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

CARACTERIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS DE NOVAS PROGÊNIAS F6 DE SORGO SACARINO PARA A ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Resumo

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar as características agroindustriais e as estimativas de parâmetros genéticos de novas progênies F6 de sorgo sacarino obtidas pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Pernambuco. Em fevereiro de 2014 foi instalado um experimento no IPA - Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE, onde foram avaliadas as características agroindustriais: produção de matéria seca total (PMS) em t/ha^{-1} , Porcentagem matéria seca total (%MST) em porcentagem, produção de colmo (PCL) em t/ha^{-1} , brix na colheita ($^{\circ}$ BRIX) em $^{\circ}$ Brix, eficiência de extração de caldo (EEC) em porcentagem e etanol teórico (ET) em l/ha^{-1} , de 80 genótipos dos quais, 65 progênies e 15 variedades testemunhas, em delineamento estatístico de blocos casualizados, com 3 repetições. Com os dados obtidos foi executada a análise de variância, parâmetros genéticos, as médias pelo teste de SCOTT & KNOTT a dois níveis de significância, 1% e 5% de probabilidade e a estimativa de correlação genética de Pearson a dois níveis de significância, 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de t-student. Os parâmetros brix na colheita ($^{\circ}$ Brix) e produção de etanol teórico (ET) apresentaram variabilidade genética, alta herdabilidade e ganhos genéticos significativos mostrando que estas progênies são promissoras para a continuação do programa de melhoramento genético desta cultura na Região da Zona da Mata de Pernambuco. As progênies 15 Vit2010 – Ca2011 – 05 Vit2013, referente ao tratamento 05; 258 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013, referente ao tratamento 53 e 292 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 61, foram recomendadas para a produção de etanol de 1 e 2ª geração, assim como para a cogeração de energia. Ainda as progênies 79 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 26; 183 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013, referente ao tratamento 42 e 258 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 54, foram apontadas como material promissor na região para a produção de etanol de 1ª geração. Indicou-se o etanol teórico como parâmetro para se obter ganhos genéticos via seleção indireta.

Palavras-Chave: *Sorghum bicolor* (L) Moench, agroindustrial, correlação genotípica, rendimento de etanol.

**AGROINDUSTRIAL CHARACTERIZATION AND ESTIMATION OF GENETIC
PARAMETERS OF NEW SWEET SORGHUM PROGENIES F6 FOR ZONE DA
MATA OF PERNAMBUCO**

Abstract

The present study was performed to evaluate the agro-industrial characteristics and estimates of genetic parameters of new F6 progenies of sorghum obtained by breeding the Pernambuco Agricultural Institute Enterprise - IPA, Northeast, Brazil. In February 2014 an experiment was installed in IPA - Experimental Station Vitória de Santo Antão -PE, where agribusiness characteristics were evaluated: total dry matter (PMS) in t/ha^{-1} ; total dry matter percentage (% MST) in percentage; production of stem (PCL) in t/ha^{-1} ; brix at harvest ($^{\circ}$ BRIX) in $^{\circ}$ Brix; juice extraction efficiency (CEE) in percentage and theoretical ethanol (ET) on l/ha^{-1} , 80 genotypes of which 65 progenies and 15 witnesses varieties in statistical design was a randomized block design with 3 replications. With the data obtained was performed variance analysis, genetic parameters, the means by SCOTT & KNOTT test at two significance levels of 1% and 5% probability and the estimated genetic correlation Pearson at two levels of significance, 1 % and 5% probability by the student t test. The parameters brix at harvest ($^{\circ}$ Brix) and production of theoretical ethanol (ET) showed genetic variability, high heritability and genetic gain significant showing that these families are promising for further breeding this culture program in the Region of the Forest Zone of Pernambuco. The progenies 15 Vit2010 - Ca2011 - 05 Vit2013, referring to treatment 05; 258 Vit2010 - Ca2011 - 02 Vit2013, referring to treatment 53 and 292 Vit2010 - Ca2011 - 03 Vit2013, referring to treatment 61 were recommended for the production of ethanol 1 and 2nd generation, as well as for energy cogeneration. Still progenies 79 Vit2010 - Ca2011 - 03 Vit2013, referring to treatment 26; 183 Vit2010 - Ca2011 - 04 Vit2013, referring to treatment 42 and 258 Vit2010 - Ca2011 - 03 Vit2013, referring to treatment 54, have been identified as promising material in the region for the production of ethanol from 1st generation. It was pointed out the theoretical ethanol as a parameter to obtain genetic gains through indirect selection.

Keywords: Sorghum bicolor (L) Moench, agribusiness, genetic correlations, ethanol yield.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos é crescente a preocupação com a redução do volume de emissões de gases causadores do efeito estufa, estes derivados da utilização de combustíveis fósseis. Logo a demanda mundial por fontes renováveis para produção de combustíveis vem aumentando rapidamente, principalmente quando percebemos as incertezas a respeito da disponibilidade futura de recursos não renováveis, assim como tensões geopolíticas em regiões produtoras de petróleo, tornando essa demanda ainda maior por biocombustíveis em escala significativa em substituição ao petróleo (MAY, et. al., 2012).

Devido a essa elevada demanda atual por biocombustíveis, o cultivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) é uma importante alternativa para a geração de biomassa para a produção de etanol (Han et al., 2012; Ratnavathi et al., 2011). Segundo Purcino (2011) o sorgo é uma espécie bem adaptada a ambientes extremos de estresses abióticos, especialmente, de temperatura do ar e umidade do solo. Este comportamento de rusticidade às condições ambientais confere ao sorgo condições favoráveis à sua adaptação na região nordeste em relação a outras espécies comerciais.

O sorgo sacarino por apresentar colmos ricos em açúcares fermentescíveis, se assemelhando ao caldo extraído da cana-de-açúcar, podendo servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizado para a cana-de-açúcar. É uma espécie de ciclo rápido (90 a 180 dias), sendo uma cultura totalmente mecanizável (plantio por sementes, tratos culturais e colheita), tendo alta produtividade de biomassa verde (60 a 80 t.ha⁻¹), com altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l.ha⁻¹), com bagaço sendo utilizado como fonte de energia para a indústria e geração de eletricidade, permitindo ainda a produção de etanol de segunda geração (DURÃES, 2011).

Portanto um dos principais focos dos programas de melhoramento voltados para à produção de bioenergia é a maximização da produção de biomassa por unidade de área plantada, que minimizará o uso de áreas cultivadas, assim como o aumento do conteúdo de açúcares e maior produção de caldo. Logo estratégias que visem alterar proporções e estruturas de vários polímeros que constituem a parede celular do sorgo são fundamentais para produzir etanol de segunda geração a partir do bagaço do sorgo sacarino ou diretamente do sorgo de alta biomassa, uma vez que um dos principais problemas para a conversão de biomassa para açúcares fermentáveis é a dissociação dos vários polímeros presentes na matéria lignocelulósica (DAMASCENO, 2011).

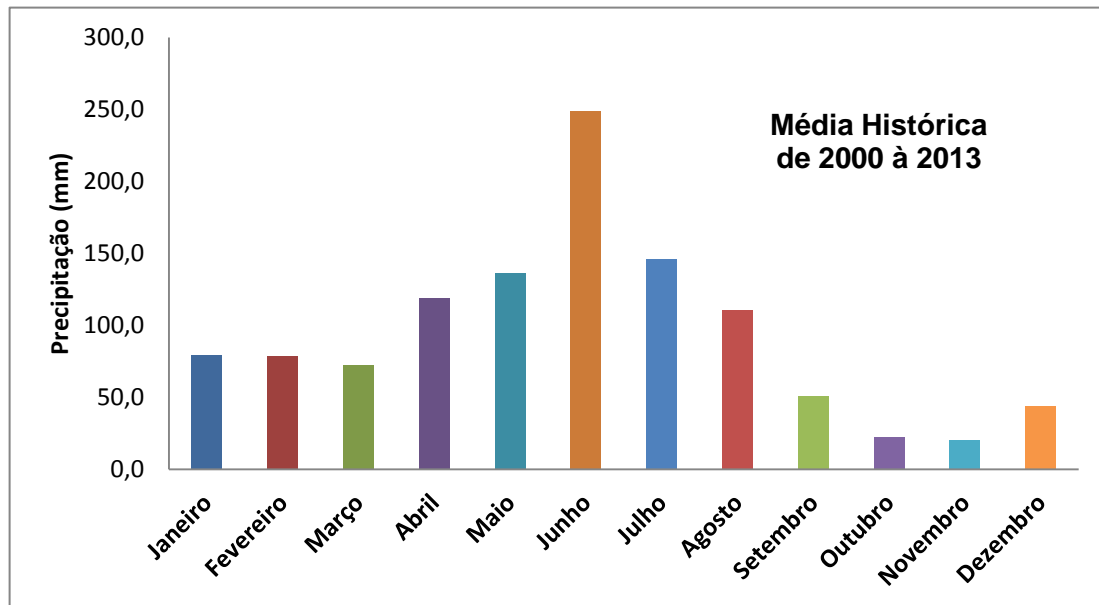
A base para o sucesso do sistema de produção de etanol, utilizando como fonte o sorgo sacarino, é o desenvolvimento de matéria-prima de qualidade. Logo é papel fundamental dos programas de melhoramento genético a produção contínua de cultivares que atendam as características tecnológicas que são demandadas pelo setor sucroalcooleiro. Além de produtivas, as novas cultivares também precisam serem estáveis em relação às variações ambientais, e devem atender bem as melhorias no ambiente. Considerando o que foi exposto, o presente estudo objetivou avaliar o comportamento de novos genótipos de sorgo sacarino quanto à sua potencialidade de produção de biomassa e características agroindustriais para a produção de etanol.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais

O experimento foi instalado no campo experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, , no dia 17 de fevereiro de 2014, no município de Vitória de Santo Antão, na mesorregião Mata Sul e na Microrregião Vitória de Santo Antão do Estado de Pernambuco. O município limita-se a norte com Glória do Goitá e Chã de Alegria, a sul com Primavera e Escada, a leste com Moreno, Cabo e São Lourenço da Mata, e a oeste com Pombos. Dista 45,1 km de Recife, cujo acesso é feito pela BR-232, tem latitude 08°07'05" S e longitude 35°17'29" W Gr, com altitude em torno de 156 metros. Possui uma área de 344,2km², que representa 0,35% do Estado de Pernambuco. 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 1.100mm. Na Figura 1 é apresentada a precipitação média histórica de 2000 a 2013, e na Tabela 1 a média dos dados meteorológicos durante o período de realização do experimento.

Figura 1: Precipitação média histórica de 2000 a 2013, obtidos no IPA, Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE.



Fonte: IPA - Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

Tabela 1: Média dos dados meteorológicos da estação experimental do IPA, em Vitória de Santo Antão – PE, observados no período do desenvolvimento da avaliação do sorgo sacarino.

	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Total
Precipitação (mm)	88,4	84,2	78,6	110,2	120,6	482,0
T.º Máxima (°C)	37,3	33,9	35,4	32,1	31,1	---
T.º Mínima (°C)	21,7	22,3	22,6	22,2	21,1	---
Umidade Relativa do Ar (%)	72	72	70	75	71	---

Fonte: IPA - Estação Experimental de Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

O solo do campo experimental foi classificado como o Latossolo Vermelho Distrófico, conforme (Embrapa, 2006). A caracterização química foi realizada em amostra composta do solo na camada de 0 a 20 cm, coletado em fevereiro de 2014. A análise foi realizada no

laboratório de fertilidade do solo do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), com sede na Avenida General San Martin, 1371 – Bongi – Recife/PE (Tabela 2).

Tabela 2: Análise de solo realizada na Área 1 (Bloco1) e na Área 2 (Blocos 2 e 3).

Área	P mg/dm ³	pH (H ₂ O)	-----Cmolc/dm ³ -----						-Cmolc/dm ³ -		(%)	
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	S	CTC	V	M
1	80	7,20	2,55	1,45	1,00	0,42	0,00	0,74	5,4	6,2	88	0
2	26	6,50	2,25	1,05	0,14	0,27	0,00	1,56	3,7	5,3	70	0

2.2. Experimento e tratos culturais

O experimento é composto por 65 progênes que são resultado da segregação F6 do cruzamento entre duas variedades (IPA 467-4-2 X IPA 2502), onde a primeira variedade foi utilizada como parental masculino e a segunda como parental feminino, sendo obtidas em Vitória de Santo Antão – PE em 2010, testadas em Caruaru – PE em 2011 e novamente testadas em Vitória de Santo Antão – PE em 2013, mais 15 testemunhas que são variedades comerciais na região, incluindo nestas as duas variedades parentais (Anexo I).

Em campo, o experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, sendo composto por 80 tratamentos e 3 repetições (blocos), onde foram demarcados com placas identificadoras de PVC, totalizando 240 unidades experimentais (parcelas). As parcelas tiveram dimensões de 6,0 x 0,8m, com 4,80m² de área total, no qual cada tratamento (parcela) representava uma das 65 progênes ou uma das 15 testemunhas, a área útil da parcela considerada foi os 4m centrais de cada fileira, sendo eliminado 1m de cada bordaduras, perfazendo uma área útil da parcela de 3,20 m² (0,8 x 4m). A densidade de plantio utilizada foi de 12 plantas por metro linear, após o desbaste.

Inicialmente, foi realizada a limpeza da área, passando a roçadeira atrelada ao trator, logo após realizou o preparo do solo de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. Com base nos resultados da análise de solo (Tabela 2), não foi preciso fazer a correção de solo, sendo realizado nas áreas um controle de formigas cortadeiras com a utilização do formicida MIREX-S, que possui um tipo de formulação de isca granulada, sendo realizado antes do plantio e nos primeiros 15 dias após o plantio.

Demarcadas as áreas dos blocos e das parcelas, no dia 17 de fevereiro de 2014, foi realizado o plantio das 65 progênes mais as 15 variedades de acordo com o delineamento pré-

estabelecido, de forma manual, colocando-se de 20 a 30 sementes por metros linear a uma profundidade de 5 cm. As sementes foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Pesquisa - IPA. Seguindo a rotina de trabalho da estação experimental, foi montado o sistema de irrigação por microaspersão, também sendo aplicado na área herbicida à base de atrazina, na dosagem 200ml diluído em 20 litros de água, aplicado em regime de pré-emergência, realizado capinas manuais da área a cada 15 dias.

Com 15 dias após o plantio, foi realizado o desbaste das plantas em cada parcela, fazendo-se um replantio parcial em algumas parcelas, deixando apenas 12 plantas por metro linear. Com 30 dias após o plantio, foi realizada a primeira adubação de cobertura de acordo com as recomendações da análise de solo (Tabela 2). Aplicaram-se os nutrientes (NPK), conforme o Manual de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), para a cultura do sorgo sacarino, na formulação 40-00-18 a adubação foi realizada na base das plantas, repetindo o mesmo processo com 60 dias após o plantio.

Visando um possível ataque de pragas, 40 dias após o plantio fez-se a aplicação preventiva do inseticida decis, utilizando uma dosagem de 10ml diluído em 20 litros de água, aplicação esta que teve como referência ataques ocorridos em experimentos anteriores na mesma área.

2.3. Época de Colheita e Amostragens

As colheitas foram realizadas entre 05 de maio e 05 de junho de 2014, à medida que as plantas de cada parcela se encontrassem na fase de maturação fisiológica do grão (fase de grão leitoso – pastoso). Foram colhidos as plantas da área útil (quatro metros centrais de cada parcela), pesadas em balança de campo, separando-se uma amostra de 5 plantas para a extração de caldo, 5 plantas para a determinações de peso, de folha, colmo e panícula e uma amostra de 3 plantas aleatoriamente para se proceder a aferição do °Brix.

2.4. Variáveis analisadas

Produção de matéria seca Total (folha, colmo e panícula): Pesando em balança digital, uma amostra de 5 plantas da área útil de cada parcela, separando cada parte (colmo, folha e panícula), colocando os mesmos em sacos de papel, procedendo o peso verde dos colmos,

peso das folhas e peso das panículas, logo após coloca-se este material para secar em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas até atingir peso constante (Boaretto et al., 1999), obtendo assim o peso seco, estimando-se o peso em tonelada por hectare, referente a produção de biomassa total de cada parcela.

Porcentagem de matéria seca total - O teor de matéria seca (folha, colmo e panícula) foi determinado através da fórmula, para cada parcela:

$$\% \text{ M.S.} = [\text{peso da amostra seca (g)} / \text{peso da amostra verde (g)}] \times 100$$

Produção de Colmo por Hectare – Partindo da porcentagem de peso verde dos colmos encontrados na amostra de 5 plantas de cada área útil, estima-se o peso em toneladas por hectare de colmos, referente a produção de biomassa total em cada parcela.

Teor de °Brix – Determinado com refratômetro portátil da marca ATAGO N-1EB 0 ~ 32%, realizando-se a retirada de três amostras aleatórias de cada parcela, utilizando o terço médio de cada planta, ao final fazendo uma média dos resultados aferidos.

Eficiência de Extração de Caldo – Pesando em balança digital, uma amostra de 5 colmos da área útil por parcela, fazendo a extração do caldo, passando no mínimo três vezes em uma moenda elétrica (modelo utilizado na extração de caldo de cana-de-açúcar), fazendo-se a pesagem do caldo em balança digital. A eficiência é encontrada fazendo a relação do peso dos 5 colmos e o peso do caldo obtido, achando o valor em porcentagem.

Etanol Teórico (l/ha⁻¹) – Para avaliar a produtividade teórica de etanol por hectare utilizou-se a equação adaptada de (VASILAKOGLU, et al., 2011).

Em que:

$$\text{Etanol (l. ha}^{-1}\text{)} = \text{ART (\%)} \times \text{massa colmo verde (t. ha}^{-1}\text{)} \times 6,5 \times 0,85 \times (1,0/0,79)$$

ART = Conteúdo total de açúcares em porcentagem (%);

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.

Obs: Concentração de Açúcares Redutores Totais (% ART): Que de acordo com (ALMODARES, et. al., 2009; ZAO, et. al., 2009; GUIGOU, et. al., 2011; DUTRA, et. al., 2013), ocorre uma relação linear entre o °Brix e o % ART.

2.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott - Knott 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. Os parâmetros genéticos, assim como as estimativas de correlações genéticas entre os pares de caracteres, foram avaliados com a utilização do programa computacional genético – estatístico GENES (CRUZ, 2006).

Foram realizadas as análises de variância, determinados os parâmetros genéticos e feitas as estimativas de correlação genotípicas para todas as variáveis em estudo: produção de matéria seca total (PMS), porcentagem de matéria seca total (%MST), produção de colmo (PCL), °Brix na colheita (°BRIX), eficiência de extração de caldo (EEC) e etanol teórico (ET).

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita (o aumento de uma característica implica o aumento da outra) e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita mas inversa, ou seja quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis.

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). A significância das correlações foi avaliada pelo teste t-student, a dois níveis de significância 1 e 5% de probabilidade ($p < 0,01$ e $p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados coletados e analisados, visando a produção de etanol, foi possível realizar as análises de variância, parâmetros genéticos, valores médios e estimativas de correlação das variáveis que são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

Os resumos das análises de variância para produção de matéria seca total (PMS), porcentagem matéria seca total (%MST), produção de colmo (PCL), brix na colheita (°BRIX), eficiência de extração de caldo (EEC) e etanol teórico (ET) são apresentados na (Tabela 3). Verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os genótipos para todas as características avaliadas, mostrando que os genótipos diferem geneticamente entre si quanto aos caracteres avaliados.

A precisão na condução dos ensaios, que são expressos pelo coeficiente de variação (CV%), mostrou que as variáveis, produção de matéria seca total (PMS), produção de colmo (PCL), eficiência de extração de caldo (EEC) e etanol teórico (ET) apresentaram-se intermediárias com 26,9; 25,7; 20,1 e 33,4% respectivamente. Confiabilidades superiores foram obtidas com as variáveis, porcentagem de matéria seca total (%MST) e brix na colheita (°BRIX), com respectivamente 8,2 e 16,8%, sendo considerada por FERREIRA, (2000) como ótimas, obtendo a porcentagem de matéria seca total (%MST) a melhor precisão na condução dos experimentos.

A análise da (Tabela 4), referente aos parâmetros genéticos, observa-se que os valores dos componentes de variância genética (σ_g^2) para todas as variáveis em estudo são maiores que os componentes de variância ambiental (σ_E^2), superioridade que mostra que este ambiente pode ser utilizado para o cultivo destes genótipos. Os coeficientes de herdabilidade média (h_m^2) apresentaram-se altos para todas variáveis analisadas, tendo as variáveis Brix na colheita (°BRIX) e a porcentagem de matéria seca total (%MST) se destacado obtendo os maiores resultado 87,6 e 83,2% respectivamente, resultado este muito importante em experimento, que de acordo com Cruz & Regazzi (1997), valores acima de 70% são indicativos de sucesso na seleção de genótipos, facilitando a escolha de novos materiais promissores. CUNHA & LIMA, 2010 obtiveram herdabilidade média elevada (69,4%) para a produção de matéria seca total (PMS) em Canguaretama – RN, porém abaixo da encontrada no experimento em estudo.

A variabilidade genética pode ser confirmada e quantificada pelo coeficiente de variação genética (CVg), onde apresentaram resultados muito bons para todas as variáveis,

tendo as variáveis, etanol teórico (ET), produção de massa seca (PMS) e °Brix na colheita (°BRIX) apresentado as maiores variabilidades 37,8; 26,6 e 25,9% respectivamente, a menor variabilidade ocorreu com a variável porcentagem de matéria seca total com 10,6%. Ainda foi observado que algumas variáveis apresentaram coeficientes de variabilidade ambiental maior que a genética, sendo elas a produção de matéria seca total (PMS) e a produção de colmo (PCL). Logo a presença de variabilidade genética, é um componente muito importante para a continuação dos trabalhos de programas de melhoramento genético visando à seleção de genótipos produtivos, o que mostra que os resultados encontrados estão de acordo com o esperado para esta cultura.

O cálculo do índice b , através da razão CV_g/CV_e , mostra que as variáveis porcentagem de matéria seca total (PMS), brix na colheita (°BRIX), eficiência de extração de caldo (EEC) e etanol teórico (ET), alcançaram as maiores estabilidades por apresentarem, valores superiores a 1 (um), para esses parâmetros genéticos, indicando assim, segundo Venkovsky & Barriga (1992) que a seleção para estas variáveis apresentam condições mais favoráveis de ganhos genéticos imediatos, ou ainda que a variação genética supera a variação ambiental. Portanto o Índice b ajuda a detectar variabilidade genética na população, independentemente da média da característica, e quando resulta em valor igual ou maior que 1,0, indica que a situação é favorável para a seleção genética (Mistro et al., 2007; Souza et al., 2007). Com relação ao progresso esperado na seleção, podemos identificar ganhos genéticos significativos para todas as variáveis, se destacando a produção de matéria seca total (PMS), o brix na colheita (°BRIX) e o etanol teórico (ET) com possibilidade de ganhos na seleção de 32,2; 33,9 e 47,2% respectivamente, resultado este esperado proporcionando maior rendimento de etanol.

A análise da (Tabela 5), com valores do teste de agrupamento de médias de SCOTT & KNOTT, a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), proporcionou a avaliação da produção de matéria seca total (PMS), onde se obteve uma média de 21,4 t.ha⁻¹ e os genótipos de médias semelhantes foram reunidos em três grupos: 10 genótipos apresentaram uma produção média entre 37,6 a 30,1 t.ha⁻¹ sendo as progênies de maior produção os tratamentos 61 e 21 com 37,6 e 37,0 t.ha⁻¹, respectivamente, superando a melhor testemunha o tratamento 74 que obteve 36,7 t.ha⁻¹, assim como a média das testemunhas (21,9 t.ha⁻¹). Silva Filho et al. (2006), registraram valor semelhante utilizando as variedades SF 15 e IPA 467-4-2, onde produziram 35 t.ha⁻¹.

Ainda 19 genótipos apresentaram uma produção média entre 29,3 a 23,5 t.ha⁻¹ apresentando-se uma produção intermediária, neste grupo ainda se encontra o tratamento 66 com (24,6 t.ha⁻¹). 51 genótipos apresentaram uma produção média de 22,7 a 9,7 t.ha⁻¹ tendo as progênes de menores produções os tratamentos 07 e 06 com 10,1 e 9,7 t.ha⁻¹ respectivamente ficando estas abaixo da testemunha de menor produção o tratamento 67 com 11,6 t.ha⁻¹. Estes valores obtidos para a produção de matéria seca total, ainda podem ser considerados satisfatórios, se comparados às variações observadas por outros autores, cujos resultados foram: Valente et al. (1984), 14,0 a 27,8 t.ha⁻¹, Bruno et al. (1992), 9,1 a 18,4 t.ha⁻¹, Pereira et al. (1993), 14,6 a 18,0 t.ha⁻¹, e Silva et al. (1997), 9,2 t.ha⁻¹ a 11,2 t.ha⁻¹.

Com relação a porcentagem de matéria seca total (%MST) obteve-se uma média de 33%, tendo a média das testemunhas sido de (34%) e os genótipos de médias semelhantes foram reunidos em cinco grupos: apenas 1 genótipo se destacou com 48%, sendo este o tratamento 76, que é uma testemunha ficando todas as progênes abaixo da porcentagem obtida por esta. 6 genótipos apresentaram média entre 42 a 39% sendo os tratamentos 57 e 46 as progênes que melhor se destacaram com 42 e 41% respectivamente. 21 genótipos apresentaram uma média entre 38 a 34%, neste grupo estando incluído o tratamento 66 com 35%. 31 genótipos apresentaram média entre 34 a 31%. 21 genótipos apresentaram as menores porcentagens com média entre 31 e 26%, tendo os tratamentos 39 e 38, apresentado 27 e 26% respectivamente, ficando abaixo da pior testemunha, o tratamento 69, com 27%. Novamente o tratamento 67, chama a atenção por está presente entre os menores resultados, apresentando 30% de matéria seca total. GOMES et. al., (2008) avaliando o comportamento agrônomico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará, encontraram porcentagem de matéria seca (%MST) que variou de 26,6 a 41,7%. Logo MOLINA et al. (2000) recomendam que o material para ser colhido deve apresentar de 30 a 35% de matéria seca.

Observando à produção de colmo, a média foi de 33,6 t.ha⁻¹, obtendo-se dois grupos de genótipos com médias semelhantes, sendo 37 genótipos com média entre 34,8 a 58,2 t.ha⁻¹, onde quem se destacou foram os tratamentos 53, 61 e 60 obtendo respectivamente 58,2; 55,0; 49,9 t.ha⁻¹, superando a melhor testemunha, o tratamento 68 que obteve 45,4 t.ha⁻¹ assim como a média das testemunhas (32,3 t.ha⁻¹). O outro grupo formado por 43 genótipos com médias inferiores, entre 14,3 a 34,0 t.ha⁻¹, obtendo a mais baixa produtividade de colmo o tratamento 07, com 15,4 t.ha⁻¹ sendo o pior desempenho das testemunhas o tratamento 67 com 14,3 t.ha⁻¹. NAGAI, (2012), em experimento em Itambé-PE, avaliando diferentes épocas de plantio, obteve resultados muito inferiores com as cultivares IPA 467-4-2, BR 506 e SF 15

com produção de colmos de 11,6; 5,93 e 6,65 t.ha⁻¹ respectivamente, quando semeadas no mês de maio, sendo possível que esta baixa produção de colmo obtida esteja relacionada ao estresse hídrico nas fases em que predominou o desenvolvimento dos colmos.

Uma variável muito importante para se conseguir bons rendimentos de etanol, é o °Brix, onde no experimento obteve-se uma média de 11,5°Brix, sendo os genótipos de médias semelhante reunidos em quatro grupos: 29 genótipos apresentaram as melhores médias entre 17,5 a 13,3°Brix, tendo como destaque o tratamento 46 com 17,5°Brix, ficando acima da melhor testemunha, o tratamento 75 com 16,8°Brix e ainda se apresentando superior a média das testemunhas 11,0°Brix. Tsuchihashi & Goto (2004) obtiveram valor inferior, 15,6°Brix, utilizando a cultivar Wray, logo mostra que a progênie que se destacou é bastante promissora para a produção de etanol de primeira geração. FILHO et al. (2013), avaliando as cultivares BR 501 e BR 505, também apresentou Brix com valores inferiores, expressos em 16,04 e 15,93°Brix, respectivamente.

Ainda 28 genótipos apresentaram média entre 12,7 e 10,5°Brix, estando presente neste grupo o tratamento 66 com 10,5°Brix. 11 genótipos apresentaram média entre 10,0 e 7,8°Brix. 12 genótipos apresentaram as menores médias entre 7,1 e 3,1°Brix, sendo o tratamento 10 a pior com 3,1°Brix, ficando abaixo da pior testemunha o tratamento 67 com 5,1°Brix. Vale ressaltar que a concentração de sólidos solúveis (Brix) tem sido largamente empregada pelas indústrias de produção de açúcar e álcool como principal parâmetro para estimar a concentração de açúcares presente no caldo, daí a importância dos resultados obtidos no experimento na zona da mata pernambucana.

Os resultados obtidos referentes à eficiência de extração de caldo tiveram média de 30% sendo os genótipos de médias semelhantes reunidos em três grupos: 43 genótipos apresentaram médias entre 47 e 30%, tendo apresentado como as melhores eficiências de extração duas testemunhas, o tratamento 73 e 69 com 47 e 46% respectivamente, sendo a melhor eficiência entre as progênies o tratamento 63 com 43%, se saindo melhor que a média das testemunhas 31,2%. 28 genótipos apresentaram eficiências intermediárias com médias entre 30 e 21%. 8 genótipos apresentaram baixa eficiência de extração com média entre 20 e 6%, dentre estas quatro testemunhas como as piores eficiências sendo elas os tratamentos 80, 68, 74 e 76 com respectivamente 15, 15, 10 e 6%, ficando o tratamento 55 como a pior progênie com 16%. Tabosa, et al., (2010), apresentou eficiência de extração de caldo da ordem de 40% utilizando a variedade SF 15 e de 53% utilizando a variedade Theis, em avaliações realizadas em Canindé do São Francisco. Portanto se comparado a outros

experimentos realizados por outros autores, podemos dizer que algumas progênies que se saíram bem em relação a esta variável neste estudo, podem ser usadas para poder se alcançar melhores rendimentos de etanol.

A variável produção de etanol teórico obteve média de 2.812 l/ha^{-1} sendo os genótipos de médias semelhantes reunidos em quatro grupos: 14 genótipos apresentaram médias entre 5.851 a 4.007 l/ha^{-1} , tendo se destacado quatro progênies, sendo os tratamentos 61, 54, 53 e 05 com médias de 5.851 , 5.174 , 4.880 e 4.775 l/ha^{-1} respectivamente, estes ficando com médias acima da melhor testemunha, o tratamento 75 com 4.668 l/ha^{-1} , assim como da média das testemunhas ($2.565,3 \text{ l/ha}^{-1}$). 30 genótipos apresentaram médias entre 3.871 e 2.747 l/ha^{-1} . 20 genótipos apresentaram médias entre 2.679 e 1.727 l/ha^{-1} , estando presente ainda neste grupo o parental masculino, o tratamento 66 com 2.605 l/ha^{-1} . 16 genótipos apresentaram as mais baixas produções de etanol sendo o tratamento 10, a pior progênie com 379 l/ha^{-1} ficando abaixo da produtividade da pior testemunha, que chama a atenção por ser o parental feminino, o tratamento 67 com 528 l/ha^{-1} . Rendimentos muito superiores foram obtidos por TABOSA, et al., (2010), em Canindé do São Francisco, utilizando as variedades SF 15, IPA 467-4-2, THEIS e Roma, com valores de 74, 54, 81 e 48 mil l/ha^{-1} , respectivamente.

Estimativas de correlações de Pearson entre os pares de caracteres estão apresentadas na (Tabela 6).

A produção de matéria seca total apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) de magnitude forte ($0,60 - 0,90$) e positiva com as variáveis, produção de colmo (PCL) ($0,8202$) e etanol teórico (ET) ($0,7852$). Ainda apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) de magnitude média ($0,30 - 0,60$) e positiva com porcentagem de matéria seca total (%MST) ($0,5956$) e o brix na colheita ($^{\circ}\text{Brix}$) ($0,5774$), e de mesma magnitude, porém negativa com a eficiência de extração de caldo (%EEC) ($-0,5799$). Porém com estes resultados é possível selecionar materiais de duplo propósito, obtendo assim produção de etanol de primeira e de segunda geração e material para cogeração de energia.

Existe uma enorme variabilidade genética no sorgo, daí a importância da seleção para melhor exploração do material. MOLINA (2000) comprovou a grande variabilidade entre eles, observando diferença estatística entre eles quanto à produção de matéria seca, proporção das diferentes partes (folha, colmo, e panícula). Logo a porcentagem de matéria seca total (%MST) apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) de magnitude forte ($0,60 - 0,90$) e positiva com o brix na colheita ($^{\circ}\text{Brix}$) ($0,6331$) e negativa com a eficiência de extração de caldo (%EEC) ($-0,6686$), ainda apresentou magnitude média ($0,30 - 0,60$) e positiva com o

etanol teórico (ET) (0,4498), obtendo correlação genotípica não significativa, pelo teste de t-student, com a produção de colmo (PCL).

A produção de colmo (PCL) apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) de magnitude forte (0,60 – 0,90) e positiva com etanol teórico (ET) (0,8516), e de magnitude média (0,30 – 0,60) e positiva com o brix na colheita ($^{\circ}$ Brix) (0,5367), obtendo ainda correlação genotípica ($p < 0,05$) de magnitude fraca (0,15 – 0,30) e negativa com a eficiência de extração de caldo (%EEC) (-0,2427). Se tratando da variável eficiência de extração de caldo tem-se observado que esta é de pouca importância do ponto de vista da seleção, quando comparada com as demais, por se tratar de um carácter qualitativo (NAN et al., 1994).

O brix na colheita ($^{\circ}$ Brix) apresentou correlação genotípica ($p < 0,01$) de magnitude forte (0,60 – 0,90) e positiva com o etanol teórico (ET) (0,8844). Apresentou ainda magnitude média (0,30 – 0,60) e negativa com a eficiência de extração de caldo (%EEC) (-0,3293), o mesmo ocorrendo entre a eficiência de extração de caldo (%EEC) e o etanol teórico (ET) (-0,3355). SOUZA et al., (2012), em Sete Lagoas-MG., encontraram correlações genotípica ($p < 0,01$), forte e positiva entre brix na colheita e o etanol teórico (0,68) assim como correlação genotípica não significativa pelo teste de t-student entre o brix na colheita e a eficiência de extração de caldo. Correlação genotípica ($p < 0,01$), fraca e positiva foi encontrada entre a eficiência de extração de caldo e a produção de etanol teórico (0,22).

Logo nas correlações do brix na colheita com as outras variáveis, as correlações genotípicas foram altas, sobre a expressão das características, sendo possíveis incrementos nesta, quando ocorrem incrementos nas características a ela relacionadas, exceto para a eficiência de extração de caldo, pois esta é definida como uma característica qualitativa. Informação muito importante, se tratando de uma das principais variáveis agroindustriais utilizadas nas usinas para produção de etanol e de fácil e rápida seleção em programas de melhoramento. Tal fato acontece devido, segundo Cruz et al. (2004), a pleiotropia, onde quando dois caracteres apresentam correlação genética favorável, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado. Ainda segundo Carvalho et al. (2004), Estratégia esta que possibilita a obtenção de progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta, além de possibilitar aumentos nos ganhos na seleção em programa de melhoramento genético

4. CONCLUSÕES

Variabilidade genética, herdabilidade média alta e possibilidade de ganhos genéticos significativos para os parâmetros brix na colheita (°Brix) e produção de etanol teórico (ET), mostram que estas progênies são promissoras para a continuação do programa de melhoramento genético desta cultura na Região da Zona da Mata de Pernambuco.

A progênie 15 Vit2010 – Ca2011 – 05 Vit2013, referente ao tratamento 05, a progênie 258 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013, referente ao tratamento 53 e a progênie 292 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 61, podem ser recomendadas para a produção de etanol de 1 e 2^a geração, assim como para a cogeração de energia.

Pode-se indicar ainda a progênie 79 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 26, a progênie 183 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013, referente ao tratamento 42 e a progênie 258 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013, referente ao tratamento 54, como material promissor na região para a produção de etanol de 1^a geração.

O etanol teórico (ET) é indicado como parâmetro que pode ser utilizado para obter ganhos genéticos via seleção indireta em relação às outras variáveis em estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMODARES, A., AND M.R. HADI. 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. *African Journal of Agricultural Research* 4: 772–780.

Boaretto, A. E.; Chitolina, J. C.; Rajj, 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.*

BRUNO, O.A., ROMERO, L.A., GAGGIOTTI, M.C. et al. Cultivares de sorgos forrajeros para silaje. 1. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de la planta. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, v.12, p.157-162, 1992.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTTI, 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, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal.** Pelotas: Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 2004. 141 p.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: Editora da UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes.** Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** v.1. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 480p.

CUNHA, Elizângela Emídio and LIMA, João Maria Pinheiro de. **Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro**. *R. Bras. Zootec.* [online]. 2010, vol.39, n.4, pp. 701-706

DAMASCENO, C. M. B. Genômica do sorgo sacarino e análise de marcadores genéticos moleculares para características de interesse agrônomo e industrial. *Agroenergia em Revista*, ed.3, p.10-11. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2011.

DURÃES, F. O. M. Sorgo Sacarino: Desenvolvimento de Tecnologia Agrônoma. *Agroenergia em Revista*, ed.3, p.7. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2011.

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.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, P. V. **Estatística Aplicada à Agronomia**. Maceió, EDUFAL, 2000, 606p.

FILHO, I. A. P.; PARRELLA R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. **Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*sorghum bicolor (l.) Moench*] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.12, n.2, p. 118-127, 2013

GOMES, Sandra Oliveira et al. Comportamento agrônomo e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2008.

GUIGOU, M., L.V. PE´REZ, C. LAREO, M.E. LLUBERAS, D. VA´ZQUEZ, AND M.D. FERRARI. 2011. Bioethanol production from three sweet sorghum varieties: evaluation of post-harvest treatment on sugar extraction and fermentation. *Biomass and Bioenergy* 35: 3058–3062.

HAN, K. J.; PITMAN, W. D.; ALISON, M. W.; HARRELL, D. L.; VIATOR, H. P.; McCORMICK, M. E.; GRAVOIS, K. A.; KIM, M.; DAY, D. F. Agronomic considerations for sweet sorghum biofuel production in the South-Central USA. **Bioenergy Research**, New York, v. 5, p. 748-758, 2012.

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

MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F., COELHO, M. A. O.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; FILHO, I. A. P. **Variedades de Sorgo Sacarino em Diferentes Espaçamentos e População de Plantas.** *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.11, n.3, p. 278-290, 2012

MISTRO, J.C.; FAZUOLI, L.C.; GALLO, P.B. et al. Estimates of genetic parameters in Arabic coffee derived from the Timor hybrid. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.141-147, 2007.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V. C. P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo de Medicina Veterinária e Zootecnia**.v.52, n.4, p.385-390, 2000.

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

NAN, L.; BEST, G.; CARVALHO NETO, C. C. **Integrated energy systems in China: the cold Northeastern region experience.** Rome: FAO, 1994. 475 p.

PEREIRA, O.G., OBEID, J.A., GOMIDE, J.A. et al. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.22, p.31-38, 1993.

PURCINO, A.A. Sorgo sacarino na Embrapa: Histórico, importância e usos. Agroenergia em Revista Ano II, Ed. nº3, agosto de 2011, p 6-7.

RATNAVATHI, C. V.; CHAKRAVARTHY, S. K.; KOMALA, V. V.; CHAVAN, U. D.; PATIL, J. V. Sweet sorghum as feedstock for biofuel production: a review. **Sugar Tech**, Heidelberg v. 13, n. 4., p. 399-407, 2011.

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

SILVA FILHO, J.G. da; FIGUEIREDO, R.C. de; BONFIM, A.O.R.; Simplício, J.B.; TABOSA, J.N.; REIS, O.V. dos. Potencial máximo de produção de biomassa sob irrigação – cultivos de sorgo forrageiro IPA 467-4-2 (Seleção 2) no Sertão sergipano. IN: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26, Belo Horizonte. Resumo expandido. CD ROM, 2006.

- SILVA, J.M., KICHEL, A.N., FEIJÓ, G.L.D. et al. Avaliação de cultivares de milho e sorgo para produção de silagem. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, REUNIÃO ANUAL, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997, v.1, p.187-189.
- SOUZA, C.L.C.; LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.F. et al. Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.262-269, 2007.
- SOUZA, V. F.; HATT, S.; PARRELLA, R. A. C.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. **Estimativas de Correlações Fenotípicas e Genotípicas entre Parâmetros Agroindustriais do Sorgo Sacarino**. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia, 2012.
- TABOSA, J. N.; REIS, O. V.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, J. M. P.; SILVA, F. G.; FILHO, J. G. S., BRITO, A. R. M. B., RODRIGUES, J. A. S. O Sorgo Sacarino no Semi-Árido Brasileiro: Elevada Produção de Biomassa e Rendimento de Caldo. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28., 2010, Goiânia-GO. Anais. Goiânia: ABMS, 2010. CD Rom.
- Tsuchihashi, N.; Goto, Y. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. **Plant Production Science**, n, 7, p. 442-448, 2004.
- VALENTE, J.O., SILVA, J.F.C., GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo para silagem. 1. Produção e composição do material ensilado e das silagens. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.13, p.67-73, 1984.
- VASILAKOGLU, I.; DHIMA, K.; KARAGIANNIDIS, N.; GATSI, 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.
- VENKOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.
- 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* 111: 55–64.

6. ANEXOS I - Relação das Progênes + Testemunhas Tratamentos

Tratamento	Progênes
1	15 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
2	15 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
3	15 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
4	15 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
5	15 Vit2010 – Ca2011 – 05 Vit2013
6	19 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
7	19 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
8	19 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
9	19 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
10	20 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
11	20 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
12	20 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
13	20 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
14	40 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
15	40 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
16	40 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
17	40 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
18	46 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
19	46 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
20	46 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
21	46 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
22	68 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
23	68 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
24	79 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
25	79 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
26	79 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
27	79 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
28	96 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
29	96 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
30	99 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
31	99 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
32	99 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
33	138 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
34	138 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
35	144 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
36	144 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
37	144 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
38	144 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
39	183 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
40	183 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013

41	183 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
42	183 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
43	183 Vit2010 – Ca2011 – 05 Vit2013
44	199 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
45	199 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
46	226 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
47	226 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
48	226 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
49	252 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
50	252 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
51	252 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
52	258 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
53	258 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
54	258 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
55	260 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
56	260 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
57	260 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
58	260 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
59	292 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
60	292 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
61	292 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013
62	292 Vit2010 – Ca2011 – 04 Vit2013
63	298 Vit2010 – Ca2011 – 01 Vit2013
64	298 Vit2010 – Ca2011 – 02 Vit2013
65	298 Vit2010 – Ca2011 – 03 Vit2013

Tratamentos	Testemunhas (Variedades)
66	IPA 467-4-2
67	IPA 2502
68	SF 15
69	BR 506
70	WRAY
71	WILLEY
72	TALE
73	BR 501
74	EP 19 – TRATAMENTO 19 DO EPSF
75	EP 17 – TRATAMENTO 17 DO EPSF
76	EP 14 – TRATAMENTO 14 DO EPSF
77	P 222
78	P 134
79	P 288
80	P 15

Tabela 3. Resumo da análise de variância para produção de matéria seca total (PMS), em t.ha⁻¹; % matéria seca total (%MST), em porcentagem; Brix na colheita (°BRIX), em graus brix; eficiência de extração de caldo (EEC), em porcentagem e etanol teórico (ET), em l.ha⁻¹, obtidas da avaliação de 80 genótipos de sorgo sacarino, avaliadas em Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

FV	GL	QM					
		PMS (t/ha ⁻¹)	%MST	PCL (t/ha ⁻¹)	°BRIX	EEC (%)	ET (l/ha ⁻¹)
Blocos	2	---	---	---	---	---	---
Tratamentos	79	132,16**	46,54**	254,09**	30,81**	177,40**	4284195,78**
Resíduo	158	33,54	7,79	75,02	3,81	38,58	884314,42
CV (%)		26,9	8,2	25,7	16,8	20,1	33,4
Média		21,4	33,6	33,6	11,5	30,7	2812,03

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

Tabela 4. Estimativa de variância genotípica (σ_g^2), variância ambiental (σ_E^2), herdabilidade média (H_m^2), coeficiente de variação genética (CVg), coeficiente de variação ambiental (CVe), razão CVg/CVe (índice b) e progresso esperado na seleção (Gs) para avaliação de diferentes variáveis, de diferentes genótipos de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

PARÂMETROS GENÉTICOS	PMS	%MST	PCL	°BRIX	EEC	ET
σ_g^2	32,8	12,9	59,6	9,0	46,2	1.133.293,2
σ_E^2	11,1	2,5	25,0	1,2	12,8	294.771,4
h_m^2 (%)	74,6	83,2	70,4	87,6	78,2	79,3
CVg (%)	26,6	10,6	22,9	25,9	22,0	37,8
CVe (%)	26,9	8,2	25,7	16,8	20,1	33,4
CVg/CVe	0,9	1,2	0,8	1,5	1,0	1,1
Gs (%)	32,2	13,6	26,9	33,9	27,3	47,2

PMS – produção de matéria seca total; %MST - % matéria seca total; PCL – produção de colmo; °BRIX – brix na colheita; EEC – eficiência de extração de caldo; ET – etanol teórico.

Tabela 5: Médias das variáveis: Produção de matéria seca total (PMS), % matéria seca total (%MST), Produção de colmo (PCL); Brix na colheita (°BRIX), Eficiência de extração de caldo (EEC) e Etanol teórico (ET) de 80 genótipos de sorgo sacarino. vitória de Santo Antônio – PE, 2014.

TRATAMENTO Nº ORDEM	PMS (t/ha)	%MST	PCL (t/ha)	°BRIX	EEC (%)	ET (l/ha)
01	19,1 c	33 d	31,5 b	12,4 b	20 c	2.679 c
02	25,8 b	35 c	36,9 a	14,5 a	19 c	3.743 b
03	19,2 c	32 d	34,8 a	13,9 a	27 b	3.389 b
04	23,5 b	36 c	37,7 a	15,5 a	21 b	4.146 a
05	32,9 a	32 d	47,7 a	14,3 a	25 b	4.775 a
06	9,7 c	28 e	17,8 b	5,6 d	32 a	694 d
07	10,1 c	32 d	15,4 b	6,5 d	28 b	679 d
08	12,2 c	28 e	25,0 b	8,5 c	34 a	1.629 d
09	13,3 c	31 d	21,4 b	10,9 b	34 a	1.727 c
10	15,1 c	33 d	18,0 b	3,17 d	30 b	379 d
11	26,1 b	36 c	35,3 a	13,6 a	23 b	3.444 b
12	16,7 c	30 e	25,3 b	6,4 d	39 a	1.126 d
13	15,3 c	38 c	23,9 b	14,4 a	27 b	2.671 c
14	25,9 b	31 d	42,9 a	11,1 b	28 b	3.267 b
15	24,8 b	30 e	47,4 a	9,1 c	40 a	3.066 b
16	19,2 c	32 d	29,6 b	11,1 b	31 a	2.314 c
17	24,5 b	32 d	47,1 a	8,9 c	36 a	2.937 b
18	22,6 c	37 c	33,5 b	13,4 a	26 b	3.103 b
19	20,8 c	33 d	29,0 b	13,5 a	24 b	2.747 b
20	22,7 c	31 d	36,9 a	12,0 b	28 b	3.080 b
21	37,0 a	40 b	37,7 a	14,4 a	26 b	3.815 b
22	15,2 c	32 d	24,4 b	8,1 c	37 a	1.452 d
23	16,6 c	31 d	27,1 b	12,7 b	36 a	2.403 c
24	16,7 c	29 e	30,9 b	6,4 d	38 a	1.373 d
25	13,1 c	38 c	21,0 b	12,0 b	33 a	1.810 c
26	27,7 b	34 d	45,2 a	14,2 a	18 c	4.513 a
27	14,7 c	34 c	21,7 b	10,8 b	28 b	1.628 d
28	22,5 c	31 d	40,0 a	11,9 b	29 b	3.348 b
29	21,1 c	32 d	31,6 b	9,5 c	34 a	2.114 c
30	15,4 c	28 e	27,4 b	6,3 d	28 b	1.116 d
31	12,0 c	29 e	20,7 b	5,5 d	33 a	797 d
32	16,2 c	30 e	26,6 b	8,5 c	29 b	1.548 d
33	17,6 c	29 e	29,6 b	6,5 d	36 a	1.366 d
34	14,9 c	30 e	26,0 b	6,9 d	34 a	1.153 d
35	14,5 c	31 d	24,2 b	15,2 a	32 a	2.571 c
36	20,8 c	31 e	39,0 a	10,8 b	33 a	2.990 b
37	24,3 b	29 e	45,5 a	11,4 b	35 a	3.667 b
38	13,4 c	26 e	26,6 b	6,5 d	33 a	1.223 d
39	19,8 c	27 e	39,5 a	12,1 b	33 a	3.374 b
40	26,4 b	37 c	37,8 a	12,4 b	23 b	3.359 b
41	28,2 b	34 d	44,6 a	14,1 a	37 a	4.394 a

TRATAMENTO Nº ORDEM	PMS (t/ha)	%MST	PCL (t/ha)	°BRIX	EEC (%)	ET (l/ha)
42	28,5 b	38 c	41,4a	15,4 a	30 a	4.476 a
43	25,5 b	33 d	43,1a	13,3 a	38 a	4.035 a
44	28,3 b	39 b	33,1 b	12,3 b	26 b	2.876 b
45	30,3 a	40 b	33,1 b	10,7 b	35 a	2.456 c
46	20,9 c	41 b	28,7 b	17,5 a	23 b	3.214 b
47	16,0 c	31 d	28,7 b	14,1 a	29 b	2.771 b
48	12,8 c	36 c	21,0 b	16,1 a	23 b	2.402 c
49	22,3 c	32 d	43,7 a	11,3 b	36 a	3.500 b
50	22,5 c	34 d	36,3 a	14,3 a	25 b	3.701 b
51	21,6 c	35 c	29,5 b	14,4 a	33 a	2.927 b
52	21,3 c	33 d	40,1 a	12,6 b	32 a	3.486 b
53	31,7 a	33 d	58,2 a	12,0 b	23 b	4.880 a
54	20,3 c	32 d	44,5 a	16,3 a	25 b	5.174 a
55	27,1 b	38 c	38,9 a	16,2 a	16 c	4.419 a
56	22,5 c	35 c	40,2 a	13,7 a	31 a	3.871 b
57	31,2 a	42 b	34,0 b	16,8 a	33 a	4.007 a
58	20,6 c	37 c	27,1 b	15,0 a	29 b	3.032 b
59	17,8 c	29 e	31,1 b	10,8 b	38 a	2.354 c
60	28,4 b	32 d	49,9 a	12,0 b	25 b	4.251 a
61	37,6 a	34 c	55,0 a	14,8 a	35 a	5.851 a
62	24,3 b	34 d	37,3 a	12,3 b	28 b	3.063 b
63	18,8 c	29 e	32,4 b	8,9 c	43 a	2.045 c
64	29,3 b	33 d	46,9 a	12,5 b	28 b	4.048 a
65	20,1 c	33 d	29,5 b	9,7 c	41 a	2.000 c
66	24,6 b	35 c	35,7 a	10,5 b	34 a	2.605 c
67	11,6 c	30 e	14,3 b	5,1 d	32 a	528 d
68	34,2 a	35 c	45,4 a	7,8 c	15 c	2.480 c
69	17,8 c	27 e	37,3 a	13,3 a	46 a	3.467 b
70	18,5 c	33 d	31,9 b	12,6 b	39 a	2.890 b
71	14,5 c	36 c	23,1 b	10,8 b	42 a	1.772 c
72	13,8 c	29 e	26,5 b	11,1 b	32 a	2.022 c
73	16,5 c	29 e	29,1 b	10,0 c	47 a	2.002 c
74	36,7 a	39 b	43,4 a	10,8 b	10 c	3.288 b
75	30,1 a	37 c	38,8 a	16,8 a	30 a	4.668 a
76	31,7 a	48 a	27,1 b	11,5 b	6 c	2.179 c
77	21,5 c	36 c	35,5 a	14,8 a	38 a	3.710 b
78	15,7 c	30 e	26,5 b	7,1 d	36 a	1.191 d
79	16,7 c	31 d	29,6 b	9,2 c	39 a	1.849 c
80	24,1 b	34 c	40,2 a	13,6 a	15 c	3.822 b
Média	21,4	33	33,6	11,5	30	2.812
Média das Testemunhas	21,9	34	32,3	11,0	31,2	2565,3
CV (%)	26,9	8,2	25,7	16,8	20,1	33,4

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

Tabela 6: Correlação genotípica entre as variáveis de sorgo sacarino. Vitória de Santo Antão – PE, 2014.

	PMS	%MST	PCL	°BRIX	(%)EEC	ET
PMS	1					
%MST	0,5956**	1				
PCL	0,8202**	0,1512 ^{NS}	1			
°BRIX	0,5774**	0,6331**	0,5367**	1		
(%)EEC	-0,5799**	-0,6686**	-0,2427*	-0,3293**	1	
ET	0,7852**	0,4498**	0,8516**	0,8844**	-0,3355**	1

*,** Significativo, pelo teste de t-student, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

NS: Não significativo