

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
GOIANO
Campus Rio Verde - GO

BACHARELADO EM AGRONOMIA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SORGO SACARINO VIA AMMI

JOÃO HILÁRIO NETO

Rio Verde, GO

2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
BACHARELADO EM AGRONOMIA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE
SORGO SACARINO VIA AMMI

JOÃO HILÁRIO NETO

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral

Co-orientador: Dr. Marconi Batista Teixeira

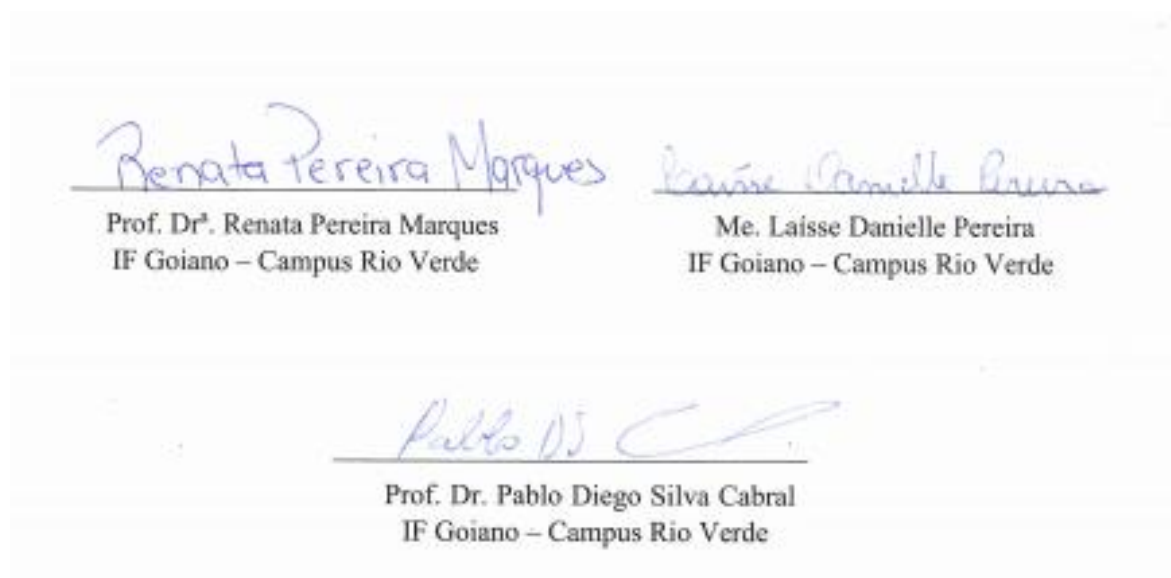
Rio Verde, GO

Agosto, 2019

JOÃO HILÁRIO NETO

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE
SORGO SACARINO VIA AMMI

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 06 de Agosto de 2019, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Rio Verde - GO

Agosto, 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

NJ89a Neto, João Hilário
Adaptabilidade e estabilidade de sorgo sacarino
via AMMI / João Hilário Neto; orientador Pablo Diego
Silva Cabral . -- Rio Verde, 2019.
27 p.

Monografia (Graduação em Bacharelado em Agronomia)
-- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Interação genótipo e ambiente. 2. Sorghum
bicolor L.. 3. Melhoramento genético. I. , Pablo
Diego Silva Cabral, orient. II. Título.



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |

Nome Completo do Autor: João Hilário Neto

Matrícula: 2015102200240110

Título do Trabalho: ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SORGO SACARINO VIA AMMI

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: ____/____/____

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

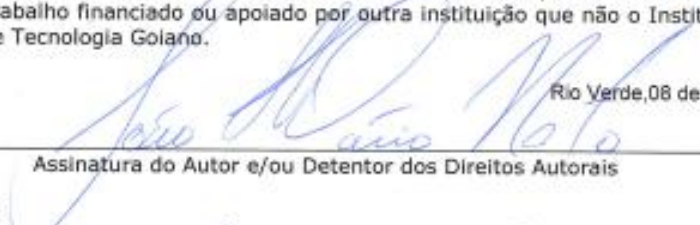
O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

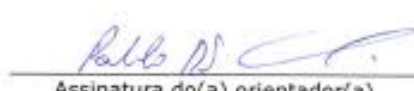
O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 08 de agosto de 2019.


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO VERDE
Campus Rio Verde - GO

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE ENSINO
GERÊNCIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

ANO	SEMESTRE
2019	02

No dia 6 do mês de Agosto de 2019, às 16 horas e 01 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes Pablo Diego Silva Cabral, Renata Pereira Marques, Raíne Danielle Pereira para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado Adapta biológica e Estabilidade de Culturas de arroz irrigado na AMM do(a) acadêmico(a) João Filipe Neto, Matrícula nº 2015102200240110 do curso de Agronomia do IF Goiano - Câmpus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela aprovação do(a) acadêmico(a). Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

Rio Verde, 6 de Agosto de 2019.

Pablo DS

Nome: Pablo Diego Silva Cabral
Orientador(a)

Renata Pereira Marques

Nome:
Membro

Raíne Danielle Pereira

Nome: Raíne Danielle Pereira
Membro

Observação:

() O(a) acadêmico(a) não compareceu à defesa do TC.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ter me dado saúde durante essa trajetória e aos meus pais Fernando de Paula Hilário e Rosana Cláudia Soares por todo apoio, inspiração e perseverança por toda a minha vida, sendo a base de tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de uma maneira ou outra, estiveram ao meu lado nessa trajetória, incentivando, dando conselhos e compartilhando sabedorias.

Agradeço aos meus pais Fernando de Paula Hilário e Rosana Cláudia Soares, por todo apoio, carinho, ensinamentos e dedicação por todo o período da graduação e durante a vida.

Ao meu irmão Rodrigo Matheus Soares Hilário pelo apoio e companheirismo.

A minha prima Natália Caroline pelo apoio e trocas de experiências nessa jornada.

A galera do Cortiço, essa conquista só foi possível com apoio de vocês, e a todos amigos que fizeram parte indiretamente em minha vida acadêmica.

Ao meu orientador e amigo Dr. Pablo Diego Silva Cabral pelo tempo de companheirismo e incentivo para meu crescimento profissional, pela confiança em meu trabalho, por todos os valiosos ensinamentos e por sempre estar disposto a ajudar.

A todos os professores que estiveram presentes nessa caminhada, os quais contribuíram profissionalmente, em especial a Dr^a. Renata Pereira Marques e a Me. Laísse Danielle Pereira, por aceitarem me ouvir e contribuir para o meu trabalho.

A todos, que mesmo não citados aqui, estiverem presentes nessa fase, de alguma forma, meus sinceros agradecimentos.

HILÁRIO NETO, João. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino via AMMI**. 2019. 27p. Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2019.

RESUMO

A cultura do sorgo sacarino vem ganhando popularidade em muitos países, como uma alternativa à produção de biocombustíveis devido à sua elevada produção de biomassa lignocelulósica e açúcares fermentáveis. A quantidade de cultivares no mercado brasileiro ainda é muito pequena, devido aos poucos programas de melhoramento e a baixa procura pela indústria sucroalcooleira, além do desconhecimento da performance interação genótipo e ambiente. Estudar a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica permite a identificação dos efeitos da interação G×E ao nível de genótipo e ambiente, mostrando a contribuição relativa para a interação total. Objetivou-se com esse trabalho avaliar cultivares de sorgo sacarino quanto a sua adaptabilidade e estabilidade em cinco ambientes do Brasil para as variáveis Etanol, Matéria seca e Matéria fresca, de 20 cultivares de sorgo sacarino para a safrinha pelo método AMMI. Nesse contexto, o sorgo sacarino apresenta-se como alternativa promissora para complementação no fornecimento de matéria-prima para indústria sucroalcooleira, sendo que esse tem alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo, propagação via sementes, eficiência no uso de insumos e de água e possui ciclo curto. As características avaliadas foram produção de Matéria Fresca, Matéria Seca e Teor de Sólidos Solúveis para determinação de produção de Etanol. Contudo, houve adaptabilidade específica para etanol no ambiente A4 e matéria fresca no ambiente A1. Foi observada estabilidade fenotípica de alguns cultivares para as variáveis.

Palavras chave: Interação genótipo e ambiente; *Sorghum bicolor* L.; melhoramento genético.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Produção de Etanol	12
2.2 Sorgo Sacarino.....	13
2.3 Sorgo Sacarino e Cana-de-açúcar	15
2.4 Método AMMI (Additive Mean Effects and Multiplicative Interaction Analysis).....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5 CONCLUSÕES	24

1 INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo sacarino vem ganhando popularidade em muitos países, como uma alternativa à produção de biocombustíveis (Godsey et al., 2012) devido à sua elevada produção de biomassa lignocelulósica e açúcares fermentáveis (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). No Brasil, tem ganhado espaço na entressafra da cana-de-açúcar, pois apresenta-se como, alternativa técnica e economicamente viável para fornecimento de matéria-prima à destilaria em início de safra, evitando o corte antecipado da cana-de-açúcar (Parrella et al., 2012), sendo possível ajustar a mesma estrutura para colheita e processamento da biomassa (moagem, fermentação e destilação) utilizada para cana-de-açúcar.

Porém, a quantidade de cultivares no mercado brasileiro ainda é muito pequena, isso devido aos poucos programas de melhoramento e a baixa procura pela indústria sucroalcooleira, provavelmente pelo desconhecimento da cultura e/ou pela dificuldade de incorporação dessa no processo produtivo da cana-de-açúcar.

Outro agravante é a acentuada interação genótipos x ambientes (GxE) (Allard & Bradshaw, 1964), estudar a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica permite a identificação dos efeitos da interação GxE ao nível de genótipo e ambiente, mostrando a contribuição relativa para a interação total. Várias técnicas de estatística e genéticas têm sido desenvolvidas com o intuito de melhor quantificar este efeito, mas, as posições críticas dos estatísticos, que atuam em programas de melhoramento genético, referem-se à falta de uma análise criteriosa da estrutura da interação GxE. Tradicionalmente, a análise dessa estrutura é superficial, não detalhando os efeitos da complexidade da interação (ROSA et al., 2017).

Entre os métodos já disponíveis, o modelo AMMI (Additive Mean Effects and Multiplicative Interaction Analysis) vem se destacando por maior número de aplicações (HONGYU et al., 2015). O AMMI possibilita um detalhamento maior de soma de quadrados da interação GxE, proporcionando vantagens na seleção de genótipos quando comparados a outros métodos, combinando técnicas estatísticas, com a análise de variância e a análise de componentes principais para ajustar a interação GxE.

A proposta do trabalho objetivou avaliar cultivares de sorgo sacarino quanto a sua adaptabilidade e estabilidade em cinco ambientes do Brasil para as variáveis Etanol, Matéria seca e Matéria fresca, de 20 cultivares de sorgo sacarino para a safrinha pelo método AMMI.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de Etanol

O petróleo continua sendo a fonte de energia primária mundial, considerado de difícil substituição em curto prazo. O Brasil, que produz a partir da cana-de-açúcar cerca de 40% do etanol consumido no mundo, apresenta as melhores condições geográficas, climáticas, culturais e tecnológicas para liderar a produção do álcool combustível (BNDES; CGEE; FAO; CEPAL, 2016).

A grande diversidade edafoclimática brasileira possibilita a exploração de várias culturas energéticas para completar e descentralizar a produção de etanol, dentre elas o sorgo sacarino, tornando este setor mais sustentável, além de estimular o desenvolvimento de aptidões regionais para outras culturas (EMYDIO, 2010).

Seguindo as novas tendências internacionais de substituição das matrizes energéticas fósseis por fontes renováveis, o Brasil se destaca neste cenário. No país, 92% da energia elétrica consumida é renovável (85% hidráulica e 7% de biomassa), com destaque para energia eólica e a energia solar que apesar de pouco significativas em nossa matriz energética apresentam grande potencial (CEMIG, 2012).

Nos últimos dez anos o setor sucroenergético passou por grandes transformações tanto tecnológicas quanto agrícolas, tais como: a expansão da cultura de cana-de-açúcar para regiões diferentes das tradicionais, programas de melhoramento genético, substituição do corte manual pelo mecanizado com a consequente extinção da queima. E mais recentemente a adoção do cultivo totalmente mecanizado e o avanço na tecnologia de produção do etanol a partir da hidrólise do bagaço. Com isso foi possível expandir o período de safra, mas ainda assim, a indústria passa por um período de desabastecimento de matéria-prima, além de baixas produtivas decorrentes especialmente a condições climáticas atípicas como a observada na safra 2014/2015. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento na safra (2014/2015), foram processadas 642,1 milhões de toneladas de cana com produção de 28,66 bilhões de litros de etanol, redução de 2,5% para cana moída em relação a safra passada 2013/14, onde se processou 658,8 milhões de toneladas, com 5 produção de 27,96 bilhões de litros. A safra 2014/2015 foi caracterizada pela seca que atingiu a região centro-sul entre os meses de dezembro e fevereiro (UNICA, 2015).

As baixas precipitações pluviométricas refletiram diretamente no desenvolvimento da cultura, tanto na fase de rebrota, quanto no crescimento, o que prejudicou o perfilhamento da cultura e desenvolvimento dos colmos, afetando a produtividade de cana-de-açúcar. A queda

registrada na safra foi de 4,6% (Fig. 01) e só não foi maior devido ao aumento da área plantada no país ter aumentado 2,2% (CONAB, 2015).

Para suprir o mercado de etanol, o setor tem que retomar o movimento de expansão, aumentando não só a capacidade industrial, mas principalmente a área cultivada com matéria-prima, especialmente em períodos de entressafra, impedindo que o país venha a sofrer reajustes nos preços deste combustível. Assim uma alternativa para complementar a produção de etanol seria o sorgo sacarino, que se destaca, tanto do ponto de vista agrônomo quanto do industrial para produção de etanol e bioeletricidade (FERREIRA, 2015).

2.2 Sorgo Sacarino

O *Sorghum bicolor* L. Moench é gramínea originada do continente africano pertencente à família Poaceae, sendo cultivada em inúmeras regiões do planeta. É o quinto cereal mais importante do mundo ficando atrás apenas do trigo, milho, arroz e cevada (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2009).

O sorgo sacarino tem ciclo anual, apresenta a seguinte classificação botânica: Andropogoneas e subfamília Panicoidae; Ordem: Poales; Família: *Poaceae*; Gênero: *Sorghum* e Espécie: *Sorghum biocolor*. Apresenta caule compostos por nós, entrenós ou internódios, que sustentam as folhas e inflorescências. A altura da planta é variável entre genótipos, dependendo do número e comprimento dos entrenós, gerando inflorescência terminal tipo panícula, que é rica em amido. A panícula é aberta e produz grãos (sementes), o fruto é uma cariopse ou grão seco (MAGALHÃES et al., 2010; DINIZ, 2010).

O sorgo é planta C4 com elevada atividade fotossintética (MAGALHÃES et. al, 2010; MURRAY et. al., 2008). A cultura de sorgo sacarino se caracteriza por ser de ciclo fenológico curto (de 90 a 120 dias) alcançando sua maturação fisiológica em período aproximado de 4 meses, capaz de produzir teores de açúcares próximos aos de cana-de-açúcar (FONTES et al., 2011).

O Estádio de crescimento do sorgo sacarino pode ser dividido em três fases: 1) Vegetativa - compreende o período que vai desde a germinação até a iniciação da panícula. 2) Reprodutiva - que vai desde a iniciação da panícula até o florescimento, apresenta vários processos de crescimento, que se afetados poderão comprometer o crescimento e desenvolvimento da área foliar, sistema radicular, acumulação de matéria seca e o estabelecimento de um número potencial de sementes. 3) Maturação - fase que vai da floração

a maturação fisiológica dos grãos, os fatores considerados mais importantes são aqueles relacionados ao enchimento de grãos.

Outro ponto que merece ser destacado é o processamento desta matéria prima que necessita de poucos ajustes agrícolas sem nenhuma adaptação industrial. Para sua colheita é utilizado os mesmos equipamentos da cana-de-açúcar, com adaptações. O processamento dos colmos pode ser feito na mesma planta industrial que opera a cana-de-açúcar, viabilizando sua utilização. Quando se compara o custo de produção da cana-de-açúcar e do sorgo este é menor, pois exige menos manejo cultural que a cana. Fontes alternativas de rentabilidade e sustentabilidade é uma busca constante por parte do setor sucroenergético para manter altos níveis de produtividade e competitividade. A Embrapa Milho e Sorgo, através do seu Plano Nacional de Agroenergia (PNA 2006/2011) retomaram o programa de melhoramento do sorgo sacarino, interrompido no final dos anos 80. Como resultado deste trabalho foi desenvolvido variedades com elevada produtividade de colmos, apresentando em média 50 toneladas por hectare de matéria seca em ciclo de 5 a 8 meses (CORSINO, 2011).

De acordo com Durães (2011), os programas de melhoramento genético buscam por genótipos produtivos e adaptados as diferentes condições edafoclimáticas, que garantam incremento na produtividade. Adicionalmente, busca-se o desenvolvimento de híbridos resistentes às principais doenças (ferrugem, míldio, antracnose, helmintosporiose e cercosporiose) e pragas (broca-da-cana e lagarta-do-cartucho). Além de variedades menos suscetíveis ao acamamento, uma vez que apresenta porte alto (3 a 5 m de altura) e presença de panícula com grãos no ápice da planta, o que favorece o acamamento. Para produção de etanol a partir de sorgo sacarino, pode se utilizar desde os colmos (ricos em açúcares fermentescíveis) bem como seus grãos. Porém, atualmente, os programas de melhoramento genético estão concentrados principalmente nos colmos do sorgo. Buscando criar novos genótipos que apresentem maior rendimento de açúcares, menor quantidade de grãos e alto valor de taninos, o que tem causado bastante controvérsia, uma vez que, podem formar complexos com proteínas e reduzir a palatabilidade e digestibilidade para uso em alimentação animal. Por outro lado, traz vantagens agronômicas, como resistência a pássaros e doenças do grão (GONÇALVES et al., 1999).

O sorgo sacarino destaca-se por ser espécie de comportamento rústico, bem adaptado a ambientes extremos de estresses abióticos, tais como temperatura do ar e umidade do solo (URIBE et al., 2014). Apresenta elevada tolerância a períodos de estiagem durante o ciclo vital, podendo ser cultivado em ampla faixa de condições de solo. Desde regiões mais secas,

zonas áridas e semiáridas, inclusive em ambientes de baixa fertilidade, nas mais diversas regiões do Brasil sem concorrer com a cana-de-açúcar, sendo colhido durante sua entressafra (CANAVIALIS, 2012).

Desta forma, beneficia a indústria sucroenergética, que não ficaria sem matéria-prima para a produção de etanol nesse período. É mais tolerante que a maioria dos outros cereais, sem grandes prejuízos para a colheita de grãos e massa verde (SOUZA et al., 2009; DINIZ, 2010). Durante o seu ciclo, o consumo de água pelo sorgo varia de 380 mm a 600 mm, dependendo das condições climáticas dominantes (LANDAU; SANS, 2008).

A tolerância do sorgo sacarino a seca se deve ao fato de apresentar sistema radicular profundo, ramificado e extenso, o que permite a planta explorar mais volume de solo e ser eficiente na extração da água do solo. Além de possuir a característica bioquímica que permite desacelerar seu metabolismo fisiológico (hibernar) durante o período com déficit hídrico (MAGALHÃES et al., 2010).

2.3 Sorgo Sacarino e Cana-de-açúcar

O sorgo sacarino apresenta características tanto industriais quanto agrônomicas interessantes. Destaca-se nesta cultura o fato da flexibilidade do plantio que se dá por meio de sementes, o que permite ser implantado em sistemas de rotação com outras culturas anuais ou ainda em áreas onde a cana-de-açúcar não tem boa adaptação (CERES, 2010). Produz grãos com características nutricionais semelhantes ao milho, que podem ser utilizados tanto para aumentar a produção de etanol, quanto na alimentação humana e animal (DURÃES, 2011).

O sorgo requer três vezes menos água que a cultura de cana-de-açúcar, e um ciclo de crescimento vegetativo quatro vezes menor, possibilitando a colheita de duas a três safras anuais de acordo com a região e disponibilidade de irrigação (REDDY et. al., 2005; CERES, 2010).

Sua característica fenológica, possibilita a produção de etanol durante o período da entressafra da cana-de-açúcar, quando semeado no início do período chuvoso (setembro), com colheitas a partir de janeiro. O que possibilita antecipar entre dois e três meses o período de moagem das usinas, reduzindo o período de ociosidade das destilarias, que atualmente varia de três a cinco meses. O curto período de utilização reduz a flexibilidade na colheita do sorgo sacarino em função de possíveis problemas climáticos (falta ou excesso de chuvas) ou operacionais (problemas na usina) que impeçam a colheita ou moagem industrial. A utilização de enzimas (α -amilase e β -amiloglucosidase) para o tratamento do caldo permite a utilização

concomitante do grão do sorgo sacarino na produção de etanol, maximizando seu potencial, além de permitir melhor flexibilização do período de colheita. Apresenta quantidade de Açúcares Redutores Totais (ATR) com valores próximos aos de cana-de-açúcar, possibilitando valores de eficiência fermentativa da ordem de 90%. A presença em alguns genótipos de quantidades elevadas de açúcares não fermentescíveis inviabiliza sua utilização na produção de açúcar evitando a cristalização do mesmo (REEDY et. al., 2005; ICRISAT, 2009).

Apesar de apresentar inúmeras vantagens a cultura de sorgo sacarino não propõe a substituição da cana-de-açúcar, mas sim, uma complementação. Com o plantio e colheita de sorgo e posterior plantio de cana, uma vez que no Brasil, a cana-de-açúcar destaca-se como uma das principais fontes de matéria-prima na produção sustentável de etanol (AZEVEDO et. al., 2012).

2.4 Método AMMI (Additive Mean Effects and Multiplicative Interaction Analysis)

O método de análise AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis), que significa modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa. Este procedimento combina técnicas estatísticas, como a análise de variância e a análise de componentes principais, para ajustar, respectivamente, os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação $G \times E$ (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Segundo RESENDE (2007), o efeito da interação $G \times A$ é decorrente do comportamento diferencial dos genótipos nos diferentes ambientes de cultivo e pode indicar que o melhor indivíduo em um ambiente pode não sê-lo em outro. Assim, este pode ser um complicador na seleção e indicação de novas cultivares, se não for considerado adequadamente.

A análise AMMI combina a análise de variância e a análise de componentes principais, para ajustar, respectivamente, os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação GA . Gauch e Zobel (1997) informam que esta análise pode ajudar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados, como na realização do chamado zoneamento agrícola com fins de recomendações regionalizadas e seleção de locais de teste.

Zobel et. al. (1988) sustentam que o método AMMI permite uma análise mais detalhada da interação $G \times A$, garante a seleção de genótipos mais produtivos (capazes de capitalizar interações positivas com ambientes), propicia estimativas mais precisas das

respostas genotípicas e possibilita uma fácil interpretação gráfica dos resultados da análise estatística.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste ensaio experimental utilizou-se 20 cultivares de sorgo sacarino fornecidos pela Empresa Nexteppe Sementes do Brasil.

A semeadura das 20 cultivares foi feita na época de safrinha (substituição a soja) em municípios de diferentes regiões brasileiras, como: Dourados (MS), Rio Preto (SP), Passo fundo (RS), Rio Verde (GO) e Araguari (MG). Foram coletadas amostras de solo de cada local para análises químicas, as quais serviram de base para a correção do solo e adubações (plantio e de cobertura), de acordo com o recomendado para a cultura. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de cinco metros, espaçadas 0,70m com população de 125.000 plantas por hectare.

As avaliações foram realizadas nas duas fileiras centrais de cada parcela e as características avaliadas foram: Produção de Matéria Fresca total (MF): determinado em kg/parcela, através da pesagem de todas as plantas (inteiras) contidas em dois metros lineares de cada parcela e convertidos para $t.ha^{-1}$; Produção de Matéria Seca (MS): uma massa de 200g de MF foi amostrada em cada parcela e colocada em estufa de ar forçado a 55° por sete dias, posteriormente a massa foi mensurada em balança analítica para obtenção da umidade, que foi utilizada para transformar a MF em MS; Produtividade de Etanol por hectare (ETANOL): foi estimado em litros por hectare segundo a metodologia Consesorgo (é um exclusivo sistema de medição para pagamento de fornecedores, semelhante ao Consecana), disponibilizado pela empresa NexSteppe Sementes do Brasil; A extração do caldo foi amostrada de forma aleatória 8 plantas inteiras (folha + colmo), sem panículas, colhidas na parcela útil, e moídas em moendas utilizadas para extração de caldo de cana, anotando-se o peso (g) e volume (ml) de caldo extraído da amostra de 500g.

Os dados foram submetidos a análises de variâncias para cada local, foram realizadas análises de variância conjunta entre locais. Para realizar o ranqueamento foi utilizado o teste de médias Scott-Knott. Para as análises de Adaptabilidade e Estabilidade foi empregado o modelo Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis (AMMI) (Zobel et al., 1988) seguindo o modelo descrito por Duarte e Vencovsky (1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentado a média para os principais caracteres do sorgo sacarino. Observa-se que o que mais se destacou na produção de Etanol foi o G20 (N43A1001) com 6813,28 L.ha⁻¹ sendo extremamente competitivo com a cultura da cana que de acordo com Vian (2009), a produtividade varia de seis a oito mil litros de etanol por hectare. A menor produtividade foi registrada pelo cultivar o G1 (EXP1) com 2962,63 L.ha⁻¹. A produção de etanol a partir do caldo extraído dos colmos do sorgo sacarino já foi validada (RATNAVATHI et al., 2010; LIU et al., 2008; CHANNAPPAGOUDAR et al., 2007; GARCIA, 1984) e mostrou-se bastante promissora.

Para Matéria Fresca (MF) e Seca (MS) os híbridos G2 (Exp2) e G20 (N43A1001) se destacaram com produtividades acima de 100 e 21 t.ha⁻¹, respectivamente, e o híbrido G6 (EXP6) com as menores.

Tabela 1. Média dos 20 genótipos de sorgo sacarino em todos os ambientes para Etanol (L.ha⁻¹), Matéria Fresca (MF em t.ha⁻¹) e Matéria Seca (MS em t.ha⁻¹)

Sigla	Híbridos	Etanol	MF	MS
G1	Exp1	2962,63	79,02	16,92
G2	Exp2	3366,54	104,80	21,95
G3	Exp3	3546,24	68,75	15,30
G4	Exp4	2997,72	79,80	21,19
G5	Exp5	3840,00	60,79	17,30
G6	Exp6	3452,73	46,95	14,19
G7	Exp7	3004,43	54,69	16,64
G8	Exp8	3500,60	83,77	21,91
G9	Exp9	3285,74	59,28	15,63
G10	Exp10	4087,97	70,58	16,47
G11	14546	4937,72	76,12	18,93
G12	16522	5610,89	83,07	17,68
G13	BRS-511	5910,40	78,62	15,19
G14	N31G2174	4996,20	73,83	15,99
G15	N31K2168	6400,00	93,04	18,16
G16	N31L5010	5754,56	89,33	20,17
G17	N32F2026	5007,37	73,38	16,23
G18	N32J3252	5834,33	82,59	15,29
G19	N3J53	5476,24	86,03	19,67
G20	N43A1001	6813,28	105,32	21,79

Os ensaios foram implantados na safinha 2017 em diferentes regiões brasileiras. Os resumos das análises de variância para MS, MF e ETANOL estão apresentados na Tabela 2. Verifica-se diferenças significativas ($p \leq 0,01$) entre os ambientes para as características avaliadas, mostrando que em cada ambiente há diferenças na produção de matéria fresca,

matéria seca e produtividade de etanol, com produtividade variando de 57,36 a 102,78 t.ha⁻¹, 12,05 a 27,50 t.ha⁻¹ e 3346,68 a 6398,39 L.ha⁻¹, respectivamente (MF, MS, ETANOL).

Observa-se também, que o melhor ambiente para a produção de Etanol foi o de Passo Fundo e o que obteve a menor média foi o de Rio Verde. Para MF também foi o de Passo Fundo, mas para MS foi o de Rio Preto. O ambiente de Rio Verde foi o pior para Etanol e MS e o Araguari para MF.

Tabela 2. Médias dos 20 cultivares de sorgo sacarino em cada ambiente cultivado.

Sigla	Ambiente	Etanol	MF	MS
A1	Dourados	4883,78	73,77	15,87
A2	Rio Preto	4094,53	90,41	27,50
A3	Passo Fundo	6398,39	102,78	21,34
A4	Rio Verde	3346,68	63,13	12,05
A5	Araguari	3973,02	57,36	12,38

O biplot AMMI mostra as médias da produção de genótipos e ambientes na abcissa e os escores do PC1 para genótipos e ambientes na ordenada. Pela Figura 1 pode-se observar que o cultivar G11 (14546) obteve a maior estabilidade fenotípica para a variável Etanol, seguido pelo cultivar G17 (N32F2026), sendo que ambos obtiveram produtividade de Etanol acima da média (Tabela 1). Em termos de adaptabilidade específica pode-se destacar o cultivar G9 (Exp9) com o ambiente A4 (Rio Verde).

Os cultivares G19, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18 e G20 apresentaram produtividade de etanol acima da média.

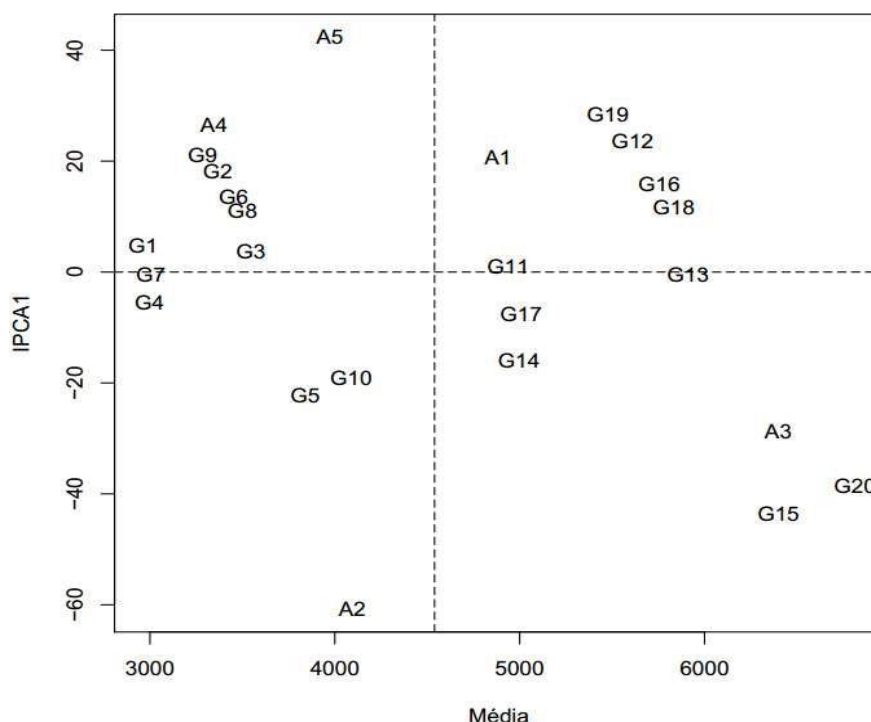


Figura 1. Representação gráfica AMMI mostrando o primeiro eixo da interação com a média (ACP1 X Média) para a variável Etanol para os 20 cultivares de sorgo sacarino nos cinco ambientes.

Os cultivares G1, G2, G4, G12, G19, G16, G13, G18 e G20 apresentaram produtividade de MF acima da média. O cultivar G1 (EXP1) obteve a maior estabilidade para a variável MF (Figura 2), seguidos dos G14 (N31G2174), G8 (EXP8), G17 e G10 (EXP10). Observou-se uma adaptabilidade específica dos cultivares G11 (14546), G17 (N32F2026) e G14 (N31G2174) ao ambiente A1 (Dourados).

Por ocasião da colheita, os híbridos de sorgo sacarino apresentaram a produção média de massa fresca de 77490 kg.ha⁻¹ (Figura 2). Valores similares foram encontrados por Pereira Filho et al. (2013), que avaliou quatro cultivares de sorgo sacarino (BRS 501, 505, 506 e 507) e um cultivar simples forrageiro (BR S 60), semeados nas densidades de 75, 100, 125, 150 e 175 (x1.000) plantas.ha⁻¹, e encontrou valor para MF variando de 59.050 a 85.990 kg.ha⁻¹.

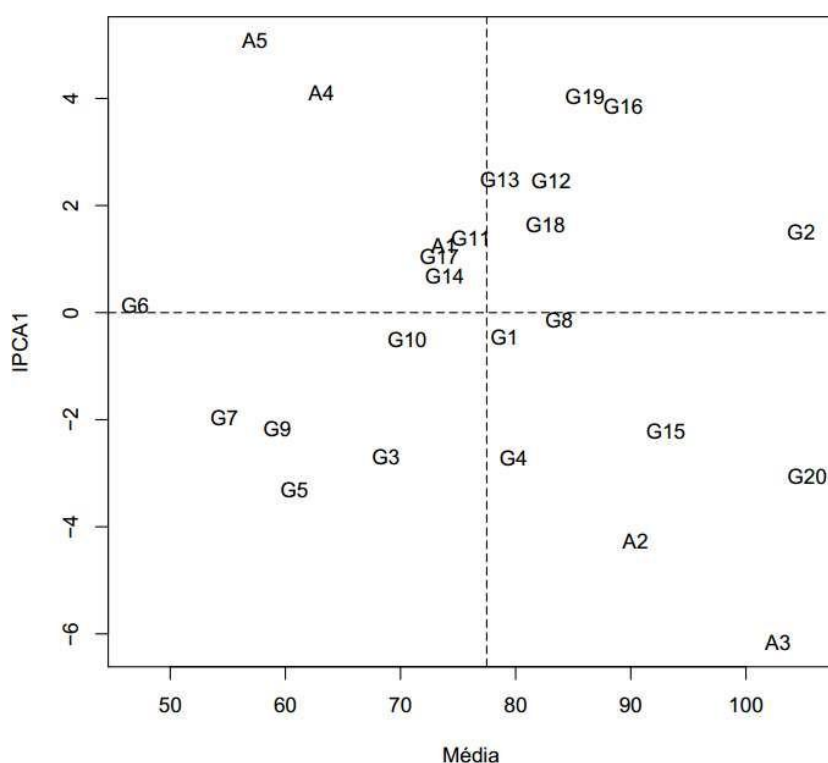


Figura 2. Representação gráfica AMMI1 mostrando o primeiro eixo da interação com a média (ACP1 X Média) para a variável Massa Fresca para os 20 genótipos de sorgo sacarino nos cinco ambientes.

Para a variável MS (Figura3) os cultivares que obtiveram as maiores estabilidades foram o G12 (16522) e G 11 (14546). Os cultivares G4, G8, G16 e G20 apresentaram produtividade acima da média. Não se observou adaptabilidade específica de nenhum cultivar com os ambientes.

A Média de produção de matéria seca em todos os ambientes foi de 17828 kg ha^{-1} , valores próximos foram encontrados por Cavalcante et al. (2017), que avaliou quatro cultivares: MON1, BRS 506, CB7300 e MON2 semeados em dezembro sendo a produção de matéria seca de 15205 Kg.ha^{-1} .

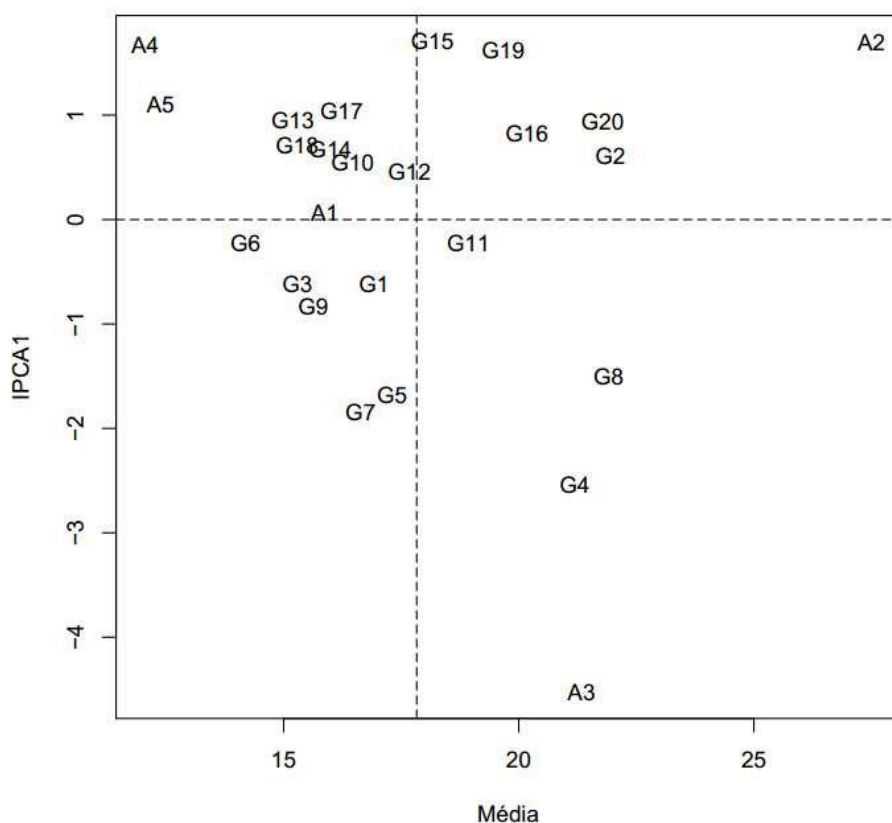


Figura 3. Representação gráfica AMMI1 mostrando o primeiro eixo da interação com a média (ACP1 X Média) para a variável Massa Seca para os 20 genótipos de sorgo sacarino nos cinco ambientes.

Observou-se que muitos híbridos apresentaram melhor comportamento em um local e pior em outro, para determinada característica, sugerindo interação do tipo complexa, que é um complicador para os trabalhos de melhoramento, pois altera o ranqueamento das cultivares nos diferentes ambientes avaliados. Neste caso, devem ser feitos estudos de adaptabilidade e estabilidade de produção com a finalidade de identificar cultivares adaptadas com estabilidade ampla (RAMALHO et al., 1993).

5 CONCLUSÕES

Para a variável ETANOL houve adaptabilidade específica do cultivar G9 para o ambiente A4, para MF houve adaptabilidade específica dos cultivares G11, G14 e G17 para o ambiente A1, para a variável MS não encontrou adaptabilidade específica para nenhum cultivar.

Para a variável ETANOL o cultivar que apresentou maior estabilidade fenotípica foi o G11, para MF o cultivar G1 apresentou maior estabilidade fenotípica e para MS os cultivares G11 e G12 apresentaram maior estabilidade fenotípica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype environment interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v.4, p.503-508, 1964.

AZEVEDO, M. S.; SANTOS, R. V. O; MAGALHÃES, T. V. Produção de etanol no Brasil. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 2, p. 151-154, 2012.

BNDES; CGEE; FAO; CEPAL. **Bioetanol de cana-de-açúcar Energia para o desenvolvimento Sustentável**. 2016. Disponível em:< <http://www.cgee.org.br/publicacoes/bietanol.php>>. Acesso em: 10 de out. de 2018.

CAVALCANTE, T. J.; GIONGO, P. R.; BARBOSA, K. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, L. F.; RODRIGUES, A. A.; VITAL, R. G. Características agronômicas de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas na região do Sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista ESPACIOS**. v. 38, n. 46. 2017.

CEMIG. **Companhia Energética de Minas Gerais**. 2012. Belo Horizonte: Cemig, 2012. 369: ilust. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/ptbr/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Alternativas%20Energ%C3%A9ticas%20-%20Uma%20Visao%20Cemig.pdf>. Acesso em 19 de jan. de 2019.

CERES. **Sorgo Sacarino tem vantagens que o diferenciam da cana de açúcar**. 2010. Disponível em: < <http://www.ceres.net/ceresementes/Etanol/EtanolVantagens.html>. Acesso em 10 de jan. de 2019.

CHANNAPPAGOUDAR, B. B.; BIRADAR, N. R.; PATIL, J. B.; HIREMATH, S. M. Assessment of sweet sorghum genotypes for cane yield, juice characters and sugar levels. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 20, n. 2, p. 294-296, 2007.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – v. 1 – Brasília: Conab, 2013 - v.1. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 10 de abr. 2019.

CORSINO, M. C. **Embrapa retoma produção de sorgo sacarino:A cultivar é uma opção na entressafra da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/noticias/embrapa-retoma-producao-de-sorgo-sacarino>>. Acesso em: 10 de nov. 2018.

DINIZ, G. M. M. **Produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): aspectos gerais**. Dissertação (Mestrado em Melhoramentos Genético de Plantas) – Recife – PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – UFRPE, 97p, 2010.

DUARTE, J. B.; VENCovsky, R. Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise “AMMI”. Ribeirão Preto: **Sociedade Brasileira de Genética**, 1999. 63 p. (Série Monografias, 9).

DUARTE, J.B.; VENCovsky, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise “AMMI”**. Ribeirão Preto:Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p.

DURÃES. F. O. M. Agroenergia em revista Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica. **Agroenergia em revista**. Brasília: Embrapa, 3. ed. p. 7, 2011.

EMYGDIO, B. M. Produção de etanol a partir do sorgo sacarino. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/20104/sorgo/index.htm>>. Acesso em 10 jan. 2019.

FERREIRA, O. E. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino com tratamento enzimático**. Tese (doutorado) – Jaboticabal – SP. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

FONTES, M. M; SILVA, B. A.; DANTAS, J. P.; SILVEIRA, D. C.; CAVALCANTI, M. T. Caracterização físico-química do melado de sorgo granífero sacarino [*Sorghum biocolor* (L) Moench]. **Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)** v.6, n.1, p. 216 – 219 2011.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009.

GARCIA, J. C. Avaliação econômica da produção de álcool em microdestilarias a partir de sorgo sacarino e cana-de-açúcar. In: GORGATI NETTO, A.; CRUZ, E. R. (Ed.). **Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural**. Brasília: Embrapa-DEP, 1984. p.45-54.

GAUCH, H.G.; ZOBEL, R.W. **Identifying mega-environments a targeting genotypes**. Crop Science, Madison, v.37, p. 311-326, 1997.

GODSEY, C. B.; LINNEMAN, J.; BELLMER, D.; HUHNKE, R. Developing row spacing and planting density recommendations for rainfed sweet sorghum production in the southern plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 2, p. 280-286, 2012.

GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, N. M.; NOGUEIRA, F. S.; BORGES, A. L. C. C.; ZAGO, C. P. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III – Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.

HONGYU, K; SILVA, F. L; OLIVEIRA, A. C. S; SARTI, D. A; ARAÚJO, L. B; DIAS, C. T. S. **Comparação entre os MODELOS AMMI e GGE BILOT para os dados de ensaios multi-ambientais**. Rev. Bras. Biom., São Paulo, v.33, n.2, p.139-155, 2015.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo do Sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2ISSN 1679-012X Versão Eletrônica Versão Eletrônica 4ª edição Set./2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/clima.htm> Acesso e, 10 de abril de 2019.

LIU, R.; LI, J.; SHEN, F. Refining bioethanol from stalk juice of sweet sorghum by immobilized yeast fermentation. **Renewable Energy**, Oxford, v. 33, p. 1130-1135, 2008.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arq.Bras.Med. Vet Zoo**, v, 62, p.747-751, 2010.

MAY, A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, A. F.; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratamentos culturais In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 22-31, 2012.

PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1GTecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 14-22. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

PEREIRA FILHO, I. A., PARRELLA, R. A. D. C., MOEREIRA, J. A. A., MAY, A., VANDER FILLIPE, D. S., & 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.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

REDDY, B. V. S., RAMESH, S., REDDY, P. S., RAMAIAH, B., SALIMATH, P. M. & KACHAPUR, R. **Sweet sorghum – a potential alternate raw material for bioethanol and bio-energy**. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), 2005.

REDDY, B.V.S; REDDY, P. S. Sweet Sorghum: Characteristics and Potential. International Sorghum and Millets. **Newsletter. Índia**, v.44, p.26-28, 2003.

RESENDE, M. D. V. de. Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2007.

ROSA, G. F.; OLIVEIRA, D. A.; SILVA, F. L.; SEGRI, N. J.; HONGYU, K. Verificação da adaptabilidade e estabilidade em milhos pelo método AMMI. **Biodiversidade** - v.16, n3, p.68, 2017

UNICA. **Números finais da safra 2014/2015 e iniciais da nova safra 2015/2016**. 2015. Disponível em<<http://www.unica.com.br/noticia/27460993920325965467/numeros-finais-da-safra-2014-por-cento2F2015-e-iniciais-da-nova-safra-2015-porcento2F2016/> 2015>. Acesso em 10 abr. de 2019.

URIBE, R. A. M.; TICIANELI, LUCIAN C.S. Influência do estande na produtividade de sorgo sacarino. **Diálogos & Ciência**, v.34, p.10-12, 2014.

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**, Oxford, v. 40, p. 1-12, 2012.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v.80, p.388-393, 1988.