

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/03/2021.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**APLICAÇÃO DE ETEFOM EM GENÓTIPOS DE SORGO
SACARINO E SEUS REFLEXOS NA PRODUÇÃO DE
BIOETANOL**

Franciele Quintino Mendes

Engenheira agrônoma

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**APLICAÇÃO DE ETEFOM EM GENÓTIPOS DE SORGO
SACARINO E SEUS REFLEXOS NA PRODUÇÃO DE
BIOETANOL**

Franciele Quintino Mendes

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Microbiologia Agropecuária.

2019

M538a

Mendes, Franciele Quintino

Aplicação de etefom em genótipos de sorgo sacarino e seus reflexos na produção de bioetanol / Franciele Quintino Mendes. -- Jaboticabal, 2019

77 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Márcia Justino Rossini Mutton

1. Biocombustíveis. 2. Fermentação. 3. Efeito do etileno sobre as plantas. 4. Etanol. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

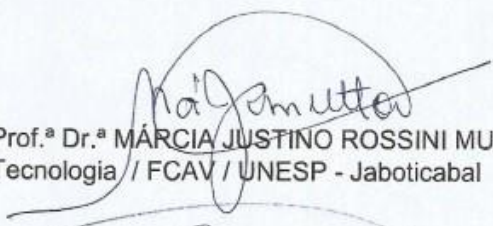
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: APLICAÇÃO DE ETEFOM EM GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO E SEUS REFLEXOS NA PRODUÇÃO DE BIOETANOL

AUTORA: FRANCIELE QUINTINO MENDES

ORIENTADORA: MÁRCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON

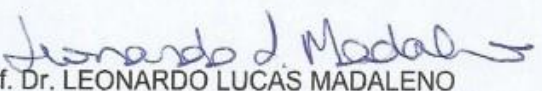
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em MICROBIOLOGIA AGROPECUÁRIA, pela Comissão Examinadora:



Prof.ª Dr.ª MÁRCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON
Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. RAUL ANDRES MARTINEZ URIBE
Faculdade de Ciências e Engenharia-UNESP / Tupã/SP



Prof. Dr. LEONARDO LUCAS MADALENO
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza / FATEC - Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 29 de março de 2019

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Franciele Quintino Mendes – Nasceu em 20 de novembro de 1989, na cidade de Barrinha, estado de São Paulo. Em março de 2012 ingressou no curso de Engenharia Agrônoma na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal, recebendo o título de engenheira agrônoma em fevereiro de 2017. Durante o curso de Graduação foi bolsista do programa FAPESP. Faz parte do grupo de pesquisa em Processos Biotecnológicos Aplicados à Agroindústria, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho desde 2014, acompanhando diversos projetos. Em março de 2017 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária da FCAV-UNESP Jaboticabal-SP, em nível de Mestrado Acadêmico.

Epígrafe

Por ser estreita a senda - eu não declino
Nem por pesada a mão que o mundo espalma;
Eu sou dono e senhor de meu destino;
Eu sou o comandante de minha alma.

INVICTO - William Ernest Henley

**A minha mãe, Guilhermina do Carmo e
aos meus avós, João Quintino e Lucia
Ferreira Coutinho pelo incentivo,
compreensão e amor incondicional.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton, pela orientação, pelo ensino, a paciência e oportunidade, seu brilhantismo acadêmico, certamente colaborou para meu crescimento pessoal e acadêmico.

Ao Prof. Dr. Miguel Angelo Mutton, pelo ensino, generosidade apoio e colaboração.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP) e ao Programa de pós-graduação em Microbiologia agropecuária pela oportunidade de estudos.

À CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado e a FAPESP pelo financiamento da pesquisa.

A minha mãe Guilhermina do Carmo Quintino que sempre esteve ao meu lado me apoiando com todo amor, e que é o meu maior exemplo de ser humano.

Aos meus avós Lucia Ferreira Coutinho e João Quintino, pelo incentivo e carinho em minha caminhada durante a graduação e toda minha vida.

Aos meus tios Maria da Gloria Quintino de Sousa e Ivair de Sousa pelo apoio e pela palavra amiga nos momentos difíceis. A toda minha família pois sem seu apoio não estaria aqui.

Aos meus companheiros do Laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Álcool: Cristhyane, Vitor, Lidyane, Natália, Letícia, Guilherme, Igor, João Pedro, Calisto, João Mena, Miguel Nagem e Gustavo pela convivência tão agradável mesmo nos dias mais cansativos, tornando-os mais descontraídos.

Ao amigo Sérgio Nobukuni, pela disposição e auxílio ao longo do trabalho.

Aos meus amigos e companheiros: Anderson Prates, Camila Potenza, Carla Gabriele, Debora Reis, Mariana Araújo, Michael Douglas, Matheus Flavio, Natália de Castro, Rafaela de Souza, Rafaela Cristina, Vinícius Fila e Thainá Botelho pelo apoio e amizade.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a concretização desse estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Produção de bioetanol a partir do sorgo sacarino	3
2.2. Sorgo Sacarino.....	4
2.3. Reguladores vegetais.....	6
2.4. Processo fermentativo.....	8
2.5. Qualidade da matéria prima	9
2.6. Caracterização e Hidrólise do amido.....	11
3. MATERIAL E MÉTODO	13
3.1. Delineamento Experimental	13
3.2. Instalação do ensaio.....	14
3.3. Avaliações Biométricas	15
3.4. Colheita, Extração do Caldo e Análises Tecnológicas	16
3.5. Clarificação do Caldo e Preparo do Mosto	17
3.6. Condução do Processo Fermentativo	17
3.7. Produção e Eficiência Fermentativa	18
3.8. Forma de análise dos dados	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
4.1. Dados biométricos e curva de maturação	19
4.2. Caracterização do caldo extraído	41
4.3. Caracterização do caldo clarificado e do mosto	44
4.4. Fermentação do mosto e caracterização dos vinhos	48
5. CONCLUSÕES	56

6. REFERÊNCIAS.....57

APLICAÇÃO DE ETEFOM EM GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO E SEUS REFLEXOS NA PRODUÇÃO DE BIOETANOL

RESUMO - O sorgo sacarino é uma opção para produção de etanol. Porém ao final do seu ciclo vegetativo ocorre a formação de panícula diminuindo o teor de açúcares presentes no colmo. A aplicação de Etefom objetiva inibir o florescimento e aumentar a produção de etanol. No entanto pouco se sabe sobre o efeito deste na qualidade da matéria prima e no processo fermentativo. Neste sentido o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de inibidor de florescimento em dois genótipos de sorgo sacarino, sobre aspectos agrônômicos e tecnológicos da produção de etanol. O delineamento experimental foi em blocos com parcelas sub-subdivididas para as análises biométricas e curva de maturação e subdivididas para as demais análises, com dois tratamentos primários (os genótipos Malibu A1001 e Malibu 5010), dois tratamentos secundários (com e sem a aplicação de inibidor), e seis tratamentos terciários (no caso das parcelas sub-subdivididas, as épocas de amostragem 63, 77, 91, 105, 119 e 133 dias após semeadura), com 6 repetições. O inibidor de florescimento foi aplicado na dose de 1,25 L. ha⁻¹, por ocasião da emissão da folha bandeira. Após a colheita e extração do caldo (aos 105 dias após semeadura), foi realizada a clarificação, o preparo do mosto e o processo fermentativo, empregando-se a levedura PE-2. Foram avaliadas as características biométricas da cultura e químicas tecnológicas dos caldos extraídos, caldos clarificados, Mostos e vinhos, os Parâmetros Microbiológicos da fermentação, Eficiência Fermentativa e Produtividade de etanol. O genótipo Malibu 5010 apresentou maior teor de açúcares no caldo extraído e caldo clarificado. A aplicação de inibidor de florescimento promoveu um incremento no teor de açúcar dos colmos. O uso de inibidores de florescimento não apresentou efeito negativo sobre a Viabilidade celular inicial, Viabilidade de brotos inicial, eficiência fermentativa, teor alcoólico, produção de glicerol e produtividade de etanol. Porém resultou em um menor brotamento inicial. Os genótipos estudados apresentaram comportamentos similares na fermentação.

Palavras Chave: Biocombustível, Eficiência fermentativa, Bioenergia, Regulador de crescimento.

APPLICATION OF ETEFOM IN SORGO GENOTYPES AND THEIR REFLECTIONS ON BIOETHANOL PRODUCTION

ABSTRACT – Sweet sorghum is an option for ethanol production. However, at the end of its vegetative cycle the formation of panicle decreases the sugar content present in the stem. The application of Ethephon aims to inhibit flowering and increase ethanol production. However little is known about its effect on the quality of the raw material and the fermentation process. In this sense, the objective of this work was to evaluate the application of flowering inhibitor in two genotypes of sorghum, on agronomic and technological aspects of ethanol production. The experimental design was in blocks with sub-subdivided plots for biometric analyzes and maturation curve and subdivided for the other analyzes, with two primary treatments (Malibu A1001 and Malibu 5010 genotypes), two secondary treatments (with and without the application of inhibitor), and six tertiary treatments (in the case of subdivided plots, sampling times 63, 77, 91, 105, 119 and 133 days after sowing), with 6 replicates. The flowering inhibitor was applied at the dose of 1,25 L. ha⁻¹, at the time of the emission of the flag leaf. After the harvest and extraction of the broth (at 105 days after sowing), clarification, preparation of the must and the fermentation process were carried out using PE-2 yeast. The biometric characteristics of the culture and technological chemistry of the extracted broths, clarified broths, Musts and wines, Microbiological Parameters of fermentation, Fermentation Efficiency and Ethanol Productivity were evaluated. The Malibu 5010 genotype presented higher sugar content in the extracted broth and clarified broth. The application of flowering inhibitor promoted an increase in the sugar content of the shoots. The use of flowering inhibitors had no negative effect on initial cell viability, initial shoot viability, fermentative efficiency, alcohol content, glycerol production and ethanol productivity. However, it resulted in a lower initial budding. The genotypes studied showed similar behavior in the fermentation.

Keywords: Bioful, Fermentation efficiency, bioenergy, Growth regulator.

1. INTRODUÇÃO

A utilização do etanol no Brasil nos últimos anos tem sido impulsionada devido ao aumento da frota de carros "flex-fuel" que já corresponde, a mais de 50% da frota nacional e cerca de 87,6% das vendas de 2018, segundo dados da ANFAVEA (2019). Aliado a este fato, constata-se o aumento da porcentagem de etanol anidro adicionado a gasolina e do uso deste no processo de transesterificação de óleos para produção de biodiesel.

Tem se observado nas últimas décadas um aumento significativo na procura por combustíveis renováveis que possam substituir os derivados do petróleo (Borges et al., 2017), como o bioetanol. A produção de biocombustível no mundo emprega diferentes fontes de açúcares e biomassas, como os cereais, cana-de-açúcar, beterraba açucareira, mandioca, sorgo sacarino e resíduos de madeira (Brassolatti et al., 2017).

No Brasil a produção de etanol utiliza prioritariamente como matéria-prima a cana-de-açúcar (Brassolatti et al., 2017). Porém, a cana-de-açúcar apresenta sazonalidade no fornecimento, além de zoneamento limitado a regiões com inverno seco e frio que possibilita a maturação (acúmulo de açúcares).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2015), é imprescindível pesquisar o emprego de matérias primas complementares e alternativas a cana-de-açúcar. Neste contexto, o sorgo sacarino tem se destacado por ser uma cultura que poderá ser implantada e colhida no período de entressafra da cana-de-açúcar, empregando o mesmo parque industrial, diminuindo a ociosidade industrial e reduzindo os custos, sem a necessidade de expansão de área cultivada.

O sorgo sacarino também floresce e produz grãos à custa dos açúcares produzidos e armazenados nos colmos. Estes podem ser utilizados em processo industrial distinto, no entanto no sistema atual de colheita mecanizada, é praticamente inviável a separação da parte aérea dos grãos. Assim se os açúcares utilizados na formação da panícula e dos grãos fossem retidos nos colmos, pode-se evitar a perda destes. Alguns reguladores vegetais, como Etefom quando aplicado em doses e épocas adequadas podem inibir o florescimento e resultar em aumento na concentração de açúcares no colmo, tal como se emprega na cana-de-açúcar.

Deste modo o sorgo sacarino pode ser uma alternativa técnica e economicamente viável para fornecimento de matéria-prima a destilarias podendo ser empregada para antecipar o início da safra (Souza et al., 2017) ou em regiões não aptas ao cultivo da cana-de-açúcar.

A presente pesquisa foi desenvolvida objetivando avaliar os efeitos agroindustriais do uso de dois genótipos de sorgo sacarino submetidos ou não a aplicação de inibidor de florescimento como matéria-prima para produção de etanol.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de inibidor de florescimento resultou em menor Altura de plantas, diâmetro de base, produção de massa seca e massa fresca.

A aplicação de inibidor de florescimento promoveu um incremento significativo do Brix entre os 63 e 110 d.a.s.

A aplicação de inibidor de florescimento promoveu um maior do ART aos 105 d.a.s.

O genótipo Malibu 5010 apresentou maior teor de açúcares e compostos fenólicos no caldo extraído, caldo clarificado e mosto.

A aplicação de inibidor de florescimento refletiu positivamente sobre a qualidade tecnológica do caldo extraído, caldo clarificado e mosto e promoveu um maior acúmulo de fenol.

O uso de inibidores de florescimento não apresentou efeito negativo sobre a Viabilidade celular inicial, Viabilidade de brotos inicial, eficiência fermentativa, teor alcoólico e produção de glicerol. Porém resultou em um menor brotamento inicial.

Os genótipos estudados apresentaram comportamentos similares na fermentação, eficiência fermentativa, teor alcoólico e produção de glicerol.

Para os parâmetros viabilidade celular final, brotamento final e viabilidade de brotos o genótipo Malibu A1001 apresentou resultados melhores quando recebeu a aplicação de inibidor de florescimento e o genótipo Malibu 5010 quando não recebeu esta.

A aplicação de inibidor não promove um aumento significativo na produção de etanol por hectare.

A produção de etanol em $L.Mg^{-1}$ do genótipo Malibu A1001 não apresentou diferença significativa quando recebeu a aplicação de inibidor, no entanto, o Genótipo Malibu 5010 apresentou uma média significativamente superior quando recebeu a aplicação do inibidor de florescimento.

6. REFERÊNCIAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W. & SALTVEIT, JR, M.E. Ethylene and plant biology. 2nd ed., Academic Press, San Diego, 1992. Açúcar. Embrapa Roraima, p.1 – 15. 2010).

ALBARELLI J. **Produção de açúcar e etanol de primeira e segunda geração: simulação, integração energética e análise econômica.** Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. da C.; GUIMARÃES, A. S.; OLIVEIRA, R. M.e SILVA, K. M. J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 11, n. 1, p. 69-85, 2012.

ALMODARES, A.; HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *Journal of Agricultural Research* 9: 772-780. 2009.

AMORIM, H. V. **Fermentação alcoólica, ciência & tecnologia.** Piracicaba: Fermentec, 2005, pag. 448. 7

ARAÚJO, D. K. ; CAMARGO, M. E. A.; MACEDO, W. R.; MENDES, A. C. C. M.; CASTRO, P. R. C.; Efeito de Agroquímicos no Desenvolvimento de Sorgo Sacarino. In **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. ABMS, Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012. Resumos...

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). (2019). **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2018**. São Paulo.

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

BARBOSA, J. C. e MALDONADO JÚNIOR, W. Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos - AgroEstat, versão 1.1, 2015.

BASSO, L. C.; BASSO, T. O. e ROCHA, S. N. Ethanol production in Brazil: the industrial process and its impact on yeast fermentation. **Rijeka: Intech**, 2011.

BASSO, L. C., DE AMORIM, H. V., DE OLIVEIRA, A. J., e LOPES, M. L. Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil. **FEMS yeast research**, v. 8, n. 7, p. 1155-1163, 2008.

BIDDLE, E.; KERFOOT, D. G.; KHO, Y.H. e RUSSELL, K.E. Kinetic studies of the thermal decomposition of 2-chloroethylphosphonic acid in aqueous solution. **Plant Physiology**. Bethesda, v. 58, n. 5, p. 700-702, 1976.

BORGES, A. C. P., SILVA, M. S., ALVES, C. T., e TORRES, E. A. **ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO DA BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA**//\\Renewable energy: a contextualization of the biomass as power supply. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 10, n. 2, 2017.

BRASSOLATTI, T. F., HESPANHOL, P. A., COSTA, M. A. B., e BRASSOLATTI, M. Etanol de Primeira e Segunda Geração. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, v. 2, n. 1, 2017.

CANAVIALIS. 2012. Disponível em: < <http://www.canavialis.com.br/ produtos/ sorgosacarino/index.aspx>> Acesso em 14 de fev de 2017.

CAPUTO, M. M.; SILVA, M. A.; ROSSETTO R. e BEAUCLAIR; E. G. F.; O uso de maturadores químicos na cana-de-açúcar. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 2, n.2, Jul-Dez 2005.

CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção da cana-de-açúcar. **Anais Simpósio Internacional de Fisiologia da Cana-de-Açúcar**. STAB, Piracicaba, 14 a 20 de outubro de 2000, 10 p. CD-ROM.

CASTRO, P. R.; KLUGE, R. A.; PERES, E. P. Manual de fisiologia vegetal: Teoria e prática. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

CASTRO; F. M. R. **Potencial agrônomo e energético de híbridos de sorgo biomassa**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 2014.

CEPEDA, E.; HERMOSA, M.; BALLESTEROS, A. Optimization of maltodextrin hydrolysis by glucoamylase in a batch reactor. *Biotechnology and Bioengineering*, v.76, p.70-76, 2001.

CHAVAN, S. M.; KUMAR A.; JADHAV, S. J. Rapid quantitative analysis of starch in sugarcane juice. **International Sugar Journal**, v. 93, n.107, p. 56-59, 1991.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Primeiro levantamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – v. 4 – Brasília: Conab, 2017- Disponível em:<<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 17 de junho. de 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Terceiro levantamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – v. 3 – Brasília: Conab, 2018 - v.3. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 24 de jan. de 2019.

COPERSUCAR. **Manual de controle químico da fabricação de açúcar**. Piracicaba, 2001. CD-ROM.

COSTA, G. H. G. **Emprego do extrato de moringa (Moringa oleifera Lamarck) na clarificação do caldo de cana para produção de açúcar**. 2013. 115p. - Universidade

Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013. Dissertação Mestrado

COSTA, G.H.G.; FREITA, C.M.; FREITA, L.A.; MUTTON, M.J.R. Effects of diferente coagulants on Sweet sorghum juice clarification. **Sugar Tech** 16: 1-4. 2014.

CTC. **Manual de métodos de análises para açúcar**. Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, Disponível em: CD ROM, 2005.

DAVILA-GOMEZ, F. J., CHUCK-HERNANDEZ, C., PEREZ-CARRILLO, E., ROONEY, W. L., & SERNA-SALDIVAR, S. O. Evaluation of bioethanol production from fi ve different varieties of sweet and forage sorghums (*Sorghum bicolor* (L) Moench). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.33, n.3, p.611-616, 2011.

DINIZ, G. M. M. Produção de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench Aspectos Gerais. 2010. 23 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco. 2010.

DOS SANTOS, R. F., PLACIDO, H. F., GARCIA, E. B., CANTU, C., ALBRECHT, A. J. P., ALBRECHT, L. P., e DE AZEVEDO FRIGO, K. D. (2015). Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, 4(1).

EMBRAPA AGROENERGIA. **Índices Tecnológicos industriais para produção de etanol de sorgo sacarino**. 2012. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/sorgosacarino/thalyta.pdf>>. Acesso em 11 de janeiro de 2019.

EMBRAPA. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol sistema BRS1G** - tecnologia qualidade Embrapa, 2012. Online. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/938275>>. Acesso em: 17 junho. 2017.

EMBRAPA. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. PARRELLA, R. D. C., MAY, A., SIMEONE, M., DAMASCENO, C., & SCHAFFERT, R. Sorgo bioenergia. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Potencial de redução de emissões de CO₂ em projetos de produção e uso de biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2015. 66 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise de conjuntura dos biocombustíveis: ano 2016**. Brasília, DF, 2017.

EMYDIO, B.M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm> Acesso em: 10 de março. 2019.

FERREIRA, O. E. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino com tratamento enzimático**. 2015. 79f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2015.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP, 2000, 193p.

FERNANDES, P. G.; MAY, A.; COELHO, F. C.; ABREU, M. C.; BERTOLINO, K. M. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 44, n. 6 p. 975-981, 2014.

FLORTRAN, D. E. O sorgo-vassoura como alternativa agrícola regional. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012.

FOLIN, O e CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 73, p. 627-650, 1927.

FORTES, C.; CARREIRA, S. A. M. e DONEGÁ, M. A. Aplicação de Etefom em Sorgo Sacarino (*sorghum bicolor*) visando qualidade tecnológica da matéria prima. Anais. In: **10º Congresso Nacional STAB, 2016**. Ribeirão Preto. p. 36-38.

FREITA, L. A. **Avaliação tecnológica e microbiológica da fermentação etanólica de caldo de sorgo sacarino**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2013.

FREITA, A. L, COSTA, G. H. G., MASSON, I. S, FERREIRA, O. E.; MUTTON, M. A. e MUTTON, M. J. R. Chemico-technological parameters and maturation curves of sweet sorghum genotypes for bioethanol production. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.50, p.3638-3644, 2014.

GOMIDE A.L.O., VELOSO L.A. e LAVANHOLI M.G.P.. (2008) Uso dos maturadores químicos na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Nucleus*, 19-27.

GUPTA, R.; MOHAPATRA, H. ; GOSWAMI, V. K. e CHAUHAN, B. Microbial α -amylases: a Biotechnological Perspective. *Process Biochemistry*. p. 1-18. 2-03.

HARGER, C.; SPRADA, D. e HIRATSUKA, E. Amilase Fúngica. In: *Bioquímica das Fermentações*, 56 p. 1982.

HENRIQUE M. R. e VENTURINI FILHO W.G. Relação da concentração dos compostos fenólicos no mosto com a viabilidade celular, viabilidade de brotamento e a taxa de brotamento celular da levedura alcoólica. **Revista Energia na Agricultura**. p 80-88 v. 31 n. 1 2016.

KASEMSUWAN, T.; JANE, J.; SHNABLE, P.; STINARD, P. e ROBERTSON, P. Characterization of the dominant mutant amylase-extender (Ac1-5180) maize starch. *Cereal Chemistry*, v.72, p.457- 463, 1995.

KHALIL, S. R. A.; ABDELHAFEZ, A. A. e AMER, E. A. M. Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 60, n. 2, p. 317-324, 2015.

KERBAUY, G. B. 2ª ed. *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.

LEE, S. S.; ROBINSON, F. M. e WANG, H. Y. Rapid determination of yeast viability. In: *BIOTECHNOLOGY BIOENGINEERING SYMPOSIUM*. University of Michigan, United States. 1981. n.11, p.641-649.

LOPES, M. L., DE LIMA PAULILLO, S. C., GODOY, A., CHERUBIN, R. A. LORENZI, M. S. e GIOMETTI, F. H. C., ... e DE AMORIM, H. V. (2016). Ethanol production in Brazil: a bridge between science and industry. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 64-76, 2016.

LOPES, V. S., SOUZA, S. A.; TARDIN, F. D. Comportamento de Híbridos de Sorgo Granífero (*Sorghum bicolor* L.) Como Ferramenta Auxiliar na Recomendação de Novas Cultivares Para a Região de Itumbiara-GO. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25310/1/0170.pdf>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

LOURENÇO, M. E. V.; MASSA, V. M. L.; PALMA, P. M. M.; RATO, A. E. M. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 30, n. 1, p. 103-110, 2010.

LOZANO, E.D.V., BLANCO, L.M., ALCANTARA, G.U., NOGUEIRA, L.C., CIARAMELLO, S., e COSTA, G.H.G (2018). Efeito da aplicação do inibidor de florescimento no sorgo doce. **Revista Africana de Pesquisa Agrícola**, 13 (4), 196-201.

MARTINS, K.C. **ASPECTOS Morfofisiológicos, produtividade agrícola e qualidade tecnológica de híbridos de sorgo com aplicação de inibidor de florescimento**. 2017. 61f. Trabalho de conclusão de curso (para graduação em Engenharia agrônômica.) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal. 2017.

MASSON, I. D. S., COSTA, G. H. G., ROVIERO, J. P., FREITA, L. A. D., MUTTON, M. A., e MUTTON, M. J. R. (2015). **Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar**. *Ciencia rural*, 1695-1700.

MAY, A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, A. F.; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratos culturais In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E. 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.

MAY, A.; MENDES, S. M.; SILVA, D. D. da; PARRELLA, R. A. da C.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; PACHECO, T. F.; AQUINO, L. A. de; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; KARAM, D.; PARRELLA, N. N. L. D. e SCHAFFERT, R. E. **Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 186).

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, 31, 1959 p. 426-428

MILNE, R.J., BYRT, C.S., PATRICK, J.W., GROF, C.P.L. 2013. Are sucrose transporter expression profiles linked with patterns of biomass partitioning in Sorghum phenotypes? **Frontiers in Plant Science** 4: 1-12

MOREIRA, L. R.; ERVILHA, J. D. C.; COUTINHO, P. H.; VIDIGAL, J. G.; OGLIARI, J.; MIRANDA, G. V.; e PEREIRA, L. F. Caracterização fisiológica de sorgo sacarino em diferentes intensidades de irrigação. **Vértices**, Campos dos Goytacazes-RJ, v. 15, n. 2, p. 39-48, 2013.

MUHWIRIDZWA M; MANENJI BT; MADANZI T e MAHOHOMA W (2016). Evaluating the effects of chemical ripening with fluazifop-p-butyl on sugarcane (*Saccharum officinarum*) yield and sugar content. **International Journal of Plant & Soil Science** 9(6):1-8.

MUTTON, M. J. R. **Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica**. WORKSHOP sobre “Produção de etanol: qualidade da matéria-prima”. Lorena, 2008.

NAIK, S.N.; GOUD; V.V.; ROUT, P.K.; DALAI, A.K.(2010). Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n.14, p. 578–597.

NASCIMENTO, D. Dublê da cana. Idea News: **Cana e indústria**. Ano.11, n. 136, 2012.

NEXSTEPPE Malibu: sorgo etanol. Disponível em: <<https://br.nexsteppe.com>> . Acesso em 21 de junho de 2017.

PACHECO, T. **Índices tecnológicos industriais para produção de etanol de sorgo sacarino**. “Seminário temático agroindustrial de produção de sorgo sacarino para o bioetanol”. Embrapa Agroenergia. 2012.

PARRELLA, R. A. da C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, v. 2, n. 3, p. 8-9, ago. 2011.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A., SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Shorgum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando à obtenção de etanol. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 29, 2012, Águas de Lindóia. Resumos...

QADIR, A.; HEWETT, E. W.; LONG, P. G. Ethylene production by Botrytis cinerea. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 11, p. 85-91, 1997.

QUILHÓ, F.T.L. (2011). Produção de Etanol a partir de Materiais Lenhocelulósicos de Sorgo Sacarino: **Revisão Bibliográfica**. 88 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal.

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

RAVANELI, G. C.; GARCIA, D. B.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. A.; STUPIELLO, J. P. e MUTTON, M. J. R. Spittlebug impacts on sugarcane quality and ethanol production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 46:120-129. 2011.

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

ROBERTO, G.G.; CUNHA, C.; SALES, C.R.G.; SILVEIRA, N.M.; RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C. e LAGÔA, A.M.M.A. Variation of photosynthesis and carbohydrate levels induced by ethephon and water deficit on the ripening stage of sugarcane. **Bragantia**, v.74, n.4, p.379-386, 2015.

ROCHA, M. V. P. **Produção de bioetanol a partir de pedúnculo de caju (anacardium occidentale L.) por fermentação submersa**. 2010. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

SCHAFFERT, R. E. e PARRELLA, R. A. C. **Planejamento Industrial**. In: MAY, A. (ed.) Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas, Embrapa milho e sorgo, p.85-92, 2012.

SCHNEPF, R. e YACOBUCCHI, B. D. **Renewable Fuel Standard (RFS): Overview and Issues. CRS Report for Congress**. 2013. Disponível em: <<http://fas.org/sgp/crs/misc/R40155.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

Schaffert, R. E., RODRIGUES, J., PARRELLA, R. D. C., & de MENEZES, C. B. (2016). Síntese e melhoramento de populações de intercruzamento para aumentar recombinação genética e facilitar seleção recorrente em sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica** (INFOTECA-E).

SILVA, A. F. Influência do desponte de panículas de sorgo sacarino sobre a qualidade da matéria-prima e produção de bioetanol. 2014. 62f Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2014.

SILVA, A. F.; FERREIRA, O. E.; COSTA, G. H. G.; MONTIJO, N. A.; MUTTON, M. A. e MUTTON, M. J. R.. Technological quality of sweet sorghum processed without panicles for ethanol production [online]. **Australian Journal of Crop Science**, Vol. 11, No. 11, Nov 2016: 1578-1582.

SILVA, M. A.; Biorreguladores: nova tecnologia para maior produtividade e longevidade do canavial. **Pesquisa & Tecnologia**. v.7, n.2, p.1-4, 2010.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, v.81, p.219-231, 2003.

SOUZA, P. M.; MAGALHÃES, P. O. Application of microbial amylase in industry – a review. *Brazilian journal of microbiology*, São Paulo, v.41, n.4, p. 850-861, 2010.

SOUZA, V. F.. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino**. Dissertação Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido. Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, 2011.

SOUZA, R. S.; PARRELLA, R. A. C.; SOUZA, V. F. de e PARRELLA, N. N. L. D. Maturation curves of sweet sorghum genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 1, p. 46-56, 2016.

SOUZA, G. D. A. L., MENEZES, G. C., e RODRIGUES, F. D. Á. Simulação e análise técnica econômica da obtenção de bioetanol a partir das frações sacarínea e lignocelulósica do sorgo sacarino. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 3, p. 507-532, 2017.

STUPIELLO, J.P. Curso de qualidade da matéria prima. Cd Room, 2006.

STUPIELLO, J. P. **O uso de processos enzimáticos**. STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos. Piracicaba, v. 29, n.1, p. 07, 2010.

TAIZ, L. AND E. ZEIGER. *Plant Physiology*, 5th edition. Language Publishers, Sinauer Associates, California, USA. 2010.

TAHMINA I.; CAPAREDA, S. Fermentation kinetic and ethanol production from different sweet sorghum varieties. **Int J Agric&BiolEng**, v.4.n.3,p.33-40, 2011.

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

VIANA RS, FIGUEIREDO PAM, LISBOA LAM, Assumpção ACND, Sá ME, May A (2016). Aplicação de fitorreguladores químicos na qualidade tecnológica do sorgo sacarino cv. Biomatrix 535. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 14(3):326-334.

VIANA, R. S., May, A. M. G. P., Neto, A. D. R., e Lopes, P. R. M. (2017). Aspectos tecnológicos de sorgo-sacarino submetido à aplicação de maturadores químicos. **Científica**, 45(3), 204-213.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J.S. Manual de fisiologia vegetal. São Luis: Edefma, 2010. 230 p.

VILAS BOAS, E. V. B. 1-MCP: um inibidor da ação do etileno. In: Simpósio de controle de doenças de plantas, 2., 2002, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2002.

Wang, X., Ramón, A. A., Main, J. L., & Shankle, M. W. (2013). Preharvest foliar applications of ethephon increase skin lignin/suberin content and resistance to skinning in sweet potato storage roots. *HortScience* , 48(10), 1270-1274.