

I Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino - Anais

etanol

seminário temático

SORGO
sacarino



PERÍODO

20 e 21 de Setembro/2011

LOCAL

NIA - Embrapa Milho e Sorgo
Rodovia MG 424 - km 45
Sete Lagoas - MG

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Documentos 137

I Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino - Anais

André May
Frederico O. M. Durães
José Heitor Vasconcellos
Rafael Augusto da Costa Parrella
Rubens Augusto de Miranda

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
Home page: www.cnpms.embrapa.br
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau
Membros: Flávia Cristina dos Santos Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa
Arte da capa: Alexandre Esteves Neves

1ª edição

1ª impressão (2012)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo**

Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino (1.: 2012: Sete Lagoas).

Anais [do] I Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino, Sete Lagoas, 20 a 21 de setembro de 2011 / editores técnicos André May ... [et al.]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

83 p. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 137).

1. Sorgo. 2. Sorghum bicolor. 3. Variedade. 4. Recurso energético. I. May, André. II. Título.

CDD 633.174 (21. ed.)

© Embrapa 2012

Editores Técnicos

André May

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em Sistemas de Produção de Sorgo Sacarino da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, andremay@cnpms.embrapa.br

Frederico Ozanan M. Durães

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, fduraes@cnpms.embrapa.br

José Heitor Vasconcelos

Doutor em Comunicação Social, Analista em Comunicação e Negócios da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, heitor@cnpms.embrapa.br

Rafael Augusto da Costa Parrella

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Agronomia Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador em Melhoramento de Plantas da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, parrella@cnpms.embrapa.br.

Rubens Augusto de Miranda

Economista, Doutor em Finanças, Pesquisador em Economia Agrícola da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rubens@cnpms.embrapa.br

Apresentação

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma gramínea produtora de energia similar à cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), que converte energia solar em energia química. O sorgo sacarino produz energia de primeira geração, quando transformado em bioetanol, e de segunda geração, quando transformado em biomassa lignocelulósica. O potencial de produção de energia do sorgo sacarino é alto. Todo este potencial pode ser conseguido por processos tecnológicos avançados, como genética de cultivares (híbridos e variedades), sistema de produção específico para o sorgo sacarino, sistema BRS1G negócios tecnológicos, bem como com a ajuda de parceiros para futuro desenvolvimento genético e produtivo, juntamente com as tecnologias da Embrapa de qualidade e produção da cultura.

Cultivares com potencial genético de qualidade associado ao manejo da cultura, como a densidade de plantas úteis na colheita, a adubação e a água e a logística de colheita-transporte-beneficiamento, são os elementos críticos para se ampliar a garantia de êxito da utilização do sorgo sacarino como espécie complementar à cana-de-açúcar, cultivado na entressafra visando o aumento da operacionalidade industrial da usina. As necessidades mais urgentes são os ajustes de arranjos produtivos que focam na maior produtividade de colmo, teor de caldo e açúcares e a adequação da logística para a implantação da cultura em ambiente da agroindústria de cana-de-açúcar, visando a produção de etanol e a utilização da biomassa residual para a produção de energia extra nas caldeiras das usinas. Fundamentando-se no fator inovação, o sorgo sacarino configura-se como um negócio típico da parceria público-privada.

Os modelos de negócios em tramitação permitem alinhar as oportunidades da iniciativa pública e privada, na inserção do sorgo sacarino em atendimento às demandas por alternativas agrônômicas, industriais e econômicas para o setor sucroalcooleiro. A realização do I Seminário Temático sobre o Sorgo Sacarino, coordenado pela Embrapa, com a participação de segmentos da

PD&I, da produção privada comercial de sementes e de etanol, da indústria de produtos agrícolas e maquinaria, de instituições de ensino, extensão e fomento, criou oportunidades para qualificar o conhecimento específico e os desafios futuros, de curto a longo prazo, para o setor. Criou também oportunidades para relacionamentos institucionais e técnicos, visando negócios competitivos e profissionais.

A Embrapa apresenta neste documento os elementos-chave da avaliação com parceiros para o entendimento amplo de balizadores dos negócios público-privados de PD&I e de produção, no âmbito do sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil. A Embrapa, em 2012, estará lançando documentos complementares sobre a visão estratégica para a inserção do sorgo-energia no setor sucroalcooleiro, como recomendações técnicas para os sistemas de cultivo do sorgo sacarino e do sorgo biomassa lignocelulósica, bem como avaliações de especialistas sobre boas práticas agronômicas e indicadores industriais para a produção de etanol de sorgo sacarino.

Antonio Álvaro Corsetti Purcino
Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Apresentação	5
Programa do Evento-Folder Promocional	9
Desenvolvimento e Síntese-Conteúdo: contexto, textos extraídos de palestras e relatórios de grupos de trabalho	14
Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: perspectivas e desafios	15
Potencial de sorgo sacarino no cenário nacional	17
Inserção do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar no Brasil panorama e melhoramento genético da espécie	18
Tecnologias disponíveis para a produção de sementes de sorgo sacarino	19
Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino BRS1G (Tecnologia Qualidade Embrapa). (V1.0, Setembro 2011).....	25
Tecnologia agroindustrial de sorgo sacarino	30
Visão empresarial sobre cultivares de sorgo sacarino.....	38
Experiências com sorgo sacarino na agroindústria sucroalcooleira	39
Grupos de discussão sobre sorgo sacarino:.....	40
GT1 - Melhoramento, cultivares e produção de sementes	40
GT2 - Sistema de produção: fatores bióticos, abióticos e arranjos produtivos.....	43
GT3 - Pós-colheita e tecnologia industrial	51
GT4 - Agronegócio do sorgo sacarino no Brasil: aspectos econômicos	71
Conclusões e perspectivas para o cultivo do sorgo sacarino no Brasil	75
Comentários finais: palavra dos editores técnicos.....	78
Anexos	81
Lista de Participantes	81

I Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino - Anais

André May

Frederico O. M. Durães

José Heitor Vasconcellos

Rafael Augusto da Costa Parrella

Rubens Augusto de Miranda

Programa do Evento (Folder promocional)

Embrapa Milho e Sorgo
Seminário Temático Sorgo Sacarino
Sete Lagoas, MG, 20 e 21/Set/2011

Local: Núcleo de Informação para o Agronegócio (NIA) –
Embrapa Milho e Sorgo
Rodovia MG 424 – Km 45 – Sete Lagoas, MG

Coordenação do evento: André May, José Heitor
Vasconcellos, Robert Eugene Schaffert – Embrapa Milho e
Sorgo

Suporte e informações: Tânia Mara (+55 31 3027-1323,
tania@cnpmis.embrapa.br)

Realização: Embrapa, vinculada ao MAPA - Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Patrocínio: ADVANTA, BLADE Cultivando Energia, CERES, BUG,
Embrapa

A crescente recomendação do sorgo sacarino como cultivo alternativo à cana-de-açúcar na entressafra dessa cultura motivou a organização do Seminário Temático sobre o Sorgo Sacarino, realizado na Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas - MG), nos dias 20 e 21 de setembro de 2011.

Partindo de três núcleos temáticos principais: 1) Inserção do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar no Brasil, panorama geral do sorgo sacarino e melhoramento genético da espécie; 2) Sistemas de produção de sorgo sacarino e tecnologia de colheita; e 3) Cultivares de sorgo sacarino – serão apresentadas palestras, além de serem propostos temas para as discussões de Grupos de Trabalho, que, ao final, apresentarão conclusões e perspectivas para o cultivo do sorgo sacarino.

Temas:

1. Levantamento dos problemas da cultura e demandas de pesquisa;
2. Nivelamento do corpo técnico da Embrapa com experiências externas;
3. Apresentação do cenário das cultivares disponíveis no Brasil;
4. Promoção de novas parcerias entre instituições e empresas do segmento;
5. Produção de uma circular técnica sobre temas relevantes levantados no evento e proposições sobre sistemas de produção para usinas parceiras da Embrapa.

Roteiro para Desenvolvimento dos Temas:

- Troca de conhecimento e experiências;
- Problemas, desafios e proposição de soluções;
- Demandas de pesquisa.

Programa

20/09/2011 – 3ª-feira

Tema 1. *Inserção do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar no Brasil, panorama geral do sorgo sacarino e melhoramento genético da espécie.*

08h00-08h30 - Abertura

Dr. Antonio Álvaro Corsetti Purcino

Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

08h30-09h00 – Palestra 2

Potencial de sorgo sacarino no cenário nacional

Palestrante: *Dr. José Geraldo Eugênio de França, IPA*

09h00-09h30 – Palestra 3

Perspectivas do bioetanol no Brasil

Palestrante: *Dra. Amanda Pereira de Souza, INCT Bioetanol-USP*

09h30-10h00 – Palestra 4

Sorgo sacarino: custo de produção, processamento e captura de valor para o segmento sucroalcooleiro

Palestrante: *Fernando Pimentel, Agrosecurity Gestão de Agro-Ativos*

10h00-10h30 – Intervalo

10h30-11h00 – Palestra 5

Tecnologia agroindustrial de sorgo sacarino

Palestrante: *Dr. Carlos Eduardo Vaz Rossell, CTBE - Diretor do Programa Industrial*

11h00-11h30 – Palestra 6

Estratégias para o melhoramento de sorgo sacarino e desafios futuros

Palestrante: *Dr. Robert Eugene Schaffert, Embrapa Milho e Sorgo*

11h30-12h00 – Palestra 7

Tecnologias disponíveis para a produção de sementes de sorgo sacarino

Palestrante: *Paulo Ribas, Valor Orientações Agropecuárias Ltda*

12h00-13h30 – Almoço

Tema 2. Sistemas de produção de sorgo sacarino e tecnologia de colheita

13h30-13h50 – Palestra 8

Sistema de produção de sorgo sacarino na entressafra de cana-de-açúcar: problemas e desafios

Palestrante: *Dr. Iran Dias Borges, UFSJ – Manejo de Grandes Culturas*

13h50-14h10 – Palestra 9

Manejo conservacionista de solo para sorgo sacarino em áreas de reforma de cana crua

Palestrante: *Dr. Denizart Bolonhezi, APTA Regional Centro-Leste*

14h10-14h30 – Palestra 10

Principais pragas em sorgo sacarino

Palestrante: *José Magid Waquil, Pesquisador RIT DA – CNPq*

14h30-14h50 – Palestra 11

Potenciais tecnologias de controle de pragas direcionadas à cultura do sorgo sacarino

Palestrante: *Dr. Alexandre de Sene Pinto, BUG Brasil*

14h50-15h20 – Palestra 12

Experiências com sorgo sacarino da Usina São Martinho

Palestrante: *René de Assis Sordi – Assessor de Tecnologia Agrônômica – Grupo São Martinho*

21/09/2011 – 4ª-Feira

Tema 3. Cultivares de Sorgo Sacarino

08h00-08h30 – Palestra 13

Visão da Embrapa sobre cultivares de sorgo sacarino

Palestrante: *Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella, Embrapa Milho e Sorgo*

08h30-09h00 – Palestra 14

Visão da Ceres sobre cultivares de sorgo sacarino

Palestrante: *William Burnquist, Ceres do Brasil*

09h00-09h30 – Palestra 15

Visão da Advanta sobre cultivares de sorgo sacarino

Palestrante: *André Luft, Advanta Semillas*

09h30-10h00 – Palestra 16

Visão da Monsanto sobre cultivares de sorgo sacarino

Palestrante: *Urubatan Klink, Monsanto*

10h00-10h30 – Palestra 17

Visão do IPA sobre cultivares de sorgo sacarino

Palestrante: *José Nildo Tabosa, IPA*

10h30-11h00 – Perguntas

11h00-11h30 – Intervalo

Temas para grupos de trabalho (GT):

- Agronegócio do Sorgo Sacarino no Brasil
- Tecnologia Agroindustrial
- Cultivares de Sorgo Sacarino e Produção de Sementes
- Sistema de Produção de Sorgo Sacarino
- Controle de Pragas
- Tecnologia de Colheita

16h00-16h30 – Palestra 18

Proposições finais e ações futuras

Palestrante: *Dr. Robert Eugene Schaffert, Embrapa Milho e Sorgo*

Encerramento

Chefe de Transferência de Tecnologia da Embrapa Milho e Sorgo

Dr. Jason de Oliveira Duarte

II. Desenvolvimento e Síntese-Conteúdo: contexto, textos extraídos de palestras e relatórios de grupos de trabalho

A avaliação final do Seminário Temático sobre o Sorgo Sacarino concluiu que: cultivares de sorgo sacarino de alto potencial genético para produção de etanol juntamente com o manejo cultural adequado são pontos relevantes para garantir o êxito da utilização do sorgo sacarino como espécie complementar à cana-de-açúcar, cultivado na entressafra, visando o aumento da produção de etanol, bem como o aumento da operacionalidade industrial da usina.

1. Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: perspectivas e desafios

Frederico O. M. Durães, Embrapa Milho e Sorgo

Historicamente, as matérias-primas para produção de sacarose, em especial a cana-de-açúcar, são cultivadas no Brasil para fins industriais. A planta de cana-de-açúcar, o canavial, o engenho, a indústria e as biorrefinarias têm histórico evolutivo no Brasil. A implantação e a implementação do setor sucroalcooleiro e energético, sobretudo nas regiões canavieiras tradicionais do Sudeste e Nordeste, experimentaram significativos ganhos de produtividade agrícola e industrial. O histórico dos ciclos econômicos da cana-de-açúcar, desde as capitânicas hereditárias do Brasil Colônia, e especialmente do programa cana-etanol (Pro-Álcool, lançado em 1975), aliado aos ganhos técnicos, econômicos, sociais e ambientais do setor, implica uma aprendizagem consistente capaz de considerar que a atual “vantagem competitiva é transitória”.

Os avanços do cultivo da cana-de-açúcar em regiões distintas do território nacional e o amadurecimento das tecnologias agronômicas e industriais resultaram em um padrão técnico, econômico, social e ambiental altamente competitivo para o setor sucroalcooleiro. Especialmente nos últimos 35-40 anos, o setor experimentou ganhos de produtividade e de viabilidade técnico-econômica baseados em ordenamento territorial, ampliação e uso de novos conhecimentos e de gestão, e na agregação de valor a produtos, resíduos e coprodutos. Açúcar de cana e bioetanol 1G (1ª geração tecnológica); biofertilizantes; biomassa para cogeração (calor e eletricidade); volumosos para animais - especialmente ruminantes - e material lignocelulósico (bioetanol 2G, 2ª geração), bem como o desenvolvimento do potencial para agregação de valor a novos materiais, moléculas e coprodutos da cana-de-açúcar e espécies afins, são constituintes de uma matriz tecnológica em franca evolução.

Atualmente, a cultura da cana-de-açúcar ocupa cerca de 1% das terras do Brasil (851 milhões de hectares territoriais). Para os fins de interesse da agenda de desenvolvimento do Brasil, as restrições do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE-Cana no Brasil, lançado em 17/set/2009) orientam a expansão da cana em 7,5% das terras brasileiras (cerca de 65 milhões de hectares). Pelos novos critérios, 92,5% do território nacional não são indicados para o plantio da cana-de-açúcar.

Neste particular, a agenda de produção de alimentos e energia, a maximização do uso de recursos (terra, água, agricultura de baixo carbono), a eficiência de processos agrícolas e industriais, a renovação ou reforma de canaviais e as espécies energéticas para rotação colocam o sorgo sacarino como uma espécie com domínio tecnológico capaz de atender as necessidades agronômicas e biológicas da interação genótipo-ambiente em benefício do setor sucroenergético, e de produzir mais etanol e resíduos na entressafra da cana-de-açúcar.

Aliado às espécies oleaginosas com domínio tecnológico, como amendoim, girassol e soja, o sorgo sacarino tem grande potencial para expansão de cultivo em zonas tradicionais e novas do setor sucroalcooleiro. Portanto, a produção de etanol de sorgo sacarino deverá ser expandida em complementação ao etanol de cana-de-açúcar.

Este cenário traduz uma grande oportunidade para o Brasil quanto às alterações na matriz energética, nos atuais e futuros marcos legais e nas possibilidades de inserção regional e de grupos de interesse nos mercados competitivos. Este é o foco central para uma nova agenda público-privada, visando os negócios competitivos. Além disso, os planos e programas para o setor contêm os elementos para as metas, meios e responsabilidades quanto às alternativas, tecnologias, infraestrutura e logística dos mercados.

2. Potencial de sorgo sacarino no cenário nacional

José Geraldo Eugênio de França, ITEP-PE (geugenio@itep.br)

Os grandes desafios à produção agrícola: 1. Alimentos; 2. Energia; 3. Água; 4. Sustentabilidade. Fontes de oferta de energia (1940-2010) MME.BEN 2010

Bioenergia no Brasil: 1. Etanol; 2. Energia Elétrica; 3. Biodiesel

Etanol combustível no mundo e principais países produtores.

Fontes (Licht, 2010)

De onde virá a matéria-prima?

Etanol, hidrocarbonetos e energia elétrica

Cana-de-açúcar (*Saccharum*); Sorgo (*Sorghum*); Capim-elefante (*Pennisetum*); Capim-colônia (*Panicum*)

Outras Fontes: Resíduos florestais; Resíduos urbanos; Resíduos industriais

Desafios

A. Cana-de-açúcar:

- Preço internacional do açúcar aquecido
- Demanda internacional de açúcar crescente
- Competição com a cogeração de energia elétrica
- Perenidade de um programa nacional de melhoramento genético
- Elevação de produtividade a uma taxa de 1,5% ao ano nas próximas duas décadas

B. Sorgo:

- Desenvolvimento de linhas macho-estéreis
- Desenvolvimento de linhas restauradoras sacarinas
- Produção de híbridos de sorgo sacarino e energia

C. Sorgo sacarino:

- Cultivares que não apresentam tombamento
- Cultivares tolerantes a doenças foliares
- Cultivares tolerantes a estresses hídricos e a altas temperaturas
- Genótipos que não florescem, ou com baixa produção de grãos
- Colheita mecanizada
- Alto teor de açúcares fermentescíveis, no caso do sorgo sacarino (18° POL)
- Matéria-prima suplementar à cana-de-açúcar
- Produção de etanol via sacarose ou celulose
- Contribuição com matéria-prima na cogeração de energia elétrica

D. Oportunidades:

Sorgo sacarino (Fonte alternativa e complementar à produção de hidrocarbonetos e outros produtos):

- Apoiar os programas de melhoramento em gramíneas adaptadas a ambientes mais secos
- **Arranjos Institucionais** (Formatar um programa multi-institucional de melhoramento genético para a cultura do sorgo sacarino e energia):

- O programa deve visar materiais sacarinos e produção total de celulose
- O programa contará com a Embrapa, instituições públicas e a iniciativa privada
- O programa terá dois subprogramas: um para a região subtropical (30° a 15° S) e um segundo para a região tropical (15° S a 5° N)

3. Inserção do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar no Brasil: panorama e melhoramento genético da espécie

Frederico O. M. Durães, Embrapa Milho e Sorgo

A expansão da cultura de sorgo sacarino no Brasil tem amplas perspectivas e admite modelos diferenciados. Para o modelo de expansão preferencial da cultura de sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar ou renovação de canaviais, objetiva-se complementar a produção de etanol, antecipando a oferta de matéria-prima de qualidade, e ampliar a utilização do parque industrial, maquinarias e recursos do setor, visando competitividade com sustentabilidade, via aumentos de produtividade, redução de custos de produção e maior eficiência do uso de recursos e insumos. Esta bandeira é uma necessidade do setor sucroenergético e uma real e adequada oportunidade para a expansão do sorgo sacarino no Brasil. As perspectivas atuais e futuras focam em cultivares, arranjos produtivos e modelos de negócios. O mercado é bastante propício para os negócios competitivos, de base tecnológica, e a apropriação do conhecimento e o compartilhamento de esforços podem ser abrigados no escopo da legislação vigente (Lei de Proteção de Cultivares (LPC 9.456/97); Lei de Inovação 10.973/04; Lei 11.079/04, Parceria Público-Privada, etc.)

Os elementos para um Plano de Marketing/Negócios do Sorgo Sacarino da Embrapa indicam as oportunidades de parceria em negócios tecnológicos e desenvolvimento de novos materiais genéticos. O programa de melhoramento genético da Embrapa visa o desenvolvimento de variedades e/ou híbridos de sorgo sacarino e

estabeleceu as seguintes metas de produtividade e qualidade: uma produtividade mínima de biomassa de 60 t ha⁻¹; extração mínima de açúcar total de 120 kg t⁻¹ de biomassa, considerando a eficiência de extração de 90-95%; conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; produção mínima de álcool de 60 l t⁻¹ de biomassa; Período de Utilização Industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 100 kg t⁻¹ de biomassa. Para mais informações, consultar *Agroenergia em revista*. Ano II n^o. 3, de agosto de 2011.

O Plano de Negócios da Embrapa para o Sorgo Sacarino define algumas estratégias para o compartilhamento de ações de PD&I e negociais, a saber: (a) *Background* genético: materiais antigos, atuais e modernos; (b) Nichos territoriais: áreas canavieiras tradicionais, de expansão canavieira e áreas antropizadas de expansão e/ou substituição agrícola; e (c) Parcerias em cooperação científica e/ou técnica: acordos de cooperação científica para desenvolvimento de novas cultivares, de cooperação técnica para licenciamento de genótipos de interesse técnico ou comercial e de cooperação técnica para agregação de valor a genótipos, processos e sistemas produtivos.

A Embrapa disponibiliza os termos básicos (padrão) de cooperação científica e técnica para os negócios competitivos. E recomenda que para cada assunto específico e cada instituição ou empresa interessada sejam formalizados um termo de confidencialidade e a definição de contrapartes institucionais de negociação. Ações de PD&I, condições, prazos e locais de entendimentos e novos negócios são organizados em “ajustes de implementação” para os acordos específicos firmados, oportunamente.

4. Tecnologias disponíveis para a produção de sementes de sorgo sacarino

Paulo Motta Ribas, Valor Orientações Agropecuárias

O Brasil detém a tecnologia para produzir sementes de sorgo sacarino, variedades e híbridos?

A indústria de sementes brasileira está preparada para atender uma demanda extraordinária de sementes de sorgos sacarinos?

Um resumo histórico

Antes dos anos 70, como era a produção e oferta de sementes de sorgo no Brasil?

- Institutos de Pesquisa: IAC, IPA, IPEAS, IPAGRO
- Universidades Rurais: UREMG (Universidade Federal de Viçosa), Esalq, Universidade Federal de Lavras, Universidade de Pernambuco
- Regiões Produtoras: Fronteira do Rio Grande do Sul, Agreste Pernambucano
- Empresas Privadas: Brazisul, Proagro-Pioneer
- Importações: Argentina, Uruguai, Estados Unidos

Dos anos 70 a 2011

- Empresas Privadas com Programas Independentes de Melhoramento e Produção de Híbridos
- Empresas Privadas Licenciadas da Embrapa e de Outros Obtentores
- Regiões Produtoras (Cerrado): Vale do Rio Grande (São Paulo/ Minas Gerais); Vale do Rio Paranaíba (Minas Gerais/Goiás), Noroeste de Minas (Paracatu)

Áreas preferenciais para a produção de sementes de sorgo no Brasil

- 1 - Vale do Rio Grande
- 2 - Vale do Rio Paranaíba
- 3 - Noroeste de Minas Gerais

Vale do Rio Grande - SP/MG

- Bacia do Paraná (Rios Grande, Sapucaí, Pardo)
- Referência: Guairá-SP

- População: 36.000 habitantes
- Latitude: 200 19' 06''
- Altitude: med. 517 m
- Temperatura: mín. 06 °C (méd. 25 °C, máx. 38 °C)
- Índice Pluviométrico: 1.550,0 mm
- Agricultura irrigada/pivô central

Vale do Paranaíba - Triângulo Mineiro/GO

Bacia do Paraná (Rios Paranaíba, dos Bois)

Referência: Rio Verde-GO

População: 176.000 habitantes

Latitude: 170 47' 52''

Altitude: med. 748 m

Temperatura: mín. 06 °C (méd. 25 °C, máx. 30 °C)

Índice Pluviométrico: 1.450 mm

Agricultura irrigada/pivô central

Noroeste de Minas

- Bacia do São Francisco (Rios Paracatu, São Marcos, Sta. Izabel)
- Referência: Paracatu-MG
- População: 85.000 habitantes
- Altitude: min. 498 m (méd. 688 m, máx. 1008 m)
- Temperatura: mín. 17, 3 °C (méd. 22, 6 °C, máx. 29, 1 °C)
- Índice Pluviométrico: 1.438,7 mm
- Agricultura irrigada/pivô central

Oferta de sementes de sorgo no Brasil

Safra 09/10

- Granífero: 11.159,2 t
- Forrageiro: 3.268,3 t
- *Total: 14.427,5 t*

Safra 10/11

- Granífero: 10.831,3 t

- Forrageiro: 2.888,9 t
- *Total: 13.720,2 t*

Safra 11/12 (estimativa)

- Granífero: 9.784,74 t
- Forrageiro: 3.046,30 t
- *Total: 12.831,00 t*

Fonte: APPS

Tecnologia de Produção de Sementes

- Escolha da área/isolamento/topografia
- Estrutura: irrigação/mecanização
- Controles fitossanitários
- Mão de obra qualificada/*roguing*/controles fitossanitários
- Logística/colheita/transporte
- Beneficiamento
- Controle da pureza varietal (*Growout Test*)
- Informação: proporção M/F; *splits*

Escolha da área/isolamento

400 a 1500 m, dependendo do tipo de sorgo a isolar
30 a 45 dias, conforme o ciclo dos materiais

Isolamento / *off types*

Sorghum verticilliflorum

Sorghum halepense

Irrigação

Controles fitossanitários

- Enfermidades foliares
- Doença açucarada ou Ergot
- Controle de ervas
- Qualificação de mão de obra

- *roguing*

- inspeção voluntária

Pureza varietal/Eliminação das linhas de macho

Pureza varietal/Manejo do campo

Colheita simultânea do macho e da fêmea

Dessecação/pré-colheita

Colheita com dessecação

Como colher mecanicamente sementes de variedades de polinização aberta, com panículas a 3 a 4 m de altura?

Grow-out/Identificação de *off types*

Autofecundação

Processamento (usinas de beneficiamento ociosas)

Padrão de qualidade:

- Separação de peneiras; tratamento de sementes; ensacamento/armazenamento; plantabilidade

Coincidência do florescimento masculino e feminino: fator decisivo para a produtividade e a qualidade de um campo de produção de híbridos de sorgo

***Split M/F*: como acertar?**

Informação - a base de tudo:

- Informações de pesquisa; ensaios; reteste; arranjos, simulações; piloto

***Split* de Plantio M/F: informação básica para acerto da coincidência de florescimento**

- Informação do melhorista
- Simulações/arranjos
- Ensaio de época de plantio (Ano I)
- Reteste (Ano II)
- Plantio piloto (Ano II ou Ano III)
- Plantio comercial (Ano III ou Ano IV)

Estágios fenológicos do sorgo

- *Split* recomendado

Fêmeas (características morfológicas)

- Comportamento às principais doenças
- Comportamento à atrazina
- Rendimento de peneiras

Macho (características morfológicas)

- *Split* largo, médio, marcação de área
- Plano de estágios de híbridos (pesquisa, avaliação, marketing)

Conclusões

1. A indústria de sementes de sorgo do Brasil tem tecnologia e está capacitada para suprir as demandas do mercado, em especial do segmento de sorgo sacarino.

2. Uma vez definidos os híbridos ou as variedades para pré-lançamento, a indústria de sementes necessita de tempo, pelo menos 2 anos, para realizar os testes de tecnologia de produção e poder, assim, garantir oferta constante de sementes de alta qualidade ao mercado.

5. Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino

Robert Eugene Schaffert¹, Rafael Augusto da Costa Parrella¹, André May¹, Frederico O. M. Durães¹

¹Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo

No início dos anos 1980, a Embrapa Milho e Sorgo selecionou variedades de sorgo sacarino com produtividade de colmos superior a 40 t ha⁻¹ e teor de sólidos solúveis médios entre 18 e 20° Brix. Posteriormente, em 1987, as primeiras variedades brasileiras com potencial para produção de etanol foram desenvolvidas: o BRS 506 e o BRS 507, e o híbrido BRS 601. Projetos piloto de microdestilarias para produção de etanol se valeram destas variedades. O Pro-Álcool incentivou a expansão da cana-de-açúcar e das espécies alternativas, como o sorgo sacarino e a mandioca, entretanto, o programa foi paralisado. Como as cultivares lançadas de sorgo sacarino apresentavam boa produtividade e qualidade de matéria verde, estes produtos se mantiveram no mercado, comercializados como forrageiras. Atualmente, apresentam-se como cultivares de dupla aptidão, sacarina e forrageira. A Embrapa reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino a partir de 2008, 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.

Tabela 1. Metas de Rendimento e Qualidade de Sorgo Sacarino.

Característica	Alvo Mínimo		
	1975	2011	(Futuro)
Rendimento mínimo de biomassa* t ha ⁻¹ e (t ha ⁻¹ mês ⁻¹)	40 (10)	50-60 (12-15)	80 (20)
Brix mínimo* (grau°, 245 kg cm ⁻¹ / 60 seg)	16 - 17	18 - 19	20-22
Brix pico (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** (litros t ⁻¹ biomassa)	40	60-70	70-85
Eficiência de fermentação(%)**	90	95	95
Eficiência da destilação (%)**	90	95	95
Eficiência industrial (%)**	81	90	90
Período de Utilização Industrial (PUI, dias)*	30	30	30
Tipo de cultivar*	variedade	variedade	variedades e híbridos
Parâmetros: * Agrônomico; ** Industrial			

Fonte: Modificado de Schaffert, R. E. et al., Embrapa Milho e Sorgo (www.cnpms.embrapa.br)

6. Sistema Embrapa de Produção de Sorgo Sacarino – BRS1G (Tecnologia Qualidade Embrapa). Versão 1.0, Setembro 2011

André May¹, Antônio Marcos Coelho¹, Frederico O. M. Durães¹, João Carlos Garcia¹, Rafael Augusto da Costa Parrella¹, Rubens Augusto de Miranda¹, José Heitor Vasconcellos¹

¹ Embrapa Milho e Sorgo

O sorgo sacarino é uma planta que apresenta crescimento vigoroso e ciclo curto. A sua atual expansão visa complementar o setor produtivo sucroalcooleiro, porém, requer maiores conhecimento e prática adequada do sistema de produção, levando em consideração as boas práticas agrônômicas, ambientais e industriais.

O crescente interesse pela produção comercial de etanol a partir da fitomassa de sorgo sacarino, visando o cultivo na entressafra, em complemento ao etanol da cana-de-açúcar, requer um sistema de produção modelo para tal necessidade, embora sejam reconhecidos outros modelos de sistemas de produção para a cultura, em nichos territoriais de expansão da indústria canavieira, ou mesmo em regiões não utilizadas pelo setor sucroenergético. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, a entressafra da cana ocorre entre os meses de novembro e abril, e neste período de verão úmido, a safra do sorgo sacarino pode antecipar o início de safra da cana, com significativos e positivos resultados técnicos e econômicos para a agroindústria sucroenergética.

O sistema de produção define um conjunto de conhecimento e práticas que orientam a tomada de decisão para a adequada interação genótipo e ambiente, visando resultados qualitativos e quantitativos de interesse. Portanto, esse sistema trata de operações sequenciais comuns aos sistemas agroindustriais afins e de boas práticas agrícolas que carecem de testes e validações para uma recomendação viável e sustentável. O domínio tecnológico e a necessidade de experimentação agrônômica e industrial para uma cultura como o sorgo sacarino implicam definir dados técnicos e econômicos. O modelo foco da utilização de sorgo

sacarino, no escopo deste projeto, é para antecipação de oferta de matéria-prima para a indústria de bioetanol, na entressafra da cana-de-açúcar, em complemento à produção de etanol e de resíduos nas usinas do setor sucroenergético. O manejo cultural adequado visa a escolha e o preparo de área de terreno, seleção de genótipos, práticas de manejo de fatores bióticos e abióticos interferentes nas performances da cultura, como adubação, água, controle de plantas daninhas, pragas, doenças, dentre outros, para a eficiência produtiva e os ganhos de produtividades física e econômica. A produção de etanol (1ª geração) e resíduos orgânicos para a cogeração de energia, bem como alimentação de animais (ruminantes, principalmente), deve estar inserida no contexto de boas práticas agrícolas, ambientais e industriais.

O documento “Sistema Embrapa de Produção do Sorgo Sacarino”, com denominação mercadológica, ou nome fantasia, de “Sistema BRS1G” objetiva sistematizar o conhecimento tecnológico vigente e promover a aplicação de uma sequência ordenada de “boas práticas agrícolas e industriais”, que podem orientar a tomada de decisões, e organizar as ações e metas do empreendimento agroindustrial.

A adoção e a aplicação do sistema de produção é um acordo de compromisso da parceria público-privada, em PD&I, cadeia produtiva, e logística. Portanto, trata-se de um negócio de compromisso compartilhado. A apropriação de novos resultados de pesquisas e recomendações técnicas comprovadas, na implantação e no manejo do sistema de produção de sorgo sacarino, podem ser capazes de suprir essa demanda específica quanto ao fornecimento de matéria-prima complementar à cana-de-açúcar, visando-a para a produção de etanol.

O acompanhamento, a obtenção e o tratamento de dados técnicos, econômicos e gerenciais descritos no sistema de produção serão aplicados para transferência e negócios tecnológicos competitivos em sistemas de produção de sorgo sacarino para etanol, enfocando características agronômicas, tecnológicas e econômicas da cultura

(arranjo espacial de plantas, disponibilidade de nutrientes para alta produtividade e qualidade de biomassa, época e modos de semeio, monitoramento fitossanitário, manejo integrado de pragas, doenças e herbicidas).

A Embrapa tem experiência, desde a década 1980, em desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino e acumula importantes conhecimentos de práticas agronômicas no cultivo da cultura. As demandas atuais do mercado de bioetanol estarão se ampliando doravante, especialmente aquelas oriundas do setor sucroalcooleiro que expande suas atividades, orientadas por um marco regulatório firme para o etanol. As políticas públicas e o plano de expansão do setor sucroenergético baseiam-se, por exemplo, no zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, na obrigatoriedade de mistura (Etanol 20% e Etanol 25%) na gasolina, e nas orientações agronômicas e industriais descritas no Plano Nacional de Agroenergia (PNA 2006-2011). A Embrapa, em sua missão, será protagonista e um dos principais participantes técnico-científicos na obtenção de novas cultivares comerciais de sorgo sacarino (variedades e híbridos), na definição e na transferência de conhecimento e tecnologias de manejo de sistemas de produção sustentáveis de sorgo sacarino, etanol e cogeração, traduzidos nas boas práticas agrícolas e industriais, coordenadas pela Embrapa Milho e Sorgo e pela Embrapa Agroenergia.

Modelo de nicho territorial: M1, antecipação de produção de etanol no setor sucroalcooleiro na entressafra da cana-de-açúcar (plantio: out./nov.; colheita sorgo sacarino: fev./mar.)

Área de Abrangência: setor sucroalcooleiro das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.

Característica do Público Alvo: usinas de cana-de-açúcar e de produção de etanol e cogeração de energia

Meta: com a utilização da tecnologia preconizada, espera-se obter, no mínimo, o seguinte rendimento: 50 t de biomassa verde/ha/ciclo,

70 l de etanol/t de colmo e 3.000-4.000 l de etanol/ha.

Recomendações Técnicas: operações e manejo sequenciais em testes na parceria Embrapa-Empresas Privadas (safra 2011-12)

I. Investimentos: Escolha de área de terreno; Práticas conservacionistas do solo (tipo de solo, declividade do terreno, etc.); Análise do solo para recomendação de corretivos e fertilizantes: Correção de acidez e Controle de erosão.

II. Custeio: Preparo do solo; Semeadura de genótipos e adubação; Tratos culturais: Controle de invasoras e Adubação em cobertura, Monitoramento de irrigação e Boas práticas agrícolas; Controle de pragas e doenças; Colheita e processamento: logística; Armazenamento; Comercialização.

7. Tecnologia agroindustrial de sorgo sacarino

Carlos E. V. Rossell (carlos.rossell@bioetanol.org.br)

*CTBE - Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol;
ABTLuS*

Expansão do Cultivo de Sorgo Sacarino

Premissas:

- Processamento de sorgo sacarino para extensão da safra (60 dias) para produção de etanol e energia elétrica;
- Emprego das instalações disponíveis para processamento de cana em etanol sem introdução de alterações significativas;
- Utilização na 1ª etapa dos açúcares extraíveis do caule: sacarose, glicose e frutose;

- Não previsto o processamento da panícula.

Antecedentes:

- Publicações de Pesquisa Científica e Tecnológica: extração, tratamento de caldo e fabricação de açúcar e fermentação alcoólica;
- Estudos conduzidos no Brasil no início do Pro-Álcool;
- Processamento para açúcar e xaropes nos Estados Unidos;
- Teste de moagem e produção de etanol realizado na Colômbia;
- Testes conduzidos no Brasil pela Dedini e na Índia pela Praj com o objetivo de desenvolver equipamentos e projetos pilotos;
- Processamento para comprovação da viabilidade técnica através de testes de curta duração realizados em usinas no Brasil.

Flow diagram – sugar and ethanol

Processamento: Etanol

Extração:

- Eficiência de extração (moendas ou difusores) da mesma ordem da cana-de-açúcar;
- Ajustes para atingir a média das usinas de cana-de-açúcar (média CTC 2005: 96,2%);
- Não se observou perda na capacidade de moagem (TCH);
- Ajustes para reduzir a umidade final do bagaço;

- Estudos indicam redução de consumo de potência específica no preparo da extração.

Tabela 2. Caldo de sorgo sacarino X caldo de cana-de-açúcar.

Parâmetro	Cana-de-açúcar	Sorgo sacarino
Sólidos solúveis (%)	16-19	18
Pureza (%)	80-90	60-75
Sacarose (kg m ⁻³)	125-150	85-124,05
Frutose (kg m ⁻³)	1,0	16,80
Glicose (kg m ⁻³)	3,0	20,85
pH	5,5-5,6	4,9-5,1
Ácido aconítico (% no caldo misto)	Desprezível	~0,25%
Amido	Desprezível	~0,5%
P (ppm)	436	50-100
Ca (ppm)	80-90	40-60
Mg (ppm)	125-150	30
K (ppm)	620	1900-5000

Tratamento do caldo

Provável necessidade de adicionar etapa de sacarificação do amido (0,5%) para afinamento do caldo e remoção de particulados;

- Presença de ácido aconítico no caldo de sorgo sacarino (0,25%);
- Provável aumento de produtos químicos (PO_4^- e $\text{Ca}(\text{OH})_2$) na dosagem;
- Ajuste na remoção de bagacilho no caldo;
- Percepção de maior volume de lodo resultante da clarificação (para fabricação de açúcar), prevendo-se necessidade de aumentar a dosagem de polímero.

Pré-concentração do caldo

- O menor teor de ART do caldo de sorgo sacarino (125 kg t^{-1}) requer concentração em evaporadores MPE para ajuste do ART do mosto, com leve aumento do consumo de vapor de processo;
- O teor de ácido cis-aconítico pode levar ao aumento de incrustações em aquecedores, evaporadores, esterilizadores de caldo, resfriadores de mosto e vinho, aumentando a frequência de limpeza.

Fermentação de mostos de sorgo sacarino

Resultados:

- Testes de fermentação em laboratório: batelada com reutilização do pé por vários ciclos mostrou que a fermentação transcorre mesmo até teores altos de etanol (acima de $10 \text{ }^{\circ}\text{GL}$) sem presença de inibidores, conversão eficiente do ART e tempos da mesma ordem que para mostos de cana-de-açúcar;
- Testes em larga escala (piloto e pequenas unidades industriais) mostraram resultados positivos.

Fermentação alcoólica com reciclo e reativação de fermento

Fermentação de mostos de sorgo sacarino

Próxima etapa:

Otimização das condições de fermentação para atingir rendimentos (89-91%) e produtividades ($4\text{-}7 \text{ kg m}^{-3} \text{ h}$ de etanol) como as do mosto de cana-de-açúcar, empregando o processo de Batelada alimentada com reativação e reciclo de fermento.

Pontos críticos a abordar:

- Verificar a necessidade de complementação nutricional: N (como ureia ou sais de amônia) e P (como DAP);

- Presença de bagacilho e grânulos de amido podem dificultar o desempenho das centrífugas;
- Acúmulo de matéria inerte com o fermento poderá exigir aumentar o sangramento com perda de eficiência de conversão do ART em etanol.

Destilação e Vinhoto:

- Destilação: Os testes de demonstração confirmaram a viabilidade;
- Verificar formação de incrustações e frequência de limpeza de colunas, aquecedores, condensadores e resfriadores;
- Verificar retiradas de óleos alto e baixo.

Aplicação de Vinhoto:

- Os teores de potássio reportados são maiores do que os presentes nos mostos de cana, o que assegura potencial como fonte de potássio;
- Baixo teor de fósforo e nitrogênio;
- A presença de ácido aconítico tem que ser avaliada;
- A aplicação de vinhoto tem que ser reajustada para atender a norma que fixa a dosagem em função de: capacidade de troca catiônica do solo, teor de potássio do vinhoto e teor de potássio no solo;
- O desempenho da fertirrigação com vinhoto de sorgo sacarino tem que ser testado.

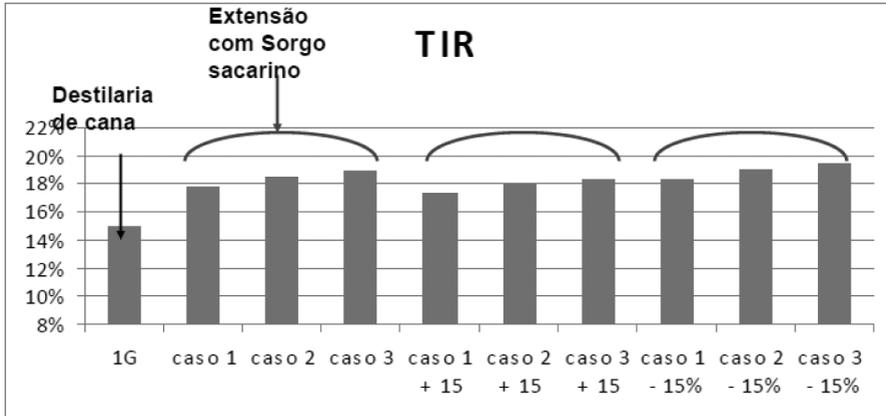


Figura 1. Estudo de sensibilidade sobre a TIR.

(Fonte: Dias, M.O.S., Cunha, M., Bonomi, A e Rossell, C.E.V., CTBE, 09/2011).

TIR - baixo teor de ART e preço sorgo igual cana

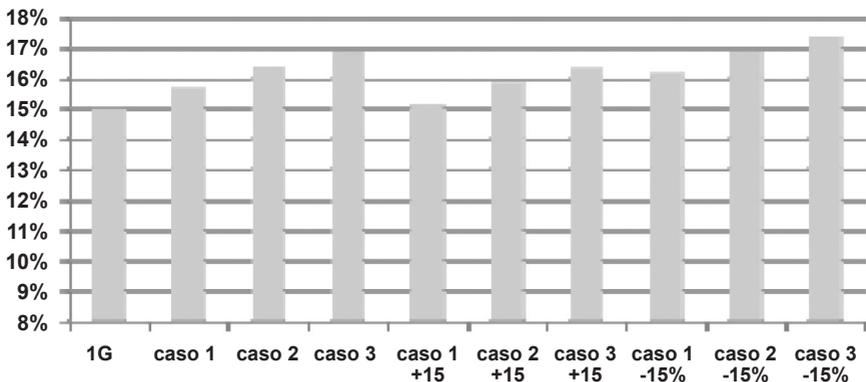


Figura 2. Sorgo com baixo teor de ART (85 kg/tss).

Produção de vapor e EE

Bagaço de sorgo sacarino: a combustão nas caldeiras existentes passou no teste:

- PCI (52% de umidade): 1.965 Kcal/Kg, não apresenta diferença significativa com o bagaço de cana-de-açúcar (50% de umidade): 2.094 Kcal/kg;

Pontos críticos a esclarecer:

- Ajuste do desaguamento final do bagaço;
- Verificar se há alterações na eficiência da caldeira;
- Verificar se há aumento do arrasto de fagulhas.

Estudo técnico econômico preliminar

Execução PAT/CTBE, Dias, M.O.S., Cunha, M., Bonomi, A. e Rossell, C.E.V., CTBE, 09/2011

Estudo técnico econômico preliminar: premissas

- Destilaria otimizada (GI) (caldeira 90 bar e turbinas de extração, recuperação de 50% da palha da cana, pré-concentração do caldo, consumo de vapor reduzido, produzindo AEAC e EE;
- Processando 2 milhões de toneladas de cana + 50% da palha + 0,72 milhões de toneladas de sorgo (500 tss/h) por 60 dias;
- Comparação de três cenários envolvendo aumento gradativo da qualidade do sorgo (riqueza em ART) e eficiência global da indústria;
- O preço do sorgo foi assumindo o mesmo preço por ART da cana-de-açúcar, com análise do impacto de + ou - 15% no preço do sorgo (hipótese realista).

Tabela 3. Estudo técnico-econômico - Resultados preliminares.

Resumo análise econômica: preço do sorgo proporcional ao ART da cana-de-açúcar		1G	I	II	III
ART no sorgo	(kg/tss posto em Usina)		125	137,5	150
Fibra no sorgo	(kg/tss posto em Usina)		138,5	142	145,4
Rendimento global	%		78,34	81,24	83,89
AEAC	(L/tss)	82,4	63,0	71,8	81,2
EE exc	(kWh/tss)	172,8	71,78	93,59	94,39
Preço do Sorgo	(R\$/t)		33,59	36,89	40,24
TIR	(Taxa Interna de Retorno, %)	14,98	17,85	18,48	18,89
Custo de Produção do AEAC	(R\$/L)	0,65	0,64	0,63	0,63

Fonte: CTBE (2011)

Conclusões

- O processamento nas instalações de produção de etanol existentes sem maiores modificações está comprovado;
- Os pontos críticos para aprimoramento foram assinalados: extração, tratamento do caldo, fermentação, dentre outros;
- A introdução do processamento de sorgo sacarino para obtenção de etanol se mostra atrativa (extensão de safra);

- Melhorias na produtividade agrícola e na qualidade da matéria-prima (aumento do teor de ART) irão melhorar a atratividade;
- Há potencial de incremento na produção de etanol pelo aproveitamento das panículas: sacarificação da fração amilácea e fermentação e destilação (deflegmação) em separado, devem ser motivo para estudo.

8. Visão empresarial sobre cultivares de sorgo sacarino

O setor sucroalcooleiro e energético nacional busca alternativas para a produção de bioetanol de cana-de-açúcar, e matérias-primas e processos de conversão e logística são os principais componentes para uma nova estratégia. Matéria-prima é um gargalo de produção e constitui cerca de 70% do custo de produção; portanto, os principais desafios do setor estão na área agrônômica.

Matérias-primas para bioetanol, a exemplo da planta de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), produzem carboidratos via atividade fotossintética e acumulam açúcares no colmo. Na cana, a hidrólise ácida ou enzimática (invertase) da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) resulta em uma mistura equimolar de glicose e frutose. Monômero de açúcar fermentescível (glicose) pode ser convertido em etanol. Esta rota, conhecida como 1ª geração tecnológica, é considerada convencional, madura, de domínio tecnológico de processos conhecidos pelo setor produtivo.

Atualmente, o setor sucroalcooleiro conta com cerca de 430 usinas, 4 programas de melhoramento de cultivares de cana-de-açúcar e área cultivada de 8,1 milhões de ha, concentrados principalmente nas regiões tradicionais de cultivo do Sudeste/Centro-Oeste (SP, MG, GO, MS) e Nordeste (AL, PE, PB).

Há uma grande oportunidade de expansão com o ordenamento territorial e a governança para a cana-de-açúcar no Brasil.

O setor sucroalcooleiro nacional é competitivo, profissional e dependente de inovação (incremental e disruptiva) como fator de progresso, visando saltos de competitividade para o país. Tecnologias complementares no sistema cana-indústria, nas áreas agrícola e industrial, estão baseadas na inovação; portanto, o sorgo-energia (sorgo sacarino: 1ª-geração e biomassa; e o sorgo biomassa lignocelulósica: 2ª geração e cogeração de energia – calor e bioeletricidade) são passíveis de competitividade através de genética e boa prática de manejo. Do ponto de vista agrônomo, a genética de variedades e híbridos será pertinente e necessária ao setor, nos próximos três anos, considerando-se o modelo de produção de sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar, visando ofertar matéria-prima para a utilização antecipada da capacidade industrial instalada no setor.

De forma complementar à cana-de-açúcar, o sorgo sacarino tem grande potencial de expansão de área cultivada, em três nichos territoriais do Brasil, sobretudo, em áreas de entressafra da cana, ou de reforma de canaviais. As áreas de reforma de canaviais são estimadas em 1,5 a 2,0 milhões de hectares, na região tradicional Sudeste do Brasil.

9. Experiências com sorgo sacarino na agroindústria sucroalcooleira

À exceção de alguns exemplos internacionais observados quanto à utilização de sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de bioetanol, nos Estados Unidos da América, na China, na Índia, na Itália, em Portugal, no Peru, na África do Sul, empresas agroindustriais de cana-etanol no Brasil experimentaram na safra 2010/2011 empreender seus negócios. O sorgo sacarino na mídia revela euforia e informações gerais. Admitindo-se hoje uma área plantada de 3 mil a 5 mil hectares de sorgo sacarino no Brasil, as estimativas são para 20 a 30 mil hectares na safra 2011/12 e mais de 100 mil hectares na safra 2012/13, com expansão de algumas centenas de milhares de hectares no horizonte de 5 a 10 anos. Entretanto, o fato de o setor sucroalcooleiro brasileiro

ser competitivo e profissional merece grande consideração, mas não garante êxito na utilização de culturas alternativas à cana em utilização das facilidades agroindustriais do setor. Sorgo sacarino tem conhecimento suficiente para ser considerada uma espécie *drop in* para bioenergia, mas carece de compartilhamento de esforços para melhoria de genética de cultivares, recomendações adequadas de boas práticas de manejo de solo e da cultura, capacitação e treinamento contínuo de técnicos e de mão de obra rural, estudos de viabilidade técnico-econômica do empreendimento e exercícios de gerenciamento, e persistência no empreendimento com critérios disciplinados de acompanhamento, avaliação e controle para melhoria de processos.

Advanta, Ceres Sementes, Monsanto/CanaVialis e Embrapa, embora usem uma estratégia de divulgação *low-profile*, associadas com empresas do setor sucroalcooleiro promovem acordos de cooperação técnica para desenvolvimento e expansão da área cultivada com sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar. E, no momento, os casos mais notórios na mídia nacional tratam da Usina Cerradinho, em Catanduva-SP, em parceria com a Monsanto; das parcerias Petrobras-PBIO com o Grupo São Martinho S.A. (Nova Fronteira Bioenergia S.A., controladora da Usina Boa Vista, em Quirinópolis-GO) para a produção de etanol na região Centro-Oeste do Brasil, com capacidade de moagem ampliada dos 2,5 milhões de t de cana para 7 milhões de t de cana, na safra 2014/15); dos acordos de cooperação da Dedini S.A. com plantas industriais para etanol; e da Raízen (empresa brasileira, *joint venture* do ramo de biocombustíveis oriunda da fusão da Royal Dutch Shell e Cosan S.A.), com plantios de sorgo sacarino em Goiás.

10. Grupos de Discussão sobre Sorgo Sacarino

10.1. GT1 – Melhoramento, Cultivares e Produção de Sementes de Sorgo Sacarino

Secretário-Relator: *Rafael Augusto da Costa Parrella*, Embrapa Milho e Sorgo.

Membros: André Luft, Advanta Sementes; Antonio Kaupert, Ceres Sementes do Brasil Ltda; Carlos Catella, Advanta Sementes; Cássio Luis Cruz de Camargo, APPS; Domingos Carletto, Advanta Sementes; Fernando Cardena, Ceres Sementes do Brasil Ltda; Fernando Fernandes de Andrade, Agromen Sementes; José Geraldo Eugenio de França, IPA; Luiz Fernando Jafelice, Agromen Sementes; Marcelo Gullo, Ceres Sementes do Brasil Ltda; Marcio Nascimento, MN Agro; Marco Bimbato, Advanta Sementes; Odair Bison, CTC – Centro de Tecnologia Canavieira; Paulo Motta Ribas, Valor Orientações Agropecuárias Ltda; Rafael Augusto da Costa Parrella, Embrapa Milho e Sorgo; Robert Eugene Schaffert, Embrapa Milho e Sorgo; Wagner Melo, Advanta Sementes; William Burnquist, Ceres Sementes do Brasil Ltda.

Instituições públicas e privadas de melhoramento apresentaram as características agroindustriais das cultivares disponíveis para produção de etanol durante a entressafra de cana-de-açúcar.

Foram apresentados variedades e híbridos de sorgo sacarino com produtividade média de biomassa variando de 40 a 100 t ha⁻¹; Extração média de açúcar total entre 80 e 120 kg t⁻¹ biomassa (Considerando a eficiência de extração de 90 a 95%); Conteúdo médio de açúcar total no caldo de 10 a 18%; Produção média de álcool de 40 a 70 L t⁻¹ biomassa; Período médio de utilização industrial (PUI) de 10 a 30 dias com extração média de açúcar total de 80 a 120 kg t⁻¹ biomassa.

Os híbridos e as variedades de sorgo sacarino apresentam alta produtividade de biomassa, o que é bastante desejável pelo setor sucroalcooleiro. Contudo, os híbridos, têm apresentado caracteres indesejáveis, como panícula muito grande, resultando em alta produção de grãos, sendo parte perdida na colheita e parte incorporada à biomassa.

Após a moagem desta biomassa, ocorre aumento do teor de amido no caldo, chegando a 10.000 ppm, necessitando do uso de amilase para aumentar a eficiência da fermentação.

Além disso, as cultivares (híbridos e variedades) de sorgo sacarino são de porte alto, de 3 a 5 m de altura, e o excesso de grãos produzidos no ápice da planta pelos híbridos torna-os mais susceptíveis ao acamamento e/ou quebramento, causando grandes perdas na colheita e redução na qualidade da matéria-prima.

Outra característica muito importante é o período de utilização industrial (PUI), que deve ser o maior possível, para dar maior 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. Foi observado PUI mínimo das variedades de 30 dias e dos híbridos, menor que 15 dias, tornando a adoção de híbridos muito vulnerável neste momento.

As variedades também se mostraram superiores nos parâmetros de qualidade do caldo com maiores teores de açúcares associados a alta pureza.

Os híbridos de sorgo sacarino mostrados apresentam características de sorgo forrageiro, ou seja, as linhagens parentais são originárias de programas de melhoramento de sorgo forrageiro, que apresentam diferentes caracteres de interesse para produção de etanol, como priorizar alta produtividade de grãos e folhas em detrimento de colmos para conferir maior qualidade na silagem, o que é indesejável para o sorgo sacarino.

Na safra 2010/2011, foram realizados plantios em grandes escalas com híbridos de sorgo sacarino em algumas usinas situadas no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, obtendo-se rendimentos em torno de 1.000 l ha⁻¹. Estes resultados estão muito aquém do potencial da cultura, devido a falta de adaptação dos híbridos e inexistência de sistema de produção definido para produção de etanol nas condições de entressafra da cana-de-açúcar. Como a maioria dos programas de melhoramento de sorgo sacarino é recente, estes resultados mostraram a necessidade no desenvolvimento de populações segregantes sacarinas, de

alto valor agregado, para selecionar intensamente para maior produtividade de colmos, alto teor de açúcares e PUI longo, visando o desenvolvimento de linhagens sacarinas para confecção de híbridos de sorgo sacarino específico para a produção de etanol.

Um gargalo apresentado pelas variedades de sorgo sacarino é a dificuldade na produção de sementes, uma vez que elas são de porte alto, 3 a 5 m de altura, e as sementes são produzidas no ápice das plantas, nas panículas, o que dificulta o processo de colheita mecanizada. Este problema pode ser amenizado com plantios para produção de sementes nas épocas do ano com comprimento de dia menor do que 12 h e 20 min, condição que tende a influenciar variedades de sorgo sacarino a florescer mais cedo e, assim, reduzir seu porte, possibilitando uma colheita mecanizada. Além disso, pesquisas recentes estão sendo feitas com redutores de crescimento e os resultados preliminares são bastante promissores, com redução de até 25% no porte das plantas, permitindo colheita mecanizada.

Além destes caracteres, é utilizado como critério de seleção a resistência às principais doenças (Antracnose, helmintosporiose, ferrugem, cercosporiose e míldio) e pragas (lagarta-do-cartucho e broca-da-cana). Neste contexto, atenção especial tem sido dada à broca-da-cana (*Diatraea spp.*), visando a seleção de cultivares com maiores níveis de resistência.

10.2. GT2 – Sistemas de Produção de Sorgo Sacarino:

Aspectos bióticos, abióticos e arranjos produtivos (*)

Secretário-Relator: *André May*, Embrapa Milho e Sorgo

Membros: (Mediadores) Fredson Ferreira Chaves, Marco Aurélio Noce, Diego de Oliveira Carvalho, Sílvio Torres Pessoa, José Heitor Vasconcelos, Paulo Ribas.

(*) **Sistemas de Produção de Sorgo Sacarino** - documento aglutinador das informações geradas em dois grupos de discussão, com a participação de 41 pessoas.

O sorgo sacarino é a planta que mais se adapta ao setor sucroalcooleiro, principalmente quando cultivado no verão, visando fornecer matéria-prima de qualidade para abastecer o mercado na entressafra de cana, de forma a reduzir a instabilidade do mercado de etanol no Brasil, por ser uma planta de ciclo curto (110 a 120 dias), propagada por sementes, totalmente mecanizável e possível de ser processada com a mesma tecnologia industrial desenvolvida para a cana-de-açúcar.

Na safra 2010/2011, as produtividades obtidas em ambientes produtivos intensivos não foram elevadas, mas espera-se nessa safra concorrente atingir valores médios superiores a 40 t ha⁻¹, contudo, ainda é preciso melhorar o manejo da lavoura, aprendendo com os erros cometidos, de forma a atingir valores superiores a 50 t ha⁻¹, gerando valores superiores a 2.000 l ha⁻¹ de etanol, tornando a cultura economicamente viável.

Assim, para tentar reunir demandas de pesquisa para a cultura, algumas questões foram formuladas, sendo retratadas abaixo:

1) Quais os principais entraves encontrados na cultura do sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais?

Grande parte dos desafios identificados para a pesquisa em sistemas de produção de sorgo sacarino é decorrente dos problemas pertinentes às áreas de produção intensiva de cana-de-açúcar, sendo eles: alta infestação de broca (*Diatraea saccharalis*), manejo do solo e da fertilidade (solos exauridos após 5- 6 cortes, compactados, ácidos e com baixa fertilidade), manejo de plantas daninhas (alto índice de infestação de corda-de-violão, monocotiledôneas e problemas potenciais decorrentes do efeito residual de herbicidas utilizados na soqueira de cana do ano anterior, que podem ser bastante prejudiciais ao desenvolvimento do sorgo sacarino).

A entrada de sorgo sacarino nas moendas em março/abril pode significar uma redução na necessidade de matéria-prima vinda

da cana-de-açúcar em uma época que a qualidade dos canaviais ainda é baixa (quantidade baixa de açúcares redutores no colmo). Para tanto, o semeio do sorgo deve ocorrer preferencialmente em novembro do ano anterior, já que o ponto de colheita (grão farináceo) ocorre 110-120 dias após o semeio, para as atuais cultivares disponíveis no mercado. Contudo, essa é uma época de alta pluviometria, principalmente nas zonas produtoras de cana-de-açúcar (Centro-Oeste e Sudeste do Brasil), o que pode atrasar a operação de semeio, de forma mais acentuada em solos argilosos, conduzidos sob cultivo convencional.

Um dos grandes entraves para o estabelecimento da cultura do sorgo sacarino em áreas de cana é a falta de tradição do corpo gerencial das usinas produtoras de etanol no cultivo de grãos, associada à falta de maquinários específicos para o cultivo do sorgo no parque normalmente encontrado em usinas de grande porte (ex. semeadoras pneumáticas), além disso, como as duas espécies cultivadas em sucessão (cana-de-açúcar vs. sorgo sacarino) são gramíneas, os problemas podem ser ainda mais graves, pois as pragas e algumas doenças atingem as duas culturas concomitantemente.

Outros modelos de negócios preveem o semeio do sorgo sacarino em áreas de produção de grãos, principalmente após a soja, em safrinha no sudoeste goiano (a exemplo de Jataí - GO), com semeio em fevereiro, visando complementar o fornecimento de matéria-prima para as usinas nessas áreas de expansão ao cultivo de cana-de-açúcar. Além disso, também é possível o cultivo de sorgo sacarino para a recuperação de pastagens degradadas, em áreas próximas a destilarias, com semeio em novembro consorciado com *Brachiaria brizantha*, em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP).

2) Quais são os entraves para a sistematização de semeio do sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais?

Em áreas de reforma de canaviais, onde se pretende cultivar

sorgo sacarino após a colheita da cana, recomenda-se o preparo convencional da área com dessecação da soqueira (pelo menos 40 dias antes do semeio do sorgo), com calagem, gessagem, subsolagem, arações e gradagens antes do semeio do sorgo sacarino. Contudo, em muitas situações, todas essas práticas agrícolas não são operacionalmente possíveis, devido ao tempo escasso e cronograma de plantio da cana-de-açúcar, concomitante ao sorgo sacarino. Sendo assim, é possível a destruição da soqueira da cana-de-açúcar com dessecantes e posterior semeio do sorgo sacarino em sequência, desde que seja realizado um bioteste (semeio antecipado do sorgo sacarino em pontos estratégicos) na área para avaliar o efeito de herbicidas residuais sobre o sorgo sacarino. Contudo, é necessária uma adequada fertilização de base no momento do semeio do sorgo, para garantir um bom desenvolvimento da cultura.

Muitas usinas se interessam em semear o sorgo sacarino em plantio direto em áreas de soqueira de cana, contudo, além do efeito residual dos herbicidas utilizados na cultura anterior ao sorgo, existe um grande problema de compactação dos solos nessas áreas, após anos de exploração com maquinário pesado. Esse entrave poderia ser solucionado em uma subsolagem seguida de gradagem leve antes do semeio do sorgo, contudo, essa operação pode atrasar o semeio do sorgo e encarecer os custos produtivos da área, já que será necessário um novo preparo do solo após a colheita do sorgo sacarino, para transplantio da cana-de-açúcar em sucessão.

Uma das soluções plausíveis para minimizar a necessidade de maquinários específicos para o cultivo do sorgo sacarino em usinas produtoras de etanol seria o aluguel de máquinas (rendimento operacional de semeio em torno de 25 a 30 ha/dia ou cerca de 3,6 ha/dia por carrinho de semeio) e implementos ou a terceirização do semeio e/ou manutenção da lavoura, pois, normalmente em zonas produtoras de cana, existem produtores tradicionais no cultivo de soja, amendoim e milho.

Em áreas tradicionais de cultivo de cana-de-açúcar, durante o

período de entressafra, normalmente é feita a semeadura de soja, amendoim ou feijão, em áreas de reforma de canaviais, durante o mês de novembro. Sendo assim, o sorgo sacarino pode enfrentar concorrência pelo interesse de cultivo dessas outras espécies economicamente rentáveis e com alta fluidez. Arelado à esse fato, deve-se considerar que essas culturas são leguminosas, potencialmente importantes no processo de sucessão de culturas com a cana.

Além das dificuldades de semeio do sorgo sacarino, devido às chuvas correntes do mês de novembro, a colheita em março também pode ser dificultada pelo mesmo fenômeno natural, já que esse mês é caracterizado por grandes volumes de precipitações. Como a colheita do sorgo sacarino é realizada com os mesmos equipamentos utilizados para a cana, em uma época de chuvas intensas, o resultado do movimento de veículos pesados em solo úmido pode ser a compactação do solo, gerando a necessidade de novo preparo, com subsolagem, aração e gradagem, antes do transplântio da cana.

Outro aspecto que deve ser considerado para a escolha da época de semeio do sorgo sacarino é o momento de início de moagem da usina, considerando um ciclo de 110 dias e um período útil de industrialização de 30 dias. Assim, com base nesses dados, é possível escalonar o semeio do sorgo sacarino, visando ter matéria-prima disponível para moagem durante o período de entressafra de cana, conforme o planejamento de cada grupo produtor de etanol.

3) Quais são os problemas advindos da presença de grãos em plantas de sorgo sacarino?

Algumas cultivares de sorgo sacarino, hoje existentes no mercado, tem elevada produção de grãos em suas panículas, capaz de provocar acamamento de plantas durante a estação chuvosa, devido aos ventos fortes comuns à estação. Além disso, em muitas situações, devido à desuniformidade das lavouras comumente encontradas, as colhedoras de cana em áreas de produção de

sorgo sacarino não conseguem separar adequadamente as panículas, normalmente cortadas e lançadas ao solo, após a colheita da biomassa fresca. Essa massa de grãos dentro da usina pode ocasionar problemas graves na qualidade do caldo, devido à alta presença de amido, reduzindo o rendimento de etanol produzido.

Embora de interesse limitado em zonas produtoras de grãos, é possível adaptar alguma estrutura de corte e coleta das panículas do sorgo sacarino no momento da passagem da colhedora, visando utilizá-los para alimentação animal. Contudo, essa operação necessita investimentos na colhedora e, provavelmente, o interesse do empresariado do setor será restrito.

4) Quais são os entraves concernentes ao manejo da fertilidade do solo em sorgo sacarino?

Em razão da elevada produção de biomassa por área cultivada, que é retirada em quase a sua totalidade na operação de colheita (exceto folhas na taxa de 15% da biomassa total produzida), o sorgo sacarino é extremamente exigente em fertilizações, principalmente nitrogenada e potássica, com o agravante do empobrecimento dos solos em potássio após anos de exploração de cana-de-açúcar, igualmente exigente. Para tanto, em virtude da falta de pesquisas sobre manejo da fertilização do sorgo sacarino, tem-se recomendado o uso de tabelas de adubação da cultura do sorgo forrageiro, bastante similar em suas características produtivas. Além disso, recomenda-se a correção do solo com calcário para atingir V% em torno de 50 a 60%, pelo menos 1 mês antes do semeio do sorgo. Faz-se também necessária a aplicação de micronutrientes, principalmente B e Zn, juntamente com o fertilizante de plantio, através de FTE.

A adubação de cobertura deve ser feita quando as plantas atingirem 3 a 4 folhas definitivas, devendo aumentar a dose do fertilizante nitrogenado em cerca de 30% quando o semeio for realizado em

sistema de plantio direto sobre a palhada de cana dessecada.

5) O sorgo sacarino tem efeito supressor ao desenvolvimento de *Pratylenchus* em áreas de cana-de-açúcar?

Alguns relatos noticiam que o sorgo sacarino pode ter um efeito supressor ao desenvolvimento de nematoides que acometem a cana-de-açúcar (*Pratylenchus*), contudo, as pesquisas ainda devem comprovar esse efeito benéfico da sucessão de culturas.

6) Quais são as principais praga do sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais?

A principal praga do sorgo sacarino é a broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), contudo o uso de agentes de controle biológico pode minimizar o problema, desde que feito prematuramente. O grande entrave nesse segmento é que a cultura da cana-de-açúcar tem desenvolvimento mais lento que o sorgo e o momento de soltura dos agentes é diferente. Dessa forma, recomenda-se para o sorgo sacarino um manejo muito mais intensivo e logo após o semeio da lavoura, pois a broca-da-cana-de-açúcar pode chegar a níveis de infestação extremamente elevados, atingindo cerca de cinco indivíduos por planta.

O uso de armadilhas com fêmeas virgens (mariposas da broca-da-cana-de-açúcar) pode identificar o momento de liberação dos agentes de controle biológico. O mesmo vale para o controle de *Spodoptera* na área, mas as armadilhas podem conter pastilhas com feromônio para atrair os adultos, operacionalmente mais práticas.

Em algumas situações, quando o nível de infestação registrada no histórico da área é alto, recomenda-se o uso de inseticidas seletivos para a broca-da-cana e *Spodoptera*, comumente registrados para a cultura do sorgo sacarino.

Além disso, é comum o aparecimento de pulgões, capazes de

transmitir o mosaico da cana-de-açúcar, considerado um problema bastante grave em áreas de reforma de canaviais.

Para o controle de pragas iniciais (lagarta-elasma e *Spodoptera*) faz-se necessário o tratamento das sementes do sorgo sacarino com fungicidas apropriados e recomendados para esse controle inicial (ex. CropStar). Nota-se, também, em áreas de reforma de canaviais, a presença de *Migdolus*, que pode prejudicar o desenvolvimento do sorgo em sucessão.

7) Quais são as principais doenças do sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais?

As doenças também são ponto-chave para a cultura, mas, normalmente, a infestação por patógenos (Antracnose, Helmintosporiose e Cercosporiose) ocorre mais tardiamente, quando não é possível mais a entrada de tratores na área, devido à altura elevada das plantas de sorgo. Portanto, a aplicação de fungicidas preventivos deve ser feita de forma aérea.

Um problema identificado nos primeiros plantios de sorgo sacarino realizados entre os anos de 2009 a 2011 é decorrente da alta infestação de *Diatraea saccharilis*: a colonização de Fusariose nas galerias abertas pela praga, resultando em uma coloração avermelhada do caldo e do bagaço, após moagem, em razão da deposição de antocianina nos tecidos do colmo, em virtude do ataque das larvas do inseto.

8) Quais são os entraves para o manejo de plantas daninhas em sorgo sacarino?

Atualmente, não há muitos herbicidas recomendados para a cultura do sorgo sacarino, com exceção de produtos à base de Atrazine. Dessa forma, o manejo de plantas daninhas em áreas de reforma de canaviais, altamente infestadas com monocotiledôneas, pode ser bastante dificultado, ainda mais em épocas chuvosas, que podem impedir a entrada de máquinas e implementos para controle

mecânico dessas plantas espontâneas.

9) Qual é o arranjo de plantas mais utilizado, até o momento, em usinas de grande porte?

Com relação à população de plantas e espaçamento mais adequado para o cultivo de sorgo sacarino, ainda muitas pesquisas são necessárias para determinar o arranjo espacial mais adequado para cada situação de cultivo. Atualmente, em virtude do uso de colhedoras de cana utilizadas para a colheita do sorgo sacarino, em usinas de grande porte, o espaçamento acaba sendo limitado, uma vez que é necessário obedecer à bitola entre as esteiras da máquina e a distância entre os molinetes de alimentação frontal. Dessa forma, o cultivo em linhas duplas é os mais utilizados (1,00 x 0,65 m ou 1,00 x 0,50 m), contudo, dependendo das dimensões da colhedora, é possível o uso de espaçamentos simples (0,5 a 0,70 m entrelinhas), mais indicados por resultar em um sombreamento mais rápido do solo, possibilitando um controle mais efetivo das plantas daninhas infestantes. A população de plantas atualmente mais recomendada é de 100.000 a 110.000 plantas ha⁻¹. Estudos realizados na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas/MG, demonstram que a elevação no número de plantas por hectare não influencia na produtividade de biomassa total produzida, contudo, a produção de massa fresca é influenciada pelo espaçamento entrelinhas, sendo elevada quanto menor são os espaçamentos utilizados. É importante salientar que a redução no espaçamento entrelinhas reduz o diâmetro do colmo das plantas, o que pode ocasionar altas perdas na colheita (risco de perda de toletes na exaustão da máquina), pois as colhedoras utilizadas foram desenvolvidas para a colheita de colmos de cana, mais pesados e com diâmetro maior.

10.3. GT3 – Pós-Colheita e Tecnologia Industrial

Secretário-Relator: *Frederico O. M. Durães*, Embrapa Milho e Sorgo

Membros: Carlos Eduardo Vaz Rossell, CTBE; CNPEM-Bioetanol; Dinailson Corrêa de Campos, Fermentec; Frederico O. M. Durães, Embrapa Milho e Sorgo; Gislaine Fernandes, IFTM; Manoel Teixeira Souza Jr., Embrapa Agroenergia; Maria Cristina Dias Paes, Embrapa Milho e Sorgo; Pelerson F Schiavuzzo, Monsanto/Canavialis; Regina Ferreira Couto, Projeto Gaia; Vicente Manera Neto, Bunge.

Background (*): A lavoura canavieira requer eficiência em preparo do solo, plantio, tratos culturais da planta da cana-de-açúcar, soca, colheita (manual ou mecanizada), carregamento e transporte. Matérias-primas sacarídeas, a exemplo da planta de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) produzem e acumulam açúcares no colmo. Do ponto de vista agrônomo e industrial a cultura do sorgo sacarino apresenta grande potencial como espécie alternativa complementar à cana-de-açúcar para a produção de etanol e biomassa. Na entressafra da cana-de-açúcar e em áreas de reforma de canaviais, o sorgo sacarino possibilita a alocação de recursos disponíveis para maximização do uso da terra e das facilidades agrícolas e industriais do setor sucroalcooleiro e energético. A qualidade tecnológica do sorgo sacarino e a aplicação do conhecimento sobre as rotas tecnológicas e processos industriais para a produção de etanol permitem a utilização dos açúcares do colmo, bagaço e grãos como matérias-primas para a produção de etanol, em gerações tecnológicas avançadas (fermentação simples ou processos de hidrólise de biomassa). 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. Trata-se de uma espécie de ciclo rápido (quatro meses), cultura 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) ou forragem para animais, contribuindo para um favorável balanço energético. Adicionalmente, o sorgo sacarino produz grãos (2 a 5

t ha⁻¹), que apresentam características nutricionais similares às do milho, podendo ser utilizados na alimentação humana ou animal. Dados técnicos demonstram possibilidades de produção de etanol de sorgo sacarino durante a entressafra da cana-de-açúcar. Plantios realizados no início do período chuvoso (out./nov.) tornam possível a antecipação de 2 a 3 meses do período de moagem das usinas, com colheitas a partir de fevereiro e março, aumentando, assim, o período de operacionalidade das destilarias, que varia de 3 a 5 meses, com impactos positivos na geração de renda.

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a indústria sucroalcooleira brasileira. Colheita, carregamento, transporte, pesagem, pagamento da cana pela qualidade, descarregamento e lavagem são operações determinantes para um bom desempenho industrial. Estas etapas devem ser realizadas em sincronia com as operações industriais para que não ocorra sobreabastecimento, o que demanda armazenamento, com conseqüente queda na qualidade ou falta de cana para a moagem, ocasionando atrasos na produção.

Na indústria, a cana-de-açúcar pode ter dois destinos: produção de açúcar ou de álcool. Para a produção de açúcar, as etapas industriais são: lavagem da cana-de-açúcar, preparar para moagem ou difusão; extração do caldo (moagem ou difusão); purificação do caldo (peneiragem e clarificação); evaporação do caldo; cozimento; cristalização da sacarose; centrifugação (separação entre cristais e massa cozida); e secagem e estocagem do açúcar. Para a produção de álcool, envolve as seguintes etapas: lavagem da cana; preparo para moagem ou difusão; extração do caldo (moagem ou difusão); tratamento do caldo para produção de álcool; fermentação do caldo; destilação do vinho; retificação; desidratação (álcool anidro ou hidratado).

A extração do caldo da cana consiste no processo físico de separação da fibra (bagaço), sendo feito, fundamentalmente, por meio de dois processos: moagem ou difusão. Na extração por moagem, a separação é feita por pressão mecânica dos rolos

da moenda sobre o colchão de cana desfibrada. Na difusão, a separação é feita pela lavagem da sacarose absorvida ao colchão de cana. Na extração do caldo por moendas, a cana-de-açúcar intensamente picada e desfibrada chega às moendas por meio de um alimentador vertical (o *Chutt-Donelly*). Cada conjunto de rolos de moenda, montados numa estrutura denominada castelo, constitui um terno de moenda. O número de ternos utilizados no processo de moagem varia de quatro a seis, e cada um deles é formado por três cilindros principais, denominados cilindro de entrada, superior e de saída. Normalmente, as moendas contam com um quarto rolo, denominado rolo de pressão, que melhora a eficiência de alimentação. A carga que atua na camada de bagaço é transmitida por um sistema hidráulico que atua no rolo superior. Com o aumento da capacidade de moagem advindo do preparo da cana, é necessária a instalação do rolo de pressão, cuja finalidade é manter constante o fluxo de alimentação da moenda. A cana desfibrada chega à primeira moenda, onde recebe a primeira compressão entre o cilindro anterior e superior e uma segunda compressão entre o cilindro posterior e o superior. Tem-se, pois, um caldo conhecido como primário. O bagaço resultante segue pela esteira intermediária para o segundo terno de moagem, recebendo novamente duas pressões, como mencionado anteriormente. Os esmagamentos se sucedem para os ternos seguintes. O bagaço final sai com umidade em torno de 50% e segue para as caldeiras onde se produz vapor, que será consumido em todo o processamento e no acionamento das próprias moendas. Durante a passagem do bagaço de uma moenda para outra, realiza-se a embebição (adição de água ou caldo diluído), com a finalidade de se aumentar a extração de sacarose. Os três cilindros que compõem a moenda são posicionados de forma triangular. Os cilindros inferiores trabalham rigidamente em suas posições, enquanto o superior trabalha sob o controle de uma pressão. As moendas são acionadas por turbinas a vapor. A eficiência de um terno de moenda pode ser medida por dois parâmetros: capacidade (a quantidade de cana moída por unidade de tempo) e eficiência de extração (refere-se à quantidade de sacarose extraída da cana pelas moendas). Alguns fatores que afetam a capacidade de moagem são preparo da cana; eficiência de

alimentação da moenda; tamanho e tipo dos cilindros da moenda; regulação da bagaceira. A extração do caldo por difusão consiste na condução da cana em aparelhos conhecidos como difusores, a fim de que a sacarose adsorvida ao material fibroso seja diluída e removida por lixiviação ou lavagem num processo de contracorrente. Visando reduzir a quantidade de água necessária, é feita uma operação de retorno do caldo diluído extraído. Assim, ao final da operação, quando o bagaço se apresenta exaurido ao máximo, faz-se a lavagem com água fresca. O líquido obtido dessa lavagem, contendo alguma sacarose que se conseguiu extrair do bagaço, é usado na lavagem anterior por ser um pouco mais rico e assim sucessivamente. Esse retorno pode ser efetuado de 5 a 20 vezes, dependendo do grau de esgotamento desejado. Com a utilização de difusores obtém-se eficiência de extração da ordem de 98%, contra os 96% conseguidos com a extração por moendas. Os tipos de difusores utilizados são oblíquos (DDS); difusores horizontais (mais utilizados no Brasil); e circulares. Algumas vantagens do uso de difusores estão relacionadas a baixo custo de manutenção; baixo consumo de energia; obtenção de caldos mais puros; alta extração de sacarose; menor desgaste. A desvantagem do uso de difusores é que estes carregam mais impurezas com o bagaço para as caldeiras, exigindo maior limpeza delas devido à pior qualidade do bagaço.

O processo de fermentação ou destilação do caldo exige cuidados mínimos que garantam a qualidade do processo e evitem problemas na centrifugação do vinho ou na destilação. O tratamento do caldo tem os objetivos de eliminação de impurezas grosseiras (bagacilho, areia), que aumentam o desgaste dos equipamentos e as incrustações, além de diminuir a capacidade de produção e dificultarem a recuperação do fermento; máxima eliminação de partículas coloidais, responsáveis pela maior formação de espuma e também por dificultarem a recuperação do fermento; preservação de nutrientes, vitaminas, açúcares, fosfatos, sais minerais e aminoácidos livres, necessários ao metabolismo das leveduras; minimização de contaminantes microbianos, os quais competem com as leveduras pelo substrato e podem produzir metabólicos

tóxicos a estas, diminuindo a eficiência e a viabilidade do fermento.

Especificamente para açúcar, após passar pelas etapas de extração e tratamento do caldo, inicia-se o processo de fabricação de açúcar, por meio da concentração do caldo por evaporação da água em processo de múltiplo efeito. O xarope resultante é bombeado para os tachos de cozimento para a cristalização do açúcar. O cozimento é feito em duas etapas, sendo que na primeira ainda ocorre a evaporação da água do xarope para a cristalização da sacarose. O produto resultante desse cozimento é uma mistura de cristais de sacarose com o licor-mãe (mel). Na segunda etapa, ocorre o processo de nucleação, em que são produzidos pequenos cristais de tamanho uniforme. A separação dos cristais de sacarose do mel é feita por meio de centrifugação, na qual são obtidos dois produtos: o açúcar e o melaço. O melaço é enviado para a fabricação de álcool, enquanto o açúcar é destinado ao secador para a retirada da umidade contida nos cristais. Após a secagem, o açúcar é levado ao silo para ser ensacado e estocado.

(*) *Extraído de diversas fontes:*

Embrapa - Agroenergia em Revista – Ano II, No. 3, Agosto 2011
(www.cnpae.embrapa.br);

Agência de Informação Embrapa – Cana-de-Açúcar –
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_3_711200516715.html);

Palestras técnicas Seminário Temático Sorgo Sacarino – Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 20 e 21/Set/2011
(www.cnpms.embrapa.br).

Questões – Pós-colheita e Tecnologia Industrial (Grupo de Trabalho 3):

1. Sabendo que a produção de cana de SP é destinada à produção de açúcar, qual será de fato o interesse de cultivo de

sorgo sacarino nessas áreas, já que as cultivares atuais não possuem ampla aptidão para cristalização (baixo *pol* – maior teor de glicose e teor de amido relativamente alto)?

No curto e médio prazos, o cultivo do sorgo sacarino deve ser voltado para a produção de etanol, considerando a oportunidade da janela na safra da cana. O esforço em melhoramento de plantas, fitotecnia, etc. deve priorizar a geração e a adaptação do sistema produtivo para cultivares de sorgo sacarino destinado à produção de etanol. Entretanto, seria interessante observar, nos programas de melhoramento, incrementos no teor de sacarose e o aumento de pureza do caldo. Isso porque o aumento do teor de sacarose favorecia tanto o processo de obtenção do etanol, como do açúcar, entretanto, para o açúcar, a pureza seria imprescindível.

Seria interessante uma linha de pesquisa para desenvolver cultivares de sorgo sacarino para a produção de açúcar cristal? Sim, pensando a longo prazo. O aumento de sacarose e o aumento da pureza (redução de monossacarídeos, ácido aconítico, amido) poderia favorecer o desenvolvimento de sorgo sacarino a ser destinado para produção de açúcar cristal, condicionada à produção simultânea de etanol.

O teor mínimo desejável de açúcares totais na matriz para a usina sucroalcooleira é de 12%.

2. Sabendo que há maior potencial de contaminação dos toletes de sorgo sacarino do que na cana (maior teor de glicose, o que facilitaria a contaminação bacteriana), resultando em menor tempo de pátio, quais são as estratégias que devem ser tomadas para que a matéria-prima colhida chegue em boas condições na moenda e para evitar a contaminação bacteriana durante a fermentação?

Nas usinas, o tempo máximo recomendado de espera (do campo ao início do processo industrial) para a cana crua é de 2 horas. No caso do sorgo sacarino, cujos teores de glicose/frutose seriam

superiores aos da cana, esse tempo supostamente não seria crítico para a contaminação. Contudo, como na época de colheita sugerida para esse produto (março/abril), tanto a temperatura quanto a umidade relativa estariam supostamente elevadas, comparadas às da safra da cana, avaliações ainda são necessárias para determinar o tempo desejável de logística para o sorgo sacarino, desde a colheita até o processamento industrial, visando prevenir o aumento da ocorrência de contaminação bacteriana nas condições supracitadas.

3. Devem ser previstas mudanças na indústria para a moagem de sorgo sacarino?

Apenas alguns ajustes e reformulações:

. **Preparo** – Avaliar o preparo da matriz (picador e desfibrador), pois experiências anteriores permitiram observar algumas dificuldades nessa etapa utilizando o sorgo sacarino atualmente disponível para produção de etanol.

(Observação: maior impacto do preparo do que a modificação da moagem em si).

. **% Embebição** – Quanto maior o teor de fibras na matéria-prima, maior o conteúdo de água necessária para o processo de extração. Isso implica na necessidade de secagem superior (terno desaguador), conseqüentemente, maior gasto de energia. Esse índice necessita ser determinado para os sorgos já disponíveis.

. **Filtragem do caldo** – A indústria possivelmente necessitará ajustar o processo de tratamento do caldo (uso de filtros ou peneiras) devido à possibilidade de maior teor de bagacilho durante processamento do sorgo sacarino. O teor desejável de impurezas máximo no mosto = 0,2% (minerais e fibras no caldo-bagacilho) a ser destinado a fermentação.

. **Adição de Ca (OH)_2** – Maior adição para neutralização de caldo

com pH inferior (no caso de ácido aconítico).

. Teor de amido e compostos fenólicos dos grãos do sorgo –

Necessidade de ajuste do processo industrial para redução desses compostos presentes na panícula, se os ajustes da colheita e/ou a estrutura da planta para eliminação da panícula não forem efetivos para evitar esses componentes indesejáveis.

. Sacarificação – Incorporação da sacarificação enzimática para eliminação do amido do caule (ainda necessita ser avaliada).

4. Sabendo-se que as panículas granadas do sorgo sacarino são ricas em amido e que a colhedora de cana não é capaz de retirar totalmente a massa de grãos da massa de colmos no momento da colheita, quais são as estratégias para lidar com o alto teor de amido na massa de caldo de sorgo sacarino? A presença de amido na massa de caldo pode influenciar o processo fermentativo e de destilação?

Não seria crítico. Apenas poderia influenciar a viscosidade do vinho, podendo dificultar a concentração na centrífuga. Necessita ainda de avaliação para determinar a eficiência e a viabilidade de tratamento do caldo.

5. Quais as características mais importantes, em termos de industrialização, que deveriam ser otimizadas pelo programa de melhoramento do sorgo sacarino (p. ex. aumento do Brix, aumento/diminuição do *pol*, aumento/diminuição do teor de lignina no bagaço)?

. Ausência de panículas e menor quantidade de folhas - há necessidade de ajuste na colheita, o que o melhoramento de plantas poderia solucionar através da geração de cultivares de sorgo sacarino com reduzida panícula;

. Teor de lignina – é importante separar o foco de produção de etanol e cogeração. O equilíbrio para o teor de lignina deve

ser alcançado para favorecer a extração e não influenciar demasiadamente o processo de queima;

. Redução do teor de ácido aconítico para elevação do pH do caldo e melhora na clarificação do processo fermentativo (merece avaliação);

. Aumento do teor de sacarose.

6. Quais os parâmetros mínimos para estabelecimento do PUI?

Depende da eficiência da usina.

Possivelmente, 85 kg ART ton⁻¹ seria o ponto de equilíbrio, mas cálculos econômicos deveriam ser aplicados para definir esse número.

A produção de etanol pela fermentação de soluções de açúcares obtidos do sorgo sacarino varia amplamente entre anos em diferentes locais, fertilidade, umidade, data de plantio/colheita, e apresenta uma associação linear entre o número de dias sem frio.

A acumulação de açúcares nos colmos varia entre cultivares de sorgo sacarino.

GT3: Pós-colheita e Tecnologia Industrial

Glossário - termos técnicos (referências com cana-de-açúcar): diversas fontes

Composição da cana-de-açúcar: Média de 65% a 75% de água, mas seu principal componente é a sacarose, correspondendo de 70% a 91% de seus sólidos solúveis. A planta também contém glicose (de 2% a 4%), frutose (de 2% a 4%), sais minerais (3% a 5%), proteínas (0,5% a 0,6%), amido (0,001% a 0,05%), ceras e graxas (0,05% a 0,15%) e corantes (3% a 5%).

Ca(OH)₂, hidróxido de cálcio: Utilizado no processo de adição do leite de cal (Ca (OH)₂ ao caldo, elevando o seu pH a valores da ordem de 6,8 a 7,2. A calagem é realizada em tanques ou em linha, num processo contínuo, objetivando o controle do pH final. O leite de cal (hidróxido de cálcio) também é produzido na própria usina através da “queima” da cal virgem (CaO) em tanques apropriados (piscina de cal ou hidratador), segundo a reação: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{calor}$. Produzido, apresenta uma concentração de 3 - 6° “Baumé”, antes de ser adicionado ao caldo. Esta neutralização tem por objetivo a eliminação de corantes do caldo, a neutralização de ácidos orgânicos e a formação de sulfito e fosfato de cálcio, produtos estes que, ao sedimentarem, arrastam consigo impurezas presentes no líquido. O consumo da cal (CaO) varia de 500 a 1.000 g/TC, segundo o rigor do tratamento exigido.

Bagacilho: Fragmentos de cana ou bagaço formados durante a passagem da cana pelas moendas.

Pol cana: O *pol* expressa a quantidade de sacarose presente no caldo. É utilizado, principalmente, para determinar o estágio de maturação da cana e, assim, estabelecer-se a programação de corte. Se o Brix é o índice que baliza o desempenho industrial, o *pol* é o que dispara as ações de colheita. Os valores de *pol* variam de acordo com o estágio de maturação da cana, sendo, claro, maiores quando a variedade está totalmente madura. Como temos mais de 200 dias de colheita, obrigatoriamente temos que contar com um leque de variedades com diferentes épocas de maturação para que durante toda a safra tenhamos variedades com sua capacidade máxima de armazenar a sacarose.

Pol baixo indica menor teor de sacarose, ou seja, presença de açúcares redutores (glicose e frutose), dextrana, amido e cinzas.

Umidade: Dependendo da umidade relativa do ar pode haver transferência de água (a) do ar para a película de mel => o açúcar “mela”; (b) do mel para o ar => o açúcar “empedra”.

Cristalização: É o processo (natural ou artificial) da formação de cristais sólidos de uma solução uniforme, ou seja homogênea. Ela consiste de dois principais eventos, a nucleação e o crescimento dos cristais ou crescimento molecular. A nucleação é a etapa em que as moléculas do soluto dispersas no solvente começam a se juntar em clusters, em escala nanométrica. O crescimento do cristal é o subsequente crescimento do núcleo que atingiu o tamanho crítico do cluster. A nucleação e o crescimento continuam a ocorrer simultaneamente enquanto a supersaturação existir. A supersaturação é a força motriz da cristalização, portanto, a velocidade de nucleação e de crescimento é comandada pela existência de supersaturação na solução.

Sacarose: ($C_{12}H_{22}O_{11}$) também conhecida como açúcar de mesa, é um tipo de glicídio formado por uma molécula de glicose e uma de frutose produzida pela planta ao realizar o processo de fotossíntese. A sacarose, o açúcar comum comercial, é amplamente distribuída entre as plantas superiores. Encontra-se na cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e na beterraba (*Beta vulgaris*), sendo que o suco da primeira, a garapa, contém de 15 a 20% e o da segunda de 14 a 18% de sacarose. É doce e a sua fermentação por leveduras é muito utilizada comercialmente.

Sacarificação: Processo de hidrólise de um carboidrato complexo, como o amido ou a celulose, em monossacarídeos. A quebra da celulose através de celulasas em monômeros de glicose.

Xarope: Líquido resultante da evaporação parcial do caldo de cana clarificado de concentração cerca de 65 °Brix.

Açúcar: Sólido cristalino, orgânico, constituído basicamente por cristais de sacarose envolvidos, ou não, por película de mel de alta ou baixa pureza.

Brix: Porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose.

Pol: Porcentagem de sacarose contida numa solução açucarada.

Pureza: É a relação entre POL e BRIX, ou seja, $\text{Pureza (\%)} = (\text{POL} / \text{BRIX}) \times 100$.

Composição do caldo de cana-de-açúcar: (caldo misto = **sólidos solúveis + sólidos insolúveis + água**)

Sólidos solúveis (16%) = sacarose (14,0%), glicose (0,4%), frutose (0,3%), não açúcares (1,3%)

Sólidos insolúveis (0,2%) = areia (0,04%), bagacilho (0,16%)

Água (83,8%)

Pureza do caldo (Pza%): Este parâmetro mede a quantidade de açúcares contidos no caldo; quanto mais elevado for seu valor, implicará uma menor quantidade de impurezas do caldo e conseqüentemente o produto terá maior valor econômico. A pureza é calculada com a porcentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído, após a determinação dos valores de *pol* e °Brix.

O caldo extraído de cana-de-açúcar (caldo mesclado) tem por volta de 15 °Brix com uma pureza que flutua entre 80 e 87%. Portanto, 100 t de caldo devem conter 15 t de sólidos totais e entre 12 e 13% de *pol*. A quantidade de não açúcares (impurezas) em 100 t de caldo pode então variar entre 2 e 3 t.

Teor de Sólidos Solúveis (°Brix em %): Sólidos solúveis totais (°Brix em %); é a porcentagem, em gramas, de sólidos dissolvidos na água presente em um produto (cana-de-açúcar). A determinação do Brix é feita a partir do caldo extraído da cana-de-açúcar, efetuada em refratômetro digital, provido de correção automática de temperatura e ajuste de campo, com saída para impressora e/ou registro magnético, devendo o valor final ser expresso a 20 °C.

Teor de Sacarose (Pol do caldo em %): A determinação do teor de

sacarose é realizada após a clarificação do caldo com subacetato de chumbo (sal de Horne), utilizando-se para esta um aparelho denominado sacarímetro automático (ACATEC), modelo DAS 2500, com peso normal igual a 26 g, aferido a 20 °C, provido de tubo polarimétrico de fluxo contínuo e com saída para impressora e/ou registro magnético. Segundo Silva (2003), o funcionamento dos sacarímetros é baseado em princípios físicos, tomando como base as propriedades da luz e sua natureza ondulatória, determinando assim a concentração de açúcares opticamente ativos, do tipo sacarose.

Os principais fatores relacionados à qualidade da cana-de-açúcar são *pol* (sacarose aparente), pureza, ATR (Açúcares Redutores Totais) na cana, teor de açúcares redutores, percentagem de fibra e tempo de queima e corte: conceitos dos indicadores.

Pol: teor de sacarose aparente na cana. Para a indústria canavieira, quanto mais elevados os teores de sacarose, melhor.

Pureza: é determinada pela relação $Pol/Brix \times 100$. Quanto maior a pureza da cana, melhor a qualidade da matéria-prima para se recuperar açúcar. Todas as substâncias que apresentam atividade óptica podem interferir no *pol*, como açúcares redutores (glicose e frutose), polissacarídeos e algumas proteínas.

ATR (Açúcares Redutores Totais): indicador que representa a quantidade total de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose). O ATR é determinado pela relação $pol/0,95$, mais o teor de açúcares redutores. A concentração de açúcares na cana varia, em geral, dentro da faixa de 13 a 17,5%. Entretanto, é importante lembrar que canas muito ricas e com baixa percentagem de fibras estão mais sujeitas a danos físicos e ataque de pragas e microrganismos.

Os estudos mostram que nas primeiras 14 horas de deterioração da cana, 93% das perdas de sacarose foram devidas à ação de microrganismos, 5,7% por reações enzimáticas e 1,3% por reações químicas, resultantes da acidez.

Açúcares redutores: é a quantidade de glicose e de frutose presente na cana, que afeta diretamente a sua pureza, já que reflete em uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela fábrica.

Porcentagem da fibra da cana: reflete na eficiência da extração da moenda, ou seja, quanto mais alta a fibra da cana, menor será a eficiência de extração. Por outro lado, é necessário considerar que variedades de cana com baixos teores de fibra são mais susceptíveis a danos mecânicos ocasionados no corte e transporte, o que favorece a contaminação e as perdas na indústria. Quando a cana está com a fibra baixa ela também acama e quebra com o vento, o que a faz perder mais açúcar na água de lavagem.

Tempo de queima/corte: é o tempo entre a queima do canavial e a sua moagem na indústria (no caso da colheita manual) ou o tempo entre o corte mecanizado e a moagem. Quanto menor o tempo entre a queima/corte da cana e a moagem, menor será o efeito de atividades microbianas nos colmos que ocorrem, e melhor será a qualidade da matéria-prima entregue à indústria. Além de afetar a eficiência dos processos de produção de açúcar e álcool, o tempo de queima/corte também afeta a qualidade dos produtos finais e o desempenho dos processos.

Tabela 4. Indicadores da qualidade e valores recomendados para a cana-de-açúcar.

Indicadores	Valores recomendados
<i>Pol</i>	>14
Pureza (<i>pol</i> /Brix)	>85%
ATR (sacarose, glicose, frutose)	>15% maior possível
AR (glicose, frutose)	<0,8%
Fibra	11 a 13%
Tempo de queima/corte	< 35 horas para cana, com corte manual
Terra na cana (minerais)	<5 kg/t cana
Contaminação da cana	<5,0 x 105 bastonetes / ml no caldo
Teor de álcool no caldo da cana	<0,6% ou <0,4% Brix
Acidez sulfúrica	<0,80
Dextrana	<500 ppm / Brix
Amido da cana	<500 ppm / Brix
Broca-da-cana	<1,0%
Índice de Honig-Bogstra	>0,25
Palhiço na cana	<5,0%
Ácido aconítico	<1.500 ppm / Brix

Fonte: Ripoli e Ripoli (2004)

Suco Brix: Brix refere-se ao total de conteúdo sólidos presentes no suco expresso em porcentagem. Brix inclui açúcares e não açúcares. Brix pode ser medido no próprio campo no cultivo de cana usando um Refratômetro Manual. Esse é geralmente referido como “Refratômetro Manual Brix” ou “HR Brix”. No campo, usa-se um coletor de suco composto de amostras da várias canas. Então, coloca-se uma gota da amostra de suco no Refratômetro Manual e mede-se a leitura Brix. O campo circular torna-se escuro relativo ao nível Brix, o que pode ser facilmente lido. O medidor HR Brix tem graduações de 0 a 32%. As leituras do HR Brix podem ser feitas separadamente em cima e em baixo. Uma escala estreita

indica maturação da cana, enquanto uma diferença larga indica que a cana não está ainda madura o suficiente. Por outro lado, se a porção inferior da cana tiver um valor Brix inferior à superior, isto significa que a cana está madura demais e está ocorrendo uma reversão de açúcar.

Sacarose do suco ou porcentual de *pol*: A porcentagem de sacarose no suco é o açúcar da cana presente nele. Isto é determinado usando um polarímetro, assim, o porcentual de sacarose também é referido como porcentual *pol*. Por razões práticas, a % de *pol* e a % de sacarose são sinônimos. Hoje em dia, um instrumento chamado *sucrolyser* também está disponível para determinar a % de sacarose no suco.

Coefficiente de pureza: Refere-se à porcentagem de sacarose presente no total de conteúdo dos sólidos no suco. Uma pureza maior indica a presença de um conteúdo maior de sacarose do total de sólidos presentes no suco. A porcentagem de pureza junto à porcentagem de sacarose ajuda a determinar o tempo de maturação.

Porcentagem de pureza = (Sacarose %/HR Brix)100

Um cultivo de cana é considerado pronto para colheita se tiver um mínimo de 16% de sacarose e 85% de pureza

Redução de açúcares: A redução de açúcares significa a porcentagem de outros açúcares (frutose e glicose) no suco. Uma redução mais baixa no valor de açúcares indica que muito dos açúcares foram convertidos em sacarose.

Cana açúcar comercial: A cana açúcar comercial (CCS) refere-se ao total recuperável da porcentagem de açúcar na cana. Poderia ser calculada através da seguinte fórmula:

CCS (tons/ha) = [Produção (tons/ha) x Recuperação de açúcar (%)] /100

$$\text{Recuperação de açúcar (\%)} = [S - 0.4 (B - S)] \times 0.73$$

Onde, S= Sacarose % no suco e B= Brix Corrigido (%)

Tipos de caldo:

A) “caldo absoluto”: indica todo o caldo da cana, uma massa hipotética que pode ser obtida pela diferença: $(100 - \text{fibra \% cana}) = \text{caldo absoluto \% da cana-de-açúcar}$;

B) “caldo extraído”: refere-se à produção de caldo absoluto que foi extraído por meio mecânico;

C) “caldo clarificado”: caldo resultante do processo de clarificação, pronto para entrar nos evaporadores, o mesmo que “caldo decantado”;

D) “caldo misto”: caldo obtido nas moendas com embebição, sendo portanto formado pela parcela caldo extraído com água de embebição.

Fibra: Matéria seca insolúvel em água contida na cana, chamada “fibra industrial”, quando o valor refere-se à análise de matéria-prima e, portanto, inclui as impurezas ou matérias estranhas que provocam aumento dos sólidos insolúveis (palhas, ervas daninhas, ponteiro de cana, terra, etc.). Em colmos limpos, define-se a “fibra botânica”.

Brix: É a porcentagem pesos/peso dos sólidos em uma solução de sacarose, ou seja, o teor de sólidos na solução. Por consenso, admite-se o Brix como a porcentagem aparente de sólidos solúveis contida em uma solução açucarada impura (caldo extraído da cana). O Brix pode ser obtido por aerômetros, utilizando-se solução de sacarose a 20 °C, sendo denominado “Brix aerométrico”, ou por refratômetro, que são aparelhos eletrônicos que medem o índice de refração de soluções de açúcar sendo denominado “Brix refratométrico”.

Pol: O *pol* representa a porcentagem aparente de sacarose contida numa solução impura de açúcar, sendo determinado por métodos polarimétricos (polarímetros ou sacarímetros). O caldo de cana contém em sua composição basicamente três açúcares: sacarose, glicose e frutose. Os dois primeiros são dextro rotatórios ou dextrógiros, isto é, provocam desvio do plano da luz polarizada para a direita. A frutose é levógira por desviar este plano para a esquerda. Assim, quando se analisa o caldo de cana, obtém-se a leitura polarimétrica, representada pela soma algébrica dos desvios dos três açúcares. Para o caldo da cana madura, o teor de glicose e frutose é geralmente muito baixo, menor que 1% comparado ao teor de sacarose, maior que 14%. Isso faz com que o valor do *pol*, aproxime-se bastante do teor real da sacarose, sendo comumente aceito como tal. Para materiais com altos teores de glucose e frutose, como o melaço, o *pol* e o teor de sacarose diferem significativamente. A sacarose é um dissacarídeo ($C_{12}H_{22}O_{11}$) e constitui o principal parâmetro de qualidade da cana-de-açúcar. É o único açúcar diretamente cristalizável no processo de fabricação. Seu peso molecular é 342,3 g, com densidade de 1,588 g/cm³. A rotação específica da sacarose a 20 °C é de +66,53°.

Este açúcar hidrolisa-se estequiometricamente numa mistura equimolecular de glicose e frutose, quando na presença de certos ácidos e temperatura adequada, ou então pela ação da enzima denominada invertase. A inversão ácida ou enzimática pode ser representada por: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$

Dessa forma, 342 g de sacarose absorvem 18 g de água para produzir 360 g de açúcares invertidos (glicose + frutose - oriundos da inversão da sacarose).

Pode-se dizer que 100 g de sacarose irão produzir 105,263 g de açúcares invertidos, ou então 95 g de sacarose produzem 100 g de açúcares invertidos.

Uma vez que o *pol* % do caldo pode ser arbitrado como igual à sacarose % caldo, obtém-se: açúcares invertidos % caldo = (*pol* % caldo) / 0,95.

Açúcares Redutores: Esse termo é empregado para designar a glicose e a frutose por terem a propriedade de reduzir o óxido de cobre do estado cúprico a cuproso. Emprega-se o licor de Fehling, o qual é uma mistura em partes iguais de soluções de sulfato de cobre pentahidratado e tartarato duplo de sódio e potássio com hidróxido de sódio. Durante a maturação da cana de açúcar, à medida que o teor de sacarose se eleva, os açúcares redutores decrescem de quase 2% para menos de 0,5%. Os monossacarídeos são opticamente ativos, sendo a rotação específica da glicose a 20 °C de 52,70° e da frutose de 92,4°. Quando em proporções iguais, a rotação da mistura é de 39,70°. Por ser dextro giratória, a glicose é denominada dextrose, enquanto a frutose que é levógira, recebe a denominação de levulose. No caldo de cana foi demonstrado que a relação dextrose/levulose é normalmente maior que 1,0, decrescendo de 1,6 à 1,1 com o aumento do teor de sacarose nos colmos.

Açúcares Totais: Os açúcares totais, ou açúcares redutores totais, representam a somatória dos açúcares redutores e da sacarose invertida por hidrólise ácida ou enzimática pela invertase, determinados na solução açucarada por oxiredutimetria na relação peso/peso. Além da glicose, frutose e sacarose invertida, outras substâncias redutoras presentes no caldo de cana são incluídos na análise.

Pode-se calcular o teor de açúcares totais pela equação:

$$AT = \text{açúcares redutores} + \text{sacarose}/0,95$$

Para o caldo de cana madura, o teor de sacarose não difere significativamente do *pol*; neste caso, pode-se obter AT da seguinte forma:

$$AT = AR + Pol/0,95$$

O conhecimento do teor de açúcares totais é importante para a

avaliação da qualidade da matéria-prima destinada à produção de álcool etílico.

Pureza: A pureza do caldo expressa, normalmente, a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis, sendo denominada “pureza real”. Quando se utiliza *Pol* e Brix diz-se “pureza aparente” ou ainda “pureza aparente refratométrica”, quando o Brix for determinado por refratômetro.

10.4. GT4 – Agronegócio do Sorgo Sacarino no Brasil: Aspectos econômicos

Secretário-Relator: *Rubens Augusto de Miranda*, Embrapa Milho e Sorgo

Membros: Antonio Kaupert, Ceres Sementes do Brasil Ltda.; Felipe Prince, Agrosecurity Gestão de Agro-Ativos Ltda; Fernando Pimentel, Agrosecurity Gestão de Agro-Ativos Ltda; João Carlos Garcia, Embrapa Milho e Sorgo.

A produção de combustíveis oriundos de fontes renováveis tem crescido acentuadamente nos últimos anos para satisfazer a demanda mundial. Apesar de estes combustíveis já estarem sendo produzidos em larga escala, diversas pesquisas ainda estão sendo feitas para buscar novas matérias-primas e melhorar os sistemas de produção existentes. Dentre as alternativas disponíveis, o Brasil produz etanol a partir da cana-de-açúcar, mas recentemente o sorgo sacarino tem despontado como matéria-prima alternativa na produção desse combustível.

Em termos de viabilidade econômica do sorgo sacarino em contraposição com a cana-de-açúcar para utilização em grandes usinas, ainda há muito para ser feito. A produtividade agrícola e o rendimento industrial da cana-de-açúcar são grandes e há um domínio das tecnologias envolvidas, por isso, ainda é a melhor espécie para a produção de etanol. Para ser um concorrente direto da cana, são necessárias práticas culturais adequadas e cultivares

de sorgo que produzam uma maior quantidade de biomassa e um maior Brix do caldo, algo que vem sendo trabalhado pela Embrapa Milho e Sorgo. Entretanto, a cultura pode favorecer a produção de etanol e aguardente em microdestilarias, sendo que os pequenos produtores podem aproveitar os resíduos da produção para alimentação animal, pela melhor qualidade biológica do sorgo em comparação com a cana.

Atualmente, o que se discute para o sorgo sacarino é o seu cultivo no período da entressafra da cana-de-açúcar (também denominado de período de reforma, ou renovação, do canavial) que ocorre entre janeiro e março. Todos podem ganhar com o cultivo do sorgo nesse período, os consumidores com a diminuição dos preços do etanol na entressafra da cana e os produtores com a diminuição do período de ociosidade das usinas.

A área de renovação do canavial pode variar de forma acentuada de ano para ano. Em 2007, abrangeu quase 18% da área de plantio total e nos anos de 2009 e 2010 não passou de 8%. Essa variação decorre do fato de que a reforma do canavial é um investimento de alto valor e por isso o produtor pode optar por avançar no ciclo da cana-de-açúcar acima do 5º corte, apesar das sucessivas perdas de produtividade.

A área de renovação prevista para a safra 2011/12, segundo levantamento da Conab, será de 961.915,57 hectares, que corresponde a 11,5% da área total de plantio. Esse quase um milhão de hectares é o potencial de mercado do sorgo sacarino. Em termos monetários, uma produção de etanol na faixa de 3 mil litros por hectare plantado com sorgo sacarino e um preço de venda deste produto em torno de R\$ 1,2/litro movimentariam 3,5 bilhões de reais anualmente.

Os números justificam o interesse no sorgo sacarino, mas também surgem questionamentos sobre o gerenciamento do negócio a partir da utilização dessa matéria-prima. Seis questões foram apresentadas e discutidas no Grupo de Trabalho Agronegócio e

Economia do Sorgo Sacarino, com resultados apresentados a seguir.

1. Pagamento aos fornecedores: Caso a cultura do sorgo sacarino comece a ser cultivada em áreas de fornecedores, como deverá ser feito o pagamento da matéria-prima?

No que se refere à cana-de-açúcar, a compra de cana pelas usinas de São Paulo utiliza o sistema de pagamento da Consecana. Nesse sistema os fornecedores recebem de acordo com a quantidade de Açúcar Total Recuperável (ATR) e dos preços do açúcar e etanol vendidos pelas usinas nos mercados interno e externo da região de abrangência do Consecana.

Dado que o sorgo sacarino é rico em outros açúcares além da sacarose, açúcares simples que não cristalizam, o modelo da Consecana é inviável. Além disso, o modelo possui uma série de problemas que o tem deixado pouco atrativo até mesmo para a cana-de-açúcar. Dentre os quais vale mencionar: 1) o fornecedor não sabe exatamente quanto vai receber; 2) o modelo é deficiente do ponto de vista da gestão de risco, dificultando a estruturação de *hedge*; 3) não paga pela biomassa, que é um ativo de alto valor de mercado.

Assim, é preciso estruturar outro modelo de pagamento de fornecedores para o sorgo sacarino. Para o sorgo, assim como para a própria cana, um *supply agreement* com preço a fixar ou preço fixo pelo etanol produzido pode ser uma opção mais interessante do que o modelo da Consecana.

2. Expansão da cultura: sabendo que a cultura do sorgo sacarino ainda necessita muitos estudos e que o sistema de produção não é desenvolvido no Brasil, qual é o nível de tolerância dos administradores dos grupos produtores de etanol, caso a rentabilidade almejada não seja atingida?

É de entendimento do grupo que, nesse momento inicial, o

importante é buscar um melhor sistema de produção, com algum nível de tolerância. Erros e resultados aquém do esperado são frequentes ao se tratar da criação de um sistema de produção de uma nova cultura.

Nesse sentido é surpreendente o depoimento de representante da Usina São Martinho de que se os resultados, que ficaram abaixo do esperado, não melhorarem na próxima safra, eles podem considerar o abandono da cultura. Entretanto, as expectativas ainda são muito favoráveis, pois há um entendimento de que ocorreram grandes erros na primeira experiência e que eles podem ser corrigidos.

3. Como deve ser distribuído o preparo de solo em áreas de reforma de canavial: a cana em sequência ou o sorgo sacarino cultivado na entressafra?

O melhoramento genético das cultivares de sorgo sacarino é imprescindível para o sucesso da cultura, mas o problema imediato a ser resolvido é a estruturação do Sistema de Produção de Sorgo Sacarino. Somente com a definição do sistema de produção é que será possível fazer uma avaliação mais criteriosa do plantio do sorgo na renovação de canavial. Nesse sentido, o Seminário Temático foi de grande importância na troca de experiências. O que alguns produtores pensavam em fazer, outros já tinham feito.

4. Das culturas hoje utilizadas na sucessão em áreas de reforma de canaviais (amendoim, soja e sorgo sacarino), qual delas tem maior potencial de retorno econômico?

Tradicionalmente, na rotação com cana-de-açúcar utiliza-se a *Crotalaria juncea*, a soja ou o amendoim. Dentre as vantagens do plantio de culturas de ciclo curto, há os benefícios agronômicos, tais como conservação do solo, fertilização, controle de ervas daninhas e pragas. Frente a tais culturas, o sorgo sacarino possui a vantagem de se inserir no mesmo negócio da cana-de-açúcar, ou seja, também está inserido no sistema de produção do etanol. Assim, há o entendimento de que no momento o sorgo sacarino é

a cultura com maior potencial de retorno econômico, mesmo não considerando a utilização do bagaço para cogeração de energia.

5. Qual é a produtividade mínima a ser produzida para tornar viável a produção de sorgo sacarino?

A princípio, baseando-se nos 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 o melhoramento de cultivares, o sorgo tem 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. É justamente esse potencial do sorgo sacarino que fez surgir o grande interesse na cultura.

6. Em termos de agenda futura para o sorgo sacarino, quais pontos devem ser enfatizados?

É importante a valoração dos ativos intangíveis que surgirão daqui para frente, conforme o sorgo passar a fazer parte do sistema de produção do etanol, como os benefícios do sorgo no controle de pragas e alimentação animal.

Políticas públicas, ou mesmo pressão política, para o aumento da produção de etanol, que vem se tornando uma questão estratégica no Brasil e no mundo (como nos EUA, por exemplo).

Há necessidade de se determinar o mais rápido possível os coeficientes técnicos do sorgo sacarino para a realização de análises de viabilidade econômicas mais fidedignas.

11. Conclusões e perspectivas para o cultivo do sorgo sacarino no Brasil

Além de atender a uma forte e crescente demanda de mercado por informações sobre o sorgo sacarino, equipes de pesquisadores e técnicos da Embrapa, em parceria organizada, tem sistematizado dados e discussões sobre o tema, em três vertentes:

desenvolvimento de tecnologia agrônômica, industrial e em estudos transversais (ciclo de vida, balanços de massa e de energia, economia de água e de carbono, socioeconômica, etc.).

A sistematização e divulgação técnica consolidada dessas informações demonstram o acervo de conhecimento à disposição do mercado, bem como objetivam analisar e divulgar o esforço acumulado e atual que a Embrapa realiza, em seus laboratórios e campos experimentais. Aponta, ainda, em novas parcerias internas e externas, os procedimentos na busca de domínio tecnológico nas áreas de interesse para inserção do sorgo sacarino no rol de matérias-primas do setor sucroenergético do Brasil. Atualmente, novos modelos de transferência e negócios tecnológicos estão em andamento, na parceria público-privada, para cumprimento desta agenda.

Proposições finais e ações futuras:

- Demanda e fornecimento de etanol (demanda maior do que o potencial fornecimento).
- Viabilidade do sorgo sacarino (Pimentel Prince, Agrosecurity) – modelo, simulação 15 dias indica que o sorgo sacarino é viável (3000 a 3500 l ha⁻¹), sendo:
- 50 ton x 60 l t⁻¹, 60 ton x 60 l t⁻¹, 50 ton x 70 l t⁻¹
- Tecnologia agroindustrial (Carlos Rossell, CTBE) – tudo indica que a industrialização de sorgo sacarino é viável, somente pequenos ajustes são necessários.
- Estratégias para o melhoramento – ideotipo (variedade *versus* híbrido) (gargalo – híbridos).
- Oportunidade de colaboração para desenvolvimento de híbridos.

- Produção de sementes – o Brasil possui toda a tecnologia para produção de sementes.
- Sistema de produção: implantar e implementar o sistema de produção de sorgo sacarino em áreas canavieiras (entressafra, renovação de canaviais, áreas em expansão)
 - Renovação de canavial;
 - Áreas marginais;
 - Alguns gargalos:
 - Plantar cana após sorgo (gramínea após gramínea);
 - Plantio direto *versus* convencional;
 - Pragas: broca-da-cana-de-açúcar;
 - MIP (controle biológico);
 - Plantas daninhas e herbicidas;
 - Doenças;
 - Arranjos espaciais (densidade x espaçamento).
- Usina Boa Vista - projeto sorgo sacarino (René Sordi, Grupo São Martinho; Petrobras)

Conclusões:

- Produtividade agrícola e industrial aquém do esperado.
- Colheita e processos industriais compatíveis.
- Limitante: broca/podridão vermelha.

Oportunidades de melhoria:

- Aumentar a produtividade = mudar o espaçamento (3 linhas) para aumentar o número de metros lineares por área.
- Usar transgenia (tecnologia Bt) para controle da broca.
- Selecionar híbridos mais resistentes à broca, ao tombamento, a herbicidas e à isoporização.
- Repetir plantio em 2011/12, em maior escala.
- Cultivares de sorgo:
 - Visão do IPA;
 - Visão da Embrapa;
 - Visão da Ceres;
 - Visão da Advanta;
 - Visão da CanaVialis/Monsanto;
 - Fêmeas sacarinas.

12. Comentários finais: palavra dos Editores Técnicos

A indústria de etanol para combustível tem evoluído muito nos últimos anos. Há evidente progresso realizado pelos produtores de álcool combustível, destacando-se as diferenças em suas tecnologias – 1ª geração ou geração tecnológica avançada derivada de materiais sacarinos. O fato é que setores de indústria da cana-de-açúcar, incluindo fazendas de cana e indústria de maquinaria agrônômica e industrial para processos de conversão, têm avaliado o sorgo-energia com foco em novos negócios, visando competitividade e sustentabilidade do setor sucroenergético.

Demandas crescentes de mercado colocam o sorgo sacarino como uma alternativa para associação robusta com os esforços do setor sucroalcooleiro no Brasil. Comumente, o meio técnico e empresarial tem considerado o sorgo, em seus diferentes tipos, uma alternativa potencial para expansão em grandes extensões de áreas do Brasil, em diferentes regiões.

A espécie *Sorghum* spp. reúne características desejadas do ponto de vista agrônomo e industrial e, portanto, de interesse para o agronegócio. A qualidade tecnológica do sorgo sacarino e aplicação do conhecimento sobre as rotas tecnológicas e processos industriais para a produção de etanol permitem a utilização da sacarose do colmo, bagaço e grãos como matéria-prima para produção de etanol, em gerações tecnológicas avançadas (fermentação simples ou processos de hidrólise de biomassa).

Discutindo-se a oportunidade para o setor sucroalcooleiro em inserir o sorgo sacarino em um de seus modelos de sistema agroindustrial, são observados alguns pontos críticos meritórios de consideração e de governança adequada, como segue:

1. Especialistas e alguns estudos mostram a tendência de crescimento do setor sucroalcooleiro e energético no Brasil;
2. O modelo tecnológico que admite a inserção do sorgo sacarino na entressafra da cana é prioritário, no curto prazo, porque aproveita a infraestrutura e logística instalada no campo agrícola e industrial;
3. A escala prevista para este empreendimento de expansão do sorgo sacarino é ímpar e a parceria de empresas de porte e experientes nos setores de produção de sementes, matérias-primas energéticas e de processamento industrial é necessária;
4. Um lastro mínimo de conhecimento e habilidades na execução de práticas agrícolas, industriais e de gerenciamento deve ser compartilhado, porque práticas aparentemente simples poderão

criar gargalos para a obtenção de resultados significativos satisfatórios. 5. A integração da visão agrícola e a visão industrial são passíveis de ajustamentos nos arranjos (institucionais, técnico-científicos e legais, e produtivos);

6. As parcerias estratégicas nesta área não estão afetas a uma safra, e o desenvolvimento de novos materiais genéticos, novas práticas de manejo de cultura, modelos gerenciais, capacitação e treinamento técnico e gerencial, e melhoria de índices de indústria e de logística definirão a cooperação baseada em novos negócios, de base tecnológica;

7. O negócio da parceira público-privada implica dados e negociações para suporte às políticas públicas para o setor, bem como de políticas públicas capazes de “pavimentar” os caminhos para os investimentos privados.

A Embrapa agradece a participação de todos.

III. Anexos:

1. Lista de Participantes:

Seminário Temático de Sorgo Sacarino, 1. Embrapa Milho e Sorgo (www.cnpms.embrapa.br). Sete Lagoas, MG, 20 e 21/ Setembro/2011.

Nome	Empresa	e-mail
Ademir Bernardi	Monsanto	ademir.r.bernardi@monsanto.com
Ademir Quintino da Rocha	Ferroeste	ademir.rocha@ferroeste.com.br
Ademir Quintino da Rocha	Ferroeste	ademir.rocha@ferroeste.com.br
Adilson Borim	Vale Verde	borim@agrovaleverde.com
Alexandre de Sene Pinto	BUG Brasil	aspinn@uol.com.br
Alexandre Soares	UFVJM	alexandreletam@gmail.com
Amanda de Souza	INCT Bioetanol/USP	amanda_psouza@yahoo.com.br
André Luft	Advanta Sementes	andre.luft@advantasementes.com.br
André May	Embrapa Milho e Sorgo	andremay@cnpms.embrapa.br
Ângelo Rodrigues Piloto	Grupo São martinho	angelo.piloto@usinaboavista.ind.br
Antônio Álvaro Corsetti Purcino	Embrapa Milho e Sorgo	chgeral@cnpms.embrapa.br
Antonio Carlos Santos	Monsanto	antonio.c.santos@monsanto.com
Antonio Kaupert	Ceres Sementes do Brasil Ltda	akaupert@ceres.net
Beatriz Marti Emydio	Embrapa Clima Temperado	beatriz.emygdio@cpact.embrapa.br
Carlos Catella	Advanta Sementes	
Carlos Eduardo Vaz Rossell	CTBE	carlos.rossell@bioetanol.org.br
Carlos Juliano Brant Albuquerque	EPAMIG	carlosjuliano@epamig.br
Cassio Luis Cruz de Camargo	APPS	apps@apps.agr.br
Clério Rogeris Frassão de Carvalho	Sementes Primaceres Ltda	clerio.primaceres@hotmail.com
Dagma Dionísia da Silva	Embrapa Milho e Sorgo	dagma@cnpms.embrapa.br
Denizart Bolonhezi	Apta Regional Centro-Leste	dbolonhezi@gmail.com
Diego Campos	Monsanto	diego.campos@monsanto.com
Diego de Oliveira Carvalho	Embrapa Milho e Sorgo	diego@cnpms.embrapa.br
Domingos Carletto	Advanta Sementes	
Eduardo Belluci	Usina Cerradinho/Noble Group	

Nome	Empresa	e-mail
Emílio Mário fabri Rietmann	Energias Renováveis do Brasil	emilio.rietmann@erbrasil.com.br
Emmanuel Albry	Brasmilho	emmanuelalbry@limagrain.com, emmanuelaubry@att.net
Erno Barbosa da Costa	Seprotect	seprotect@seprotect.com.br
Felipe Prince	Agrosecurity Gestão de Agro-Ativos Ltda	felipe@agrosecurity.com.br
Fernando Ajudarte Neto	Consultor em Biotecnologia & Regulamentação	fernandoajudarte@uol.com.br
Fernando Cardena	Ceres Sementes do Brasil Ltda	fcardenas@ceres-inc.com
Fernando Fernandes de Andrade	Agromen Sementes	fernandoandarade@agromen.com.br
Fernando Pimentel	Agrosecurity Gestão de Agro-Ativos Ltda	pimentel@agrosecurity.com.br
Frederico Ozanan Machado Durães	Embrapa Agroenergia	fduraes@cnpmis.embrapa.br
Geraldo Eugenio	IPA	geugenio1@terra.com.br
Gislaine Fernandes	Instituto Federal do Triângulo Mineiro/Campus Ituiutaba	gislaine@iftm.edu.br
Gleuber Mariano Teixeira	COSAN S.A. Açúcar e Alcool	gleuber.teixeira@raizen.com
Gustavo Anísio Gonçalves	Seprotect	agronomia@seprotect.com.br
Ignácio Aspiazu	UNIMONTES	aspiazu@gmail.com
Iran Dias Borges	UFSJ	idb@ufsj.edu.br
Isabel Camila Ramos	Grupo USJ	icramos@usj.com.br
Jaime Gianella	MONDER sac	jcgianella@mondersac.com
Jéssica Camilo	Monsanto	jessica.s.camilo@monsanto.com
Jorge Moutous	Advanta Sementes	
José de Ribamar N. dos Anjos	Embrapa Cerrados	ribamar@cpac.embrapa.br
José Geraldo Guimarães	Monsanto	jose.g.guimaraes@monsanto.com
José Magid Waquil	RIT DA/CNPQ	jmwaquil@gmail.com
Jose Marcelo Rocha Nunes	Ceres Sementes do Brasil Ltda	jrocha@ceres.net
José Nildo Tabosa	IPA	nildo.tabosa@ipa.br
Juçara Aparecida André	USMOEMA	jucara.aparecida@usmoema.com.br
Lee Anderson	Brasmilho	lee@brasmilho.com.br
Lucas Bignotto	Sementes Adriana	lucas.bignotto@sementesadriana.com.br

Nome	Empresa	e-mail
Luciano Rodrigues Queiroz	Embrapa Milho e Sorgo	lrodqueiroz@yahoo.com.br
Luis Albino Bonamigo	Sementes Bonamigo	luizbona@terra.com.br
Luiz Fernando Jafelice	Agromen Sementes	
Manoel Teixeira Souza Filho	Embrapa Agroenergia	manoel.teixeira@embrapa.br
Marcela Schnug	Dow Agrosiences Seeds, Traits and Oils	MMSchnug@dow.com
Marcelo Ayres Carvalho	Embrapa Cerrado	marcelo@cpac.embrapa.br
Marcelo Gullo	Ceres Sementes do Brasil Ltda	mgullo@ceres.net
Marcelo Linardi Gomes	Monsanto	marcelo.l.gomes@monsanto.com
Marcelo Souza Binato	Agroterenas	marcelo.binato@agroterenas.com.br
Marcio Nascimento	MN Agro	mnagro@uol.com.br
Marco Bimbato	Advanta Sementes	marco.bimbato@advantasementes.com.br
Maria Flávia Lobo Ferreira	Produtor	mfafalobo@hotmail.com
Nelson Amado Belo de Oliveira	Energias Renováveis do Brasil	nelson.amado@erbrasil.com.br
Odair Bison	CTC – Centro de Tecnologia Canavieira	odair@ctc.com.br
Paulo Motta Ribas	Valor Orientações Agropecuárias Ltda	paulomribas@hotmail.com
Pedro Pardo	Advanta Sementes	
Pelerson F. Schiavuzzo	Monsanto	pelerson.f.schiavuzzo@monsanto.com
Rafael Augusto da Costa Parrella	Embrapa Milho e Sorgo	parella@cnpmis.embrapa.br
Renato Ferreira	Bunge	renato.ferreira@usmoema.com.br
René de Assis Sordi	Grupo São Martinho	rene.sordi@saomartinho.ind.br
Robert E. Schaffert	Embrapa Milho e Sorgo	schaffert@cnpmis.embrapa.br
Roger Rossini Gomes	Ferroeste	
Ronaldo Viana	Faculdade de tecnologia de Araçatuba - SP	ronaldodsv@hotmail.com
Sidney Parentoni	Embrapa Milho e Sorgo	chpd@cnpmis.embrapa.br
Silvio Roberto de Lucena Tavares	Embrapa Solos	stavares@cnps.embrapa.br
Simone Mendes Martins	Embrapa Milho e Sorgo	simone@cnpmis.embrapa.br
Tatiana Gonsalves	Monsanto	tatiana.gonsalves@monsanto.com
Tiago R. Monteiro	Monsanto	thiago.r.monteiro@monsanto.com
Valmir Barbosa	UMOE	valmir.barbosa@umoe.com.br
Vicente Manera Neto	Bunge Global Innovation	vicente.neto@bunge.com

Nome	Empresa	e-mail
Vicente Trucillo	Advanta Sementes	
Vinicius Batista	FMC	vinicius.batista@fmc.com
Wagner Melo	Advanta Sementes	
William Burnquist	Ceres Sementes do Brasil Ltda	wburnquist@ceres-inc.com



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

