

186

Circular
TécnicaSete Lagoas, MG
Setembro, 2013

Autores

André May et alEngenheiro Agrônomo,
D.Sc. em Fitotecnia,
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo, Sete
Lagoas, MG,
andre.may@embrapa.br

Cultivo de Sorgo Sacarino em Áreas de Reforma de Canaviais

Desempenho Produtivo de Sorgo Sacarino Cultivado em Reforma de Canaviais nos Últimos Anos

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma espécie bastante versátil, abrangendo diversos segmentos do mercado agrícola mundial. O sorgo apresenta 5 tipos diferentes, que podem ser utilizados para a produção de grãos (sorgo granífero), para a produção de massa para ensilagem (sorgo forrageiro), para a produção de biomassa lignocelulósica (sorgo lignocelulósico ou sorgo biomassa), para a produção de etanol (sorgo sacarino) e até para a produção de vassouras (sorgo vassoura). Essa grande variabilidade entre os tipos de sorgo torna a cultura especial, por ser capaz de atender diversos mercados, interesses e necessidades em todo o planeta.

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 da cana-de-açúcar, de forma a reduzir a instabilidade do mercado de etanol no Brasil. É 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. Além disso, o bagaço do sorgo sacarino apresenta poder calorífico equivalente ao bagaço de cana sendo bastante eficiente na cogeração de energia.

O interesse pela cultura está fundamentalmente relacionado ao setor sucroalcooleiro, abrangendo usinas de grande porte, presentes, principalmente, no Centro-Oeste e no Sudeste do Brasil, como negócio preferencial, ou miniusinas, como no Rio Grande Sul, por meio da agricultura familiar. Neste caso, o bagaço e os grãos de sorgo são coprodutos de qualidades utilizáveis para alimentação animal, agregando valor nas propriedades rurais.

Com os níveis tecnológicos atualmente utilizados na cultura do sorgo sacarino em áreas comerciais e enfrentando problemas no manejo cultural ou de ordem climática, tem-se atingido produtividade média em torno de 35 t ha⁻¹ de massa de colmo, principalmente em áreas de reforma de canaviais. Assim, para que ele se expresse em grandes áreas produtivas de cana são necessários investimentos em técnicas de cultivo intensivas, com adequado manejo da fertilidade do solo e manejo fitossanitário, específicas para a espécie, sem esquecer a adequada escolha da época de semeio e de materiais genéticos adaptados para cada ambiente produtivo e segmento de negócio.

A viabilização econômica da produção de etanol a partir do sorgo sacarino requer níveis mínimos de produção de açúcar e teor de açúcar total (ART) no caldo, apresentando um ART mínimo de 12,5%, correspondente a °Brix de 14,25 a 14,50. Verifica-se que a extração de 80 kg de açúcar por tonelada de colmos pode produzir 2.000 a 2.200 litros de etanol por hectare, com rendimentos de biomassa de 40 t ha⁻¹, com um período de utilização industrial (PUI) de 30 dias.

Atualmente, trabalha-se com o “conceito mínimo” para uma cultivar de sorgo sacarino no Brasil, com PUI de 30 dias, considerando 50 t ha⁻¹ de colmos como mínimo de produtividade, associado a 12,5% ART, capaz de gerar 60 litros de etanol por tonelada de colmos, resultando em 3.000 litros de etanol por hectare.

No Brasil, o sorgo sacarino vem passando por um processo de adaptação dentro do cenário da cana-de-açúcar já que os grupos produtores de etanol começaram a perceber que a espécie não tem nenhuma similaridade agrícola com a cana. Trata-se apenas de uma cultura complementar visando fornecer matéria-prima durante a entressafra da cana, que ocorre a partir de abril, de forma a salvaguardar a cultura principal para momentos melhores de qualidade.

Assim, após duas safras com baixa produtividade de etanol a partir de sorgo sacarino, estes grupos começaram a notar que a velocidade de resposta para a tomada de decisões gerenciais deve ser muito maior no sorgo sacarino, comparativamente à cana-de-açúcar, caracterizada por ser uma cultura mais lenta e mais rústica do que o sorgo sacarino. Além disso, pelo fato de as espécies demandarem um manejo cultural totalmente diferenciado uma da outra, novos conhecimentos estão sendo necessários por toda a cadeia operacional e gerencial em usinas de grande porte.

Nessas usinas, a perda do momento certo de ação em resposta a problemas importantes, como manejo da fertilidade da cultura e manejo fitossanitário da lavoura, desconhecimentos sobre adequados níveis de fornecimento de nutrientes, ponto de aplicação da fertilização da cobertura, momento adequado de entrada para controle de plantas daninhas, momento adequado para pulverizações de defensivos agrícolas para controle de pragas e doenças têm gerado perdas de produtividade significativas com sorgo sacarino.

O desconhecimento sobre o material genético escolhido também contribui para as altas perdas de produtividade, já que, em muitos casos, por problemas de desprogramação entre data de semeio, ciclo da cultivar escolhida, PUI do material e momento de abertura de moagem, os resultados são péssima qualidade da matéria-prima no momento de colheita, decorrente da baixa extração de caldo, e baixa presença de açúcares no caldo.

Os principais problemas enfrentados pelos grupos produtores de etanol que cultivaram sorgo sacarino em larga escala nas últimas safras têm sido:

- Desconhecimento da cultura do sorgo sacarino;
- Despreparo da equipe operacional e gerencial;
- Dificuldades para planejamento das operações agrícolas, decorrentes da baixa velocidade de ação pertinente às usinas de grande porte;
- Graves problemas no controle de plantas daninhas, devido à falta de produtos registrados para sorgo sacarino e desconhecimento do momento de aplicação ideal;

- PUI muito curto para algumas cultivares (5 a 10 dias);
- Desconhecimento sobre o ponto de colheita das cultivares;
- Acamamento em taxas elevadas, chegando a mais de 50% em alguns casos, dependendo da cultivar utilizada (Figura 1);
- Isoporização em nível elevado, dependendo da cultivar utilizada;
- Baixa densidade de carga na colheita do sorgo sacarino, gerando alto custo de transporte;
- Desconhecimento sobre fertilização da cultura;
- Desconhecimento sobre o arranjo de plantas ideal;
- Graves problemas de manejo de solo, associados a perdas por erosão de mais de 50% das áreas cultivadas em muitos casos (falta de técnicas conservacionistas nos projetos de sorgo sacarino);
- Graves problemas para processamento da massa colhida;
- Falta de cultivares com alto teor de sacarose.

As produtividades apresentadas na safra 2011-2012 foram altamente variáveis, conforme se observa na Figura 2.



Figura 1. Acamamento de plantas em áreas comerciais de sorgo sacarino.

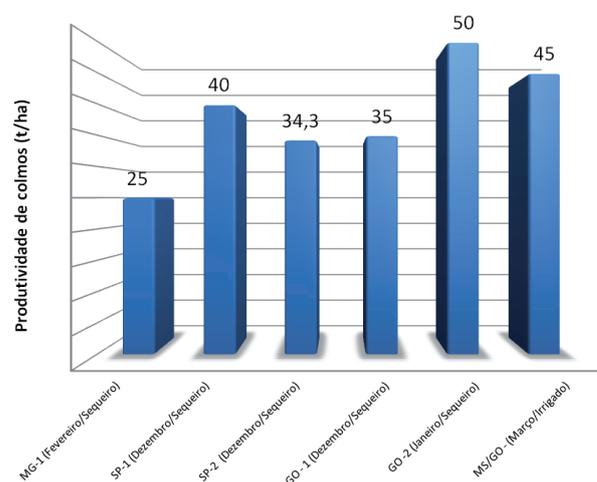


Figura 2. Produtividade de colmos por hectare de sorgo sacarino em diferentes locais de cultivo.

As menores produtividades obtidas na safra 2011-2012 foram decorrentes dos graves problemas de manejo da cultura. A produtividade de 25 t ha⁻¹ de colmos obtida na usina MG-1 foi decorrente da falta de irrigação da área escolhida para cultivo, já que a região produtora tem grave deficiência hídrica no período e o semeio ocorreu tardiamente, o que resultou em baixo estande, variando de 50.000 a 75.000 plantas ha⁻¹, e em plantas baixas, com no máximo 2,5 m de altura. Outras produtividades baixas apresentadas na Figura 2, 34,3 e 35 t ha⁻¹ de colmos, respectivamente, para SP-2 e GO-1, também foram decorrentes de problemas de

manejo da lavoura, associadas à deficiência hídrica severa em momentos de definição de produtividade de biomassa (5 a 6 folhas) e produtividade de caldo (enchimento de grão). Contudo, nas demais usinas apresentadas (SP-1, GO-2 e MS/GO), as produtividades de colmos foram levemente acima da lucratividade econômica da cultura, apresentando valores de 40, 50 e 45 t ha⁻¹ de colmos, respectivamente (Figura 2).



Figura 3. Operação de colheita de sorgo sacarino em usina de grande porte em São Paulo.

Nas safras 2010-2011 e 2011-2012, a colheita do sorgo sacarino foi feita utilizando o mesmo sistema utilizado para a cana-de-açúcar, com perdas menores que 1% (Figura 3). Em muitas situações, as máquinas foram reguladas para levar a planta toda para a usina, sem grandes entraves do ponto de vista industrial, embora algumas usinas tenham enfrentado dificuldades na moagem devido ao alto teor de impurezas, quando a colheita foi feita com biomassa total.

A qualidade de matéria-prima também foi altamente variável, principalmente em função da cultivar escolhida, variando de 46 a 70 litros de etanol por tonelada de colmos (Figura 4).

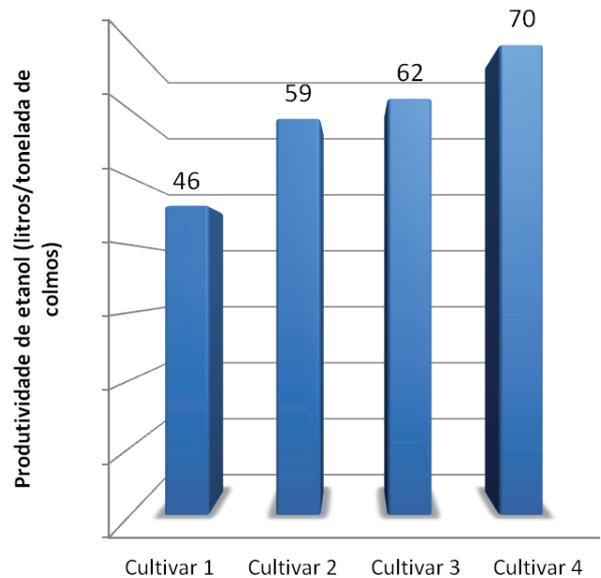


Figura 4. Produtividade de etanol de colmos de sorgo sacarino em função da cultivar.

Cultivares

As características agroindustriais da cultivar utilizada e sua adaptação ao ambiente e às condições de cultivo são de grande importância para obtenção de altas produtividades de etanol.

Considerando o ideótipo de sorgo sacarino, é desejável obter alta produtividade de colmos, pois o caldo a ser fermentado para obtenção de etanol é extraído dos colmos, assim, quanto mais colmos mais caldo será obtido. Em cultivares de sorgo sacarino, a maior parte da massa verde é composta por colmos (70 a 80%), e o restante, por folhas (15-20%) e panículas (10-15%). Os açúcares totais no caldo são utilizados como alimentos das leveduras na produção de etanol, sendo necessários altos teores de açúcares totais (MURRAY et al., 2008; RITTER et al., 2008). Já o peso de panículas, que se correlaciona com a produtividade de grãos, deve ser o menor possível devido à competição por fotoassimilados para produção de açúcares solúveis nos colmos com produção de amido nos grãos, uma vez que o acúmulo de açúcares nos colmos ocorre após o

florescimento coincidindo com a fase de enchimento de grãos. Além disso, cultivares de sorgo sacarino são de porte alto e o excesso de grãos nas panículas, no ápice das plantas, tende a favorecer o acamamento, que é indesejável por reduzir a qualidade da matéria-prima devido ao maior teor de impurezas na colheita de materiais acamados.

Na Tabela 1, estão apresentados médias para florescimento, em dias; altura de plantas, em m; acamamento, em %; produção de massa verde em t ha⁻¹; peso de panículas, em t ha⁻¹ e sólidos solúveis totais, em °brix, obtidos a partir da avaliação de 13 cultivares de sorgo sacarino. Observa-se variação de 63 a 80 dias para florescimento; 2,60 a 2,95 metros para altura de planta; 0 a 79% para acamamento;

29,81 a 47,71 t ha⁻¹ para produção de biomassa verde; 2,14 a 8,48 t ha⁻¹ para peso de panículas e 6,20 a 21,03 °Brix para sólidos solúveis totais no caldo (Tabela 1). Os híbridos avaliados, em média, apresentaram baixa produtividade de colmos, alta produtividade de grãos, baixo °Brix e maiores porcentagens de acamamento. Já as variedades apresentaram maiores produtividades de biomassa, baixa produtividade de grãos, alto °Brix e baixas porcentagens de acamamento, o que é muito desejável pela indústria sucroalcooleira. Estes resultados confirmam a superioridade destas variedades para produção de etanol em comparação aos híbridos testados neste trabalho.

Tabela 1. Valores médios para florescimento (Flor), altura de plantas (AP), acamamento (Acam), produção de massa verde (PMV), em t ha⁻¹, peso de panículas (PP), em t ha⁻¹, sólidos solúveis totais (SST), em graus brix, obtidos a partir da avaliação de 13 cultivares de sorgo sacarino, avaliadas em Nova Porteirinha-MG, na safra agrícola 2011/2012.

Cultivares	Flor (dias)	AP (m)	Acam (%)	PMV (t ha ⁻¹)	PP (t ha ⁻¹)	SST (°Brix)
BRS 511	67 f	2,80 a	0 c	47,71 a	3,25 d	18,47 b
BRS 509	72 c	2,70 b	3 c	46,28 a	2,51 d	18,43 b
BRS 508	70 d	2,87 a	9 c	36,57 c	2,14 d	21,03 a
BR 506	71 c	2,65 b	8 c	40,57 b	3,24 d	13,27 d
BR 505	66 f	2,82 a	14 c	40,86 b	2,67 d	17,87 b
BR 501	80 a	2,60 b	1 c	47,81 a	5,55 b	13,90 d
Médias das variedades	71	2,74	5,83	43,3	3,23	17,17
BR 601	72 b	2,6 b	54 b	36,76 c	7,49 a	6,20 e
Híbrido A	68 f	2,68 b	12 c	46,38 a	6,77 b	12,97 d
Híbrido B	73 b	2,72 b	29 c	37,81 b	6,11 b	12,23 d
Híbrido C	68 f	2,95 a	56 b	40,14 b	7,33 a	10,00 d
Híbrido D	64 g	2,65 b	76 a	32,29 c	7,98 a	11,43 d
Híbrido E	67 f	2,67 b	79 a	31,72 c	6,44 b	11,23 d
Híbrido F	63 g	2,6 b	74 a	29,81 c	8,48 a	10,53 d
Médias dos híbridos	67	2,71	54,33	36,35	7,185	11,4

* Médias seguidas da mesma letra na coluna são iguais entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Adaptado de Parrella e Schaffert (2012).

Outra característica importante é o Período de Utilização Industrial (PUI) necessário para o planejamento de colheita e processamento da matéria-prima, que deve ser o maior possível e mínimo de 30 dias. O PUI compreende o período que a cultivar estará apta para colheita no campo, mantendo os padrões mínimos de rendimento estabelecidos, que viabilizem o cultivo. As metas estabelecidas pelo Programa de Melhoramento de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo são de que as cultivares tenha uma produtividade mínima de colmos de 60 t ha^{-1} ; extração mínima de açúcar total de 100 kg t^{-1} 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} biomassa; período de utilização industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 80 kg t^{-1} biomassa (SCHAFFERT et al., 2011).

A Figura 5 apresenta a curva para porcentagem de sólidos solúveis totais (SST), em graus Brix, a partir de quatro variedades de sorgo sacarino em diferentes períodos durante o ciclo da cultura. As avaliações foram de 7 em 7 dias a partir dos 87 dias após o plantio (DAP). Observam-se, inicialmente, valores de °Brix variando de 12 a 16, com aumento gradativo a cada avaliação, chegando em torno de 20,50 a 23,50 °Brix, aos 125 DAP. Houve também diferenças entre cultivares, mas todas apresentaram PUI superior a 30 dias.

Uma das limitações das variedades de sorgo sacarino é a produção de sementes, uma vez que as variedades são de porte muito alto (2 a 4 m de altura), o que dificulta o processo de colheita mecanizada, restringindo a obtenção de grandes quantidades de sementes. Este problema da produção poderá ser amenizado com plantios em épocas do ano com comprimento dia menor que 12 h (outono/inverno) e temperatura noturna superior a 15 °C . Nestas condições, a planta

tende a reduzir o porte possibilitando uma colheita mecanizada. Outra possibilidade é o uso de redutores de crescimento, que têm demonstrando resultados significativos na diminuição do porte, o que viabilizará, em curto prazo, a colheita mecanizada mais eficiente para sementes.

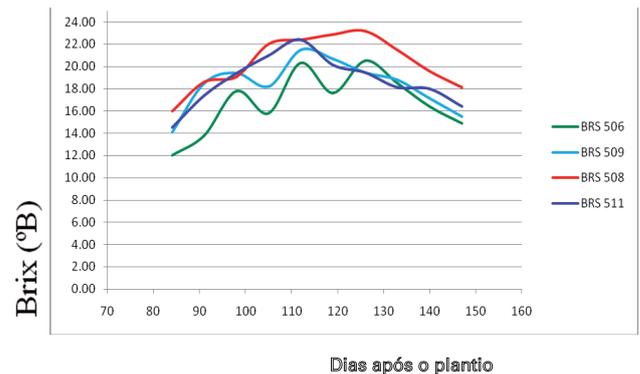


Figura 5. Porcentagem de sólidos solúveis totais (°Brix) no caldo extraído dos colmos de quatro cultivares de sorgo sacarino em diferentes períodos após o plantio, avaliadas em Ituiutaba-MG, na safra agrícola 2011/2012.

Implantação da Cultura

A implantação do sorgo sacarino é fácil, pois permite mecanização completa dos processos de cultivo e colheita da cultura. Em sistemas intensivos de cultivo, o sorgo sacarino se destaca por suas características de alta produção e boa qualidade alcançadas nos períodos mais quentes do ano. Entretanto, em relação ao cultivo dessa espécie de sorgo, a literatura é escassa no que se refere ao manejo da cultura, em especial ao espaçamento, à densidade de semeadura, à época de plantio e à profundidade de plantio, tanto em sistema de semeadura convencional quanto direta.

Contudo, para que a cultura expresse todo o seu potencial genético produtivo, são necessárias técnicas de manejos adequadas, para que se tenha um sistema de produção capaz de proporcionar altos rendimentos em diferentes condições e níveis tecnológicos sustentáveis.

O solo para o cultivo do sorgo sacarino deve ser bem preparado, tanto convencionalmente quanto para semeio direto, para garantir um bom índice de germinação das sementes e um bom controle das plantas daninhas iniciais.

Quando o sorgo sacarino é cultivado em área de reforma de canaviais, deve-se proceder a eliminação das soqueiras da cultura anterior, por método químico, associando posterior subsolagem (caso haja presença de camada compactada em subsuperfície), aração e gradagens niveladoras sequenciais, visando estabelecer um bom leito de semeadura, já que as sementes não germinam uniformemente quando não há uma boa aderência delas ao solo.

Atenção especial deve ser dada ao manejo conservacionista do solo, pois existe o risco de erosão quando o semeio do sorgo sacarino é feito em solos preparados convencionalmente, especialmente em épocas chuvosas. Por isso, deve-se planejar o terraceamento da área (base larga ou embutido) de forma a não atrapalhar o trânsito de máquinas da cultura sucessora.

A semeadura na época adequada, embora não tenha efeito algum no custo de produção, seguramente afeta o rendimento e conseqüentemente o lucro do agricultor. Para determinar a tomada de decisão quanto à época de semeadura, é importante conhecer os fatores de riscos, que tendem a ser minimizados quanto mais eficiente for o planejamento das atividades relacionadas à produção. A cultura do sorgo sacarino pode ser semeada visando atender a demanda das usinas durante o período de entressafra da cana-de-açúcar ou durante a safra de inverno, após uma cultura de verão. O sorgo sacarino geralmente é semeado em duas situações: na entressafra da cana-de-açúcar e na safrinha após o cultivo da soja.

Na entressafra da cana-de-açúcar, a época de semeadura do sorgo sacarino ocorre nos meses de outubro e novembro, para suprir a produção de etanol nos meses de dezembro a março, quando as usinas estão sem matéria-prima (cana-de-açúcar) para moagem.

Já na safrinha, ele é semeado após a cultura da soja, entre os meses de janeiro e abril. Porém, é importante salientar que o atraso na época de plantio pode acarretar perdas significativas na produtividade da cultura, em virtude do déficit hídrico e/ou por fortes limitações de radiação solar na fase final do seu ciclo.

O sorgo pode ser plantado por dois processos básicos: convencional e direto na palha (PD) (Figura 6). No processo convencional, o solo é arado, gradeado, destorroado e nivelado, enquanto no processo de semeadura direta o revolvimento do solo é localizado apenas na região de deposição de fertilizante e semente. Qualquer que seja o processo de semeadura, alguns cuidados devem ter sido tomados com relação à correção da acidez e do alumínio tóxico, bem como com o controle de plantas daninhas e insetos-pragas do solo. A semente de sorgo, por ser pequena e com pouca reserva, apresenta dificuldades no processo de germinação. Diante desse problema é importante que a semente seja depositada em uma profundidade adequada e uniforme e que tenha uma boa aderência ao solo. De um modo geral, recomenda-se que a semente de sorgo seja colocada entre 3 e 5 cm de profundidade e que o fertilizante seja depositado de 8 a 10 cm de profundidade.



Figura 6. Operação de semeio direto de sorgo sacarino em área de reforma de canavial.

Arranjos de Plantas para o Cultivo de Sorgo Sacarino

O sorgo sacarino é uma planta que apresenta metabolismo do grupo C4. Plantas que apresentam este tipo de metabolismo são altamente eficientes na utilização da radiação solar para conversão do CO₂ em fotoassimilados. A otimização da eficiência desse processo de conversão à produção de caldo pode ser afetada pelos seguintes fatores: quantidade de radiação disponível, quantidade da radiação interceptada, eficiência da radiação interceptada pela cultura, eficiência da conversão da radiação interceptada em biomassa e da eficiência de partição da biomassa em estrutura de interesse econômico.

A quantidade de radiação incidente disponível é um fator que depende da posição geográfica de cada região produtora (latitude, longitude e altitude) e da época de semeadura da cultura. A eficiência de interceptação de radiação pela cultura e de sua conversão e partição em produtos orgânicos depende de fatores climáticos, com destaque para temperatura e disponibilidade hídrica; edáficos, com ênfase na fertilidade do solo; e de manejo, destacando-se práticas culturais, como a densidade e o arranjo de plantas.

Do ponto de vista fisiológico, o rendimento de caldo pode ser definido pelo balanço entre os ganhos oriundos da fotossíntese do dossel e as perdas advindas da respiração. A fotossíntese depende da quantidade de radiação interceptada. De acordo com Argenta et al. (2001), o arranjo de plantas pode influenciar no índice de área foliar, o ângulo foliar e a disposição das folhas. Devido a essa característica, a disposição das plantas na lavoura tem grande importância na interceptação e eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa em produção de caldo.

A escolha do melhor arranjo de plantas é de fundamental importância para que a cultura possa expressar todo o seu potencial produtivo. Desta forma, devemos escolher a melhor densidade e o espaçamento de entrelinhas que melhor se adequem à realidade do produtor.

O incremento na densidade de plantas é uma forma de aumentar a velocidade de interceptação e a quantidade de radiação incidente interceptada pela cultura. Porém, o uso de altas populações pode resultar no aumento da competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, reduzindo o potencial produtivo da cultura, além de poder ocasionar o acamamento de plantas, afetando a eficiência da colheita. Ao se escolher a densidade de plantas, deve-se levar em consideração alguns fatores, tais como: disponibilidade hídrica, nível de fertilidade do solo, cultivar e época de semeadura. O produtor deve optar por menores populações nas seguintes situações: semeadura em região sujeita a veranicos frequentes; solos com baixo nível de fertilidade; semeaduras tardias (plantio mais sujeito ao déficit hídrico e/ou baixas temperaturas durante o seu ciclo de desenvolvimento). Altas populações podem ser utilizadas nas seguintes situações: regiões com precipitações regulares e bem distribuídas; lavouras irrigadas; solos com alta

fertilidade; produtores com alta capacidade de investimento em manejo. Para os materiais BRS, tem-se optado por populações de 140.000 e 80.000 plantas ha⁻¹, em condições favoráveis e desfavoráveis, respectivamente.

Atualmente, em áreas de usinas, a escolha do espaçamento da entre linha acaba sendo limitada em função das colhedoras de cana-de-açúcar que vêm sendo utilizadas na colheita do sorgo sacarino. Dessa forma, é necessário obedecer a bitola entre as esteiras da máquina e a distância entre os molinetes de alimentação frontal (MAY et al., 2012). Por esse motivo, cultivo em linhas duplas (1,00 x 0,65 m; 1,20 x 0,5 m) e triplas (0,4 x 0,4 x 0,96 m) vem sendo muito adotado por parte dos usineiros. No entanto, dependendo das dimensões das colhedoras, é possível utilizar espaçamentos simples.

Diversos autores observaram que o rendimento cultural do sorgo é diretamente afetado pelo número de linhas por hectare (ALBUQUERQUE et al., 2012; ZEGADA-LIZARAZU; MONTI, 2012). De uma forma geral, o aumento no espaçamento ocasiona redução na produtividade da cultura, porém, esses resultados podem variar em função da cultivar e das condições edafoclimáticas de cada local.

Mantendo-se a densidade de plantas constante, a redução no espaçamento de entre linhas aumenta a distância entre plantas na linha de semeadura, proporcionando um arranjo mais equidistante dos indivíduos nas áreas de cultivo, contribuindo, dessa forma, para a melhor interceptação da radiação solar. A utilização de espaçamentos reduzidos, também, apresenta outras vantagens, tais como: favorece o controle de plantas daninhas, em função da limitação da radiação solar nos estratos inferiores do dossel; reduz a quantidade de água perdida por evaporação, em função do rápido sombreamento do solo; apresenta melhor distribuição do sistema radicular, devido ao arranjo mais equidistante,

favorecendo a melhor absorção de água e nutrientes. Porém, apesar de as maiores produtividades de caldo serem encontradas nos espaçamentos reduzidos, a sua adoção é limitada devido à falta de colhedoras adaptadas.

O brix é um parâmetro que representa uma aproximação do teor de sólidos solúveis totais, tendo correlação significativa e positiva com a concentração total de açúcar, sendo diretamente influenciado pela taxa fotossintética das plantas. Por ser influenciado pela atividade fotossintética, é de se esperar que o arranjo de plantas, em função da maior ou menor interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, exerça influência direta sobre essa variável. Fatores como nível de fertilidade do solo, temperatura, disponibilidade hídrica e radiação disponível também afetam diretamente essa variável.

Assim, ao se escolher o melhor arranjo de semeadura, deve-se levar em consideração a cultivar, o nível de fertilidade do solo, a disponibilidade hídrica, a época de semeadura e o maquinário disponível na propriedade.

Manejo da Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral do Sorgo Sacarino

É preciso distinguir o sorgo granífero do sacarino em termos de exigência nutricional. Há o mito de que os sorgos são pouco exigentes em fertilidade do solo. Isso é parcialmente verdade para o sorgo granífero, que comumente é cultivado no Brasil em período de safrinha, época de cultivo que apresenta menor potencial produtivo condicionado pela escassez de água, pelas menores temperaturas e pela menor radiação solar. O menor potencial produtivo faz com que a exigência em nutrientes seja baixa. Diferentemente do sorgo granífero, o sacarino, que acumula açúcares no colmo de forma similar à cana-de-açúcar, é cultivado no verão com boa disponibilidade hídrica, maior

radiação solar e temperaturas adequadas. Com isso, o potencial produtivo é alto e, por conseguinte, a demanda de nutrientes.

Rosolem e Malavolta (1981) concluíram que as cultivares de sorgo sacarino 'Brandes' e 'Rio' apresentaram alta demanda de nutrientes para produtividades de matéria seca entre 14 e 16 t ha⁻¹. Os autores observaram a seguinte ordem de extração de nutrientes: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>B>Mn>Zn>Cu. Outro ponto que deve ser considerado é como será a colheita: apenas colmos ou planta inteira. A maior parte de nutrientes está contida no colmo. Quando o sistema de colheita é da planta inteira, a extração dos nutrientes será bem maior do que aquela de colmos (Tabela 2).

Os nutrientes demandados em maiores quantidades pelo sorgo sacarino são o potássio e o nitrogênio. As extrações de potássio e de nitrogênio podem ultrapassar 3,91 e 3,22 kg por tonelada de colmos, respectivamente. As exportações destes nutrientes pelos colmos são acima de 78%

para potássio e 52% para nitrogênio, da quantidade extraída. Ressalta-se que o sorgo sacarino tem exportação de magnésio próxima ou igual à de cálcio. Assim, no processo de correção da acidez deve ser dada preferência aos corretivos com menor relação Ca/Mg para que não haja empobrecimento deste último no solo.

Existem poucos estudos sobre a nutrição do sorgo sacarino nas condições brasileiras. No entanto, esses permitem inferir que a extração de nutrientes para altas produtividades de biomassa de sorgo sacarino são parecidas com aquelas do forrageiro (Tabela 3). Desta forma, as informações disponíveis na literatura a respeito da nutrição do sorgo forrageiro podem ser utilizadas como ponto de partida para estudos e racionalização do processo de fertilização do sorgo sacarino. Diversos trabalhos com sorgo forrageiro citados por Coelho et al. (2002), com produtividades de matéria seca similares às obtidas por Rosolem e Malavolta (1981) com sorgo sacarino, permitem estimar as extrações de N e de K em 9,27 e 13,95 kg por tonelada de matéria seca, respectivamente (Figura 7).

Tabela 2. Acúmulo e partição de matéria seca (MS) e de nutrientes pelo sorgo sacarino.

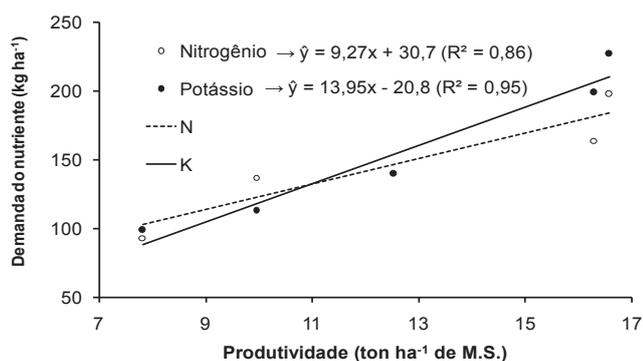
Parte da planta	Nutrientes (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha + raquis	44	7	38	33	19	4,6
Colmo	83	5	157	20	20	9,0
Grãos	37	8	4	3	5	2,3
Total	164	20	199	56	44	15,9
Parte da planta	Nutrientes (g ha ⁻¹)					MS (t ha ⁻¹)
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Folha + raquis	320	75	1.970	600	110	4,0
Colmo	430	85	1.000	180	220	10,0
Grãos	170	18	240	80	65	2,5
Total	920	178	3.210	860	395	16,5

Adaptado de Rosolem e Malavolta (1981).

Tabela 3. Extração de nutrientes e acúmulo de matéria seca por sorgos forrageiro e sacarino.

Tipo de sorgo	Matéria Seca (kg ha ⁻¹)	Nutrientes (kg ha ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg
Forrageiro	16.580	198	43	227	50	47
Sacarino	16.300	164	20	199	56	44

Adaptado de: Coelho et al. (2002); Rosolem e Malavolta (1981).

**Figura 7.** Extração de nitrogênio (N) e potássio (K) estimada para o sorgo sacarino em função da produtividade de matéria seca almejada. Modelos construídos com base nas informações de Coelho et al. (2002) e Rosolem e Malavolta (1981).

É primordial a realização de coleta das amostras de solo com antecedência adequada da semeadura. A antecedência e o planejamento são importantes para a operacionalização da compra, da aplicação de corretivos e para a reação desses no solo para correção da acidez. Os resultados da análise de solo são utilizados para definição das classes de fertilidade (Tabelas 4, 5, 6 e 7). Com essas, define-se a adubação de semeadura e de cobertura para o adequado suprimento de nutrientes (Tabela 8). Além das doses corretamente recomendadas, é importante atentar para a aplicação da forma correta e no momento oportuno ao atendimento das exigências nutricionais da cultura.

Tabela 4. Classes de disponibilidade de fósforo (P) pelo Extrator Resina.

Classes de disponibilidade	Baixo	Médio	Adequado
Teor de P (mg dm ⁻³)	< 15	16 - 40	> 40,1*

*acima desse valor, utilizar apenas adubação de manutenção (aproximadamente 30-50 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Adaptado de Raij et al. (1996).

Tabela 5. Classes de disponibilidade de fósforo (P) pelo Extrator Mehlich-1.

Teor de Argila (g kg ⁻¹)	Classes de disponibilidade		
	Baixo	Médio	Adequado
	----- Teor de P (mg dm ⁻³) -----		
< 150	< 12	12 - 18	18 - 25*
160 - 350	< 10	10 - 15	15 - 20
360 - 600	< 5	5 - 8	8 - 12
> 600	< 3	3 - 4	4 - 6

*acima do limite superior dessa classe, utilizar apenas adubação de manutenção (aproximadamente 30 - 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Adaptado de Sousa e Lobato (2004).

Tabela 6. Classes de disponibilidade de potássio (K) no solo pelo Extrator Mehlich-1.

Classes de disponibilidade	Baixo	Médio	Adequado
Teor de K (mg dm ⁻³)	< 40	41 – 70	61 – 120

Adaptado de Alvarez V. et al. (1999).

Tabela 7. Classes de disponibilidade de micronutrientes.

Micronutriente	Classes de Disponibilidade		
	Baixo	Médio	Adequado
	----- Teor disponível (mg dm ⁻³) -----		
Zn	< 0,90	0,91 – 1,50	> 1,51
Mn	< 5,0	5,1 – 8,0	> 8,1
Fe	< 18	18,1 – 30	> 30,1
Cu	< 0,7	0,71 – 1,2	> 1,21
B	< 0,35	0,36 – 0,60	> 0,61

Extratores: Cu, Fe, Mn e Zn – Mehlich – 1; B – água quente.

Adaptado de Alvarez V. et al. (1999).

A calagem pode ser recomendada pelos métodos do Ca, Mg e Al trocáveis ou pelo método da saturação por bases. O primeiro é mais indicado para solos arenosos, com CTC a pH 7 inferior a 45 mmol_c dm⁻³. Para este método, busca-se Ca+Mg em torno de 30 mmol_c dm⁻³. O segundo método é mais indicado para solos argilosos e com CTC a pH 7 superior a 45 mmol_c dm⁻³. Neste caso, almeja-se alcançar a saturação de bases entre 50 e 60%.

Deve-se dar preferência a corretivos com menor relação Ca:Mg, pois o sorgo possui grande exportação de Mg. O uso de corretivos com maior relação entre esses nutrientes pode levar à deficiência de Mg ao longo de cultivos.

A calagem deve ser realizada pelo menos 90 dias antes da semeadura, com a presença de água no solo necessária à reação dos corretivos de acidez. No caso da semeadura sobre palhada da cana-de-açúcar, pode-se optar por fazer a calagem na última soca de cana, com um ano de antecedência, visando a correção da acidez para a cultura do sorgo sacarino.

Além da calagem que visa elevar os níveis de Ca²⁺ e de Mg²⁺ e neutralizar o Al³⁺ em superfície, deve-se amostrar a camada de 20 a 40 cm de profundidade. Caso os resultados da análise química revelem Ca²⁺ menor que 5 mmol_c ou saturação por Al³⁺ maior que 30%, recomenda-se a gessagem para dar condições de crescimento radicular ao longo do perfil do solo. O sistema radicular profundo depende de condições químicas (baixa saturação de Al³⁺ e presença de níveis adequados de Ca²⁺) e físicas satisfatórias (ausência de compactação em subsuperfície). O aprofundamento do sistema radicular contribui para o maior volume de solo explorado e, com isso, de nutrientes e água.

A adubação de cobertura também deve ser feita em função do histórico de uso da área, da rotação de culturas, do teor de matéria orgânica no solo e da produtividade potencial. O alcance de maiores produtividades está associado a solos com a fertilidade corrigida (adequados níveis de acidez, de Ca e de Mg, P – disponível nas classes média ou alta), semeadura em época correta, uso de cultivares adaptadas ao clima e tratos culturais executados em conformidade com as exigências da cultura.

Tabela 8. Recomendação de nutrientes para o sorgo sacarino de acordo com a disponibilidade de nutrientes e potencial produtivo da cultura.

Disponibilidade de Nutrientes e Potencial de Produtividade	Nutrientes a serem aplicados (kg ha ⁻¹)					
	N ¹	P ₂ O ₅ ^{/2}	K ₂ O	S	B	Cu, Zn
Baixa	60 – 90	90 – 180	120 – 200	30	1 – 2	2 – 4
Média	90 – 140	60 – 90	80 – 120	30	0,5 – 1	1 – 2
Alta	> 140	30 – 60	40 – 80	30	< 0,5	< 1

¹ Maiores doses são indicadas para talhões com maior potencial produtivo. Este é associado com semeadura na época adequada, solos com disponibilidade de P classificada como média ou alta, sem fatores não nutricionais limitantes. Sugere-se aumentar em até 40 kg ha⁻¹ de N a fertilização nitrogenada em Sistema de Semeadura Direta sobre palhada de *Poaceae*.

² Maiores doses dentro de cada classe de disponibilidade devem ser indicadas quando as condições climáticas são favoráveis ao alcance de altas produtividades e para solos argilosos.

A adubação de cobertura deve ser realizada no estágio de quatro folhas completamente desenvolvidas. Na semeadura sobre palhada da cana-de-açúcar é importante aplicar entre 30 e 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura. Além disso, a dose total de N deve ser aumentada em relação ao cultivo convencional sem palhada de gramíneas. Ademais, a adubação de cobertura deve ser realizada mais cedo para evitar deficiência de N, que pode ocorrer devido à imobilização do nutriente provocada pela biomassa microbiana que atua na degradação dos resíduos vegetais da cana-de-açúcar.

Desta forma, conclui-se que o sorgo sacarino é cultura exigente na fertilidade do solo para se alcançar as altas produtividades de biomassa almejadas para produção de bioetanol. O conhecimento da demanda nutricional e do potencial produtivo das cultivares atuais permitirá a realização do processo de fertilização de forma mais eficiente do ponto de vista técnico, econômico e ambiental.

Manejo de Plantas Daninhas em Sorgo Sacarino

O manejo de plantas daninhas deve ser planejado e executado antes do estabelecimento da cultura e durante todo o ciclo desta. Visando garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, é importante a integração das medidas de controle com as características do solo e do clima e com aspectos socioeconômicos do produtor. A seguir, são listados métodos de manejo de plantas daninhas, possíveis de serem empregados na cultura do sorgo sacarino.

O controle preventivo de plantas daninhas consiste no uso de práticas que visam prevenir a introdução, o estabelecimento e/ou, a disseminação de determinadas espécies problemáticas em áreas ainda por elas não afetadas. Algumas medidas podem evitar a introdução da espécie daninha: utilizar sementes de elevada pureza; limpar cuidadosamente máquinas, grades e colheitadeiras.

O controle cultural consiste no uso de práticas comuns ao bom manejo de água e do solo, favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento da cultura em detrimento das plantas daninhas. Dentre as medidas de controle passíveis de serem adotadas, recomenda-se atenção à época de semeio; profundidade de semeadura; população de plantas; adubação de plantio e cobertura.

São métodos de controle mecânico a capina manual e o cultivo mecanizado. As principais limitações desse método são: dificuldade de controle de plantas daninhas na linha da cultura; baixa eficiência quando realizado sobre chuva (solo molhado); é ineficiente para controlar plantas daninhas que se reproduzem por partes vegetativas, por exemplo, *Commelina* spp. (trapoeraba) e *Cyperus* spp. (tiririca). No entanto, todas as espécies anuais quando jovens (2-4 pares de folhas), são facilmente controladas sob calor e solo seco.

O método de controle químico consiste na utilização de produtos herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle de plantas daninhas. Atualmente, há 4 ingredientes ativos registrados para a cultura do sorgo que podem ser utilizados em pré ou pós-emergência dependendo, do herbicida.

Os herbicidas inibidores do fotossistema II registrados para a cultura do sorgo, atrazine e simazine, controlam dicotiledôneas (folhas largas) e algumas gramíneas (folhas estreitas). Apesar de o simazine estar registrado, praticamente não há relatos de sua aplicação na cultura.

O atrazine é o principal ingrediente ativo utilizado para o manejo de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. Está registrado para a modalidade de uso em pré e também em pós-emergência precoce, proporcionando bons níveis de controle das folhas largas e de algumas folhas estreitas. Quando aplicado

na pré-emergência, pode ser absorvido pelas raízes após a germinação, e se desloca até o cloroplastos nas folhas onde atua inibindo a fotossíntese. Quando aplicado na pós-emergência das plantas invasoras, é absorvido pelas folhas e atua no próprio local de absorção.

O 2,4-D, herbicida mimetizador de auxina, está registrado para o uso em pré-emergência da cultura do sorgo. Porém, recomenda-se sua aplicação, pelo menos, 15 dias antes da semeadura. O 2,4-D vem sendo muito utilizado em associação de glyphosate para a dessecação da vegetação quando há a presença de plantas daninhas de difícil controle.

O paraquat, herbicida inibidor do fotossistema I, caracteriza-se por ser um herbicida não seletivo que pode ser utilizado na dessecação, em pré-emergência das culturas e em pós-emergência das plantas daninhas e em aplicações em jato dirigido. Poucas horas após a aplicação desse herbicida, na presença de luz, verifica-se severo dano nas folhas das plantas tratadas.

O herbicida deve de ser aplicado nas entre linhas do sorgo, de forma que o jato do pulverizador atinja somente as folhas baixas e não atinja as folhas de cima. É recomendado que no momento da aplicação as plantas estejam acima de quatro pares de folhas (pós-emergência avançada), com uma altura mínima de 40 a 50 cm. Para a aplicação tratorizada, recomenda-se o uso de uma barra especial com pingentes de mola que permitam baixar os bicos e dirigir o jato para a base das plantas ou com protetores para evitar a aplicação do herbicida nas plantas. Essa é uma operação limitada pela altura das plantas. Se o sorgo estiver muito alto, a barra do pulverizador pode quebrar a cana da planta.

De acordo com a estrutura química e com as condições edafoclimáticas, os herbicidas

podem ser totalmente degradados ou podem deixar resíduos no solo que podem prejudicar o crescimento e desenvolvimento das culturas em sucessão. No caso da cultura do sorgo, considerada, em alguns casos, planta-teste em estudos de resíduo de herbicidas, devem-se tomar cuidados especiais observando-se sempre os herbicidas utilizados na cultura antecessora. Este é o caso de dinitroanilinas (pendimethalin e trifluralin), imidazolinonas (imazaquin e imazethapyr), sulfonilureias (chlorimuron-ethyl e nicosulfuron), dentre outros. Resíduos destes herbicidas, acumulados ou não ao longo de várias aplicações, podem reduzir o sistema radicular do sorgo e, conseqüentemente, a sua produtividade.

Caso escolha-se implementar a cultura em sistema de plantio direto, o manejo de plantas daninhas poderá ser realizado por meio de métodos mecânicos, como o rolo-faca, o picador de palha ou a roçadeira ou, ainda, mediante a dessecação com herbicidas de manejo. Na maioria dos casos, os herbicidas utilizados para o manejo após a colheita são à base de glyphosate, 2,4D, paraquat e paraquat + diuron. Alguns produtores têm utilizado, para complementar o espectro de controle das plantas daninhas, associações com outros herbicidas, como chlorimuron-ethyl, carfentrazone-ethyl e flumioxazin, ou mesmo a mistura formulada de glyphosate + imazethapyr. Neste caso, deve-se lembrar sempre da questão do efeito residual, visto que o sorgo é uma planta sensível a vários herbicidas.

As aplicações dos herbicidas, para que os produtores tenham uma melhor eficácia, deverão, na maioria das vezes, ser realizadas quando as plantas não estiverem em estresse hídrico, em temperatura ambiente no momento nunca inferior a 10 °C e superior a 35 °C, sendo a temperatura ideal entre 20 e 30 °C, com umidade relativa do ar não inferior a 60% e nunca com ventos superiores a 10

km/h. A utilização de herbicidas deve ser acompanhada por um técnico responsável, e os produtos utilizados devem estar registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e cadastrados na secretaria de Agricultura de cada estado.

Antes da aquisição de qualquer herbicida, deve ser feita uma avaliação correta do problema e da necessidade da aplicação. Não se deve adquirir nenhum defensivo agrícola sem receituário agrônomo. Deve-se verificar a data de validade, evitando comprar produtos vencidos e com embalagens danificadas. Lembrar de que embalagens vazias de defensivos devem ser retornadas a locais apropriados e definidos (buscar orientação com o vendedor do defensivo).

Manejo Integrado de Pragas em Sorgo Sacarino

A cultura do sorgo sacarino começa a despontar com potencial para a produção de etanol no Brasil, as pesquisas com levantamentos e monitoramentos de insetos nas lavouras ainda são incipientes. Acompanhamentos são essenciais para mostrar quais grupos de pragas de sorgo têm potencial para alcançar o *status* de praga e para aportar as estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP) que começam a ser desenhadas para o sorgo sacarino.

Assim, com o intuito de balizar e discutir a questão do MIP nessa cultura mostram-se aqui as principais espécies de insetos-pragas levantadas em lavouras de sorgo e as possibilidades para manejá-las (Figura 8).

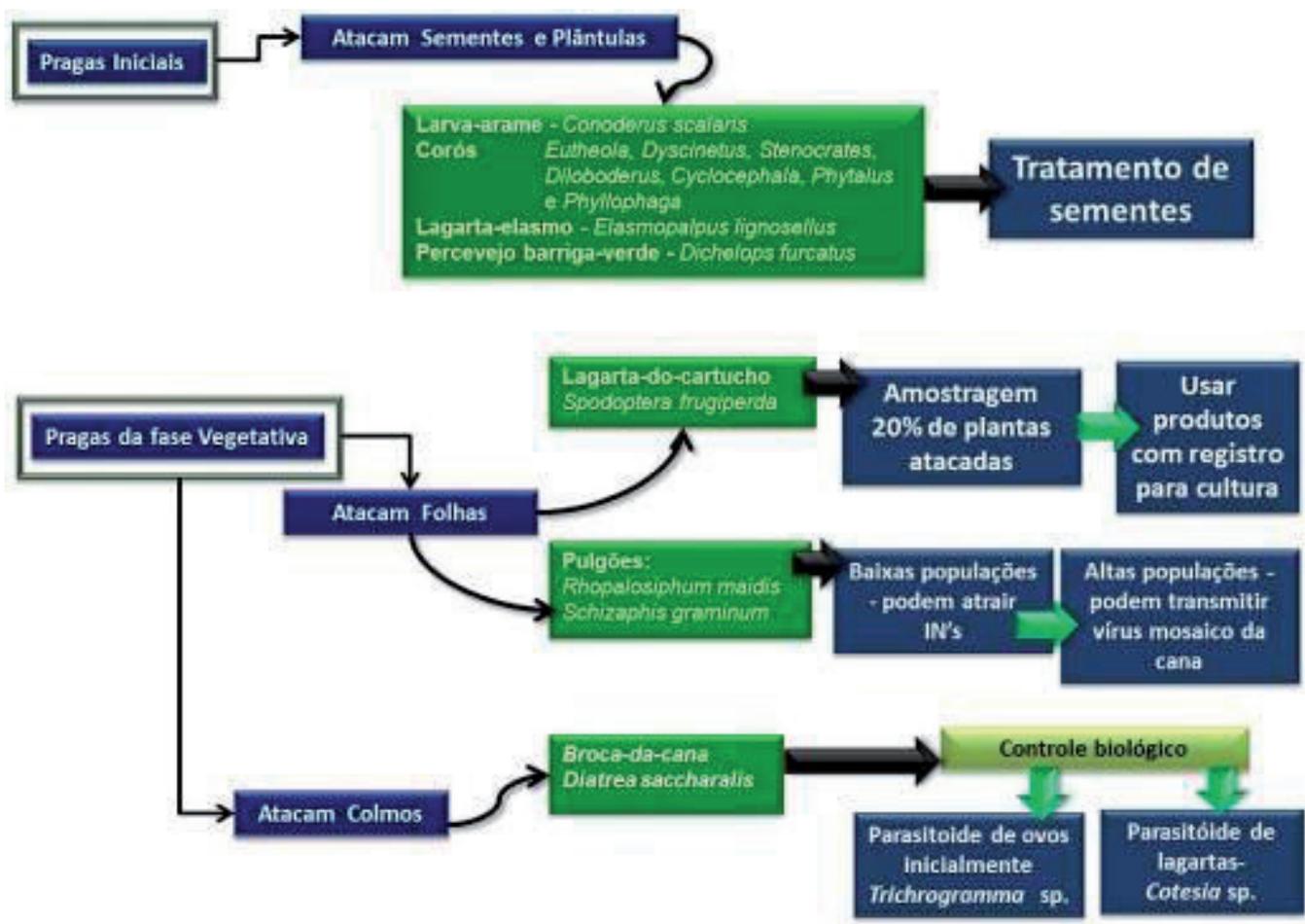


Figura 8. Fluxograma de principais insetos-pragas e estratégias de manejo em sorgo sacarino.

Pragas Iniciais – Compreende um grupo de insetos que ataca desde as sementes até as plântulas. Na Figura 8, estão sumarizadas as principais espécies de insetos considerados pragas iniciais na cultura do sorgo. O grupo de insetos que atacam a parte subterrânea das plantas é mais difícil de ser observado. Os danos implicam principalmente a redução de estande, do vigor da planta e do sistema radicular, contribuindo para maior acamamento e redução drástica do índice de colheita. As principais espécies subterrâneas são: peludinha [*Astylus variegatus* (Germar)]; larva-aramé [*Conoderus scalaris* (Germar)]; corós ou bicho-bolo, que são larvas de várias espécies de besouros dos gêneros *Eutheola*, *Dyscinetus*, *Stenocrates*, *Diloboderus*, *Cyclocephala*, *Phytalus* e *Phyllophaga*. Pertencentes ao grupo de insetos que ataca a plântula estão a lagarta-elasma [*Elasmopalpus*

lignosellus (Zeller)], cujo sintoma de dano típico é o coração-morto, e o percevejo-barriga-verde [*Dichelops furcatus* (Fabr.)], que pode causar deformação nas plantas e aumentar o perfilhamento. Para esse grupo de insetos-praga preconiza-se realizar o tratamento de sementes.

Pragas da Parte Vegetativa

A lagarta-do-cartucho [*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)] tem sido apontada como uma das espécies mais nocivas em lavouras de sorgo sacarino no Brasil (Figura 9). As lagartas desta praga são encontradas, normalmente, dentro do cartucho das plantas durante o dia e com atividade intensa durante a noite. As fêmeas, depois do acasalamento, depositam massas de ovos (aproximadamente 150 ovos/postura) nas folhas. Após a eclosão,

as lagartas raspam o limbo foliar e migram para o cartucho da planta. As folhas novas são danificadas dentro do cartucho e, quando se abrem, apresentam lesões simétricas nos dois lados do limbo foliar. Nos dois últimos instares, as lagartas consomem grande quantidade de folha e provocam os maiores danos. Para o manejo dessa espécie recomenda-se realizar o monitoramento das lavouras, sobretudo até o estágio de V8-V9. Quando as amostragens indicarem 20% de plantas com lagartas e sintomas de folhas raspadas, sugere-se entrar com pulverizações de inseticidas. É importante utilizar inseticidas que contenham registro para a cultura, pois o sorgo apresenta problemas de fitotoxidez em relação a alguns princípios ativos.



Figura 9. Lagarta-do-cartucho em planta de sorgo sacarino.

Duas espécies de pulgões são comumente encontradas em lavouras de sorgo sacarino: o pulgão-verde [*Schizaphis graminum* (Rondani)] e o pulgão-do-milho [*Rhopalosiphum maidis* (Fitch)] (Figuras 10 e 11). A reprodução desses insetos ocorre num período de tempo relativamente curto e eles possuem alto potencial biótico, podendo formar grandes colônias e causar danos expressivos. Os danos podem ser diretos, devido à sucção de seiva das plantas, ou indiretos, pela transmissão de vírus, como

o do mosaico-da-cana-de-açúcar, induzidos pelos pulgões adultos e alados durante a picada de prova no início da colonização ou na dispersão na lavoura. No entanto, é importante lembrar que quando presentes em pequenas populações, esses insetos podem atrair um grande número de agentes de controle biológico para a lavoura, que podem auxiliar a prevenir surtos de outras pragas.



Figura 10. Pulgão-verde em planta de sorgo sacarino.



Figura 11. Pulgão-do-milho em planta de sorgo sacarino.

Os adultos da broca-da-cana [*Diatraea saccharalis* (Fabr.)] são mariposas (Figura 12) que colocam seus ovos nas folhas do sorgo (Figura 13). Após a eclosão, as lagartas raspam o limbo foliar e dirigem-se internamente para a base da bainha das folhas, por onde penetram no colmo e, ao se alimentarem, formam galerias. Estas galerias normalmente são verticais e ascendentes ou podem ser circulares, seccionando o colmo (Figura 14). Em ambos os casos, as galerias podem ser contaminadas por fungos que provocam uma reação vermelha no interior do colmo, contribuindo para aumentar os danos. Essa reação tem uma coloração vermelha pronunciada, em função do pigmento antocianina, presente naturalmente no sorgo. A broca-da-cana é uma espécie polífaga, podendo ser encontrada em mais de 65 espécies vegetais, incluindo pastagens de importância econômica, além de cana-de-açúcar, milho, milheto, sorgo sacarino, trigo, entre outras, causando perdas econômicas consideráveis nesses cultivos.

Em sorgo, a broca-da-cana provoca danos diretos e indiretos. Os diretos são decorrentes do consumo dos tecidos da planta, que pode apresentar perda de peso, abertura de galerias, morte da gema apical, tombamento das plantas, encurtamento do entrenó, enraizamento aéreo e crescimento das gemas laterais. Esses danos podem ocorrer de forma isolada ou associada. Já os danos indiretos estão relacionados com a entrada de microrganismos oportunistas, como os fungos *Fusarium moniliforme* (Sheld.) e *Colletotricum falcatum* Went., que promovem a inversão da sacarose e a diminuição da pureza do caldo, levando a menor rendimento de açúcar e a contaminações da fermentação alcoólica, com menor rendimento em álcool. Além disso, há quebraimento das plantas, que pode ser agravado por ventos fortes e plantios muito adensados.

Recomenda-se monitorar essa espécie nas lavouras com a utilização de armadilhas contendo fêmeas virgens (feromônio natural) e manejar a infestação com a utilização de agentes de controle biológico. Na fase inicial do cultivo, deve-se priorizar a liberação de parasitoides de ovos (*Trichogramma* spp.), com intuito de reduzir a infestação inicial e com a detecção de infestação de lagartas nos colmos, deve-se iniciar as liberações de parasitoides de larvas, especialmente *Cotesia* spp., que apresenta alta especificidade com as larvas dessa praga. A utilização do controle biológico deve ser a estratégia de manejo prioritária e tem mostrado relativo sucesso nas lavouras acompanhadas até o momento, sobretudo porque não existem inseticidas registrados para o controle dessa praga em sorgo.



Figura 12. Adultos da broca-da-cana em planta de sorgo sacarino.



Figura 13. Ovos da broca-da-cana.



Figura 14. Broca-da-cana no interior de planta de sorgo sacarino.

Assim, é importante ressaltar que programas de manejo devem ser baseados em monitoramentos constantes da população de insetos, em estratégias que usem racionalmente a aplicação de inseticidas e, sobretudo, visando o equilíbrio da população de insetos no campo para que não causem dano econômico. Essa prática somente pode ser alcançada no campo com a utilização de agentes de controle biológico prioritariamente. Além disso, o baixo aporte de inseticidas disponíveis para utilização nas lavouras de sorgo, no Brasil, impulsiona o setor produtivo

e a pesquisa a buscar estratégias de controle viáveis e sustentáveis.

Manejo de Doenças em Sorgo Sacarino

As doenças estão entre os fatores bióticos que podem interferir na qualidade e produtividade de biomassa e etanol gerados pelo sorgo sacarino. Vários patógenos podem atacar a cultura em diferentes fases de seu desenvolvimento. Diferentes patógenos podem atacar todas as partes da planta, como colmo, raízes, panículas e folhas, levando à redução da área foliar fotossintetizante, podridão e danos aos colmos, seca precoce e acamamento das plantas. Os prejuízos causados pelas doenças vão além das perdas na qualidade e na quantidade de massa verde. Algumas doenças também reduzem a quantidade de açúcares no colmo ou predisõem a planta ao ataque de patógenos causadores de podridão de colmo.

As doenças que atacam a cultura do sorgo sacarino são as mesmas que infectam os outros tipos de sorgo (grão, pastejo e silageiro) e sua ocorrência e severidade dependerão da quantidade de inóculo do patógeno na área de cultivo, das condições ambientais e da suscetibilidade de cada cultivar. Dentre as doenças que afetam a cultura no Brasil, destacam-se como importantes a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), o míldio (*Peronosclerospora sorghi*), a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), a ferrugem (*Puccinia purpurea*), o ergot ou doença-açucarada (*Claviceps africana*) e a podridão-seca (*Macrophomina phaseolina*).

A seguir serão abordadas as principais doenças que incidem atualmente no sorgo sacarino. Estas serão divididas em doenças da parte aérea, do colmo e da panícula.

Doenças da Parte Aérea

As doenças de parte aérea se dividem em doenças foliares, podridões de colmo e doenças da panícula. Entre elas, alguns patógenos podem infectar mais de uma parte da planta.

Doenças Foliares

Entre as doenças foliares, as mais importantes são a antracnose, a helmintosporiose, a ferrugem e o míldio.

Antracnose (*Colletotrichum sublineolum*)

A antracnose é uma das doenças mais importantes do sorgo, estando presente em, praticamente, todas as áreas de plantio no Brasil. Sob condições favoráveis, as perdas na produção podem ser superiores a 70%.

Os sintomas típicos da doença são lesões de forma elíptica a circular, com até 5 mm de diâmetro, de coloração palha, com margens avermelhadas, alaranjadas, púrpuro-escuras ou castanhas, dependendo da cultivar. No centro das lesões desenvolvem-se frutificações típicas do patógeno, os acérvulos, onde são produzidos os conídios (Figura 15). A coincidência da fase de formação e grãos com temperaturas e umidade elevadas resulta em maior severidade da doença. *C. sublineolum* pode sobreviver em restos de cultura e em sementes infectadas. A disseminação do patógeno ocorre através de vento e de respingos de chuvas, e a longas distâncias, principalmente por sementes contaminadas. *C. sublineolum* também infecta o pedúnculo, o colmo, a panícula, os grãos e as raízes de sorgo e outras espécies de gramíneas, entre as quais as várias espécies de sorgo, cultivados e selvagens.



Figura 15. Sintomas de antracnose: (A) Ataque severo de *Colletotrichum sublineolum* em sorgo. (B) Detalhe da antracnose foliar com lesões coalescentes e (C) Antracnose na nervura central da folha. Fotos: Dagma D. da Silva e Luciano Viana Cota **Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*)**

A helmintosporiose ocorre com maior frequência antes da emergência da panícula e pode ocasionar perdas superiores a 50% na produção. A sua incidência tem sido maior em áreas de plantios de safrinha no Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. O sorgo sacarino poderá ser severamente atacado por esta doença em função da época de plantio visando cobrir a entressafra da cana. Os sintomas da doença são lesões alongadas de formato elíptico, púrpuro-avermelhadas ou cinza-amareladas, que se desenvolvem inicialmente nas folhas inferiores. Em ataques severos, pode ocorrer queima de toda a parte aérea das plantas, o que reduz a qualidade e quantidade de forragem e predispõe as plantas à podridão de colmo (Figura 16).

A helmintosporiose é favorecida por temperaturas amenas, entre 18 e 27 °C, e pela ocorrência de chuvas. Por ser favorecida por temperaturas mais baixas, a doença tem se tornando umas das principais doenças do sorgo cultivado em plantios da segunda safra. *E. turcicum* sobrevive como micélio e conídios em restos culturais deixados no solo. Os conídios podem ser transportados a longas distâncias pelo vento e são responsáveis pela disseminação da doença. O fungo também tem espécies de sorgo selvagem como plantas hospedeiras.



Figura 16. Sintomas de helmintosporiose em folhas de sorgo sacarino. (A) Detalhes das lesões, (B) Aspecto das plantas de sorgo sacarino infectadas por *Exserohilum turcicum*. Fotos: Luciano Viana Cota.

Míldio do sorgo (*Peronosclerospora sorghi*)

O míldio é uma doença com ampla faixa de adaptação climática, sendo encontrada em todas as regiões de plantio de sorgo no Brasil. A doença ocorre na forma de infecção sistêmica e localizada, sendo que no primeiro caso os sintomas típicos de infecção são a formação de faixas paralelas de tecidos verdes alternadas com áreas de tecidos cloróticos. Plantas jovens apresentam clorose e enfezamento, podendo morrer prematuramente (Figura 17).

Em plantas com infecção sistêmica, uma estrutura de resistência denominada oósporos é produzida e liberada ao solo através das folhas, onde sobrevivem por longos períodos. Os oósporos irão infectar plantas suscetíveis no próximo plantio. Em condições de alta umidade e temperaturas amenas ocorre a produção de conidióforos e conídios na parte abaxial das folhas. Os conídios são uma forma de disseminação da doença dentro de uma lavoura e resultam na infecção localizada.

Na fase localizada da doença as lesões são necróticas.



Figura 17. Míldio do sorgo. (A) infecção sistêmica, (B) infecção localizada, (C) estágio mais avançado da infecção sistêmica, (D) abundante produção de conídios (esporângios) e esporangioforos de *Peronosclerospora sorghi*. em folhas infectadas. Fotos: Luciano Viana Cota

Ferrugem (*Puccinia purpurea*)

A ferrugem está distribuída por todas as áreas de plantio de sorgo do Brasil, sendo maior a sua incidência na região Sudeste. A doença é mais frequente entre 45 e 90 dias após a emergência e mais severa após o florescimento, mas pode também ocorrer em plantas jovens sob condições de umidade, temperaturas amenas e alta suscetibilidade das cultivares. Os sintomas típicos da doença são a formação de pústulas de coloração castanho-avermelhada com cerca de 2 mm de comprimento que se distribuem paralelamente e entre as nervuras das folhas. As primeiras pústulas aparecem na parte abaxial das folhas baixas (Figura 18). Pústulas mais desenvolvidas rompem-se liberando uredósporos e possibilitando sua disseminação.

Os uredósporos de *P. purpurea* são disseminados pelo vento e por se tratar de parasita obrigatório, não sobrevivem por períodos longos na ausência de hospedeiro vivo. O patógeno sobrevive em hospedeiros

alternativos, entre os quais as espécies de sorgo selvagem *Sorghum verticilliflorum* e *S. halepense*. A ferrugem reduz o valor da forragem, predispõe as plantas ao ataque de *Fusarium* e *Macrophomina phaseolina* e reduz o conteúdo de açúcares no colmo.



Figura 18. Ferrugem do sorgo. Pústulas na parte abaxial das folhas. Foto: Luciano Viana Cota.

Doenças da Panícula

Doença Açucarada do Sorgo (*Sphacelia sorghi*)

Atualmente, a mela é a principal doença da panícula, ocorrendo de maneira severa e generalizada em todas as regiões do Brasil. O patógeno infecta o ovário não fertilizado, durante a antese, não permitindo que a polinização ocorra, e devido a isto, a doença tornou-se um sério problema para as indústrias de sementes e para os produtores de grãos e/ou forragens de sorgo.

O agente causal dessa doença é o fungo *Sphacelia sorghi*. Os primeiros sintomas da doença açucarada podem ser observados no ovário. De três a cinco dias após a infecção, esse órgão apresenta-se enrugado, com uma coloração cinza, contrastando com o verde-escuro e arredondado de um ovário sadio e fertilizado. Gotas de coloração rósea,

pegajosas e adocicadas são exsudadas dos ovários. Em situações de infecção severa, manchas brancas podem ser observadas nas partes das plantas logo abaixo das panículas infectadas, por causa do respingo de gotas exsudadas dos ovários. Em condições de alta umidade, um fungo saprófita, *Cerebella volkensis*, desenvolve-se sobre as gotas, que se tornam negras e amorfas, apresentando aspecto de carvão (Figura 19). Em condições de alta temperatura e baixa umidade, a exsudação se resseca, transformando-se em crosta esbranquiçada e dura. Nas glumas, os estromas se transformam em esclerócios, estruturas que permitem ao patógeno sobreviver por alguns anos. A fonte primária de infecção são conídios provenientes de hospedeiros secundários, como *S. verticilliflorum*, de plantas remanescentes infectadas ou de restos de cultura. Conídios, produzidos aos milhares na mela, entre cinco a dez dias após a infecção primária, são disseminados de uma flor a outra, em uma mesma panícula ou entre panículas. O patógeno é disseminado, rapidamente, levado pelo vento, por respingo de chuva e por insetos. As condições meteorológicas favoráveis ao desenvolvimento da doença açucarada, durante o florescimento, são temperaturas mínimas de 13 a 19 °C e umidade relativa entre 76 a 84%.

Para a produção de mela, o patógeno converte a sacarose da planta em outros tipos de açúcares na cavidade floral. Para o sorgo sacarino, que tem a quantidade de açúcares no colmo como um dos parâmetros mais relevantes para a produção de etanol, a doença açucarada pode ter efeito negativo ao reduzir a quantidade destes açúcares.



Figura 19. Doença açucarada do sorgo. (A) Exsudação de gotas nas panículas, (B) Desenvolvimento saprofítico nas gotas dão aspecto de carvão nas panículas. Fotos: Luciano Viana Cota

Doenças do Colmo

Antracnose-do-Colmo (*Colletotrichum sublineolum*)

Antracnose no colmo é uma das mais importantes doenças da cultura do sorgo comum e sacarino, pela sua ocorrência generalizada e sua capacidade de reduzir, sensivelmente, a produção e a qualidade dos colmos e grãos. No Brasil, ela está presente em todas as áreas de plantio de sorgo, podendo causar perdas superiores a 70% na produção de colmos e de grãos em cultivares suscetíveis e sob condições ambientais favoráveis.

Os sintomas de infecção no colmo e no pedúnculo aparecem normalmente no período de maturação da planta. Esses órgãos infectados adquirem, internamente, uma coloração avermelhada ou amarelada, com pontuações brancas correspondentes aos pontos de penetração do fungo. Em situações de alta severidade, a antracnose do colmo

poderá resultar em tombamento de plantas, dificultando a colheita (Figura 20).



Figura 20. Sintomas de antracnose-do-colmo. (A) Colmo severamente infectado (B) Escurecimento devido à podridão causada por *C. sublineolum* e (C) tombamento de plantas no campo em decorrência da doença. Fotos: Luciano Cota Viana.

Podridão-Seca-do-Colmo (*Macrophomina phaseolina*)

A podridão-seca-do-colmo ou podridão por *Macrophomina* é uma doença importante em regiões quentes e sujeitas a déficit hídrico. A podridão-seca é mais importante em plantios de segunda safra, ou safrinha, como tem sido chamada no Brasil, nas regiões Centro-Oeste e em áreas do Nordeste. A doença é mais severa quando o período de enchimento dos grãos coincide com temperatura elevada e déficit hídrico, e as perdas podem ser superiores a 50% devido ao acamamento de plantas.

O patógeno infecta mais de 400 espécies de plantas. A infecção na planta ocorre nos primeiros estádios de seu desenvolvimento, causando queima e tombamentos das plântulas, mas os sintomas, geralmente, aparecem em plantas adultas. Nas raízes, as lesões têm aspecto encharcado, coloração castanha ou preta. A desintegração da medula resulta na podridão do colmo, onde se percebem apenas os vasos com numerosos escleródios pequenos e pretos (Figura 21). O

colmo se torna suscetível ao acamamento, que caracteriza os sintomas da doença. A infecção pelo fungo é favorecida por altas temperaturas e baixa umidade do solo após o florescimento. O patógeno sobrevive no solo na forma de escleródios, os quais podem permanecer viáveis por períodos de dois a três anos.



Figura 21. Podridão-seca-do-colmo (A) e acamamento de plantas de sorgo (B) causado por *Macrophomina phaseolina*. Foto: Alexandre da Silva Ferreira (Fonte: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_7_ed/doencas.htm#doencacolmo).

Doenças Potenciais

Algumas doenças, embora ocorram atualmente com baixa frequência, apresentam potencial para causar danos à cultura. São elas, o mosaico-da-cana-de-açúcar (SCMV); a mancha-de-ramulispورا (*Ramulispora sorghi*), que tem aumentado de frequência nos últimos anos, atacando várias cultivares de sorgo sacarino; mancha-alvo (*Bipolaris sorghicola*), a cercosporiose (*Cercospora fusimaculans*); e os nematoides, principalmente *Pratylenchus spp.* e *Meloidogyne spp.* (Figuras 22 a 25). Entre estas doenças, o SCMV e os nematoides são comuns à cana-de-açúcar e ao sorgo, havendo necessidade de mais informações de sua ocorrência em áreas de sucessão entre estas culturas.

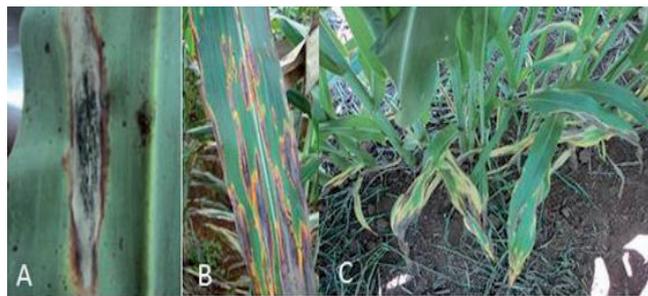


Figura 22. Sintomas de mancha-de-ramulispورا, (A e B) Detalhe das lesões, (C) Aspecto da doença em fase inicial. Fotos: Luciano Cota Viana e Dagma D. da Silva



Figura 23. Sintomas de mancha-alvo em sorgo, (A) Manchas avermelhadas e ovais típicas da doença (B) Seca das folhas devido à ocorrência da doença. Fotos: Dagma D. da Silva



Figura 24. Sintomas de mancha-zonada. Fotos: Dagma D. da Silva



Figura 25. Sintomas de mosaico-da-cana-de-açúcar. Fotos: Luciano Cota Viana

Manejo das Doenças em Sorgo Sacarino

O correto manejo das doenças em sorgo depende dos patógenos presentes em cada região de cultivo, da reação das cultivares a cada patógeno, da época de ocorrência de cada doença e da existência de condições climáticas que as favoreçam. Para decidir que medida de controle deverá ser adotada é importante fazer o monitoramento e a correta diagnose das doenças em campo.

A primeira medida de controle a ser observada é o genótipo a ser plantado, pois existe variação na reação dos genótipos de sorgo sacarino para as principais doenças, como a antracnose, a helmintosporiose e a ferrugem. A resistência genética é a medida mais importante para o manejo de todas as doenças em sorgo, não havendo diferença no preço de sementes suscetíveis e resistentes das cultivares. No entanto, a variabilidade dos patógenos é o principal problema quando se pensa em durabilidade da resistência genética, por causa da possibilidade de superação da resistência, principalmente em áreas com alta quantidade de inóculo e plantios contínuos com a mesma cultivar. O plantio deve ser realizado, preferencialmente, em períodos em que as condições climáticas sejam desfavoráveis às principais doenças na região. No caso do sorgo sacarino, cultivado no período de entressafra da cana, o plantio ocorrerá nos meses quentes do ano e com maior precipitação, entre novembro e dezembro, o que poderá favorecer as doenças que têm sua severidade aumentada nestas condições.

O tratamento de sementes é uma medida importante para manejo de doenças em sorgo sacarino e pode impedir/reduzir a entrada de inóculo dos principais patógenos, via sementes, em áreas onde ainda não estão presentes, como em algumas áreas de cultivo de cana-de-açúcar onde o sorgo ainda não foi

introduzido. Existe registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) um produto comercial à base de metalaxil + fludioxonil para o controle de fungos do solo que tem sido eficiente em reduzir a incidência de míldio, e dois produtos comerciais registrados, à base de captana, para o controle de patógenos causadores de podridões, tombamentos e mofos, tais como *Phoma sorghina*, *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria tenuissima*, *Fusarium moniliforme*, *Rhizopus spp.*, e *Aspergillus spp.* Estes produtos também são recomendados para tratamento de sementes visando ao controle de *C. sublineolum* e *E. turcicum*.

Conhecer a época de ocorrência também ajuda na tomada de decisão sobre o manejo das doenças. As principais doenças em sorgo, como a helmintosporiose e a antracnose, ocorrem na fase vegetativa ou a partir do florescimento. A helmintosporiose ocorre com maior frequência antes da emergência da panícula. A sua incidência tem sido maior em áreas de plantios de safrinha no Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, devido às condições mais baixas de temperatura durante o desenvolvimento da cultura, que favorecem sua incidência e severidade. A ferrugem, doença causada por *Puccinia purpurea*, um parasita obrigatório, necessita de tecido vivo para se desenvolver, mas tem como condições favoráveis temperaturas mais amenas e alta umidade. A partir do florescimento, a antracnose passa a ser a doença mais severa em cultivares suscetíveis.

Com a proximidade do florescimento atenção também deve ser dada à ocorrência da doença açucarada, ou mela do sorgo. Todos os fatores ambientais e biológicos que afetam a produção e o vigor do pólen e/ou impedem a abertura normal das anteras vão favorecer o patógeno a induzir e desenvolver a doença. Para esta doença, existe registro no Mapa de fungicidas à base de tebuconazol. A época de aplicação no caso da mela é

extremamente importante, considerando-se seus efeitos na produção de sementes. A primeira pulverização deverá ser realizada próximo ao florescimento de forma a proteger as flores da infecção. A seguir, nova pulverização poderá ser necessária, uma vez que a fertilização do sorgo ocorre de forma gradativa, iniciando-se no topo da panícula seguindo para a base, num processo que dura entre quatro e cinco dias. Pulverizações após a completa fertilização das flores são dispensáveis, pois o fungo não infecta flores fertilizadas. Além disso, para controle desta doença, deve-se atentar para a época de semeadura, evitando-se a coincidência entre o florescimento e a época em que prevalecem baixas temperaturas, e remover plantas remanescentes e hospedeiros secundários; em campos de sementes, deve-se garantir a coincidência de florescimento entre as linhagens-macho e fêmeas para garantir a rápida fertilização.

Para as outras doenças, o controle químico também deverá ser realizado de acordo com a presença e severidade e com a época de ocorrência delas durante o ciclo da cultura. Considerando que a helmintosporiose e a ferrugem ocorrerão principalmente na fase vegetativa, e que a antracnose é mais severa a partir do florescimento, deve-se atentar para sua ocorrência nestas fases da cultura, o que permite definir sobre a necessidade de controle. Para o controle da helmintosporiose, uma maior eficiência de controle tem sido verificada quando a aplicação é realizada entre 40-45 dias após a emergência (DAE). No caso da antracnose, a maior eficiência da aplicação de fungicida ocorre quando a primeira é realizada entre 60-65 DAE.

As moléculas de fungicidas disponíveis no mercado têm especificidade de controle para alguns patógenos. Por exemplo, os fungicidas à base de tebuconazol têm registro para uso na cultura do sorgo para o controle de ergot, e também têm efeito

sobre as ferrugens e a helmintosporiose, mas apresentam baixa eficiência no controle da antracnose foliar. Por outro lado, fungicidas à base de carbendazim têm sido amplamente utilizados pelos agricultores para o controle de antracnose, devido ao seu baixo custo; no entanto, esta molécula é pouco eficaz contra os fungos causadores das ferrugens e da helmintosporiose. Dos produtos disponíveis no mercado, as misturas de triazol + estrobirulinas apresentam um maior espectro de ação para o controle de doenças foliares do sorgo. Para sorgo sacarino, ainda são necessários trabalhos sobre número e época de aplicação de fungicidas e interação destes com o nível de resistência das cultivares. O problema atual do controle químico em sorgo é que, com exceção do tebuconazol e dos princípios ativos liberados para tratamento de sementes, nenhuma outra molécula possui registro no Ministério da Agricultura para uso nessa cultura para o controle de doenças de parte aérea.

O efeito das práticas culturais nas doenças de sorgo sacarino tem sido avaliado pela Embrapa. A utilização da rotação entre cultivares de sorgo granífero, suscetível e resistente, é capaz de reduzir a severidade da antracnose e pode ser uma alternativa viável em sorgo sacarino, dado que se tem observado diferença na reação das cultivares sacarinas a diferentes doenças.

Algumas considerações devem ser feitas em relação à ocorrência de doenças em sorgo sacarino nas áreas das usinas canavieiras. Os principais patógenos que atacam a cultura do sorgo, como *C. sublineolum* (antracnose) e *E. turcicum* (helmintosporiose), são necrotróficos, ou seja, sobrevivem como saprófitos em restos culturais (palhada) de sorgo após a colheita. Para essa categoria de patógenos, a sobrevivência e a multiplicação do inóculo na palhada do sorgo, no campo, são fundamentais para o desenvolvimento de severas epidemias na lavoura. No caso

do plantio do sorgo sacarino na entressafra da cana, dois fatores importantes devem ser considerados. Em primeiro lugar, o sorgo será cultivado, na mesma área, na renovação do canavial, ou seja, em média a cada cinco anos. Segundo, nesse sistema, o sorgo sacarino será cultivado na palhada da cana. Esses dois fatores contribuem fortemente para a redução do potencial de inóculo desses patógenos da cultura do sorgo na área de plantio. Considerando a importância do inóculo inicial para o desenvolvimento de epidemias dos referidos patógenos, existe uma expectativa de que a severidade das doenças por eles causadas não atinja níveis elevados, não requerendo a adoção de medidas adicionais de controle, como o controle químico, na maioria dos anos. Entretanto, como se trata de uma expectativa, o monitoramento das doenças deve ser realizado de modo a confirmar, ou não, a sua ocorrência.

Para outros patógenos que não se enquadram na categoria de necrotróficos, embora sejam considerados secundários para a cultura do sorgo, deve ser dada atenção especial para evitar a ocorrência de severas epidemias. Esse é o caso da ferrugem, causada pelo fungo *P. purpurea*, um parasita obrigatório, cuja disseminação ocorre pelo vento e não sobrevive em restos culturais de sorgo. Nesse caso, o inóculo inicial para o desenvolvimento da doença no campo é trazido a partir de outras lavouras por meio das correntes de ar. Como alguns genótipos de sorgo sacarino são suscetíveis a essa doença, deve-se ter cuidado principalmente nas usinas localizadas próximas a regiões onde se cultivam outros tipos de sorgo.

De qualquer forma, a utilização de estratégias de manejo que reduzam o inóculo inicial, dentro do sistema cana/sorgo sacarino, é recomendada, tais como a eliminação de hospedeiros alternativos e eliminação de restos culturais. Esta última, no caso do sorgo do sacarino, será realizada, já que toda a parte

aérea da planta é utilizada pelas usinas no processo de produção do etanol.

Aspectos Econômicos da Produção de Etanol a partir do Sorgo Sacarino

Apesar do potencial do sorgo sacarino para a produção de etanol em complemento à cana-de-açúcar, as primeiras experiências, em termos econômicos, ficaram aquém do possível, ocorrendo prejuízos em muitas situações. A razão para esses resultados consiste no fato de que o sistema de produção do sorgo sacarino encontrar-se ainda em fase de ajustes para explorar o máximo possível o potencial produtivo das cultivares disponíveis e por causa disso ocorreu uma série de equívocos e falhas de manejo. Por isso, há o entendimento de que os resultados podem melhorar substancialmente com a solução dos gargalos no sistema de produção e do manejo mais adequado. Adicionalmente, o lançamento de novas cultivares também deve causar um impacto positivo nos resultados.

A inserção do sorgo sacarino no sistema de produção do etanol deve ser analisada à luz dos problemas inerentes do setor sucroenergético. A sustentação dos preços de combustível a níveis artificialmente baixos tem atuado como desincentivo aos investimentos no setor. Segundo dados do Fórum Nacional Sucroenergético, os investimentos em projetos *greenfield* de usinas na região centro-sul do país têm caído acentuadamente. Em 2008/09 foram construídas 30 novas unidades na referida região, enquanto que em 2011/12 e 2012/13 esse número caiu para, respectivamente, 2 e 3 novas unidades. Além disso, esse desincentivo também tem afetado a renovação dos canaviais, cujo envelhecimento acarreta queda na produtividade.

Outro problema enfrentado pelo setor são as oscilações anuais que inviabilizam o negócio em determinados anos. Por exemplo, o preço

médio do etanol anidro em São Paulo no mês de abril de 2010 ficou em R\$ 0,9084, mas no mesmo período em 2011 os preços ficaram em R\$ 2,3750, o que representa um aumento de 161% em um ano. Em abril de 2012, o preço médio foi de R\$ 1,2597, uma queda de 47% em relação a 2011. Esse comportamento oscilatório é inerente à atividade agrícola, mas ao contrário das culturas temporárias tradicionais, nas quais se o preço estiver baixo o produtor pode simplesmente plantar outra cultura e ajudar a reequilibrar os preços, no setor sucroenergético o produtor fica “preso” pelos grandes investimentos de construção de usinas e no dispêndio de cultivar um canavial. Por causa desses problemas, os prejuízos observados nas experiências de sorgo sacarino para produção de etanol devem ser relativizados.

Objetivando analisar a viabilidade econômica da produção de etanol a partir do sorgo sacarino plantado na entressafra da cana-de-açúcar, procedeu-se a mensuração dos custos de produção em 16 cenários produtivos vinculados às metas da Embrapa Milho e Sorgo. Como simplificação, tomou-se como premissa que os aumentos dos rendimentos de biomassa e de etanol decorrem do desenvolvimento e do melhoramento de variedades e híbridos de sorgo sacarino, definidos pelos referidos cenários, e da adequada utilização de insumos no sistema de produção, visando contribuir para a expansão da produtividade física de biomassa (tonelada por hectare) e qualidade da matéria-prima quanto à taxa de conversão (litros de etanol por tonelada de biomassa) de sorgo sacarino. Assim, no cálculo dos custos de produção, as variações ocorreram apenas em decorrência do maior rendimento de biomassa, impactando assim o custeio de colheita/transporte e o custeio da produção industrial de etanol. Os custos de produção relativos às produtividades de biomassa de 40, 50, 60 e 80 ton/ha foram, respectivamente, R\$ 2.659, R\$ 3.110, R\$ 3.336 e R\$ 3.674. A Tabela 9

apresenta os dados de custo de produção para a produtividade de 40 ton/ha de biomassa e o rendimento de 40 L/t de biomassa.

Na Tabela 9 é importante ressaltar os custos relativos ao transporte e reboque de sorgo sacarino, que juntos totalizam quase 16% dos custos operacionais de produção. Considerando que, por premissa, os aumentos de produtividade impactam apenas o custeio de colheita e transporte e o custeio de produção industrial, conforme o rendimento de biomassa aumenta, as referidas etapas de custeio aumentam a sua participação relativa nas produtividades de 50, 60 e 80 toneladas de biomassa por hectare. Por isso, ao avaliarmos o cenário de rendimento de 80 toneladas de biomassa por hectare, as duas etapas de custeio mais onerosas são justamente a de colheita e transporte e a de produção industrial, respondendo por 29,84% e 28,14%, respectivamente. O peso dos custos de transporte ajuda a praticamente inviabilizar o plantio de sorgo sacarino para a produção de etanol em áreas de arrendamento, conforme simulação adiante.

A colheita do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar ocorre no mês de março, na região centro-sul do Brasil. Assim, no cálculo da receita total obtida pelo produtor, utilizou-se uma média dos preços do etanol anidro recebido pelo produtor em São Paulo¹ nos meses de março e abril, que no caso ficou em R\$ 1,277. Esse preço foi utilizado para o cálculo da receita por hectare para os cenários de rendimento definidos. A Tabela 10 apresenta a rentabilidade da utilização do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar para cada um dos 16 cenários. Prejuízos ocorreram apenas no cenário de baixa produtividade de biomassa (40 t/ha) e rendimento de etanol médio-baixo e baixo, 40 e 60 L/t, respectivamente.

¹Os preços do etanol anidro recebidos pelo produtor no Estado de São Paulo são divulgados pela UNICA sem frete e sem impostos.

Tabela 9. Custo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino.

Custeio do Preparo de Solo por hectare						
Descrição do Custo	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor de uso	Participação no Custo Total (%)	
Gradagem pesada						
trator 240 cv	h/m	1	R\$ 90,34	R\$ 90,34	3,40%	
Distribuição de calcário						
trator 180 cv	h/m	0,5	R\$ 69,57	R\$ 34,79	1,31%	
calcário	ton	1	R\$ 95,00	R\$ 95,00	3,57%	
Grade niveladora						
trator 180 cv	h/m	0,25	R\$ 69,57	R\$ 17,39	0,65%	
Total do custeio de preparo de solo				R\$ 237,52	8,93%	
Custeio do Plantio por hectare						
Descrição do Custo	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor de uso	Participação no Custo Total (%)	
Semeadura						
trator 85 cv com plantadeira de 9 linhas	h/m	0,8	R\$ 82,81	R\$ 66,25	2,49%	
fórmula 04-30-16	ton	0,45	R\$ 1.178,50	R\$ 530,33	19,94%	
mão de obra	d/h	0,10	R\$ 37,17	R\$ 3,72	0,14%	
Semente						
BRS 506	kg	4	R\$ 18,56	74,24	2,79%	
Tratamento das sementes						
Inseticida-Cropstar	litros	0,1	R\$ 169,00	R\$ 16,90	0,64%	
mão de obra	d/h	0,25	R\$ 37,17	R\$ 9,29	0,35%	
Total do custeio do plantio				R\$ 700,72	26,35%	
Custeio de Condução da Lavoura por hectare						
Descrição do Custo	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor de uso	Participação no Custo Total (%)	
Aplicação de Herbicidas						
trator 120 cv	h/m	0,6	R\$ 43,71	R\$ 26,23	0,99%	
Herbicida-Atrazina	litros	2	R\$ 8,20	R\$ 16,40	0,62%	
Aplicação de Fungicida						
trator 120 cv	h/m	0,6	R\$ 43,71	R\$ 26,23	0,99%	
Fungicida-Opera	litros	0,75	R\$ 74,00	R\$ 55,50	2,09%	
Aplicação de Inseticida						
trator 120 cv	h/m	0,6	R\$ 43,71	R\$ 26,23	0,99%	
Inseticida-Lannate	litros	1,2	R\$ 16,70	R\$ 20,04	0,75%	
Adubação de cobertura						
trator 160 cv - adubadeira	h/m	0,5	R\$ 68,38	R\$ 34,19	1,29%	
Fórmula 20-00-20	ton	0,4	R\$ 1.068,00	R\$ 427,20	16,06%	
mão de obra	d/h	0,0625	R\$ 37,17	R\$ 2,32	0,09%	
Total de custeio de condução da lavoura				R\$ 634,33	23,85%	

Cont. Tabela 9.

Custeio de Colheita e Transporte por hectare						
Descrição do Custo	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor de uso	Participação no CT (%)	
Corte de sorgo						
colheitadeira	h/m	0,66	R\$ 280,00	R\$ 184,80	6,95%	
Reboque de sorgo						
Reboque de julietas	ton	40	R\$ 1,98	R\$ 79,20	2,98%	
Transporte de sorgo						
Transporte terceirizado	ton	40	R\$ 8,57	R\$ 342,86	12,89%	
Total de custeio da colheita				R\$ 606,86	22,82%	
Custeio da Produção Industrial por hectare						
Descrição do Custo	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor de uso	Participação no CT (%)	
Custos e despesas industriais totais	R\$/ton	40	R\$ 12,00	R\$ 480,00	18,05%	
Custo operacional total			R\$ 2.659,43			

Tabela 10. Viabilidade econômica do sorgo sacarino em relação aos cenários de rendimento (R\$/ha).

	Rendimento mínimo de biomassa (t/ha)				
		40	50	60	80
Rendimento mínimo de etanol (L/t de biomassa)	85	R\$ 1.426,97	R\$ 3.019,14	R\$ 3.815,23	R\$ 5.009,36
	70	R\$ 405,37	R\$ 1.486,74	R\$ 2.027,43	R\$ 2.838,46
	60	-R\$ 105,43	R\$ 720,54	R\$ 1.133,53	R\$ 1.753,01
	40	-R\$ 616,23	-R\$ 45,66	R\$ 239,63	R\$ 667,56

Para as próximas safras, a Embrapa Milho e Sorgo tem trabalhado para a consolidação da meta-referência de 3.000 litros por hectare. A Tabela 10 informa que o cenário vinculado à meta-referência (50 toneladas por hectare referentes ao rendimento de biomassa e 60 litros por tonelada de biomassa referentes ao rendimento de etanol) é rentável. Adicionalmente, considerando que esse é um valor mínimo de referência para o momento atual e que se espera maior produtividade no futuro, é visível o potencial da cultura.

O Sorgo Sacarino em Áreas de Arrendamento

Os resultados anteriores tratam da produção de etanol a partir do plantio de sorgo sacarino em áreas de reforma de canavial. Um questionamento relevante é a viabilidade dessa produção em áreas de arrendamento, em regiões no entorno do canavial. O problema é que há custos adicionais de se produzir nessas áreas, ocorrendo dispêndios consideráveis com arrendamento e transporte. Em Barretos-SP, por exemplo, o arrendamento em áreas de reforma de canaviais chegou a alcançar R\$ 1.487 por hectare em 2011. Assim, para captar essas restrições, realizou-

se uma simulação da rentabilidade do sorgo sacarino para a produção de etanol em áreas de arrendamento, a partir da duplicação dos custos de transporte e do pagamento de arrendamento com 18 toneladas de sorgo por hectare. A Tabela 11 apresenta os resultados dessa simulação.

A produção de etanol no Brasil ainda apresenta um forte potencial de expansão. Nos últimos anos houve elevado crescimento da demanda, principalmente em razão da expansão da frota de veículos bicompostíveis, não acompanhada pelo aumento da produção.

Tabela 11. Viabilidade econômica do sorgo sacarino em relação aos cenários de rendimento (R\$/ha).

	Rendimento mínimo de biomassa (t/ha)			
	40	50	60	80
85	-R\$ 712,12	R\$ 1.321,58	R\$ 1.418,99	R\$ 2.484,55
70	-R\$ 1.274,00	R\$ 95,66	R\$ 90,91	R\$ 773,37
60	-R\$ 1.554,94	-R\$ 517,30	-R\$ 673,13	-R\$ 82,22
40	-R\$ 1.835,88	-R\$ 1.130,26	-R\$ 1.237,17	-R\$ 937,81

Fonte: Elaboração própria

As informações da Tabela 11 nos dizem que a viabilidade da produção de etanol a partir do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar é comprometida com os custos adicionais das áreas de arrendamento. Nas áreas no entorno do canavial, os 3.000 litros por hectare não são suficientes para garantir um resultado positivo. Os resultados nos dizem que é economicamente inviável de se produzir em tais áreas até em cenário produtivo de 4.200 l/ha, que, ao gerar um lucro muito baixo, não seria interessante em termos de custo de oportunidade.

Processamento Industrial do Sorgo Sacarino para Produção de Etanol

A matriz energética brasileira é modelo de sustentabilidade: enquanto a média mundial é o uso de 13,3% de fontes renováveis, o Brasil utiliza 44,1%. De toda a energia renovável utilizada no país, 15,7% é proveniente da biomassa de cana-de-açúcar, demonstrando a expressividade do etanol (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2012).

Dessa maneira, matérias-primas e tecnologias capazes de elevar os níveis de produção de etanol ganham importância fundamental no país.

A cultura do sorgo sacarino tem se destacado como matéria-prima alternativa, atuando de forma complementar ao cultivo da cana-de-açúcar. Tem como principal objetivo reduzir o período de entressafra (de novembro a março), na qual as usinas ficam ociosas, pois não há cana madura para ser processada, ocorrendo uma elevação do preço do etanol para o consumidor.

Algumas indústrias tiveram sua produção de etanol na safra 2011/12 iniciada com o sorgo sacarino, permitindo o levantamento de parâmetros médios do processamento e das principais diferenças desta matéria-prima quando comparada à cana-de-açúcar, além da avaliação de possíveis soluções para as principais dificuldades encontradas no processamento.

O processo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino é análogo ao empregado para a cana-de-açúcar, apresentando algumas alterações nos parâmetros operacionais, mas com a grande vantagem de não demandar adaptação estrutural da instalação industrial.

Após colheita, o sorgo é encaminhado para a indústria, que inicia o processo de transformação deste em etanol, de acordo com fluxograma apresentado na Figura 26.

parâmetros empíricos determinados para amostras de cana. Seu uso para o sorgo sacarino requer validação e levantamento de novos parâmetros.

No que se refere às características da matéria-prima, as diferenças básicas entre o sorgo sacarino e a cana são um menor teor de açúcares fermentescíveis presentes no caldo do sorgo e uma menor pureza (relação entre massa de sacarose e de sólidos

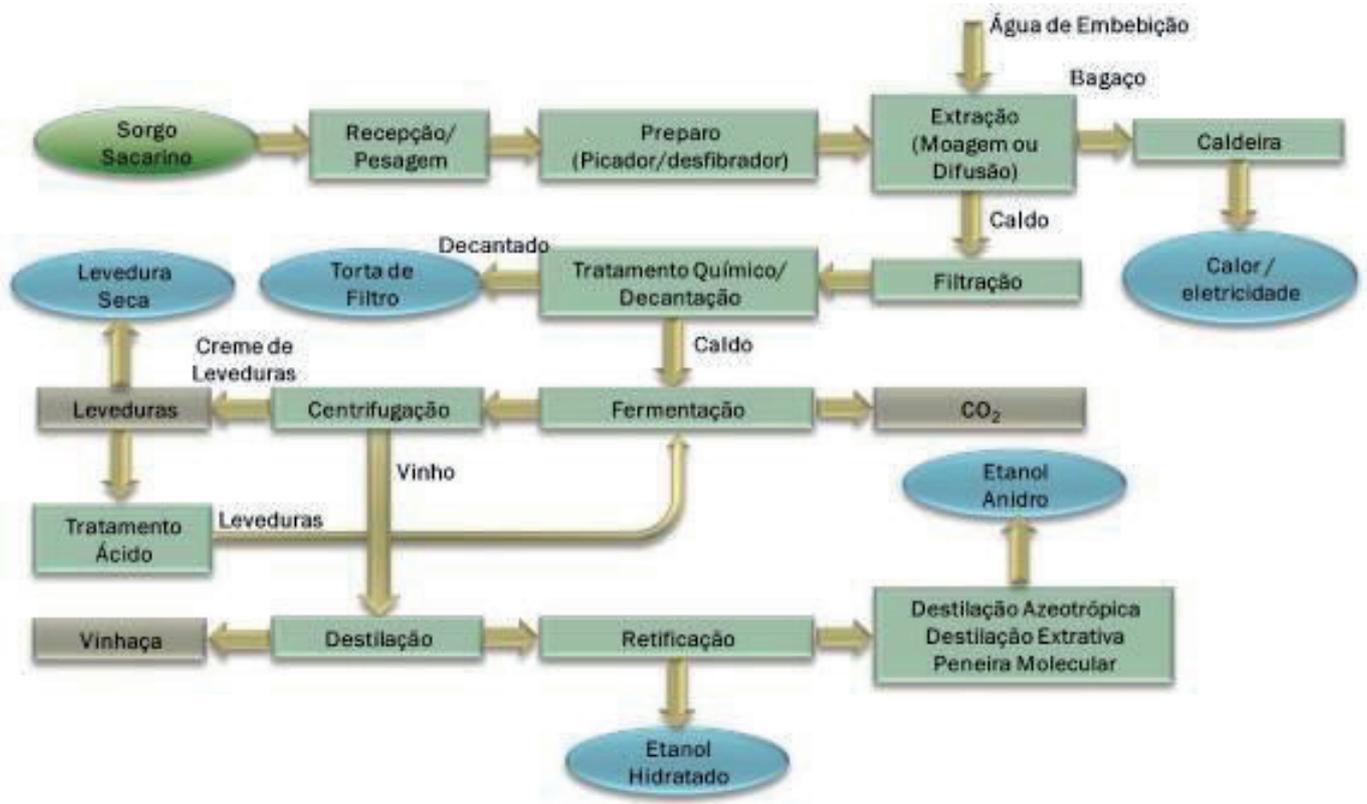


Figura 26. Fluxograma de produção de etanol a partir do sorgo sacarino.

A primeira etapa do processamento consiste na quantificação e determinação da qualidade da matéria-prima por meio de ensaios laboratoriais. Análises realizadas segundo o sistema proposto pelo Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool (CONSECANA), para avaliação da qualidade da cana-de-açúcar, mostram-se, em alguns casos, inadequados para quantificação do sorgo sacarino. As metodologias de análise propostas por este sistema utilizam

solúveis presentes no caldo). Ou seja, não se pode considerar, como usualmente é feito para a cana, que a leitura de brix fornece aproximadamente o teor de sacarose.

O sorgo sacarino também exibe teor de açúcares redutores, considerando glicose e frutose, maior que a cana-de-açúcar, podendo facilitar contaminações bacteriológicas no processo. A principal variedade empregada na etapa de avaliação industrial, sorgo sacarino Embrapa BRS 506, tem concentração de açúcares redutores de até 3%, não resultando em interferência ou contaminação no

processo produtivo. Outras variedades exibem até 15% de açúcares redutores no caldo fresco. A estocagem dos colmos ou grande tempo de pátio tende a promover a inversão da sacarose, elevando a concentração de açúcares redutores.

O sorgo sacarino apresenta teor de amido no caldo maior que a cana-de-açúcar. Este amido, além de não resultar em interferência no processo, tem potencial para elevação do teor de açúcares fermentescíveis, caso sejam empregadas amilases no caldo. Se for considerada a utilização também das panículas, a elevação da concentração de glicose pela hidrólise do amido pode ser ainda maior.

As principais diferenças entre o processamento da cana-de-açúcar e do sorgo sacarino que puderam ser observadas durante as avaliações foram:

- Teor de impureza vegetal do sorgo maior que da cana-de-açúcar, entretanto, sem acarretar prejuízo no processamento;
- O sorgo sacarino pode apresentar maior teor de fibra, requerendo ajustes na extração e embebição, com o objetivo de evitar problemas de embuchamento e perda de eficiência na extração;
- Em alguns casos, maior necessidade de agentes flocculantes na etapa de decantação, além de um maior volume de lodo.

O índice de preparo para extração, a porcentagem de impureza mineral, umidade e poder calorífico do bagaço foram comparáveis ao processamento da cana-de-açúcar. A etapa de extração, conduzida em moenda foi, de forma geral, a etapa mais crítica do processo, com maior ocorrência de problemas operacionais e perdas. Entretanto, se for devidamente administrada, apresenta teores

residuais de açúcar no bagaço semelhantes aos da cana.

A etapa de fermentação, nas avaliações realizadas, foi conduzida em batelada alimentada, com níveis de viabilidade do fermento, contaminação, formação de subprodutos e concentração residual de açúcar usuais para este tipo de fermentação. O caldo de sorgo sacarino também não demandou suplementação de nutrientes para fermentação.

A maioria das avaliações da produção de etanol em escala industrial empregando sorgo sacarino aconteceu na fase de propagação do fermento, na qual ocorre menor rendimento em etanol, pois parte do açúcar é consumo para crescimento da biomassa. Se utilizado em condições já estabelecidas de processo, o sorgo apresenta rendimento fermentativo similar ao da cana-de-açúcar.

Pode-se perceber que o sorgo sacarino requer adaptações em algumas metodologias analíticas e etapas de processamento, quando comparado à cana-de-açúcar. Entretanto, se forem consideradas estas diferenças, consegue-se explorar todo o potencial desta matéria-prima, que se mostra uma alternativa promissora, com alto potencial para o aumento da produção de etanol no país.

Considerações Finais

Dessa forma, ainda há um longo caminho pela frente para o uso eficiente da tecnologia de cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais; e a associação entre os diversos setores do agronegócio mundial poderá proporcionar maiores ganhos para a agricultura nacional, com proteção do ambiente de cultivo e, principalmente, reduzindo a entressafra de etanol no país.

Co-autores

Simone Martins Mendes

Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Entomologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, simone.mendes@embrapa.br

Dagma Dionísia da Silva

Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, dagma.silva@embrapa.br

Rafael Augusto da Costa Parrella

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

Rubens Augusto de Miranda

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

Alexandre Ferreira da Silva

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador em Manejo Integrado de Plantas Espontâneas da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, alexandre.ferreira@embrapa.br

Thályta Fraga Pacheco

Engenheira Química, M.Sc. em Processos Biotecnológicos, Analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, thalyta.pacheco@embrapa.br

Leonardo Angelo de Aquino

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, Professor da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, MG, leonardo.aquino@ufv.br

Luciano Viana Cota

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho

e Sorgo, Sete Lagoas, MG, luciano.cota@embrapa.br

Rodrigo Veras da Costa

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rodrigo.veras@embrapa.br

Décio Karam

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Plantas Daninhas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, decio.karam@embrapa.br

Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella

Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Fitotecnia, Professora da Universidade Federal de São João Del Rei - CSL, Sete Lagoas, MG, nadia@ufsj.edu.br

Robert Eugene Schaffert

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

Referências

AGROFIT. **Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, c2003. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 17 set. 2012.

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

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S.

Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. p. 25-32.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BALANÇO Energético Nacional 2012: ano base 2011: resultados preliminares. Rio de Janeiro: EPE, 2012. 51 p.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; FERNANDES, F. T.; PINTO, N. F. J. **Doenças foliares de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 72).

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24 p. il. (Arquivo do Agrônomo, 14). Encarte do Informações Agronômicas, n. 100, dez. 2002.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; LANZA, F. E. **Controle químico da antracnose do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 117).

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F. **Uso integrado da resistência genética e aplicação de fungicidas para o manejo da antracnose do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 143).

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; LANZA, F. E. **Recomendação para o controle químico da antracnose foliar do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 171).

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F. **Recomendação para o controle químico da helmintosporiose do sorgo (*Exserohilum turcicum*)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 149).

FREDERIKSEN, R. A.; ODVODY, G. N. **Compendium of sorghum diseases**. 2. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 2000. 78 p.

KARAM, D. Plantas daninhas. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

MAY, A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, A. F. da; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratos culturais. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G - tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 22-31. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

MURRAY, S. C.; SHARM, A.; ROONEY, W. L.; KLEIN, P. E.; MULLET, J. E.; MITCHELL, S. E.; KRESOVICH, S. Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock: I. QTL for stem sugar and grain nonstructural carbohydrates. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 2165-2179, 2008.

NGUGI, H. K.; JULIAN, A. M.; KING, S. B.; PEACOCKE, B. J. Epidemiology of sorghum anthracnose (*Colletotrichum sublineolum*) and leaf blight (*Exserohilum turcicum*) in Kenya. **Plant Pathology**, London, v. 49, p. 129-140, 2000.

PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.;

PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G - tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 14-22. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

RITTER, K. B.; JORDAN, D. R.; CHAPMAN, S. C.; GODWIN, I. D.; MACE, E. S.; LYNNE, C. Identification of QTL for sugar-related traits in a sweet 3 grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) recombinant inbred population. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 22, p. 367-384, 2008.

ROSOLEM, C. A.; MAVOLTA, E. Exigências nutricionais do sorgo sacarino. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 38, p. 257-268, 1981.

SANGOI, L. Estratégias de manejo e arranjo de plantas de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos**. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. 1 CD-ROM.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Graphel, 2010. 64 p.

SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C.; MAY, A.; DURAES, F. O. M. Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 2, n. 3, p. 47, ago. 2011.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-168.

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

Circular Técnica, 186

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
E-mail: cnpms.sac@embrapa.br
1ª edição
1ª impressão (2013): on line

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Presidente: Sidney Netto Parentoni.
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau.
Membros: Dagma Dionísia da Silva, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Monica Matoso Campanha, Maria Marta Pastina, Rosângela Lacerda de Castro e Antonio Claudio da Silva Barros.

Expediente

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros.
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro.
Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa.
Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa.