

VISÃO

USP ESALQ ANO1 JAN | JUN 2004 *vn 1*

# agrícola

CANA PRODUZ  
HOJE A MAIOR  
SAFRA BRASILEIRA

ATIVIDADE ANTES  
POLUIDORA TORNOU-SE  
ECOLOGICAMENTE  
CORRETA

MELHORAMENTO  
GENÉTICO AUMENTOU  
PRODUTIVIDADE

SAFRAS PODEM SER  
ESTIMADAS POR  
SATÉLITE

# cana de açúcar

*Cinco séculos fazendo a história agrícola do país*

Operadora Portuária - COSAN/PTSA



TECNOLOGIA BRASILEIRA

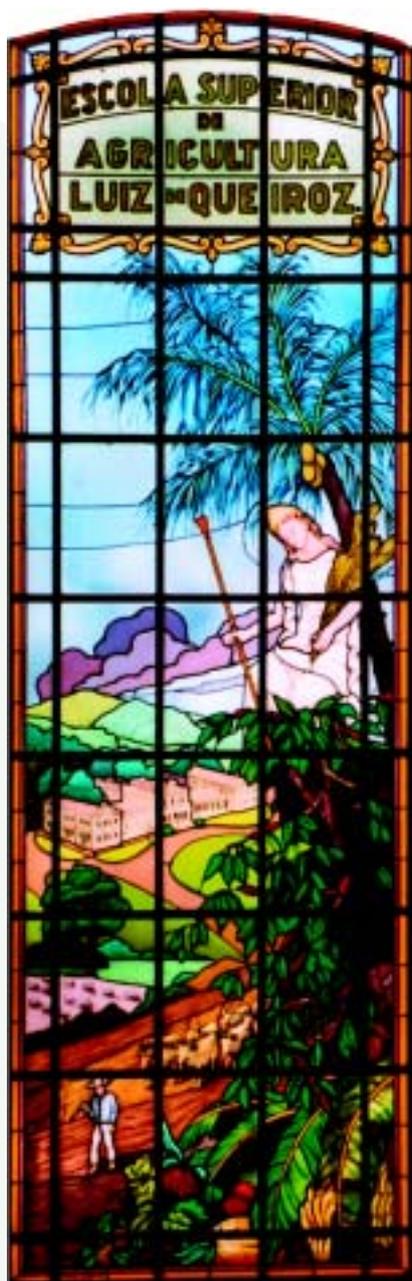
JIAN QIANG

# COSAN

QUE CONQUISTA O MUNDO



Unidades COSAN - Costa Pinto, Santa Helena, São Francisco, Rafard, Itabé, Junqueira, Diamante, Da Barra, Dois Córregos, Operadora Portuária, Nova Usati (SC) Unidades FBA - Ipaussu, Univalém e Gasa



O agronegócio tem sido, nos últimos anos, o sustentáculo e o grande suporte da balança econômica do país. Ele gera cerca de 37% de empregos no Brasil, movimentando quase 500 bilhões de reais, o equivalente a um terço do PIB, além de ser responsável por 42% das nossas exportações. Nesse contexto, as universidades e institutos de pesquisa tiveram e têm papel fundamental, pois houve um grande aumento de produtividade sem que houvesse praticamente aumento da área plantada no país. Portanto, foram os avanços científicos e tecnológicos que permitiram ao agronegócio atingir esse nível de excelência que hoje vivenciamos.

A ESALQ teve um papel fundamental nesse processo, pois foi aqui que se formaram 70% dos mestres e doutores em Ciências Agrárias do país. O Brasil, com esse avanço científico e tecnológico, passou a ter inserção internacional, facilitada pelos avanços recentes da genômica em nosso país. Essa inserção internacional fez com que a comunicação científica brasileira se intensificasse na língua predominante no mundo da ciência, o inglês. Dessa forma, a revista científica da ESALQ, *Scientia Agricola*, hoje reconhecida nacional e internacionalmente, passou a ser publicada unicamente em inglês, a partir de 2003.

Portanto, num momento em que se populariza o agronegócio, através dos diversos veículos de comunicação, torna-se necessária a criação de uma revista em português, de alto nível capaz de atingir os diferentes segmentos da sociedade, incluindo técnicos, pesquisadores, docentes, agricultores, estudantes e demais interessados. Assim, com o esforço de um grupo de professores da ESALQ e com o apoio da comunidade esalqueana, criou-se esta *Visão Agrícola*, que inicialmente será publicada duas vezes ao ano, reunindo assuntos atuais e de interesse para as Ciências Agrárias. O conteúdo editorial proposto para a nossa publicação, que se inicia tendo como tema a cadeia produtiva da cana-de-açúcar, pretende que cada exemplar seja lido e preservado, originando uma coleção perene de abordagens que refletem o estado atual da arte nos assuntos referidos.

Trata-se de uma iniciativa corajosa e compatível com nossa realidade atual. Esperamos que ela possa preencher a lacuna existente na nossa instituição, de uma publicação em língua portuguesa com caráter técnico, para atender a um público diferenciado. Parabéns a todos que trabalharam para a concretização do sonho que se torna realidade com o lançamento deste primeiro número sobre a cana-de-açúcar, cultura de tanta importância para a região de Piracicaba e para o Brasil.

José Roberto Postali Parra  
Diretor da ESALQ

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Reitor

Adolpho José Melfi

Vice-Reitor

Hélio Nogueira da Cruz

Pró-Reitor de Cultura e Extensão Universitária

Adilson Avansi de Abreu



**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA  
"LUIZ DE QUEIROZ"**

Diretor

José Roberto Postali Parra

Vice-Diretor

Raul Machado Neto

Prefeito do Campus "Luiz de Queiroz"

Marcos Vinicius Folegatti

Presidente da Comissão de Cultura e Extensão Universitária

José Otávio Brito

**VISÃO AGRÍCOLA**

Editor responsável

Luiz Gustavo Nussio

Conselho editorial

Ederaldo José Chiavegato

José Djair Vendramim

José Baldin Pinheiro

Luís Reynaldo Ferraciu Alleoni

Marta Helena Fillet Spoto

Coordenador técnico (edição nº 1)

Edgar Gomes Ferreira de Beauclair

Apoio editorial

Luciana Joia de Lima

Colaboradores (edição nº 1)

Antonio Roberto Formaggio

Carlos Antonio Gamero

Daniella Macedo

Edgar Gomes Ferreira de Beauclair

Jorge Horii

José Luiz Ioriatti Demattê

Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes

Marco Lorenzo Cunali Ripoli

Marcos Guimarães de Andrade Landell

Marcelo de Almeida Silva

Mirian Rumenos Piedade Bacchi

Newton Macedo

Oscar Antonio Braunbeck

Paulo Sérgio Graziano Magalhães

Pedro Jacob Christoffoleti

Raffaella Rossetto

Ricardo Victória Filho

Roberto Rodrigues

Tomaz Caetano Cannavan Ripoli

Edição geral

Pyxis Editorial e Comunicação

Tels. (11) 3875-3434; 3875-7432

www.pyxisnet.com.br

Jornalista responsável:

Luís André do Prado (MTb 2212)

Reportagem central: Cristiano Tsonis

e André Larcher de Moraes

Revisão de textos: Francisca P. Evrard

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Fonte Design

Tels. (11) 3081.5892; 3082.1944

www.fontedesign.com.br

Características da publicação

Número de páginas: 112

Tiragem: 7 mil exemplares

Impressão: Prol Gráfica

Foto capa: Vista de canal em Sertãozinho, SP;

2001 (Sílvia Ferreira/Acervo Unica)

Agradecimentos

Arnaldo Machado Camargo Filho, José Carlos de Moura,

Marcio de Castro Silva Filho, Margarete Boteon,

Ruth S. Tarasantchi, Serviço de Produções Gráficas da

USP ESALQ, Sonia Carmela Falci Dechen e União da

Agroindústria Canavieira de São Paulo (Unica).

**USP ESALQ**

Av. Pádua Dias, nº 11 CP9, Cep 13418.900

Piracicaba SP CNPJ 63.025.530/0025-81

PABX: (19) 3429.4100 fax: (19) 3429.4468

www.esalq.usp.br

diretor@esalq.usp.br



**SEÇÕES**

**1** EDITORIAL

**4** FÓRUM

Século XXI, o novo tempo da agroenergia renovável  
*Roberto Rodrigues*

**REPORTAGEM**

**60** Modernizada, cultura da cana é líder em produção

**63** O açúcar brasileiro nas mesas do mundo

**64** Transgênicas resistem à pior praga dos canaviais

**66** Cinco séculos de ativa participação histórica

**110** INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

# VISÃO agrícola

**REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA**  
**uma publicação da USP ESALQ**

ISSN 1806-6402

[www.esalq.usp.br/visaoagricola](http://www.esalq.usp.br/visaoagricola)  
[visaoagricola@esalq.usp.br](mailto:visaoagricola@esalq.usp.br)

## TEMAS

---

### SOLOS

- 8** Manejo e conservação de solos, na cultura da cana  
*José Luiz Ioriatti Demattê*

---

### MELHORAMENTO GENÉTICO

- 18** As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil  
*Marcos Guimarães de Andrade Landell e Marcelo de Almeida Silva*

---

### PRODUÇÃO VEGETAL

- 24** Planejamento e estimativa na produção de cana  
*Edgar Gomes Ferreira de Beauclair*
- 28** Sensoriamento remoto: um olhar espacial sobre os canaviais  
*Antônio Roberto Formaggio*
- 32** Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana  
*Ricardo Victoria Filho e Pedro Jacob Christoffoleti*
- 38** As pragas de maior incidência nos canaviais e seus controles  
*Newton Macedo e Daniella Macedo*

---

### ADUBOS E CORRETIVOS

- 48** Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos  
*José Luiz Ioriatti Demattê*

---

### ENGENHARIA RURAL

- 68** Palhicho de cana, fonte de energia renovável  
*Mareo Lorenzo Cunali Ripoli, Tomaz Caetano Cannavan Ripoli e Carlos Antonio Gamero*
- 72** Colheita sustentável, com aproveitamento integral da cana  
*Oscar Antonio Braunbeck e Paulo Sérgio Graziano Magalhães*
- 79** Cultura é fonte sustentável de empregos  
*Oscar Antonio Braunbeck e Paulo Sérgio Graziano Magalhães*

---

### IMPACTO AMBIENTAL

- 80** A cultura da cana, da degradação à conservação  
*Raffaella Rossetto*
- 86** O sistema de cultivo orgânico  
*Raffaella Rossetto*

---

### TECNOLOGIA

- 88** A cana-de-açúcar como matéria-prima  
*Jorge Horii*
- 91** A qualidade da matéria-prima, na visão industrial  
*Jorge Horii*

---

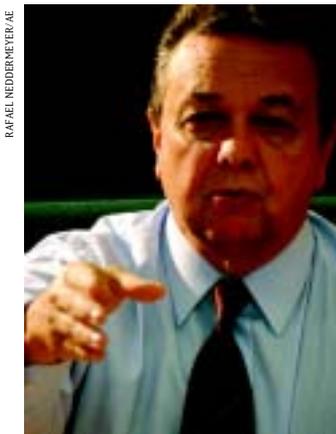
### AGRONEGÓCIO

- 94** A cadeia produtiva da cana, em mercado desregulamentado  
*Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes*
- 100** A variabilidade dos preços do açúcar e do álcool em São Paulo  
*Mirian Rumenos Piedade Bacchi*

# Século XXI, o novo tempo da agroenergia renovável

Roberto Rodrigues \*

*“Doce ou etílico,  
o mel da cana brota,  
sem abelhas...”  
(autor desconhecido)*



RAFAEL NEIDDERMEYER/AE

O ministro da Agricultura Roberto Rodrigues; Brasília, DF; 2004

Ensacado, engarrafado, jorrado das bombas de etanol ou gasolina, matéria-prima da indústria de alimentos, combustível ou da indústria química, a cana-de-açúcar é a fonte da, talvez, mais rica cadeia produtiva que se tem desenhada. Das fábricas de arados às de moendas, ao mesmo tempo, às formulações de insumos agrícolas e fermentos, o consumidor conversa nas cidades com vendedores de veículos movidos a álcool ou *gasohol* e abastece o seu em bombas verde-amarelas, de onde brota o combustível etanol. O doce da cana escorre das bocas das crianças e a sua energia arranca os sorrisos que movem o mundo. A cachaça aquece o peito e aguça a graça.

No país tropical, do sol, da brisa e da chuva torrencial, montou-se a maior e a melhor agroindústria de açúcar e de álcool do mundo. Uma agroindústria que gera, em produto final, US\$ 10 bilhões/ano, com 1 milhão de empregos diretos e seqüestro de 20% das emissões de carbono que o setor de combustíveis fósseis emite no Brasil. O Brasil tem, nesse setor, o menor custo de produção do planeta, mas, mesmo assim, ainda se descobre, em cada nova área, resultados que mostram novas virtudes e maior potencial.

A cada safra, tem-se a batalha do mercado “corrompido” pelas medidas protecionistas dos países que, de forma grotesca, acusam o Brasil de “fazedor de baixo custo”. Assim, o que é doce e etílico, torna-se amargo e pesado, criando ciclos viciosos, negativos e desestimuladores. Ou seja, as crises de superprodução ou de baixos preços são um tormento e um desencontro. É bem verdade que esse não é o único setor que sofre as conseqüências dos motivos citados. Nos últimos 50 anos, as *commodities* agrícolas tiveram perdas reais em seus preços de 2% ao ano! Claramente, em função de excedentes originados pelas proteções dos países ricos, com as terríveis conseqüências da baixa renda rural, do abandono do campo e das inchadas periferias problemáticas das cidades.

Quais as opções ao Brasil e à cadeia produtiva da cana? Além da boa briga que o país realiza nos foros internacionais, na luta pela queda ou redução dos mecanismos protecionistas, o caminho do Brasil, graças à sua longa e positiva experiência com a produção e ao uso em larga escala do etanol, é a extensão, em nível global, da diversificação da agricultura. Os atuais excedentes da



*Vista de canavial, Sertãozinho, SP; novembro 2001*

agricultura de alimentos, que trazem transtornos, da China ao Paraguai, se transformariam na agricultura energética, base da fantástica transformação que ocorrerá no século XXI, em função do interesse ambiental e do esgotamento do petróleo.

Há uma longa história que justifica plenamente nosso foco. Desde Otto, na Alemanha do século XVIII, descobriu-se o famoso ciclo de combustão interna para veículos. Encontrado o seu caminho pelas mãos de Henry Ford, com a produção em série dos famosos carros Modelo T (veja quadro ao lado), o álcool que os alimentava, no início do século XX, era, no entanto, de grãos. Ao mesmo tempo, naquele mesmo país, outro sobrenome de peso – Rockefeller – descobria no petróleo as possibilidades da gasolina. Naquele momento, a sombra dos baixos preços do petróleo caiu sobre o álcool combustível norte-americano, com o século XX se tornando um tempo de reinado do petróleo. É interessante comentar que, em uma série de países europeus, asiáticos e latinos, o mesmo ocorreu, entre 1920 e 1950.

Ao se voltar para um período que vai do século XIX ao século XX, alguns aspectos das políticas públicas daquela época saltam aos olhos (Tabela 1).

Pode-se notar o estímulo ao etanol na Europa e nos EUA, no início do século XX. Isso trouxe, provavelmente, inspirações para a terra do Brasil, graças à cana-de-açúcar e ao sucesso conhecido de sua destilação. E com carros, etanol e produção excedente, o Brasil passou a usar o álcool em mistura com a gasolina, desde a 2ª década do século XX. Mas foi

TABELA 1 | ETANOL PARA USO INDUSTRIAL LIVRE DE IMPOSTOS

| ANO  | PAÍS       |
|------|------------|
| 1855 | Inglaterra |
| 1865 | Holanda    |
| 1872 | França     |
| 1879 | Alemanha   |
| 1906 | EUA        |



Quando desenhava o Modelo T no início da década de 1900, Henry Ford falou em “construir um veículo colocado à família que trabalha e que seja movido por um combustível que poderia alavancar a economia rural”. Em 1930, mais de 2000 postos de combustíveis vendiam “gasohol” (com 6 a 12% de etanol).

TABELA 2 | POLÍTICAS DE MISTURA DO ÁLCOOL NA GASOLINA NO SÉCULO XX

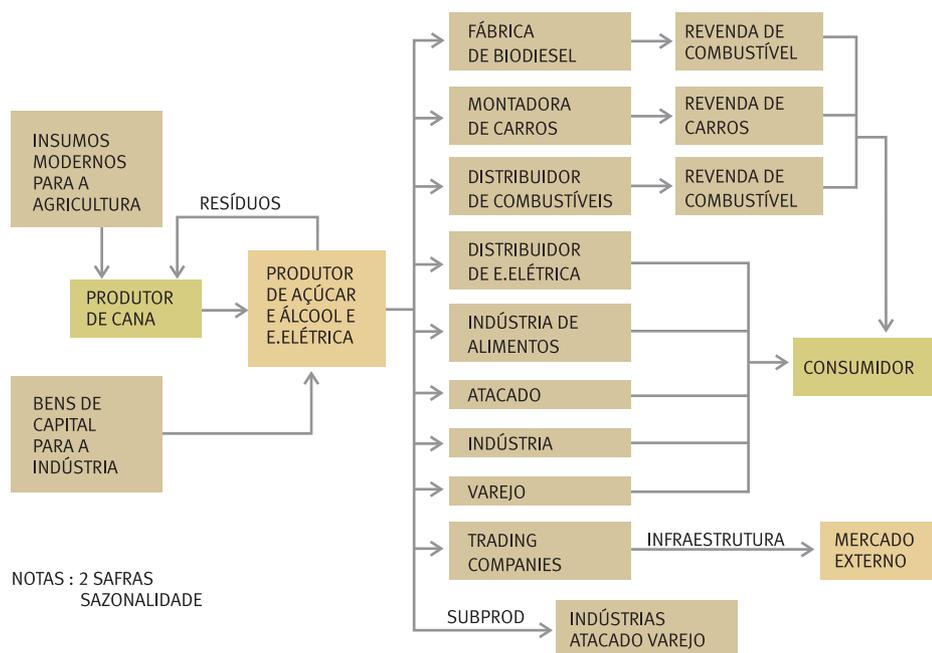
| PAÍS           | ANO  | MISTURA USADA (ETANOL)           |
|----------------|------|----------------------------------|
| EUA            | 1920 | 20 a 25%                         |
| França         | 1923 | 25% (excedentes agrícolas)       |
| Itália         | 1926 | 30%                              |
| Alemanha       | 1930 | 25%                              |
| Itália         | 1931 | 20%                              |
| Hungria        | 1929 | 20%                              |
| Argentina      | 1931 | 30%                              |
| Austrália      | 1930 | 15% a 35%                        |
| Áustria        | 1931 | 25%                              |
| Brasil         | 1931 | 10% a 25%                        |
| Letônia        | 1931 | 25%                              |
| Checoslováquia | 1932 | 20%                              |
| Reino Unido    | 1932 | 10% + 15% benzeno + 75% gasolina |
| Iugoslávia     | 1932 | 20%                              |

Fonte: O Petróleo, Daniel Yergin

FIGURA 1 | CÍRCULO VIRTUOSO AGROINDUSTRIAL



FIGURA 2 | A COMPLEXA CADEIA AGROINDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR



isso uma criatividade só nossa? Não! Basta ver a relação das políticas de mistura do álcool na gasolina, no início do século XX (Tabela 2).

Ao final da década de 1930, todos, exceto o Brasil, suspenderam o uso do etanol. Por quê? Três foram as principais causas: a instabilidade da oferta de etanol, os preços e a força do petróleo. Ou seja: não fosse a cana competitiva no Brasil, talvez não houvesse hoje um movimento mundial de tamanha intensidade! Mas, o que se aprendeu nessa evolução? Quais os fatores principais que movem os interesses na direção do etanol? É importante, aqui, lembrar o brilhantismo de Barbosa Lima Sobrinho na criação de uma verdadeira lógica de agroindústria, quando da criação do “Estatuto da Lavoura Canavieira” e do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), na década de 1930. Foi o primeiro grande exemplo de atuação de uma cadeia produtiva completa.

Encarar a mudança, com a liderança que o Brasil quer imprimir, requer exemplo próprio, pró-ativo. Assim, à cana de-

vem se juntar as forças dos óleos vegetais, da madeira, enfim, dos complexos agroindustriais todos. Esse “círculo virtuoso”, a substituir o vicioso tão desgastado (Figura 1, na página anterior). O importante, no caso, é a ação conjunta e coordenada de todos os atores que participam das cadeias produtivas. No caso da cana, trata-se de uma estruturação complexa (Figura 2). O modelo instalado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é o da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva do Açúcar e do Alcool.

Na lógica do esquema mostrado nesse artigo, a Câmara atua visando ao constante suporte de todos os agentes da cadeia produtiva. Trabalha focada nas questões-chave que movimentam o setor: a) vantagem competitiva – fatores; b) relações na produção; c) balanços de oferta e demanda; c) infra-estrutura e logística; c) mercado externo – proteção/expansão. Ao governo, no processo, cabe a função fundamental da coordenação e da implementação das políticas públicas para o setor. Ao setor privado, buscar maior ação nos mercados externos

que se abrem aos combustíveis renováveis, tanto no setor de bens de capital, como no dos produtores de etanol.

E qual é o cenário em que acreditamos? 1) O mercado internacional se abrirá, tanto para açúcar, como para o álcool: é uma questão de tempo; 2) no campo de atuação, para abreviar esse tempo ao menor possível, o governo federal atuará de uma forma pró-ativa; 3) no mercado interno, o veículo flexível crescerá em vendas e abrirá espaço de demanda, juntamente com o álcool anidro e outros usos, como matéria-prima para o biodiesel; 4) como ação institucional, vale ressaltar a criação do Pólo Nacional de Biocombustíveis, com sede na USP/ESALQ, como base para uma atuação coordenada nesse campo. Enfim, se o século XX foi caracterizado como o reinado do petróleo, o século XXI será, sem dúvida, o reinado da agroenergia, renovável, ambientalmente limpa, geradora de empregos permanentes, de renda e de riqueza para o Brasil.

\* **Roberto Rodrigues** é Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

# Manejo e conservação de solos, na cultura da cana

José Luiz Ioriatti Demattê \*

Entende-se como manejo de solo toda atividade aplicada ao sistema solo-planta, com o intuito de aumentar a produtividade agrícola e provocando a menor degradação ambiental possível. Todavia, as práticas de manejo dependem de níveis tecnológicos resultantes de conhecimento e de investimento. Neste trabalho, será empregado o nível mais elevado de manejo (intensivo), no qual há elevado emprego de capital e de tecnologia e a importância relativa do fator terra é menor. Nesse caso, a capacidade gerencial assume grande importância, tendo em vista o equilíbrio e a harmonia no emprego de todos os fatores de produção (capital, terra e mão-de-obra). Além do mais, agricultor nenhum irá se utilizar de práticas de manejo se a relação custo/benefício lhe for desfavorável.



Apesar de o tema ser especificamente relacionado ao solo, para manejar adequadamente uma área, são necessários conhecimentos da cultura e do clima. Como exemplo, pode-se considerar que o plantio em solo arenoso, de baixa reserva de umidade, em janeiro, em região de elevado déficit hídrico, irá produzir menos cana do que o plantio em abril, nesse mesmo solo. Por outro lado, e especificamente em relação ao manejo dos solos, é necessário observar os fatores que influem no desenvolvimento radicular da planta. Em uma agricultura sem irrigação artificial, há uma correlação direta entre o desenvolvimento radicular e a produtividade. Portanto, é imperativo que se faça uma avaliação dos fatores limitantes que atuam no desenvolvimento radicular, assim como a escolha das melhores opções de manejo, que possibilitem eliminar ou atenuar tais fatores.

Em resumo, os principais solos cultivados com cana-de-açúcar, na região Centro-Sul, são os seguintes (nomes entre parênteses se referem à classificação atual):

- **Latossolos** – Caracterizados por serem profundos, bem drenados; localizados em relevo de plano a suave ondulado, de mineralogia caulinitica e oxidica; ácidos ou não; de fertilidade variável, indo desde os eutróficos aos álicos; de textura muito argilosa a médio-arenosa. Aqui se incluem o Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho férrico, teor de ferro maior que 18%); Latossolo Vermelho-Escuro (teor de ferro menor que 18%); Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo.
- **Terra Roxa Estrutura (Nitossolo Vermelho férrico) e Podzólicos Vermelhos-Escuros (Nitossolo Vermelho)** – São solos vermelhos, semelhantes ao Latossolo Roxo em cor, profundidade, textura e mineralogia, porém, com presença de horizonte B textural. Podem ser de fertilidade variável, indo desde os eutróficos aos álicos.

- **Solos com gradiente textural** – Nesta categoria são incluídos os solos de textura contrastante entre a camada superficial (mais arenosa) e a de subsuperfície (mais argilosa); de drenagem moderada a lenta; de ocorrência em relevo suave ondulado a ondulado; de fertilidade variável; com mineralogia caulinitica de baixa atividade (Tb) ou mineralogia 2:1, de alta atividade (Ta). São incluídos os Podzólicos Vermelhos-Amarelos Tb (Argissolos Vermelhos-Amarelos), os Podzólicos Vermelhos-Amarelos eutróficos Ta (Luvisso Crômico), os Podzólicos Vermelhos-Amarelos Ta álicos (Alissolo Crômico). Os planossolos diferem dos solos podzolizados Ta por apresentarem um horizonte B plânico, mais coeso do que o horizonte B textural dos podzolizados e, por isso, oferecerem maior dificuldade no manejo.

- **Solos arenosos profundos** – Nesta categoria, são incluídas as Areias Quartzosas (Neossolos), sendo solos de textura arenosa a muito arenosa até 2 m de profundidade, de ocorrência em relevo plano, bem drenados. Normalmente são álicos ou distróficos.

- **Solos argilosos de drenagem lenta** – São os Vertissolos, solos de mineralogia 2:1, argila de alta atividade e geralmente eutróficos. Podem ter concentração de sódio.

- **Solos da região nordestina** – Na região Nordeste, há dominância dos Latossolos Vermelhos-Amarelos e Amarelos e dos solos podzolizados, apresentando a mesma mineralogia da fração argila dos solos do Centro-Sul, assim como a variação na fertilidade e na textura. Apresentam, entretanto, algumas particularidades, a saber: podem ser coesos (muito duros quando secos), o que pode dificultar o manejo no período seco; há bloqueamento de poros abaixo dos 30 a 40 cm, o que pode ocasionar encharcamento temporário; podem ocorrer formações especiais, como fragipã e duripã,

o que altera todo o regime hídrico do solo. Nas depressões, há formação dos podzóis hidromórficos, solos extremamente arenosos.

## AMBIENTES DE PRODUÇÃO

Entende-se por “ambiente de produção” a junção de uma ou mais unidades de mapeamento de solo (ex: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Terra Roxa Estruturada, Podzólico Vermelho-Escuro, todos eutróficos) e variedade de cana, num dado estágio de desenvolvimento, sob um determinado regime hídrico (precipitação, distribuição de chuvas, déficit hídrico e outros), cujas capacidades de produção sejam semelhantes. Portanto, o “ambiente de produção” nada mais é do que a interação entre planta, solo e clima, associada ao manejo agrícola, cujos resultados são utilizados para as indicações mais favoráveis dos clones e/ou variedades.

O manejo pode ser aplicado a cada um dos três componentes, porém aquele com resposta mais imediata é o solo. Assim, ao submeter um solo a um dado nível de manejo, sua capacidade produtiva pode ser alterada para mais ou para menos, dependendo da intensidade da aplicação desses processos. Com isso, o potencial de um solo, sob um determinado nível de manejo, pode ser deslocado para cima ou para baixo, enquanto permanecerem as condições de manejo. Um exemplo seria a associação dos latossolos com os solos podzolizados, ambos de textura média-arenosa e álicos, pertencentes ao ambiente C. Com o uso de vinhaça, a produtividade pode ser aumentada, passando para ambiente B.

Por outro lado, os solos argilosos de boa drenagem e de elevada fertilidade da região canavieira de São Paulo, se estiverem enquadrados no ambiente C, por exemplo, devem ter sido manejados de maneira incorreta. Esse grupo de solos deveria apresentar produtividade compatível com o ambiente A.

TABELA 1 | CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES DE PRODUÇÃO NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

| AMBIENTES DE PRODUÇÃO |                       |                      |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Ambiente              | Potencial de produção | Produtividade (t/ha) |
| A                     | Muito alto            | > 95                 |
| B                     | Alto                  | 90-95                |
| C                     | Médio/Alto            | 85-89                |
| D                     | Médio                 | 80-84                |
| E                     | Baixo                 | 70-79                |
| F                     | Muito baixo           | < 70                 |

Com as unidades de mapeamento devidamente unificadas, assim como as análises climáticas e de produção de cada região, pela média dos últimos quatro cortes, podem-se sugerir os ambientes de produção relacionados na Tabela 1.

O conhecimento das limitações de cada local permite traçar estratégias de aplicação de práticas agrícolas mais adequadas, maximizando o retorno econômico. Tome-se, por exemplo, o plantio de “cana de ano”. Para a produção de 1 t de cana-de-açúcar, a demanda por evapo-transpiração é de 10 a 12 mm de água. Assim, para a produção de 100 t de cana, são necessários, no mínimo, 1.000 a 1.200 mm de precipitação, descontadas as perdas de água no sistema. A alocação varietal para “cana de ano” deve ser, obrigatoriamente, em “ambientes” de alta capacidade de fornecimento/armazenamento de água – ou seja, acima de 1.000 mm por ano. Em tal caso, são indicadas variedades de crescimento rápido, sem possibilidade de florescimento, e alocadas em solo de boa fertilidade.

Por ocasião do planejamento agrícola de plantio, a liberação das variedades será feita de acordo com os ambientes de produção e opções de manejo. Com base nas “cartas de solos”, são produzidas as “cartas de ambientes de produção”, para o plantio e exploração da cultura. Tais cartas são compostas de um conjunto de mapas georeferenciados das fazendas, nos quais são destacadas a área e os solos que compõem cada ambiente.

### GRUPOS DE MANEJO DE SOLOS

Os grupos de manejo de solos são identificados de acordo com uma série de características comuns aos solos e que permitem aplicar práticas de manejo semelhantes. Tais agrupamentos se fazem necessários devido ao grande número de unidades de mapeamento identificadas nos levantamentos de solos, o que tende a dificultar em muito as opções de manejo. Entretanto, são necessários alguns esclarecimentos a respeito desses grupos:

- Procuram reunir unidades de mapeamento de solos que, teoricamente, responderiam às mesmas atividades de manejo.
- Apresentam dinamismo, podendo ser reajustados ao longo dos anos agrícolas, através da experiência acumulada pela equipe técnica e do avanço da tecnologia.
- Podem conter subdivisões (subgrupos), dependendo da atividade agrícola.
- Distribuem-se em grupos, como: (1) preparo dos solos; (2) época de plantio; (3) época de colheita; (4) fins de fertilidade; (5) alocação de variedades; (6) planejamento conservacionista etc.

### CONSERVAÇÃO E PREPARO

A conservação do solo na cultura de cana-de-açúcar envolve diversos fatores que devem ser devidamente analisados, antes de sua implantação, entre eles: o tipo de solo, o tipo de corte (se mecânico ou manual); a época de plan-

tio e de colheita; o sistema de preparo; o tipo de traçado (se em nível ou reto); a cobertura do solo com outras culturas ou com palha, e o tamanho dos talhões.

As práticas de preparo de solo devem levar em consideração a atenuação ou a eliminação dos fatores limitantes ao bom desenvolvimento da cultura, tais como: as restrições ao desenvolvimento radicular, entre elas as físicas (compactação, adensamento e encharcamento), as químicas (baixo teor de nutrientes em profundidade, elevado teor de Al e Mn, sais de Na) e biológicas (nematóides, cupim, *Migdolus*, *Sphenophorus*), como infestação com ervas daninhas e a própria seqüência de erradicação das socas. Quanto ao sistema de preparo a ser utilizado, convencional, reduzido ou plantio direto, deverá ser feita uma adequada avaliação global do sistema. Assim, por exemplo, em áreas com elevada infestação com *Migdolus*, o preparo, por ocasião das reformas, deve ser feito no sistema convencional e no período seco, quando as larvas estão mais próximas da superfície.

Da mesma maneira, uma área que necessita de recuperação química em profundidade (ou área de pastagem) deverá ser preparada no sistema convencional, usando principalmente o arado, para possibilitar a incorporação profunda dos corretivos e das sementes. O uso do subsolador é indicado para áreas em que a recuperação química em profundidade já foi efetuada. Áreas devidamente recuperadas quimicamente e sem maiores inconvenientes (como pragas de solos, por exemplo) podem ser direcionadas ao preparo reduzido ou ao plantio direto.

Portanto, o sistema de preparo a ser escolhido será realizado após criteriosa avaliação das condições existentes. Num sistema convencional de preparo, o manejo envolve três fases: a primeira coincide com o período seco, que será utilizado para controle de ervas daninhas de difícil erradicação (como grama

seda), o que poderá ser feito com a associação mecânica (grades no período seco) e, posteriormente, química (glifosato, no período úmido). Nesse período, é feita a instalação do sistema viário e conservacionista, assim como a aplicação de corretivos, tais como calcário e gesso. Na segunda fase, quando se iniciam as chuvas, é feita a operação profunda, ou seja, subsolagem (a 40-45 cm de profundidade) ou aração (profundidade mínima de 35 cm). Na terceira fase, é feita a fosfatagem (se for o caso, em solo com menos de 10 ppm de  $P_2O_5$ ) e gradeação de pré-plantio e plantio.

Após a segunda fase, não é recomendado o uso de gradeações pesadas, pois o solo poderá se compactar novamente. Se for o caso de brotação de remanescentes ou de ervas daninhas, deve-se usar o glifosato. Resultados preliminares sobre o preparo convencional de solo argiloso usando grade pesada, arado e subsolador (Bellinaso, 1997) indicaram maior produtividade com o uso de arado e do subsolador, em relação à grade pesada. Em casos em que “não há restrição física e química” ao desenvolvimento radicular e/ou problemas sérios com ervas daninhas, assim como de pragas de solo, pode-se optar pelo preparo reduzido ou plantio direto. Havendo necessidade de aplicação de calcário, nesses dois casos pode-se aplicar 2/3 da dose em área total e 1/3 dentro do sulco.

A associação de culturas secundárias no sistema de preparo do solo (tais como soja, amendoim, crotalária) é de fundamental importância no manejo. Além de manter o solo coberto no período de maior precipitação, reduzindo os perigos de erosão, a cultura secundária permite atenuação do custo de plantio, como no caso da soja e do amendoim (redução de até 30%), assim o plantio em épocas inadequadas, como no caso da crotalária juncea, em solos podzolizados arenosos. Essa leguminosa pode extrair considerável quantidade de nutrientes comparati-

vamente a outras leguminosas, teores esses que podem ser deduzidos da necessidade de adubação da cana. Além disso, seu uso pode proporcionar acréscimo de produtividade à cana-de-açúcar (Cáceres e Alcarde, 1995).

O plantio da crotalária é feito em outubro-novembro, após o preparo convencional do solo, usando 20 a 25 kg/ha de semente. A partir de fevereiro, o manejo dessa leguminosa consiste em não incorporá-la ao solo, mas sim mantê-la na superfície, usando rolo-faca, em caso de solo arenoso, ou apenas derrubando-a com o trator, por ocasião da sulcação, em caso de solo argiloso. Tal procedimento permite que o solo fique coberto por ocasião do plantio da cana, reduzindo o processo erosivo e de compactação. Além disso, o sistema radicular pivotante dessa leguminosa age como descompactador do solo. Dentro desse contexto, tem sido usado, por algumas usinas, o plantio direto da soja na soqueira de cana. O esquema tem sido o seguinte: liberação da área para reforma; instalação do sistema viário e conservacionista; aplicação dos corretivos; erradicação

química da soqueira; plantio de soja na entrelinha da soqueira; colheita da soja; sulcação e plantio da cana. Para o êxito desse sistema de manejo, é necessário que o solo tenha razoável fertilidade, assim como níveis não comprometedores de compactação.

## TERRAÇOS E TRAÇADO EM NÍVEL

Os tipos de terraços usados, assim como as vantagens e as desvantagens, são as seguintes:

- Embutido: são considerados os mais resistentes, em relação à erosão, e muito usados, também, em áreas de corte mecanizado. Não permite o cruzamento de máquinas e equipamentos.
- Embutido invertido: usado em área declivosa, entre 8 e 12%, para o caso de corte mecanizado, ou em maior declividade em corte manual. Tem as seguintes vantagens: maior captação de água; permite o corte mecanizado em toda a sua área; facilita o carregamento no corte manual, pois a carregadeira trabalha dentro do canal do terraço e não nas costas, como no embutido convencional.



Terraço com retenção de água em área recém-plantada; Macatuba, SP; 1986

- Base larga: usado até a declividade de 6%. Vantagens: permite o corte mecanizado em toda a sua largura e o cruzamento de máquinas e equipamentos. Desvantagem: terraço mais fraco do que o embutido.
- Canal: usado em solos com deficiência de drenagem. Desvantagem: maior risco de assoreamento, necessitando de mais manutenção; perigo durante as operações noturnas, quando pode provocar acidentes.

A sulcação em nível, associada ou não a terraços, tem sido o sistema conservacionista mais comum usado pela maioria das usinas. A distância vertical (DV) mais usual entre terraços tem sido de 5 m, havendo casos de distância menor, de 2,5 m, como em certos solos podzolizados arenosos. O tamanho de talhões é um dos fatores que envolve o sistema conservacionista, sendo dependente de uma série de parâmetros (entre eles a quantidade de cana a ser cortada no dia; o tipo de solo; a declividade do terreno). Áreas inclinadas e argilosas apresentam maior quantidade de carregadores e, com isso, menor tamanho de talhões. Em áreas de boa topografia, o tamanho médio dos talhões é de aproximadamente 12 a 15 ha,

para solos de boa fertilidade, e de 15 a 20 ha, para solos de baixa fertilidade. Não são aconselháveis sulcos muito longos, como de 800 a 900 m, pois podem favorecer a compactação e dificultar os trabalhos de manutenção de máquinas e equipamentos. O comprimento deve ficar na faixa de 400 a 500 m, em solos argilosos, e 500 a 600 m, em solos arenosos. Porém, a sulcação deve ser contínua entre os talhões, para permitir rendimento melhor das operações mecanizadas.

### TRAÇADO PARA CORTE MECANIZADO

Para uma grande eficiência no corte mecanizado, o sistema de traçado tem que ser reto e longo (acima de 800 m). Num sistema como esse, a presença de terraços é um empecilho, e muitos técnicos têm evitado a sua construção. A questão que fica pendente é a seguinte: e a conservação do solo, como fica? A sulcação reta, sem muito critério, pode ocasionar sérios riscos de erosão, assim como riscos para a área ambiental. É inevitável que, numa região tropical úmida, sujeita a chuvas intensas em curto período de tempo, haja erosão, inclusive, num traçado em nível.

Com o advento do corte de cana crua, em sulcação reta ou convencional, tem sido aplicado em muitas usinas o adubo na superfície do solo, sem incorporação. Com chuvas, parte desse fertilizante pode ser removido do talhão (Tabela 2), podendo contaminar o ambiente.

As perdas de nutrientes pela água das chuvas são consideráveis, tanto na aplicação dos 500 kg/ha da fórmula NK, como na aplicação da vinhaça, como na Fazenda São Pedro (Tabela 2). Nesse caso, após as três chuvas, houve perda de potássio, na faixa de 33,1 mg/l de K. Sendo assim, é preciso rever a questão da aplicação do adubo sem incorporação, principalmente em sistema de sulcação reta. O planejamento da sulcação reta deve ser feito com muito critério e cuidado. O sistema de traçado em nível, para os dois tipos de corte, ainda é o mais indicado e mais seguro, apesar de reduzir a eficiência do corte mecanizado. Para o caso do corte mecanizado, a seqüência de traçado mais comum tem sido a seguinte: carregador paralelo ao terraço 1 – terraço 1 em nível – carregador paralelo ao terraço 2 – terraço 2 em nível. A alegação, neste caso, é a de que o carregador paralelo ao terraço auxilia as operações do corte mecanizado. Nessa opção, haverá linhas mortas somente de um lado do terraço e o EV (terraço a terraço) será de 10 m. Haverá, entretanto, perda de área.

Outra opção mais segura em termos de erosão seria: carregador construído em nível – terraço em nível – carregador erguido em nível. Nesse esquema, há linhas mortas dos dois lados e o EV também será de 10 m. Continuará havendo perda de área. Atualmente, em algumas usinas, tem sido questionada a necessidade do carregador paralelo ao terraço, como no primeiro exemplo anterior, para o auxílio nas operações do corte mecanizado. Há casos de perdas de área em carregadores acima de 7,5%. Sendo assim, tais unidades têm eliminado esse carregador, fazendo em sua posição a finalização da sulcação.

TABELA 2 | PERDAS DE NUTRIENTES PELA ÁGUA DAS CHUVAS, EM ÁREAS DE SOQUEIRAS, COM ADUBO E VINHAÇA APLICADO NA SUPERFÍCIE

| NUTRIENTES  | CHUVA 8/10/1998 | CHUVA 16/10 | CHUVA 26/10 |
|---|-----------------|-------------|-------------|
|   | 25mm            | 4mm         | 18mm        |
| Fazenda São Francisco (500 kg/ha 18-00-27)  |                 |             |             |
| N (mg/L)  | 1,4             | 0,4         | 0,1         |
| K (mg/L)  | 2,5             | 1,2         | 1,8         |
| Ca (mg/L)   | 3,0             | 4,0         | 1,0         |
| Mg (mg/L)   | 0,7             | 0,8         | 1,0         |
| Fazenda São Pedro (150 m <sup>3</sup> /ha vinhaça+245 kg/ha NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ) |                 |             |             |
|   | 22mm            | 53mm        | 23mm        |
| N (mg/L)  | 1,4             | 0,4         | 0,12        |
| K (mg/L)  | 17,0            | 8,4         | 7,7         |
| Ca (mg/L)   | 16,0            | 12,0        | 4,0         |
| Mg (mg/L)   | 4,7             | 4,0         | 1,2         |
| S (mg/L)  | 5,0             | 4,0         | 14,5        |

Fonte: Usina da Barra, safra 1998/1999

## ÉPOCA DO PLANTIO CONSERVACIONISTA

Dependendo do tipo de solo, a época de plantio é de fundamental importância na redução do processo erosivo. Assim é que, das épocas tradicionais de plantio, como “cana de ano” ou “de ano e meio”, surge o plantio de maio a outubro (ou plantio de outono/inverno) como uma das melhores opções de manejo para solos com problemas de erosão, entre eles os solos podzolizados e latossolos arenosos, apesar de ser indicado para qualquer tipo de solo. Os inconvenientes da erosão, encharcamento de sulcos e assoreamento de plantio deixam de ocorrer. Eventualmente, haverá necessidade de irrigação, se o plantio for em solo argiloso. O uso da torta de filtro dentro do sulco de plantio é recomendado, principalmente para o período mais frio. Em termos estratégicos, plantam-se as canas nos solos arenosos até fins de agosto e, posteriormente, nos argilosos. Quanto às variedades, são sugeridas as precoces no plantio de maio-junho, as médias até fins de agosto e, finalmente, as tardias.

Em relação à produtividade da cana, nesse período são necessários alguns esclarecimentos relacionados ao valor do déficit hídrico e do período em que esse déficit ocorre, durante o ciclo da cultura. De maneira geral, um déficit hídrico no início do plantio tem menor efeito negativo na produtividade que no meio ou na parte final de crescimento da cultura. A produtividade de cana cortada com 12 meses, com épocas de plantio de maio a novembro de 2000 e corte de maio a novembro de 2001, na Usina da Barra-SP, tendeu a decrescer de maio (com 110 t/ha) a novembro (com 70 t/ha). No caso do plantio de maio, o déficit hídrico coincide com o estágio inicial da cultura, enquanto o déficit no plantio de novembro coincide com o terço final de crescimento da cultura, o que tende a causar queda de produtividade.

Por outro lado, num plantio de “cana de ano e meio”, de janeiro a abril, é re-

comendado deixar os solos arenosos e os podzolizados para o período final, março e abril. No caso dos solos podzolizados, o plantio em pleno período chuvoso é arriscado, devido aos perigos de erosão, assoreamento e encharcamento do sulco, enquanto, no final do período, a intensidade e a quantidade de chuva é menor, assim como os riscos de perdas. Quanto aos latossolos arenosos, é indicado também o período final de plantio, pois, sendo solos de baixa retenção de água, num plantio de janeiro, o déficit hídrico irá coincidir com a cana já com colmos, o que pode reduzir a produtividade. Os solos de boa fertilidade, argilosos e bem drenados, devem ser plantados durante o período chuvoso.

## DESENVOLVIMENTO RADICULAR

Dentre as restrições físicas ao desenvolvimento radicular, estão as relacionadas ao decréscimo da macroporosidade do solo (entre elas a compactação, em seus mais diversos aspectos), o adensamento no horizonte B textural, típico de solos podzolizados, com ou sem fragipã ou duripã, e os bloqueamentos de poros, caracterizado pelos solos do Nordeste, entre eles os podzolizados. Tanto a compactação como os adensamentos genéticos dos solos citados tendem a reduzir a produtividade.

## DIAGNÓSTICO DA COMPACTAÇÃO

A avaliação do estado de compactação do solo se faz necessária para otimizar as operações agrícolas de preparo ou de cultivo. Em relação aos penetrômetros de impacto ou aos penetrógrafos, a vantagem se refere à rapidez de obtenção dos resultados. A principal desvantagem se refere à necessidade de se obterem curvas de calibração entre o teor de umidade do solo além do nível crítico da compactação. Caso contrário, pode-se chegar a resultados irreais. Outra maneira mais segura de se avaliar a compactação é a abertura de pequenas trincheiras (faixa de 60 a 70cm de pro-



Sulcação em plantio intercalar; Rio das Pedras, SP; 1986

fundidade), cortando duas ruas de cana e avaliando visualmente o desenvolvimento radicular, assim como a profundidade e o grau de compactação. Amostras de anel volumétrico podem ser retiradas, para a determinação da densidade do solo. Mediante as observações de campo, é sugerido o sistema de preparo do solo, assim como a profundidade de descompactação.

Visando a ilustrar a queda de produtividade devido à compactação, a Copersucar instalou um experimento em solo argiloso e induziu a compactação, usando um caminhão de 27 t de peso total, trafegando na entrelinha, em solo seco e solo úmido (Tabela 3). A redução da produtividade foi verificada, à medida que se trafegou com o solo úmido. A pior situação ocorreu com o tráfego sobre a linha da cana, com o solo úmido. A perda de produtividade nesse caso,

comparada com uma passada em solo seco, foi de 14 t/ha. Em cinco cortes, esse valor pode subir a 70 t/ha, ou praticamente perda de um corte no ciclo.

### ASPECTOS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Um dos fatores limitantes para o aumento da produtividade da cana se refere à compactação do solo, que altera uma série de características do solo, entre elas a sensível redução da macroporosidade, chegando a 42% na camada superficial, e 58% na subsuperfície. A alteração na porosidade reduz a quantidade de água disponível em mais de 100%, podendo reduzir a produtividade em mais de 30% (Bellinaso, 2000).

Essa alteração na porosidade tem reflexo direto em outras propriedades do solo, reduzindo a velocidade de troca gasosa entre o solo e a atmosfera, favorecendo o encharcamento temporário, alterando a distribuição de umidade, reduzindo a infiltração, alterando a absorção de nutrientes e, mais importante, restringindo o crescimento radicular. Em solo compactado, a distribuição de umidade é totalmente alterada.

A compactação interfere na quantidade de nutrientes absorvida pela planta. Como exemplo, em área com corte mecanizado, pode ocorrer maior compactação do solo, em relação à área com corte ma-

nual. Nesse caso, os níveis da maioria dos nutrientes concentrados na folha da planta, provenientes da área de corte manual, são geralmente maiores que daqueles das áreas de corte mecanizado.

Em relação à influência da compactação na redução da produtividade da cana e na infiltração da água em solo argiloso, os valores são da ordem de 43% de redução da produtividade, de um corte para outro, e de 16,6% de redução na infiltração (Bellinaso, 2000). A redução da infiltração da água no solo é um dos aspectos mais graves, além da perda de produtividade da cana. Com a compactação do solo, praticamente 50% da água da chuva não penetra no solo, e essa umidade pode fazer falta no ciclo da cultura.

### VARIABILIDADE ESPACIAL DA COMPACTAÇÃO

De maneira geral, na cultura de cana, a profundidade de compactação tem ficado na faixa de 40-50 cm, como observado em trincheiras. A manifestação da compactação nos solos é irregular e varia de acordo com a profundidade e as atividades sobre a superfície do solo. Trabalhando em área de reforma, em solo argiloso da região de Araras, Capelli (2002) obteve a variabilidade espacial da compactação nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-50, nas quais as cores mais claras indicam menor compacta-

ção, e as mais fortes, mais compactação. Após o corte da cana, a área foi preparada somente com grade de 28", e não se fez preparo profundo na ocasião. A variabilidade espacial da camada 0-15 cm indica pouca compactação, com tons mais claros de verde. Por outro lado, a camada intermediária é a mais compactada, enquanto que a terceira camada indica menor compactação.

Como a compactação não pode ser evitada, mas pode ser atenuada, é necessário o conhecimento de alguns parâmetros que podem auxiliar nas tomadas de decisão, em relação ao manejo. Uma questão que deve ser considerada e esclarecida se refere ao nível suportável da compactação, no qual a produtividade da cana seja satisfatória. Em relação a esse tópico, os trabalhos de Bellinaso (2000) têm apresentado alguns indícios, relacionando a produtividade com os valores da densidade limite, em solo argiloso de baixa atividade (Tabela 4). Nota-se que, no valor da densidade, na faixa de até 1,35 g/cm<sup>3</sup>, a produtividade ainda é alta. Quando o valor da densidade do solo aumenta, a produtividade cai drasticamente, chegando a 41,7% de queda.

Com base nessas informações, foi desenvolvida a Tabela 5, que indica os níveis de compactação, em função da densidade e do teor de argila.

### MANEJO PARA ATENUAR COMPACTAÇÃO

As opções de manejo para atenuar os níveis de compactação passam por uma série de medidas preventivas, desde a liberação das áreas para reforma, envolvendo as operações de preparo e plantio, assim como as operações de safra e de cultivo. Como foi visto anteriormente, após o preparo profundo do solo e antes do plantio, é necessário mantê-lo coberto com culturas secundárias, ou mesmo com ervas daninhas. Previamente ao plantio, deve-se proceder a gradeação leve de pré-plantio, se for o caso,

TABELA 3 | INFLUÊNCIA DA UMIDADE NA COMPACTAÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM SOLO ARGILOSO

| DENSIDADE         | UMIDADE | PRODUTIVIDADE | REDUÇÃO |
|-------------------|---------|---------------|---------|
| g/cm <sup>3</sup> | mm      | t/ha          | %       |
| 1,32              | 0       | 105           | 0       |
| 1,34              | 14,3    | 103           | 3       |
| 1,38              | 21,4    | 100           | 6       |
| 1,42              | 32,1    | 90            | 15      |

Fonte: Bellinaso (2000)



TABELA 4 | VARIAÇÕES DA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM FUNÇÃO DO AUMENTO DA DENSIDADE DO SOLO

| PRODUTIVIDADE |        |            | DENSIDADE DO SOLO |            |
|---------------|--------|------------|-------------------|------------|
|               | t/ha   | Variação % | g/cm <sup>3</sup> | Variação % |
| Máximo        | 102,68 | 29,7       | Mínimo            | 1,26       |
| Mínimo        | 72,15  |            | Máximo            | 1,47       |
| Máximo        | 126,26 | 41,7       | Mínimo            | 1,27       |
| Mínimo        | 73,54  |            | Máximo            | 1,46       |
| Máximo        | 145,69 | 33,3       | Mínimo            | 1,38       |
| Mínimo        | 97,13  |            | Máximo            | 1,54       |

Fonte: Bellinaso, 2000.

TABELA 5 | NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO, EM FUNÇÃO DO TEOR DE ARGILA E DA DENSIDADE

| TEOR DE ARGILA | NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO (DENSIDADE) |          |        |              |
|----------------|-----------------------------------|----------|--------|--------------|
|                | Ausente                           | Moderada | Severa | Muito severa |
| %              | g/cm <sup>3</sup>                 |          |        |              |
| Maior 60       | 1,00                              | 1,20     | 1,40   | 1,70 ou >    |
| 35-60          | 1,10                              | 1,30     | 1,50   | 1,70 ou >    |
| 25-34          | 1,30                              | 1,40     | 1,50   | 1,70 ou >    |
| 15-24          | 1,50                              | 1,55     | 1,60   | 1,70 ou >    |
| Até 15         | 1,60                              | 1,65     | 1,70   | 1,75 ou >    |



ou usar glifosato. Durante e após o plantio, é necessário levar-se em consideração que operações com o solo úmido tendem a compactar.

O grande incremento da compactação se dá durante o primeiro corte. Nesse caso, todo cuidado é válido para preservar o preparo do solo; um tráfego leve tende a reduzir a compactação. O importante é preservar o solo da compactação pelo tempo mais longo possível, observando a umidade e reduzindo a pressão de contato com o solo. Além dos cuidados relacionados ao trabalho sobre o solo úmido, um planejamento adequado de safra pode atenuar o problema da compactação. No planejamento de safra, havendo possibilidade de se trabalhar com diferentes texturas de solo, deve-se iniciar e terminar a safra em solo mais arenoso.

Durante o período seco, deve-se trabalhar nos solos argilosos. Em regiões onde predominam 100% de solos argilosos, deve-se trabalhar nos solos eutróficos, durante o período seco, e nos ácricos, no período úmido. Por outro lado, os equipamentos de colheita podem fazer a diferença nos níveis de compactação. Tanto o transbordo quanto a colhedora de esteira compactam menos que os equipamentos com pneus.

O uso de transbordo ou de caminhão na remoção da cana do talhão pode alterar sensivelmente os níveis de produtividade. Bellinaso (2000) observou redução de produtividade no segundo corte de 3,8% (comparado com o testemunha, quando usou transbordo com pneu de baixa pressão), e redução de 11,4%, quando usou caminhão com pneu convencional. O tráfego na linha ou na

entrelinha da cana apresenta níveis de queda de produtividade diferentes, havendo redução de 2,1% na produtividade de um corte para outro (usando equipamento de transbordo e trafegando na entrelinha da cana) e de 6% com tráfego na linha de cultivo da cana.

Com caminhão, as quedas foram mais sensíveis: 6,7% quando trafegou na entrelinha e 11,5% na linha de cana, com um total de redução de 16% na produtividade, o correspondente a 20 t/ha de cana, em um único corte. A umidade, assim como o tipo de atividade sobre o solo, pode causar diferentes níveis de rebaixamento, em relação à superfície do solo. O caminhão, trafegando em solo úmido, poderá rebaixar a superfície do solo em 20,6 cm (contra 18,5 cm em solo seco), enquanto o transbordo dotado de Telleborg, em 13,2 cm (ou 11,6 cm em solo seco).

A umidade altera sensivelmente o nível de compactação e, em consequência, a produtividade. Simulando a precipitação, Bellinaso (2000) observou queda, na faixa de até 15% na produtividade, quando comparou a retirada da cana no talhão com o solo seco e com chuva de 32 mm. A densidade passou de 1,32 para 1,42 g/cm<sup>3</sup> e a produtividade decresceu de 105 para 90 t/ha (Tabela 3).

Como se verifica, o fator umidade do solo é de fundamental importância no manejo da compactação. Por outro lado, é possível também atenuar a compactação, usando adequadamente a pressão dos pneus. Em solo úmido com umidade na faixa de 11% a 22%, a densidade pode variar de 1,3 a 1,62 g/cm<sup>3</sup>, dependendo da pressão dos pneus, com a mesma densidade de carga.

A palha, em regiões onde a produtividade não é afetada, é uma excelente opção para se atenuarem os efeitos maléficos da compactação. Além de agir como amortecedor, mantém a umidade, favorecendo o desenvolvimento no solo de organismos que auxiliam na melhoria da infiltração da água e no desenvolvimento



Área erodida; Macatuba, SP; 1986

radicular. Após o corte da cana e a liberação da área, pode-se proceder à operação de cultivo, quando as condições de umidade permitirem. Essa operação tem diversos objetivos, entre eles nivelar o terreno, dar condições para maior eficiência dos herbicidas, incorporar o adubo quando necessário e, o mais importante, aumentar a infiltração da água no solo.

O cultivo durante o período seco não é indicado, pois tende a eliminar a umidade remanescente do solo e reduzir a produtividade. Em tais situações, sugere-se aguardar umidade — ainda a melhor opção — ou aplicar o adubo sobre a linha da cana, usando como fonte nitrogenada o nitrato ou sulfato de amônio. Finalmente, é necessário disciplinar os operadores quanto a iniciarem ou pararem as operações de plantio, de colheita e de cultivo, em função da umi-

TABELA 6 | PESO DE RAIZ E TONELAGEM DE CANA EM EXPERIMENTO COM TIPO DE SULCADOR EM SOLO ARENOSO\*

| VARIETADES | SULCADOR                        |            | SULCADOR     |            |
|------------|---------------------------------|------------|--------------|------------|
|            | Convencional                    | Subsolador | Convencional | Subsolador |
|            | Peso raízes (0-65 cm)<br>(t/ha) |            | t cana/ha    |            |
| SP70-1143  | 7,7                             | 9,8        | 126          | 143        |
| SP71-1406  | 6,7                             | 7,0        | 117          | 189        |
| SP71-799   | 7,5                             | 8,1        | 175          | 201        |
| SP71-6163  | 6,5                             | 8,2        | 173          | 202        |

\*Plantio: abril 1984; 1º corte: julho 1985

dade do solo. Em relação à colheita, e levando-se em consideração que não se consegue nível zero de compactação, deve-se insistir para que haja adequado controle de tráfego sobre os talhões. Tal prática implica tentar, da melhor maneira possível, o tráfego na entrelinha da cana.

### COMPACTAÇÃO EM SOLO ARENOSO

Os solos arenosos podem ser compactados, em certas situações. Resultados a respeito de tipos de sulcadores para o plantio indicaram queda de produtividade, quando se compararam o sulcador convencional com o sulcador subsola-

dor (Tabela 6), em solo arenoso, na região de Quatá. A explicação para esse fato se deve à compactação nas laterais e fundo do sulco, ocasionada pelo sulcador convencional.

## RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ERODIDAS

Um dos grandes desafios, na área de manejo de solos, refere-se à recuperação de solos erodidos, principalmente por erosão laminar. Dependendo do grau de erosão e do tipo de solo, a recuperação pode ser feita rapidamente (dois a três anos). Em situações em que a erosão atingiu as camadas mais profundas do solo, o tempo de recuperação pode ser maior. De maneira geral, uma erosão laminar da mesma intensidade, num solo com baixo gradiente textural, é mais fácil de recuperar do que num solo podzolizado, com exposição do horizonte B. Da mesma maneira, um solo eutrófico é mais fácil de ser recuperado do que um solo de baixa fertilidade.

Com o objetivo de estudar tal aspecto, foi simulada erosão laminar, através de raspagens em solo podzolizado arenoso, na região de Quatá- SP. A área foi raspada em 15 e 30 cm e, nesses patamares, foram instalados tratamentos para recuperação da fertilidade e produtividade, em comparação com a área sem raspagem (testemunha). Foi plantada cana-de-açúcar em 1996, e colhidos três cortes. Os tratamentos constaram de adubação normal de plantio (40-130-130 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) e de soqueira (90-0-120 kg/ha de N-K<sub>2</sub>O), assim como do uso de 8, 16 e 24 t/ha de torta de filtro, aplicadas no sulco e em área total, e subparcelas com e sem nematicida (Furadan, 8 l/ha). Todos os tratamentos receberam adubações normais de plantio e de soqueira. Os resultados indicaram que, após os três cortes, a produtividade das áreas raspadas não atingiu os valores de produtividade da testemunha sem raspagem, apesar de todos os esforços feitos. Por outro lado, a ação da matéria orgânica associada ao

adubo foi o melhor tratamento, quando comparado com a testemunha.

## OS SOLOS COESOS DO NORDESTE

A maioria dos solos da região Nordeste é originada de material da “formação Barreiras”. Independentemente de sua formação – se Latossolos, solos podzolizados ou Cambissolos – têm características especiais: são, quando secos, extremamente duros (coesos) e friáveis, quando úmidos, além de serem, na maioria dos casos, distróficos ou mesmo álicos, sob mata. Devido à falta de Ca e Mg, a fração argila é facilmente dispersa em água, com as seguintes conseqüências: aumento da erosão; translocação da argila em profundidade, entupindo parcial ou totalmente os poros e causando redução na infiltração; encharcamento temporário no sulco de plantio, mortandade de raízes e aumento na densidade; alteração da estrutura, quando os solos são mobilizados com umidade. Sendo assim, pode-se considerar que tais solos são coesos, densos e, por isso mesmo, especiais. A presença de camadas densas em profundidade variável, tais como fragipã e duripã, pode dificultar em muito seu manejo. As principais opções de manejo são:

- A sulcação nos tabuleiros pode ser reta, desde que sejam tomados cuidados, em relação aos abusos na declividade do sulco.
- Introdução de eletrólitos, o que pode ser feito com o uso do calcário. Nesse caso, Ca e Mg tendem a flocular as argilas, mantendo-as mais estáveis.
- Uso do gesso como alternativa para melhorar a infiltração nesses solos coesos. Trabalhos têm indicado (Summer, 1992) que o uso do gesso, em solos coesos e com bloqueamento de poros em profundidade, melhora sensivelmente a infiltração.
- Recuperação química, tanto na superfície como na subsuperfície, se faz necessária, associada ao uso de culturas secundárias e ao preparo con-

vencional. Posteriormente, pode-se optar pelo plantio direto ou preparo reduzido.

- Na presença de camadas endurecidas próximas à superfície, a subsolagem profunda pode auxiliar a melhorar a infiltração. Em casos extremos, é necessária a drenagem.
- Devido à extrema coesão no período seco, não se recomenda o cultivo. Nesse caso, a aplicação de adubo deve ser feita sobre a linha de cana.
- Uma alternativa para se evitar o estresse de seca no plantio de inverno é roçar a cana entre novembro e dezembro.
- O plantio de verão (setembro a janeiro), associado com irrigação, tem sido excelente opção de manejo para esses solos. Cuidados devem ser tomados para que essa atividade não aumente as pragas do solo, assim como a compactação, em caso de irrigação suplementar para aumento da produtividade. 

*\* José Luiz Ioriatti Demattê é professor aposentado do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas USP/ESALQ. (jlid@terra.com.br).*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLINASSO, I. F. Compactação do solo. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 8. Anais... Piracicaba: Copersucar, 2000.
- BELLINASSO, I. F. A compactação e o preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7. Piracicaba: Copersucar, 1997.
- CÁCERES, N. T.; ALCARDE, J. C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar. *STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 13.
- CAPPELLI, F. Compactação do solo. In: SEMINÁRIO DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA. *Perda de Produtividade*. Ribeirão Preto: STAB, 2002.
- COPERSUCAR. *Potencial de compactação do solo*. Piracicaba: 1995. (Informe Agrícola, 37).
- SUMMER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2. Uberaba, MG, Ibratos/Potatos, 1992.

*Procedimentos*

# As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil

Marcos Guimarães de Andrade Landell e Marcelo de Almeida Silva \*

A história da cana-de-açúcar, ao longo dos últimos sete séculos, está associada principalmente à produção do açúcar. No entanto, desde tempos remotos, há registros da propagação vegetativa desse vegetal, inicialmente em seus

centros de origem, destinada, principalmente, à alimentação e/ou ornamentação. Naquele período, os nativos asiáticos propagavam as formas de *Saccharum* que apresentassem cores mais atraentes, associadas ao baixo teor de

fibra e caldo mais açucarado. Em 1493, supostamente, Cristóvão Colombo, introduziu no “Novo Mundo” a variedade Crioula, resultado de uma hibridação natural entre *Saccharum officinarum* e *Saccharum barberi* (Bremer, 1932).



SILVIO FERREIRA JUNCA

Ponteiros da cana-de-açúcar; Pontal, SP; 2001

Durante aproximadamente 250 anos, manteve-se em cultivo, sendo substituída, posteriormente, por formas de cana “nobre” (*Saccharum officinarum*), assim conhecida devido às suas qualidades distinguidas.

Como vemos, é bastante antiga a busca por formas “varietais” que apresentem maior teor de sacarose, destacando-se, nessa contribuição, a espécie *Saccharum officinarum* que, até o início do século XX, era responsável por grande parte da matéria-prima mundial, através de variedades como a Bourbon. À doença do *sereh* e, posteriormente, ao mosaico e à gomose, pode ser creditada a grande importância que assumiu a técnica do melhoramento genético, a partir de 1880. Inicialmente, objetivou-se a resistência às principais doenças conhecidas, utilizando-se como “ferramenta” o cruzamento inter-específico, envolvendo *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. barberi* e *S. sinense*. A exploração dessas outras espécies proporcionou uma significativa alteração no ideótipo *varietal*.

Plantas, antes sem capacidade de perfilhamento, passaram a apresentar, a partir de então, não apenas tal característica, como também grande habilidade de brotação após o seu corte. Colmos que apresentavam diâmetro excessivo e baixíssimo teor de fibra agora eram de média grossura, com valores médios/altos de fibra (Edgerton, 1955). Desde o advento de hibridações manipuladas, o perfil “varietal” se distinguiu, oferecendo à indústria uma nova concepção de matéria-prima. Os programas de melhoramento genético da cana conduzidos em dezenas de países têm sido responsáveis por essa mudança essencial, usando para tanto estratégias de hibridação e seleção diferenciadas. São eles que, atentos às novas demandas, se lançam ao exercício de construir os cenários de médio e longo prazo, equivalentes ao seu ciclo de produção tecnológica.

O melhoramento genético da cana-

de-açúcar inicia-se com a obtenção de populações com ampla variabilidade genética. Para a obtenção dessa variabilidade, utiliza-se o processo de hibridação, para geração de populações segregantes. Isso pode ser obtido, convencionalmente, pelos seguintes tipos de hibridações: a) cruzamentos biparentais: cruzamento simples utilizando-se dois parentais conhecidos; b) policruzamentos: quando é utilizado um grupo de parentais selecionados, que é inter cruzado. Nesse caso, conhece-se somente o parental feminino, pois dele serão coletadas as panículas fecundadas por diversos machos. No Brasil, a atividade de hibridação tem sido desenvolvida em áreas litorâneas da Bahia e Alagoas, que oferecem condições climáticas bastante favoráveis ao florescimento e à viabilidade dos grãos de pólen. Muitos programas de melhoramento de cana no mundo utilizam-se de “casa de fotoperíodo”, ou seja, aplicam condições artificiais para induzir o florescimento da cana.

O planejamento dos cruzamentos é realizado adotando-se como critérios principais: grau de endogamia entre parentais; teor de açúcar; produtividade agrícola; resistência às principais doenças (carvão, mosaico, ferrugem, amarelinho e escaldadura); capacidade de brotação da soqueira; e hábito ereto de crescimento da touceira dos genitores. O grau de sucesso nessa etapa correlaciona-se com a qualidade da coleção de genótipos mantida para o fim de hibridação. Ela deve receber, de maneira contínua, germoplasma de diversas origens e, principalmente, conter uma estratégia para incorporação de indivíduos oriundos do processo de seleção recorrente, que tem como principal objetivo alterar a média populacional dos caracteres, no sentido de uma melhor adequação aos interesses agrícolas (Vencovsky; Barriga, 1992). O conhecimento da herdabilidade dos caracteres de maior importância econômica também tem um grau de grande importância na eficácia do processo seletivo.

Na cana-de-açúcar, o genótipo de cada planta pode ser transmitido integralmente através das gerações, e multiplicados via clonagem, através dos colmos (Bresiani, 2001). Dessa forma, a nova variedade de cana estará disponível na população na primeira fase de seleção (veja Tabela I), ou seja, teoricamente, se tivéssemos instrumentos de discernimento eficazes, a variedade seria obtida logo após o processo de hibridação. No entanto, isso é normalmente atingido após dez anos de avaliações contínuas. Nesse período, amplia-se a área experimental, as observações são repetidas em diferentes condições edafoclimáticas e distintos anos e, assim, os melhores materiais se distinguem. O eficaz progresso genético decorre da habilidade do “melhorista” em conduzir eficientemente todas as etapas desse longo processo, desde o planejamento da hibridação, até os ensaios de competição em diferentes locais e épocas de colheita, passando por etapas de seleção, em que o componente tácito é bastante exercitado. Diversos trabalhos destacam a base comum na árvore genealógica dos principais programas de melhoramento de cana do mundo (Tai; Miller, 1978; Pommer; Bastos, 1984; Pires, 1993).

Esse estreitamento da base genética é um aspecto crítico em relação à endogamia, afetando a variabilidade genética das populações. Na prática, porém, o que ocorre é a constatação de variabilidade em níveis que ensejam uma seleção satisfatória e ganhos genéticos significativos, principalmente para o caráter “produção agrícola”. O fato de a cana-de-açúcar ser multiplicada via propagação vegetativa perpetua formas que podem apresentar alto grau de heterose. Os componentes de produção determinantes para o potencial agrícola são: a) altura de colmo (h); b) número de perfilhos (C); c) diâmetro de colmos (d). Considerando a densidade do colmo igual a um, o valor de tonelada de cana/ha pode ser estimada pela fórmula:  $TCH = (0,007854 \times d^2 \times h \times C)/E$  (Figura I).

FIGURA 1 | COMPONENTES DE PRODUÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR E O CÁLCULO DO TCH VOLUMÉTRICO

## COMPONENTES DO TCH

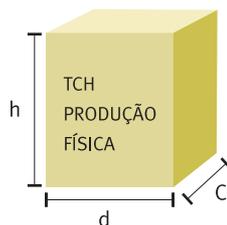
$$TCH = \frac{d^2 \times C \times h (0,007854)}{E}$$

E=ESPAÇAMENTO ENTRE SULCOS (m)

H= ALTURA MÉDIA DOS COLMOS (m)

D= DIÂMETRO MÉDIO DE COLMOS (m)

C= PERFILHAMENTO (Nº COLMOS/m LINEAR)



## SELEÇÃO, FASES INICIAIS

Para exemplificar o processo de seleção, estaremos nos reportando ao que é executado no programa de melhoramento de cana do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Após a obtenção das sementes, elas serão germinadas no Núcleo de Produção de *Seedlings* instalado na

Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Jaú/APTA. Posteriormente, os *seedlings* produzidos serão distribuídos em oito regiões, com características edafoclimáticas distintas, abrangendo algumas das mais importantes áreas canavieiras do Centro-Sul do Brasil. Esses pontos de

avaliação são: Piracicaba, Ribeirão Preto, Jaú, Mococa, Pindorama, Assis e Adamantina, no Estado de São Paulo; e Goiânia, no Estado de Goiás (Figura 2).

Na Tabela 1, são apresentadas todas as fases de seleção que integram o programa de melhoramento desenvolvido pelo IAC. Para avaliação das fases descritas, as características serão quantificadas pelas escalas conceituais apresentadas na Tabela 2. Essa escala conceitual é aplicada, principalmente, nas fases iniciais de seleção, com intuito de aprimorar a percepção tácita do “melhorista”.

A escala de conceito 1 é utilizada para características como: altura, perfilhamento, diâmetro de colmo, germinação e brotação de soqueiras. A escala 2 presta-se para avaliações fitopatológicas, principalmente relacionadas à ferrugem

TABELA 1 | CRONOGRAMA DAS FASES DE SELEÇÃO NO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE CANA IAC

| FASES   | PLANTIO(MÊS/ANO) | SELEÇÃO E COLHEITA(MÊS/ANO)  | TIPO DE AVALIAÇÃO   |
|---|------------------|--|---|
| Hibridação realizada em maio/Ano 0. A germinação das sementes em agosto/Ano 0.  |                  |  |   |
| FS1 t <i>Seedlings</i> planta individual, com as touceiras espaçadas 0,50 m na linha e 1,50 m na entrelinha                                 | nov./Ano 0       | jun./Ano 1<br>mar./Ano 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Levantamento de doenças nas progênies em cana-planta de FS1 aspecto fitossanitário</li> <li>Seleção fenotípica em soca de FS1 através da avaliação de diâmetro de colmo, altura, perfilhos, Brix refratométrico e aspecto fitossanitário</li> </ul>      |
| FS2 t Clones duas linhas de 3 m, espaçadas em 1,50m nas entrelinhas   | mar./Ano 2       | dez./Ano 2<br>mar./Ano 3<br>abr., maio e ago./Ano 3<br>jun.-ago./Ano3<br>jun.-ago./Ano3<br>mar./Ano4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Seleção fenotípica</li> <li>Seleção fenotípica e quantificação biométrica para plantio de FS3</li> <li>Análise tecnológica; avaliação de outros caracteres (florescimento, isoporização e hábito de touceira, etc); seleção na soca de FS2</li> </ul>    |
| FS3 t Clones oito linhas de 5 m, espaçadas em 1,50m nas entrelinhas   | mar./Ano 4       | fev./Ano 5   | Escolha de clones para serem estudados em ensaios regionais, com base nas informações simultâneas dos campos FS2 e FS3  |
| Ensaio regionais parcela de cinco linhas de 8 m, espaçadas em 1,50m, utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições | mar./Ano 5       | 1ºcorte = Ano 6<br>2ºcorte = Ano 7<br>3ºcorte = Ano 8<br>4ºcorte = Ano 9                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>TCH, PCC, TPH, curva de maturação, caracterização biométrica (altura, diâmetro e número de colmos)</li> <li>Em fevereiro/Ano 7, faz-se a eleição dos melhores clones, os quais deverão ser multiplicados, visando ao teste estadual, no Ano 8</li> </ul> |
| Ensaio estaduais competição e épocas de colheita  | mar./Ano 8       | 1ºcorte = Ano 9<br>2ºcorte = Ano 10<br>3ºcorte = Ano 11<br>4ºcorte = Ano 12                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>TCH, PCC, TPH, curva de maturação, caracterização biométrica (altura, diâmetro e número de colmos)</li> <li>Ano 10 = criação de viveiros estratégicos, incluindo os clones que provavelmente serão considerados variedades</li> </ul>                    |
| Liberação da variedade  | Ano 11-12        |  |   |

(Amorin et al., 1987), utilizando-se para tanto de diagrama com a intensidade de sintomas foliares. Conceitua-se, ainda, o florescimento e hábito de crescimento de touceiras. Adota-se, para a variedade padrão, a nota 4, no caso das características relacionadas à produção, tais como altura e diâmetro de colmos e perfilhamento. Na primeira fase de seleção (FS1), instala-se o campo de *seedlings* com as plantas individualizadas em touceiras, adotando-se o espaçamento de 1,50m entre as linhas e 0,50m entre plantas. São realizadas observações ao longo dos ciclos de cana planta e soca, quantificando índices de doenças nas progênies. A seleção final é feita em cana soca, aproximadamente nove meses após o primeiro corte, com critérios visuais e pelo uso do refratômetro de campo, para avaliação do °Brix. Atualmente, adota-se a seleção massal, com taxas de seleção diferenciadas em função da qualidade da família.

Na fase FS2, instala-se o campo de seleção com a multiplicação de duas linhas de três metros por clone (2 x 3). Nessa segunda fase, é feita uma pré-avaliação, utilizando-se as escalas conceituais para características morfológicas e condições fitossanitárias, além do °Brix e, posteriormente à identificação dos melhores genótipos, é realizada a biometria, conforme a seguinte metodologia:

- altura do colmo: medido da base à inserção da folha +3, amostrando-se cinco colmos seguidos na linha;
- diâmetro do colmo: estimado nos mesmos cinco colmos, mensurado no meio do internódio, na altura dada por um terço de comprimento do colmo;
- número de colmos: estimado com a contagem dos colmos de todas as linhas da parcela.

A fase FS3 consiste de um campo de seleção em que cada clone está numa parcela de oito linhas de cinco metros (8 x 5). Nessa fase, são realizadas as mesmas avaliações da fase anterior e em épocas também semelhantes. Concomitantemente,

TABELA 2 | ESCALA CONCEITUAL DE NOTAS PARA AVALIAÇÃO DE CLONES, EM FASES DE SELEÇÃO, NO PROGRAMA CANA IAC

|          | NOTAS | CONCEITO 1      | CONCEITO 2                |
|----------|-------|-----------------|---------------------------|
| Grupo    | 1     | Excepcional     | Muito resistente          |
| Superior | 2     | Ótimo           | Resistente                |
|          | 3     | Muito bom       | Moderadamente resistente  |
|          | 4     | Bom             | Intermediária +           |
| Grupo    | 5     | Médio           | Intermediária -           |
| Médio    | 6     | Abaixo da média | Moderadamente susceptível |
|          | 7     | Inferior        | Susceptível               |
| Grupo    | 8     | Ruim            | Muito susceptível         |
| Inferior | 9     | Péssimo         | Extremamente susceptível  |

Fonte: Landell (1995); Amorin et al. (1987)

são mantidos os campos de seleção das fases FS2 e FS3, permitindo as observações, no mesmo período, dos parâmetros de produção e da longevidade de produção. A avaliação tecnológica é realizada coletando-se amostras na soca de FS2, em três épocas distintas, para caracterizar a curva de maturação de cada genótipo.

### ENSAIOS DE COMPETIÇÃO VARIETAL

Os clones que se destacarem na fase FS3 participarão dos ensaios de seleção nas empresas sucroalcooleiras colaboradoras do programa. Na atualidade, são conduzidos, juntamente com usinas e cooperativas, aproximadamente 200 ensaios de competição “varietal” (ensaios regionais e estaduais). Foi criado um instrumento gestor, que é o *software* Caiana, que oferece grande dinamismo na realização dos relatórios estatísticos desses ensaios. Integram esse esforço conjunto 37 empresas; a essa rede, denominamos projeto Procana IAC. A geração de tais dados, em parceria com tais empresas, coloca-as em contato precoce com a tecnologia “variedade” que, posteriormente, será lançada pelo IAC. Essa estratégia aumenta a eficácia da difusão de tecnologias IAC no setor sucroalcooleiro, permitindo uma adoção mais efetiva.

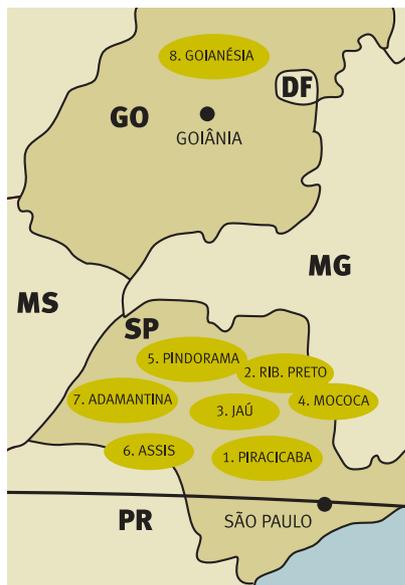
### CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE PRODUÇÃO

Como vimos, cabe ao “melhorista” selecionar os indivíduos superiores, tarefa muitas vezes dificultada, quando se trabalha em diferentes ambientes, indistintamente, sem a preocupação de caracterizá-los em relação ao seu potencial edafoclimático. Uma estratégia que pode ser adotada é o desenvolvimento de pequenos programas regionais, reduzindo a diversidade ambiental e suas interações na população introduzida. Essa estratégia não impede a seleção de genótipos de adaptação ampla, baseada na média dos diversos locais. Mas a opção por uma seleção específica, para cada local considerado, deverá proporcionar ganhos superiores, como constatado por Bressiani (2001).

O programa de melhoramento de cana desenvolvido pelo IAC adota, inicialmente, uma estratégia de seleção regional, na qual indivíduos adaptados a cada uma das regiões (destacadas na Figura 2) são eleitos. Teoricamente, no final desse processo de seleção regional, temos uma “variedade regional”, em um curto espaço de tempo (6 a 7 anos). Para tanto, a acumulação de observações em anos sucessivos, abrangendo ciclos distintos das plantas (cana planta, soca e ressoça), interagindo com anos agrícolas subsequentes, é a principal ferramenta para o

exercício de discernimento do “melhorista”. Estratégias semelhantes são utilizadas nos programas de melhoramento de cana da Austrália (Cox et al., 2000), África do Sul (SASA, 2004) e do Caribe (Kennedy; Rao, 2000).

FIGURA 2 | REGIÕES DE ESTUDO: INTRODUÇÃO E SELEÇÃO DE SEEDLINGS E DE CLONES DE CANA-DE-AÇÚCAR PELO PROGRAMA CANA IAC



Observa-se que regiões como Ribeirão Preto, Assis e Piracicaba diferem acen-tuadamente nos parâmetros climáticos. Assim, na Região 2, existe um maior ex-cedente hídrico no período de cres-ci-mento vegetativo, em relação às demais, o que, associado às elevadas tempe-raturas, justifica as altas produtividades aí alcançadas. A região de Assis, dentre todas as estudadas, é a única que não apresenta déficit hídrico histórico, no período de maturação, prejudicando esse processo fisiológico. Destaca-se também a grande diferença das Regiões 1 e 7, em relação às médias de tempera-turas nos períodos de crescimento vege-tativo e maturação, com diferenças mé-dias de 2,2 e 3º C, respectivamente.

Na Tabela 3, relacionamos as caracte-rísticas inerentes às regiões de estudo que, no processo de seleção, são metas peculiares a serem agregadas às outras características “varietais” prioritárias.

Como ilustração, destacamos a Re-gião 1, onde existe um esforço no senti-do de identificar genótipos com maior potencial de desenvolvimento no pe-ríodo de setembro a abril, ou seja, que

apresente grande eficiência no apro-veitamento da água disponível no pe-ríodo, o que, normalmente, ocorre nos clones de maior tolerância ao alumínio. Na Região 2, por exemplo, que se des-taca pelo grande déficit hídrico no pe-ríodo de maturação, agravado pela alta freqüência de solos ácidos, buscamos genótipos que se sobressaem na brota-ção no período de seca e, posterior-mente, no crescimento das touceiras. O oposto ocorre na região de Assis, onde uma grande ênfase é dada para o po-tencial de maturação, pois esse consis-te na principal limitação para a produ-tividade agroindustrial competitiva.

Na Tabela 4, são apresentados os di-versos ambientes de produção de cana-de-açúcar, segundo Prado et al. (2002). A classificação de solos usada particu-larmente pelo projeto Ambicana, coor-denado pelo Programa Cana do IAC, faz uma subdivisão nos solos tradicional-mente distróficos, considerando solos como “mesotróficos”, quando a satura-ção por bases é relativamente alta no horizonte B, e como “mesoálicos”, quan-do a saturação por alumínio é relativa-

TABELA 3 | CARACTERÍSTICAS PECULIARES OBJETIVADAS NO PROCESSO DE SELEÇÃO, EM CADA UMA DAS REGIÕES DE ESTUDO

| REGIÕES                    | CARACTERÍSTICAS PECULIARES PRIORIZADAS  | PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS PRIORIZADOS POR REGIÃO |
|----------------------------|---|--|
| Região 1<br>Piracicaba     | Aumento do potencial de produção agrícola e tolerância ao alumínio em subsuperfície               | Ferrugem   |
| Região 2<br>Ribeirão Preto | Maior capacidade de brotar em período de estresse hídrico   | Mosaico, escaldadura                             |
| Região 3<br>Jaú            | Maior resistência às doenças fúngicas, maior capacidade de produção em solos de baixa fertilidade | Ferrugem, carvão escaldadura                     |
| Região 4<br>Mococa         | Maior potencial de maturação em condições de baixo estresse hídrico                               | Ferrugem   |
| Região 5<br>Pindorama      | Maior capacidade de brotação em período de estresse hídrico                                       | Escaldadura, nematóides                          |
| Região 6<br>Assis          | Maior potencial de maturação em condições de baixo estresse hídrico                               | Mosaico, estrias de folhas, ferrugem             |
| Região 7<br>Adamantina     | Capacidade de realizar grande acúmulo de massa verde no período de crescimento vegetativo         | Carvão   |
| Região 8<br>Goianésia      | Capacidade de suportar período de estresse hídrico e ausência de florescimento                    | Carvão   |

TABELA 4 | AMBIENTES DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL

| AMBIENTES | PRODUTIVIDADE TCH <sub>s</sub> | ATRIBUTOS/SÍMBOLOS                                    | SOLOS   |
|-----------|--------------------------------|---|---|
| A1        | > 100                          | ADA/ADMA, eutr, CTC alta                              | PVe <sup>2</sup> , PEe <sup>2</sup>   |
| A2        | 96– 100                        | ADM, eutr, CTC méd/alta                               | PVe <sup>2</sup> , PEe <sup>2</sup> , TRe, LRe, LEe, LVe  |
| B1        | 92 – 96                        | ADA, mesotr, CTC méd/alta<br>ADB, eutr, CTC méd/alta  | LRe, PEm <sup>2</sup> , PVm <sup>2</sup><br>LRe, LEe, LVe                                       |
| B2        | 88– 92                         | ADM, mesotr, CTC méd/alta<br>ADM, distr, CTC méd/alta | PVm <sup>2</sup> , PEm <sup>2</sup> , TRm, LRm, LEm, LVm<br>PEd <sup>2</sup> , PVd <sup>2</sup> |
| C1        | 84 – 88                        | ADMB, eutr, CTC baixa<br>ADB, distr, CTC méd/alta     | LEe, Lve<br>PEd <sup>2</sup> , PVd <sup>2</sup>   |
| C2        | 80 – 84                        | ADB, distr, CTC méd/alta                              | LRd, LEd, LVd   |
| D1        | 76 – 80                        | ADB, acr, CTCmed/alta<br>ADM, malic, CTCmed/alta      | LRac, LEac, LVac<br>Pemesoalic, PVmesoalic  |
| D2        | 72 – 76                        | ADB, malic, CTCméd/baixa<br>ADB, alic, CTC méd        | LEMesoalic, LVMesoalic<br>PEa <sup>2</sup> , PVa <sup>2</sup>                                   |
| E1        | 68 – 72                        | ADMB, alic, CTC méd                                   | PEa <sup>3</sup> , PVa <sup>3</sup>   |
| E2        | < 68                           | ADMB, alic, CTC baixa                                 | PEa <sup>3</sup> , PVa <sup>3</sup> , PVe <sup>4</sup> , AQd, AQa, LEa, LVa                     |

LR: Latossolo Roxo; LE: Latossolo Vermelho-Esuro; LV: Latossolo Vermelho-Amarelo; PV: Podzólico Vermelho-Amarelo; AQ: Areia Quartzosa. Eutr: eutrófico; mesotr: mesotrófico; distr: distrófico; acr: ácrico; malic: mesoálico; alic: álico. <sup>(1)</sup> Horizonte B iniciando-se na superfície; <sup>(2)</sup> Horizonte B iniciando-se de 20 a 60 cm de profundidade; <sup>(3)</sup> Horizonte B iniciando-se de 60 a 100 cm de profundidade; <sup>(4)</sup> Horizonte B iniciando-se a mais de 100 cm de profundidade e textura arenosa no horizonte A. Fonte: Prado et al. (2000)

mente alta nesse horizonte. Os termos mesotrófico e mesoálico são apresentados entre aspas, por ser um conceito particular do projeto Ambicana IAC. Apesar de não ser oficialmente adotada, essa nomenclatura proposta tem-se mostrado muito útil para diferenciar solos considerados distróficos, mas com soma e saturação por bases no limite para os solos eutróficos, ou distinguir solos distróficos com níveis de alumínio alto, que não atingem valores superiores a 50% da saturação em alumínio. Dessa forma, os solos “mesotróficos” apresentam potencial químico pouco inferior ao dos eutróficos e neles devem ser alocadas variedades de média/alta exigência. Tradicionalmente, os solos distróficos incluem os “mesotróficos” e os “mesoálicos”. Porém, ocorre que constatamos que, nos mesotróficos, os níveis de cálcio são superiores a 0,7 cmol/kg, enquanto, nos mesoálicos, são abaixo de 0,4 cmol/kg. Essa informação é de grande utilidade na alocação das variedades de cana-de-açúcar quanto à exigência nutricional. 

\* **Marcos Guimarães de Andrade Landell e Marcelo de Almeida Silva** são pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC/Apta)(mlandell@iac.sp.gov.br).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; SANGUINO, A.; CARDOSO, C. O. N.; MORAES, V. A.; FERNANDES, C. R. Metodologia de avaliação da ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*). *Boletim Técnico Copersucar*, São Paulo, v. 39, p. 13-16, 1987.
- BREMER, G. On the somatic chromosome numbers of sugarcane forms of endogenous cane. *Proc. ISSCT*, v. 4, p. 30, 1932.
- BRESSIANI, J. A. *Seleção seqüencial em cana-de-açúcar*. 2001. 133p. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2001.
- COX, M.; HOGARTH, M.; SMITH, G. Cane breeding and improvement. In: HOGARTH, M.; ALLSOPP, P. (Eds.). *Manual of canegrowing*. 3. ed. Brisbane: PK Editorial Services Pty, 2000. chap. 5, 91-110.
- EDGERTON, C. W. *Sugarcane and its disease*. Baton Rouge: Louisiana State University Press, 1955. 290p.
- KENNEDY, A. J.; RAO, S. *Handbook 2000*. George, Barbados: West Indies Central Sugar Cane Breeding Station, 2000. 66p.
- LANDELL, M. G. de A. Método experimental: en-

saio de competição em cana-de-açúcar. In: MARTINS, A. L. M.; LANDELL, M. G. de A. *Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no Programa Cana IAC*. Pindorama: Instituto Agrônomo, 1995. p. 2-14.

- PIRES, C. E. L. S. *Diversidade genética de variedades de cana-de-açúcar (Saccharum spp) cultivadas no Brasil*. 1993. Tese (Doutorado) USP/ESALQ, Piracicaba, 1993. 120p.
- POMMER, C. V.; BASTOS, C. R. Genealogia de variedades IAC de cana-de-açúcar: vulnerabilidade genética e necessidade de programas básicos de melhoramento. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 19, n. 5, p. 623-629, 1984.
- PRADO, H.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. A importância do conhecimento pedológico nos ambientes de produção de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO DE SOLO E ÁGUA, Cuiabá, MT, 2002.
- SOUTH AFRICAN SUGAR ASSOCIATION (SASA). *Plant breeding crossing and selection programmes*. Disponível em: <www.sugar.org.za>. Acesso em: 10/mar./2004.
- TAY, P. Y. P.; MILLER, J. D. The pedigree of selected Canal Point (CP) varieties of sugarcane. *Proc. Cong. Am. Soc. Sugarcane Techs.*, v. 8, p. 34-39, 1978.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496p.



*Tolete de cana-de-açúcar colhida mecanicamente na Usina Equipav; Promissão, SP; 2001*

SILVIO FERREIRA JUNCA

# Planejamento e estimativa na produção de cana

Edgar Gomes Ferreira de Beauclair \*

A produção de cana-de-açúcar visando à sua industrialização é um enorme desafio, ante os inúmeros fatores de produção, de ambiente e de mercado, em que o setor está inserido. Os tempos em que somente a simples intuição e a experiência dos responsáveis pela condução da lavoura eram suficientes, chegaram ao fim. Hoje, é imprescindível que os responsáveis pelas decisões que norteiam o empreendimento tenham acesso a modernas ferramentas de gestão para, com o auxílio de estimativas confiáveis, criar os cenários possíveis a uma tomada de decisão mais eficaz. Atualmente, existe a certeza de que a interação entre os fatores é mais importante do

que cada fator em si. Como são muitos os fatores envolvidos e suas interações, torna-se praticamente impossível determinar as melhores alternativas, a cada momento, sem a elaboração de cenários bem fundamentados, que devem ser analisados por meio de modernas ferramentas de gestão.

Na condução do empreendimento, é mais importante “fazer o certo” do que fazer “bem feito”. Claro que “fazer o certo, bem feito” é o ideal, mas a definição da política de condução da lavoura é fundamental para que os esforços, numa produção bem conduzida, resultem no retorno econômico que dela se espera. Nenhuma política de produção pode ser realizada sem um planejamento estratégico, e a elaboração de um planejamento estratégico deve envolver os diferentes setores da empresa. Sendo assim, ele deve integrar as áreas agrícola, industrial, comercial e financeira, além de considerar a base física e a financeira (fluxo de caixa). A complexidade do problema torna sua solução dependente de modernos recursos de pesquisa operacional, mas que, como todo modelo de gestão, é extremamente dependente da capacidade de elaboração de estimativas e de cenários confiáveis. Essa dependência é notada mesmo com o uso de ferramentas mais simples de planejamento e programação apenas da produção agrícola.

Para projeções das áreas da lavoura, visando à quantificação da produção ao longo de um horizonte de cinco a dez anos, planilhas eletrônicas de simulação de produção – um recurso computacional relativamente simples – são utilizadas e dependem sobremaneira das estimativas de produção de cada variedade, ao longo de seu ciclo. Dessa forma, é preciso estimar a produtividade em cada estágio de corte, dentro de cada ambiente de produção, assim como sua evolução ao longo dos anos, e qual o número de cortes economicamente viável, em cada caso. Para obtenção de modelos de

otimização capazes de considerar esse problema, é comum haver dificuldade na elaboração das curvas de produção, em função do número de cortes, e há necessidade de mais estudos para elaboração de um modelo capaz de prever de forma consistente esse fenômeno.

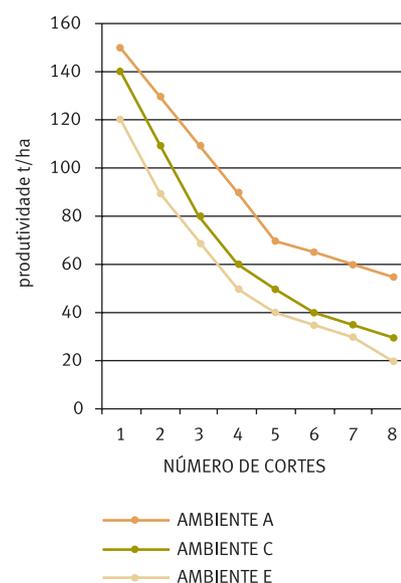
Como pode ser observado na Figura 1, espera-se um decréscimo na produtividade decorrente do número de cortes, e esse efeito é influenciado pelo ambiente de produção. Porém, a existência de diversos fatores de produção envolvidos torna essa projeção extremamente teórica. A simples alteração da época de corte tem grandes efeitos na brotação da soqueira da maioria das variedades, nos diferentes ambientes de produção. Além desse aspecto, ações como aplicação de vinhaça, tipo de colheita, tratamentos culturais etc. podem tornar essa projeção um simples exercício acadêmico, sem nenhum sentido prático para a elaboração de um planejamento operacional e financeiro da área agrícola e, portanto, do empreendimento. Isso não invalida, por outro lado, trabalhos de simulação da produção, utilizando as médias gerais da empresa, para cada estágio (corte), na definição das áreas de plantio a serem realizadas a cada safra, para se obter uma projeção confiável da produção futura.

Se a elaboração de estimativas de produtividade para fins de planejamento ainda carece de resultados conclusivos, a formação de estimativas de produção para a safra corrente já apresenta grandes avanços. A modelagem da produção agrícola vem sendo aprimorada no Brasil e em outros países produtores de cana. Alguns sistemas de previsão podem ser encontrados, inclusive, na Internet (Apsim, Canegro, DSSAT). A maioria dos modelos de estimativa da produção agrícola envolve o estudo do metabolismo fisiológico e sua resposta aos estímulos do ambiente (fatores edafoclimáticos).

A formação das estimativas de produção para a safra é tarefa inerente ao

planejamento operacional da colheita, pois define a forma de utilização dos recursos necessários, cuja quantificação depende da acuidade das estimativas, e são muitos os meios atuais para a sua elaboração. Muitos investimentos têm sido feitos no uso e aprimoramento de ferramentas de sensoriamento remoto. Apesar de elas ainda não terem produzido os resultados esperados, têm demonstrado que seu potencial de uso não está superestimado. A partir de calibrações e formação de parâmetros de comparação, esse recurso vem sendo apontado como uma grande esperança na elaboração de estimativas de produção, realizadas com antecedência e com alto grau de acerto. Porém, até que todas essas metodologias estejam suficientemente claras e definidas, a maioria das estimativas de produção nas unidades produtoras é realizada por meio de medidas de crescimento (biometrias), como no sistema Copi (Rodrigues et al., 1983), e de avaliações visuais, realizadas diretamente pelos administradores das lavouras.

FIGURA 1. CURVAS TEÓRICAS DE PRODUTIVIDADE, EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE CORTES, EM DIFERENTES AMBIENTES DE PRODUÇÃO

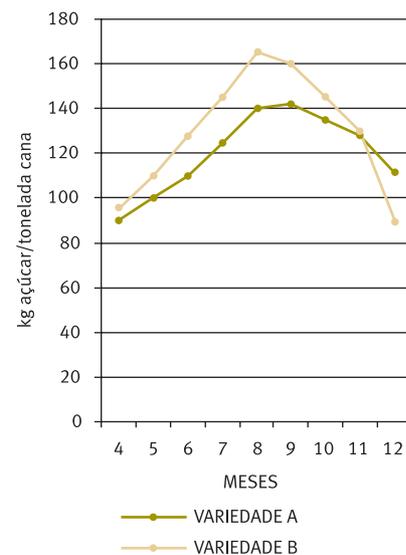




R. ROSSETTO / APTA

Vista de canavial: Piracicaba, SP: 1996

FIGURA 2 | CURVAS DE MATURAÇÃO DE DUAS VARIEDADES HIPOTÉTICAS



Desde que o primeiro modelo de otimização da colheita para as condições brasileiras foi publicado por Beauclair e Pentead, em 1984, muitos modelos desse tipo surgiram no mercado, com pequenas variações no modelo matemático, com maior ou menor inclusão dos fatores, recursos e restrições envolvidos no processo. Atualmente, a disponibilidade de aplicativos de programação linear e o conhe-

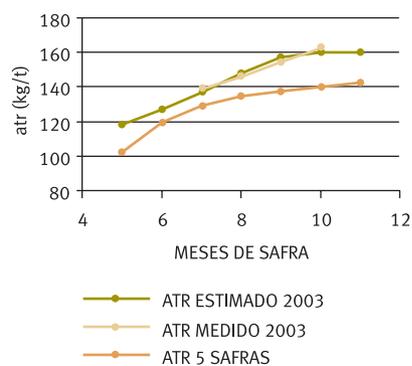
cimento do processo de colheita da cana-de-açúcar permitem que tais sistemas nem precisem ser utilizados, bastando, na maioria dos casos, a presença de especialistas e a disponibilidade de aplicativos. Sistemas especializados costumam ter uma interface mais “amigável” com o usuário, além de uma apresentação mais clara e definida. Mas, os recursos de otimização e de programação linear hoje disponíveis tornam muitas vezes desnecessária a construção de um sistema específico para a solução desse problema.

Embora existam muitos sistemas especializados na otimização da colheita da cana-de-açúcar, permanece ainda o grande problema, que é a realização das estimativas da qualidade da matéria-prima – ou seja, da evolução futura da maturação. Observando-se a Figura 2, pode-se exemplificar de forma bastante simples o problema envolvido na otimização da colheita. Supondo-se apenas duas épocas possíveis de colheita – por exemplo, os meses de maio (5) e agosto (8) –, teremos, de acordo com a hipótese mostrada na Figura 2, os teores de 100

e 140 kg de açúcar por tonelada, para a variedade A, e 110 e 165 kg de açúcar por tonelada, para a variedade B.

Um procedimento comum nessa situação é a escolha para corte da variedade B no mês 5, sobrando a variedade A no mês 8. Mais uma vez, simplificando o problema e considerando apenas uma tonelada de cana de cada variedade, teríamos nessa situação a produção total de 250 kg de açúcar ao longo da safra. Por outro lado, a escolha que maximizaria o resultado em produção de açúcar seria a escolha da variedade A, no início da safra (mês 5), produzindo 100 kg/t e o corte da variedade B no mês 8, com 165 kg/t. Dessa forma, seriam produzidos 265 kg de açúcar ao longo da safra, 15 kg a mais do que a primeira alternativa. Logicamente, o problema real é muito mais complexo, envolvendo as capacidades industrial, de corte, carregamento e transporte; logística e deslocamento das frentes; características varietais de brotação e época de corte, fluxo de caixa etc. Mas o processo de otimização sempre será baseado na decisão exemplificada anteriormente.

FIGURA 3 | CURVAS ESTIMADAS E OBTIDAS PARA O ANO-SAFRA 2003/2004, VARIEDADE RB72454, SOCA, CORTADA NO FIM DA SAFRA.



Nesse ponto surge a principal questão: como realizar essa estimativa do comportamento futuro da maturação da variedade? O conhecimento da fisiologia da maturação da cana-de-açúcar permite algumas inferências, através da análise de alguns parâmetros ligados à qualidade da matéria-prima (como pureza, teor de açúcares redutores etc.), mas esses fatores são extremamente dependentes do ambiente. Além disso, o teor de açúcar nos colmos é resultado principalmente pelo estresse vegetativo provocado por déficits hídricos e pela queda de temperatura (Dillewijn, 1952; Scarpari, 2002). Assim, independentemente do sistema de otimização da colheita empregado, surge a necessidade urgente de se determinar, por ocasião do início da safra, qual o comportamento e a evolução da maturação de cada variedade, em cada estágio, dentro de cada ambiente de produção.

Por falta de informação e de alternativas mais viáveis, muitos técnicos têm utilizado a média histórica do comportamento da maturação dentro da propriedade. Estudos recentes, no entanto, já demonstraram que esse procedimento pode induzir a erros grosseiros na formação das estimativas de acúmulo de sacarose. A utilização de um sistema de previsão do teor de açúcar por tonelada de cana, chamado Predpol (Beauclair e Scar-

pari, 2002), tem evidenciado que a utilização das médias pode induzir a falsas análises e, assim, prejudicar a otimização da colheita. Um exemplo das estimativas das curvas de maturação realizadas pelo sistema Predpol, em comparação com a média de cinco safras, pode ser visualizado na Figura 3, com a curva média obtida na safra estudada. Nessa figura, pode-se inferir que o uso da média das análises realizadas ao longo de cinco anos não representou com fidelidade o comportamento da variedade RB72454, cana soca, cortada no fim da safra, para o ano-safra 2003/2004, ao passo que as estimativas utilizadas pelo sistema Predpol, que institui o uso de parâmetros como “horas-frio” e balanço hídrico, propiciaram resultados extremamente próximos do que foi observado no período. Vale ressaltar que tais resultados só são possíveis a partir da análise de um número grande de dados, o que ainda torna o sistema extremamente particular para cada condição estudada, não sendo possível a extrapolação dos resultados de uma determinada condição para as condições gerais das demais lavouras.

O uso de modernas ferramentas de gestão, por si só, não é suficiente para garantir o sucesso do empreendimento, pois seu sucesso está intimamente ligado a sistemas de previsão de rendimentos e à acuidade na formação dos cenários.

Por outro lado, a utilização conjunta desses recursos tende a fornecer, explicitamente, melhores alternativas para a condução de uma empresa produtora de cana, açúcar, álcool, aguardente e seus subprodutos.

**\* Edgar Gomes Ferreira de Beauclair**  
é professor do Departamento de Produção Vegetal. USP/ESALQ (egfjbeauc@esalq.usp.br)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAUCLAIR, E. G. F. de; PENTEADO, C. R. Cronograma de corte da cana-de-açúcar através da programação linear. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., 1984, Piracicaba. *Anais...* São Paulo: Copersucar, 1984. p. 424-434.
- BEAUCLAIR, E. G. F. de; SCARPARI, M. S. Modelo de previsão de acúmulo de sacarose para a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) através de parâmetros climáticos. In: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. *Anais...* Recife: STAB, 2002. p. 561-565.
- DILLEWIJN, C. van. *Botany of sugarcane*. Waltham, Mass.: The Chronica Botanica, 1952. 371 p.
- RODRIGUES, J. C. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. DE; RODRIGUES, A. L. C. Integrated control of production applied to sugarcane: the COPI system. In: ISSCT CONGRESS, 18, 1983, Cuba. *Proceedings*. Cuba: ISSCT, 1983. Agricultural Commission I. p. 397-421.
- SCARPARI, M. S. Modelos para a previsão da produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) através de parâmetros climáticos. 2002. 79p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.



Cultivo mecânico em experimento de épocas de plantio e corte, mostrando diferenças de desenvolvimento; Estação Experimental de Piracicaba (CTEP-CTC); Piracicaba, SP; 1985

# Sensoriamento remoto: um olhar espacial sobre os canaviais

Antônio Roberto Formaggio \*

Um país de dimensões continentais, agronegócios que movimentam expressivas somas, a partir de uma ampla e complexa cadeia produtiva, propiciando significativos saldos positivos no comércio internacional: esse pode ser considerado o cenário da vibrante agricultura brasileira do início do século XXI. Nesse rico panorama agrícola, a cana-de-açúcar, gramínea cultivada no país desde meados do século XVI, desempenha papel de destaque, por sua versátil e estratégica funcionalidade de ser matéria-prima tanto para a produção do açúcar, como para a do álcool, alimento e energia, fontes de divisas de primeira grandeza para o Brasil.

Por outro lado, os preços agrícolas variam por inúmeros fatores contextuais como, nos dias atuais, as instabilidades no Golfo Pérsico e as conseqüentes pressões nas cotações do petróleo; as valorizações e desvalorizações do dólar, influenciando nas exportações/importações, aquecimentos e desaquecimentos do mercado. Tudo isso converge para a estratégica decisão de se possuir um eficiente, rápido e confiável sistema de previsões de safras e de estatísticas agrícolas. De fato, os países que pretendem se inserir no contexto mundial de uma economia globalizada e de fortes blocos econômicos precisam contar com excelentes sistemas de informações agrícolas, não somente sobre eles mesmos, mas também sobre os demais países do próprio bloco, e de fora dele. Devem contar, acima de tudo, com previsões eficazes, bem como capacidade de rápida percepção das mudanças, por mais sutis que possam ser.

Estimativas de produção precisas e oportunas, em nível regional ou municipal, são essenciais para as decisões gerenciais relacionadas à economia agrícola de um país.

As estimativas de produção feitas na fase de pré-colheita constituem informação essencial para o governo e, também, para as agroindústrias, no sentido de se determinarem fatores econômicos, tais como preços, excedentes exportáveis etc. Do ponto de vista da inserção no negócio agrícola, os interessados nas informações agrícolas podem ser produtores, exportadores, importadores, cooperativas, indústrias de beneficiamento, consumidores, fornecedores de insumos, investidores etc.

As mercadorias agrícolas negociadas hoje nas bolsas de todo o mundo – como o café, a soja, o cacau, o milho, o trigo, o suco de laranja, o açúcar, o álcool – movimentam cifras de vários algarismos (em bilhões de dólares) e, por isso mesmo, têm seus preços determinados muito mais pelo “mercado global” do que por qualquer lógica referente ao custo de produção ou à eficiência produtiva local. Sabe-se que o principal fator a determinar as oscilações nessas bolsas, que trabalham com o mercado futuro, são as expectativas de oferta e de demanda mundiais dos produtos. Então, a empresa ou nação que conseguir prever com maior antecedência e acerto a sua safra e as dos seus concorrentes poderá influir no preço de uma mercadoria estratégica e fazer os melhores negócios.

Nesse amplo contexto, fica clara a importância do sensoriamento remoto, pois as mais eficientes, rápidas e econômicas maneiras de se realizarem previsões de safras, já utilizadas por diversos países, se apóiam, invariavelmente, em dados obtidos remotamente por sensores orbitais (FAO, 1998). Na realidade, o uso do sensoriamento remoto é uma das únicas maneiras de um país atualizar as estimativas sobre a sua produção e, principalmente, sobre a dos concorrentes, com antecedência suficiente para auxiliar na tomada de decisões. O sensoriamento remoto pode ser definido como o uso de dados coletados por sistemas sensores que não entram em con-

tato com os objetos sensoriados (em geral, esses objetos estão na superfície terrestre), sendo a energia eletromagnética o principal elo de ligação entre os referidos objetos e os sensores considerados.

Os satélites artificiais, colocados a centenas de quilômetros de altitude, constituem-se, então, em plataformas espaciais privilegiadas, transportando os sensores orbitais, que observam, com suas poderosas óticas, os processos, fenômenos e mudanças da superfície da terra. O grande pioneiro do sensoriamento remoto orbital para observação da superfície terrestre foi o satélite Landsat, inicialmente com o sensor MSS e, depois, com os sensores TM e ETM+. Atualmente, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas (sensores mais leves, de menores volumes, mais poderosos, com menores custos de lançamento, como, por exemplo, o ALI – *Advanced Land Imager*, presente no satélite norte-americano Earth Observer-1) para substituir a atual geração de sensores orbitais.

Para se ter uma idéia das capacidades e da amplitude de cobertura das imagens orbitais, cada cena ETM+/Landsat cobre uma área correspondente a um quadrado de 185 km x 185 km (ou 34.225 km<sup>2</sup>) e são necessárias apenas dezoito dessas imagens para cobrir, por exemplo, todo o Estado de São Paulo; ao passo que, para recobrir uma área correspondente a uma imagem ETM+ somente, seriam necessárias milhares de fotografias aéreas de média escala (p.ex., 1:50.000), com a conseqüente multiplicação de custos e de trabalho para gerar um determinado conjunto de informações. Além do Landsat, outros sistemas (como o europeu Spot-5 e o indiano IRS-P6) vêm sendo postos em órbita, cabendo um destaque aos gigantes satélites de objetivos múltiplos, como o Terra, o Aqua e o Envisat, que se destinam a estudos ambientais globais – ou seja, o planeta sendo observado como um grande e complexo sistema composto por seus principais subsistemas (os oce-

anos, a atmosfera, os continentes, as geleiras), a fim de se entenderem as mudanças globais, as naturais e as causadas pelo homem, que vêm ocorrendo na Terra.

Tanto o satélite Terra como o Aqua carregam múltiplos sensores para a observação dos fenômenos e sistemas planetários. Um desses sensores, presente em ambos, é o Modis – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*. Cada imagem Modis recobre uma área de 2.330 km x 2.330 km, em 36 bandas espectrais, sendo que esse sensor possibilita a insubstituível capacidade de recobrimento de todos os pontos da superfície terrestre “com frequência diária”. Para se ter uma idéia da ordem de grandeza e da quantidade de dados do sensor Modis, coletados e retrabalhados para gerar diversos tipos de índices diariamente, os computadores da Nasa processam, aproximadamente, 380 terabytes de informações sobre a superfície terrestre por dia (Justice et al., 2002).

Para possibilitar a aquisição diária de uma “fotografia” da superfície terrestre, são necessárias resoluções geométricas intermediárias e, então, o sensor Modis apresenta a capacidade de discernir apenas objetos de tamanhos intermediários (da ordem de 250 m, 500 m ou 1000 m), conforme os objetivos que estejam sendo estudados (Nasa, 2003a). O Brasil, por sua vez, ao lado dos Estados Unidos, dos países europeus, da Índia e da China, também tem marcado expressiva presença no cenário da pesquisa espacial mundial, desde o final da década de 1960. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, desponta como produtor de significativos desenvolvimentos na área do sensoriamento remoto e das geotecnologias associadas.

Em parceria tecnocientífica com a China, dois satélites Cbers (*China-Brazil Earth Remote Sensing Satellite*), ambos situados entre os de mais moderna tecnologia, já foram colocados em órbita: o Cbers 1, lançado em 14 de outubro de

TABELA 1 | PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS SENSORES A BORDO DOS SATÉLITES SINO-BRASILEIROS CBERS 1 E 2

| CARACTERÍSTICAS                     | CCD   | IR-MSS   | WFI  |
|-------------------------------------|---|--|--|
| Bandas espectrais                   | 0,51–0,73 µm (pan)<br>0,45–0,52 µm (azul)<br>0,52–0,59 µm (verde)<br>0,63–0,69 µm (vermelho)<br>0,77–0,89 µm (IV próx.) | 0,50–1,10 µm (pan)<br>1,55–1,75 µm (IV médio)<br>2,08–2,35 µm (IV médio)<br>10,40–12,50 µm (IV termal) | 0,63–0,69 µm (vermelho)<br>0,77–0,89 µm (IV próximo) |
| Campo de Visada                     | 8,3°  | 8,8°   | 60°  |
| Largura de faixa imageada           | 113 km  | 120 km   | 890 km   |
| Capacidade de apontamento           | ± 32°   | –  | –  |
| Resolução espacial                  | 20 m × 20 m   | 80 m × 80 m 160 m × 160 m<br>(banda termal)  | 260 m × 260 m  |
| Resolução temporal (repetitividade) | 26 dias (visada vertical)<br>3 dias (visada lateral)  | 26 dias  | 5 dias   |

1999 (e já desativado por término de vida útil), e o Cbers 2, lançado em 21 de setembro de 2003, este com vida útil prevista para três anos. A Tabela 1 mostra um resumo das principais características dos sensores do satélite Cbers 2, evidenciando sua versatilidade e suas multicapacidades: a) multissensores: esse satélite sino-brasileiro carrega uma câmara CCD (*High Resolution CCD Camera*), uma câmara WFI (*Wide Field Imager*) e um imageador IR-MSS (*InfraRed Multispectral Scanner*); b) multiresoluções; c) multiespectralidade; d) multivisadas e e) multitemporalidade (= repetitividade). A Figura 1 apresenta uma ilustração de alguns aspectos geométricos de aquisição de dados pelos sensores dos satélites sino-brasileiros Cbers.

Como perspectiva, é oportuno citar que Brasil e China já assinaram protocolos de intenção para a continuidade do programa de observação da Terra e para a construção e a operação de mais dois satélites Cbers (os Cbers 3 e 4), para os próximos anos, com o desenvolvimento de sensores ainda mais sofisticados que os atuais. Todos os avanços, em franco desenvolvimento na área de sensoriamento remoto orbital, deverão propiciar, sem dúvida, incrementos crescentes nas potencialidades aplicáveis às

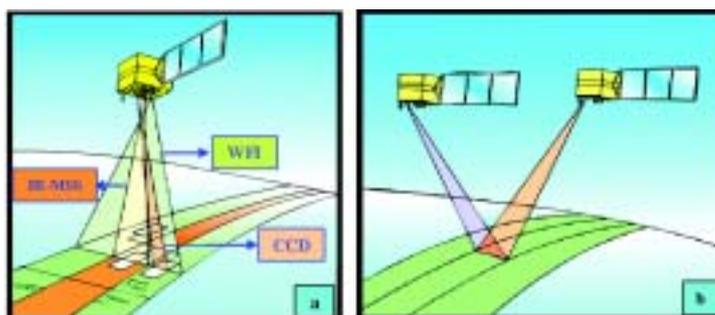
finalidades agrícolas. A equação que envolve as previsões de safras baseia-se em duas variáveis principais: a “área plantada” e a “produtividade” das lavouras agrícolas de interesse.

No que se refere à determinação das áreas canavieiras, as imagens orbitais atuais (por suas características de permitirem visão sinóptica, adequada resolução geométrica, multitemporalidade e multiespectralidade) podem proporcionar um levantamento e uma espacialização das lavouras com excelente desempenho e precisão. Como ilustração, a Figura 2 mostra um trecho de uma imagem Cbers 2 obtida sobre a região de Pradópolis-SP, na qual podem ser vistas algu-

mas feições canavieiras com excelente interpretabilidade. Em relação à produtividade, modelos agrometeorológicos, modelos espectrais e modelos de crescimento vêm sendo desenvolvidos e testados conjugadamente, potencializando para um futuro próximo a capacidade de geração de informações objetivas, com antecedência e qualidade, para as estatísticas e previsões das safras canavieiras e das principais culturas agrícolas brasileiras (Rudorff, 1985; Melo et al., 2003).

Como avanço em relação aos sensores multiespectrais (cuja resolução espectral é da ordem de centenas de nanômetros), sensores remotos hiperespectrais (ou

FIGURA 1 | A) ILUSTRAÇÃO DAS FAIXAS E FORMAS DE COBERTURAS DOS SENSORES CCD, IR-MSS E WFI DOS SATÉLITES SINO-BRASILEIROS (CBERS 1 E CBERS 2); B) CAPACIDADE DE VISADAS OBLIQUAS DA CÂMARA CCD



Fonte: (Inpe, 2003)

FIGURA 2 | TRECHO DE UMA IMAGEM/COMPOSIÇÃO COLORIDA DA CÂMARA CCD/CBERS 2; REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO, SP



Obs.: Canaviais em matizes de verde, em junção de vigor e de estágio vegetativo; áreas de solos expostas aparecendo em matizes avermelhados; áreas brancas referem-se à presença de palha seca de cana na superfície.

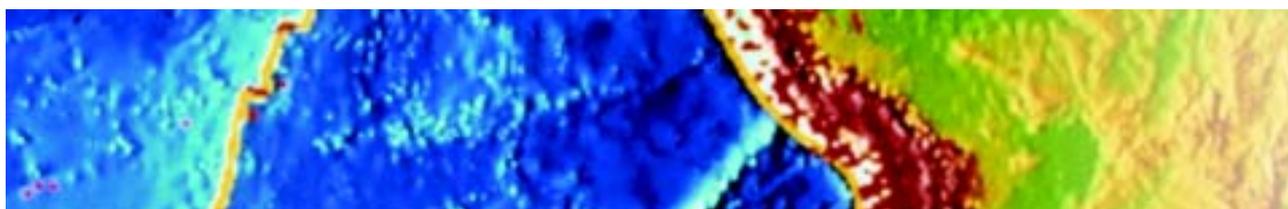
seja, sensores que captam a energia eletromagnética com um detalhamento espectral da ordem de dez nanômetros) vêm sendo desenvolvidos desde meados da década de 1980 e, atualmente, já estão sendo testados em satélites, como o norte-americano Earth Observer 1 (Nasa,

2003b) e o europeu Proba (ESA, 2003). Nessa linha hiperespectral, vislumbra-se que, em breve, será possível quantificar componentes das folhas da vegetação agrícola, tais como clorofila a, clorofila b, carotenóides, lignina, celulose e teor de umidade, por exemplo. Isso abrirá um potencial de disponibilização de informações de incomparável valia para o sensoriamento remoto em agricultura.

Alguns grupos de pesquisa já vêm desenvolvendo essa linha de pesquisa nos Estados Unidos, na Europa e na Austrália. No Brasil, dada a grande importância dessa linha de trabalho, pesquisas com sensores hiperespectrais vêm sendo realizadas (Ferri, 2002; Formaggio et al., 2002), de modo a assimilar o que há de mais moderno e potencial nesse assunto de ponta do sensoriamento remoto mundial. Enfim, os avanços na área do sensoriamento remoto orbital têm sido muito rápidos e tendem a continuar em ritmo forte, em função do grande inte-

resse pelas valiosas informações sobre a superfície terrestre que podem ser geradas pelos sensores colocados em satélites. O Brasil vem conseguindo acompanhar esses desenvolvimentos e tem apresentado expressiva contribuição científica e tecnológica, procurando manter-se entre os dez países mais avançados nesse importante campo tecnológico e, quanto maior for o número de instituições e de usuários do sistema espacial brasileiro, maiores e melhores serão os benefícios e os desenvolvimentos para o país, com o uso das informações provenientes dos sensores colocados a bordo de satélites de sensoriamento remoto terrestre. 

\* **Antônio R. Formaggio** é pesquisador do Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia ([jformag@itid.inpe.br](mailto:jformag@itid.inpe.br)).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESA (2003). *The proba web pages*. Disponível em: <<http://www.estec.esa.nl/wawww/ES/PROBA.html>>. Acesso em: nov. 2003.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Multiple frame agricultural surveys: agricultural survey programmes based on area frame or dual frame sample design*. Rome: FAO, 1998. v. 2, 242 p. (FAO Statistical Development Series, 10).
- FERRI, C. P. *Utilização da reflectância espectral para estimativa de pigmentos fotossintéticos em dosséis de soja [Glycine max (L.) Merrill]*. 2002. 173p. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe/MCT). Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, 2002.
- FORMAGGIO, A. R.; FERRI, C. P.; SCHIAVINATO, M. A. Comparação entre índices espectrais de vegetação para determinação de clorofila em dosséis de soja” [Glycine max (L.), Merrill]. In: LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 10., 11-15 nov. 2002, Cochabamba, Bolívia. *Proceedings*. CD-ROM. 8 p.
- INPE (2003). *O satélite CBERS*. Disponível em: <<http://www.cbears.inpe.br/>>. Acesso em: nov. 2003.
- JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R. E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISSETTE, J. T. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, p. 3-15, 2002.
- MELO, R. W.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento da soja para o estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2003. p. 173–179.
- NASA (2003a). *The modis sensor from TERRA Satellite*. Disponível em: <<http://modisland.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: nov. 2003.
- NASA (2003b). *Hyperion: Hyperspectral sensor from Nasa/Earth Observer-1 Satellite*. Disponível em: <<http://eol.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: nov. 2003.
- RUDORFF, B. F. T. Dados Landsat na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar”. 114p. (INPE-3744-TDL/202). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1985.

*Controle*

SILVO FERREIRA/UNICA

*Vista de canavial; Jaboticabal, SP; 2001*

# Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana

Ricardo Victoria Filho e Pedro Jacob Christoffoleti \*

A ocorrência de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar provoca perdas sérias na produtividade, quando não controladas adequadamente. Diversos trabalhos de pesquisa mostram esses danos, atribuindo ao manejo dessas plantas uma porcentagem importante do custo de produção. A cana, apesar de usar de maneira altamente eficiente (fisiologia C4) os recursos disponíveis para o seu crescimento, é afetada nas fases iniciais de crescimento pelas plantas daninhas, que também utilizam os recursos disponíveis de forma eficiente, por muitas delas também apresentarem fisiologia C4.

Em cada fase do crescimento inicial, a cana-de-açúcar pode responder diferentemente a um herbicida em particular, ou mesmo tolerar a competição com as eventuais plantas daninhas presentes na área. É bem conhecido em outras culturas, principalmente as de cereais, que, em determinados estádios fenológicos, as plantas são mais sensíveis que em outros, em relação ao momento de aplicação do herbicida. Porém, na cultura da cana, as informações relativas à tolerância aos herbicidas não se encontram ainda pesquisadas de forma clara e conclusiva.

No caso da cana-planta, podem ser definidos quatro estádios fenológicos iniciais: esporão; duas a três folhas; transição do sistema radicular em três a quatro meses (Rochecouste, 1967), os quais têm relação direta com a capacidade competitiva da cultura e com a suscetibilidade aos herbicidas. Para as soqueiras, são definidos dois estádios principais, quais sejam: estágio de brotação inicial das soqueiras e estágio de perfilhamento e formação do sistema radicular definitivo.

## COMPETIÇÃO E ALELOPATIA

Um dos pontos básicos para o manejo adequado das plantas daninhas, na cultura da cana-de-açúcar, é o conhecimento dessas plantas, com informações sobre a biologia, dinâmica das populações e danos provocados à cultura, quando não controladas. As plantas daninhas competem com a cana-de-açúcar em água, luz e nutrientes. Além disso, pode ocorrer a ação de compostos químicos liberados no ambiente pelas plantas daninhas, que interferem com a cana-de-açúcar (alelopatia). A ação conjunta da competição mais a alelopatia é denominada "interferência". A "interferência" de plantas daninhas depende de uma série de fatores relacionados a essas plantas, como a densidade de ocorrência, o ciclo de vida, a fenologia e os aspectos alelopáticos. Também influenciam fatores fitotécnicos, como o espaçamento, a densidade de

plantio, a variedade, a época de plantio e a adubação.

Portanto, na cultura da cana-de-açúcar, as plantas daninhas irão interferir no plantio, assim como na soqueira, após a colheita. O plantio de cana-de-açúcar é realizado em períodos bem distintos, dependendo da região – Centro-Sul ou Nordeste. As condições climáticas de plantio irão interferir nas espécies daninhas predominantes e no período de interferência com a cultura. As principais plantas daninhas que interferem na cultura da cana de açúcar encontra-se na Tabela 1.

Na Tabela 2, é apresentado um resumo indicando os períodos anteriores à interferência (PAI), período total de pre-

venção da interferência (PTPI) e período crítico de prevenção da interferência (PCPI). É importante salientar que os valores apresentados são médias que dependem de fatores já relatados, que ocorrem nas regiões de plantio.

## MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

É importante, inicialmente, conhecer o conceito de manejo ou manejo integrado. Manejo seria a utilização dos diferentes métodos de controle disponíveis, como os preventivos, os culturais, os biológicos e os químicos, de uma forma racional, preservando o meio ambiente e a saúde do consumidor. Portanto, para a utilização adequada de um manejo, há

TABELA 1 | PRINCIPAIS PLANTAS DANINHAS QUE INTERFEREM COM A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

| NOME COMUM             | NOME CIENTÍFICO                | CICLO DE VIDA* |
|------------------------|--------------------------------|----------------|
| Capim-marmelada        | <i>Brachiaria plantaginea</i>  | A              |
| Capim-colchão          | <i>Digitaria horizontalis</i>  | A              |
| Capim-carrapicho       | <i>Cenchrus echinatus</i>      | A              |
| Capim-de-pé-de-galinha | <i>Eleusine indica</i>         | A              |
| Grama-seda             | <i>Cynodon dactylon</i>        | P              |
| Capim-colonião         | <i>Panicum maximum</i>         | P              |
| Braquiaria             | <i>Brachiaria decumbens</i>    | P              |
| Capim-fino             | <i>Brachiaria mutica</i>       | P              |
| Capim-massambará       | <i>Sorghum halepense</i>       | P              |
| Capim-gengibre         | <i>Paspalum maritimum</i>      | P              |
| Corda-de-viola         | <i>Ipomoea</i> sp.             | A              |
| Caruru                 | <i>Amaranthus</i> sp.          | A              |
| Beldroega              | <i>Portulaca oleraceae</i>     | A              |
| Picão-preto            | <i>Bidens pilosa</i>           | A              |
| Carrapicho-de-carneiro | <i>Acanthospermum hispidum</i> | A              |
| Amendoim-bravo         | <i>Euphorbia heterophylla</i>  | A              |
| Serralha-mirim         | <i>Emilia sonchifolia</i>      | A              |
| Trapoeiraba            | <i>Commelina</i> sp.           | A              |
| Serralha               | <i>Sonchus oleraceus</i>       | A              |
| Mentrasto              | <i>Ageratum conyzoides</i>     | A              |
| Poaia-branca           | <i>Richarchia brasiliensis</i> | A              |
| Erva-de-rola           | <i>Cróton lobatus</i>          | A              |
| Burra-leiteira         | <i>Chamaesyce hirta</i>        | A              |
| Guanxuma               | <i>Sida</i> sp.                | A/P            |
| Tiririca, capim-alho   | <i>Cyperus rotundus</i>        | P              |

\* A = anual, P = perene

TABELA 2 | PERÍODO ANTERIOR À INTERFERÊNCIA (PAI); PERÍODO TOTAL DE PREVENÇÃO DA INTERFERÊNCIA (PTPI) E PERÍODO CRÍTICO DE PREVENÇÃO DA INTERFERÊNCIA (PCPI), EM FUNÇÃO DA MODALIDADE DE CULTIVO E PERÍODO DE CORTE

| EPOCA DE PLANTIO            | PAI (DIAS) | PTPI (DIAS) | PCPI (DIAS) |
|-----------------------------|------------|-------------|-------------|
| Cana - planta de ano        | 20 - 30    | 90 - 120    | 20 - 120    |
| Cana - planta de ano e meio | 20 - 30    | 90 - 150    | 20 - 150    |
| Cana - soca                 | 20 - 40    | 70 - 90     | 20 - 90     |

a necessidade de um monitoramento, envolvendo conhecimentos multidisciplinares nas áreas de biologia das plantas daninhas, fitotecnia da cana-de-açúcar, física e química de solos, máquinas agrícolas, mecanismos de ação dos herbicidas, tecnologia de aplicação e avaliação do impacto ambiental.

**MEDIDAS PREVENTIVAS**

Medidas preventivas são usadas para evitar a introdução, na área de plantio, principalmente de plantas daninhas como a tiririca, grama-seda, capim-colonião, capim-massambara e capim-camalote. Algumas delas seriam: utilização de mudas livres de disseminulos das plantas daninhas; manutenção de canais de vinhaça ou de irrigação livres de plantas daninhas; limpeza de equipamentos agrícolas; utilização de torta de filtro ou composto orgânico livre de plantas daninhas; limpeza de áreas adjacentes que possam produzir sementes.

**MEDIDAS CULTURAIS**

Crescendo num mesmo ambiente, os sistemas radiculares das plantas daninhas e das plantas cultivadas ocupam um mesmo espaço, requerendo um suprimento adequado de nutrientes e água. Podem-se utilizar medidas que modifiquem essa relação planta daninha-cultura, favorecendo as plantas cultivadas, no aspecto competitivo. Essas medidas culturais são as seguintes:

**1. Manejo varietal** – Escolha de variedades adaptadas às condições locais, proporcionando rápido crescimento e ocupação do espaço. O manejo varietal da cana-de-açúcar é muito importante

e exige conhecimentos com relação ao perfilhamento, fertilização do solo, brotação, arquitetura foliar, resistência a pragas e doenças, adubação, espaçamento e sensibilidade aos herbicidas.

**2. Rotação, sucessão e culturas intercalares**

– Essas associações, de um modo geral, evitam a predominância de determinadas plantas daninhas. Quanto maiores as diferenças fisiológicas das culturas utilizadas, na rotação ou sucessão, menor será a possibilidade de predominância de uma espécie daninha. A sucessão de culturas tem sido utilizada na renovação do canavial, após a eliminação da soqueira. As culturas utilizadas têm sido: amendoim, feijão, soja, girassol, crotalaria, mucuna preta e lab-lab. Cuidados devem ser tomados em áreas com utilização de herbicidas residuais, como o tebuthiuron. Nesse caso, recomenda-se não aplicá-lo nas duas últimas socas. Na Tabela 3, são apresentados dados de tolerância de tebuthiuron por algumas culturas. O uso de cultura intercalar ou consorciação de culturas também pode ser feito com a cana-de-açúcar. A cultura utilizada deve ter um ciclo curto, para possibilitar a colheita

antes do fechamento da cana. A cultura de feijão tem sido a mais utilizada. Graciano e Victoria Filho (1990), estudando a produção de cana-de-açúcar intercalada com a cultura do feijão, verificaram que a cultura intercalar do feijão reduziu a densidade das plantas daninhas.

**3. Manejo da palha**

– Com a aplicação da legislação que proíbe a queima da palhada da cana-de-açúcar, ocorrerá uma mudança significativa na dinâmica de população das plantas daninhas nas áreas, de acordo com o manejo a ser executado com a palha que fica na superfície. As alternativas seriam as seguintes: enleiramento, quando a quantidade de palha não é significativa; recolhimento da palha com máquinas apropriadas, para uso como fonte energética, ou abandono da palha na superfície do solo. Alguns benefícios da presença da palha na superfície são: aumento no teor de matéria orgânica; maior reciclagem de nutrientes; propriedades físicas e químicas do solo mais adequadas; melhor controle da erosão; maior atividade microbiana e diminuição na infestação das plantas daninhas. Como desvantagens, temos: menor brotação da soqueira, aumento da incidência de pragas (como a cigarrinha), necessidade de maior quantidade de adubos nitrogenados, problemas com excesso de umidade, em áreas de menor altitude. A palha presente na superfície, dependendo da quantidade (que pode variar de 5 a 20 t/ha), dificulta a emergência de plantas daninhas,

TABELA 3 | NÍVEIS DE TEBUTHIURON NO SOLO (ppm) ACIMA DOS QUAIS NÃO SE DEVE PLANTAR AS CULTURAS DE AMENDOIM, SOJA E FEIJÃO

| SOLO     | CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS DE TEBUTHIURON (ppm) |      |        |
|----------|--|------|--------|
|          | Amendoim                                   | Soja | Feijão |
| Argiloso | 0,08                                       | 0,08 | 0,08   |
| Barrento | 0,05                                       | 0,05 | 0,05   |
| Arenoso  | 0,03                                       | 0,04 | 0,03   |

Fonte: Centro de Tecnologia Copersucar (1988)

pois reduz a variação de temperatura no solo. Portanto, os efeitos da amplitude térmica, da penetração de luz e os possíveis efeitos alelopáticos de lixiviados da palha diminuem a incidência das plantas daninhas. As que se adaptam a essas condições de palha na superfície são: *Cyperus rotundus* (tiririca), *Cynodon dactylon* (grama-seda), *Digitaria insularis* (capim amargoso), *Ipomoea sp* (corda de viola), *Euphorbia heterophylla* (amendoim bravo), *Rottboelia exaltata* (capim camalote), *Coniza bonariensis* (buva), *Pirostegia venusta* (cipó de São João) e *Sida sp* (guanxuma).

#### CONTROLE MECÂNICO

O controle mecânico é realizado com a utilização de diferentes tipos de equipamentos, desde simples grades e arados, a sofisticados cultivadores. É muito importante o momento da aplicação do cultivo, aguardando o máximo de emergência das plantas daninhas, todavia evitando estádios de desenvolvimento acima de 15 cm de altura. Também se deve levar em consideração o aspecto da umidade do solo, para evitar compactação e disseminação de partes vegetativas. O cultivo na época seca é uma importante medida, que pode ser utilizada no manejo de plantas daninhas perenes.

#### CONTROLE QUÍMICO

Para o sucesso do controle químico, é necessário o conhecimento profundo da fisiologia dos herbicidas na planta, dos fatores envolvidos na seletividade e do comportamento dos herbicidas no solo. Os herbicidas utilizados na cultura da cana são, de um modo geral, aplicados na pré-emergência ou na pós-emergência da planta. Em pré-emergência, são aplicados na superfície do solo, após o plantio, e na pré-emergência das plantas daninhas. Os aplicados em pós-emergência são utilizados após a emergência da cultura e das plantas daninhas. Em algumas situações, há necessidade de se

TABELA 4 | EFEITO RESIDUAL MÉDIO DOS PRINCIPAIS HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

| 1 MÊS  | 1 A 3 MESES  | 5 A 12 MESES  | MAIS QUE 12 MESES |
|--------|--------------|---------------|-------------------|
| 2,4- D | Alachlor     | Ametrina      | Tebuthiuron       |
|        | Metolachlor  | Diuron        |                   |
|        | Cyamazine    | Simazina      |                   |
|        | Metribuzin   | Atrazina      |                   |
|        | EPTC         | Hexazinone    |                   |
|        | Halosulfuron | Sulfentrazone |                   |
|        | Isoxafrutole |               |                   |
|        | Clomazone    |               |                   |

adicionar um adjuvante à calda. A seletividade ocorre devido a aspectos de absorção foliar e à degradação do herbicida absorvido pela planta cultivada.

Outra modalidade é a aplicação de herbicidas em pré-plantio incorporado, de uso restrito em cana-de-açúcar. Também, herbicidas como o glifosate podem ser considerados de aplicação em pré-plantio de cana e em pós-emergência de plantas daninhas. Para uso adequado de herbicidas em culturas de cana-de-açúcar, são necessários conhecimentos profundos a respeito da absorção e do transporte, no caso dos herbicidas aplicados em pós-emergência, assim como dos aspectos de interação no solo dos herbicidas aplicados em pré-emergência. No solo, diversos fatores influenciam o comportamento do herbicida, como a adsorção das partículas do solo, fotodecomposição, lixiviação, volatilidade, decomposição química, decomposição microbiana e absorção pelas plantas. A interação de todos esses fatores faz com que um determinado herbicida tenha efeito residual no solo, que pode ser observado na Tabela 4.

A seletividade dos herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar depende de fatores ligados ao posicionamento do herbicida no solo, à absorção foliar e à degradação do herbicida pela cultura. As variedades comerciais de cana comportam-se diferentemente, em relação a um herbicida aplicado na superfície foliar ou ao solo. De um modo

geral, os herbicidas aplicados em pós-emergência, dependendo da dose e das condições climáticas, podem causar injúrias leves ou moderadas nas folhas, com reflexos na produtividade. Ramalho e Victoria Filho (1996) verificaram os efeitos de quatro herbicidas, em três posicionamentos no solo, na emergência da variedade NA 56-79. Quando posicionadas diferentemente, em contato com o sistema radicular, provocaram redução no desenvolvimento inicial, dependendo do herbicida utilizado. Portanto, é recomendado, se possível, que a aplicação na cultura da cana seja em pré-emergência. Caso não seja possível, a fase mais tolerante à aplicação em pós-emergência é a de esporão, quando há maior dificuldade de absorção foliar.

#### MECANISMOS DE AÇÃO DOS HERBICIDAS

O mecanismo de ação dos herbicidas é definido como a primeira reação química ou física que é afetada no interior da célula e que resulta na alteração de crescimento da planta. Na Tabela 5, encontra-se a relação dos principais herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. Os principais mecanismos de ação desses herbicidas são os seguintes:

#### HERBICIDAS REGULADORES DE CRESCIMENTO OU MIMETIZADORES DE AUXINA

Apresentam maior ação sobre plantas daninhas dicotiledôneas; provocam uma desorganização no crescimento das

plantas, agindo nos tecidos meristemáticos; apresentam translocação predominantemente pelo simplasto; geralmente são aplicados em pós-emergência. O principal herbicida deste grupo é o 2,4-D, que pode ser utilizado isoladamente ou em mistura com diversos outros do grupo das triazinas e uréias substituídas. Outros herbicidas deste grupo são MCPA, picloram e dicamba.

**HERBICIDAS INIBIDORES DO FOTOSISTEMA 11**

Nesse grupo, estão as triazinas, as triazinonas, as uréias substituídas e as uracilas. As principais características das triazinas são: normalmente, são usados em pré-emergência ou pós-emergência inicial; são eficazes para as plantas daninhas dicotiledôneas e algumas gramíneas; são de translocação apoplástica; a seletividade depende de fatores, como posicionamento no solo e degradação pela planta; a persistência varia de 5 a 12 meses; a degradação microbiana é um fator importante na dissipação no solo. Os principais herbicidas desse grupo são: triazinas – atrazina, simazina, ametrina, cyanazina; triazinonas: hexazinona, metribuzin. As principais características das uréias substituídas são: geralmente são de baixa solubilidade; controlam mais dicotiledôneas; são usadas em pré-emergência ou pós-inicial; normalmente não controlam plantas perenes; são de translocação apoplástica; a seletividade é mais devida ao posicionamento no solo; efeito residual de meses a mais de um ano; o principal fator de degradação no solo é a população microbiana. Os principais herbicidas desse grupo são: diuron, isouron, tebuthiuron.

**HERBICIDAS INIBIDORES DE MITOSE E DO CRESCIMENTO INICIAL**

O grupo das dinitroanilinas apresenta as seguintes características: controlam mais gramíneas; não tem atividade em pós-emergência; é absorvido por caulículos e radículas; não tem translocação; não

controla plantas daninhas perenes; atua inibindo a divisão celular. Os principais herbicidas desse grupo são: trifluralina e pendimethalin. O grupo das acetanilidas apresenta as seguintes características:

normalmente é aplicado em pré-emergência; é absorvido por caulículos e radículas; não controla plantas perenes; persistência de um a três meses; translocação apoplástica; é mais eficaz sobre

TABELA 5 | PRINCIPAIS HERBICIDAS REGISTRADOS PARA USO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

| HERBICIDA   | ÉPOCA DE APLICAÇÃO | MARCAS COMERCIAIS  | PLANTAS DANINHAS CONTROLADAS            |
|---|--------------------|--------------------|---|
| <b>Reguladores de crescimento</b>                 |                    |                    |   |
| 2,4- D  | Pós e pré          | DMA BR e outras    | D <sup>1</sup> e algumas G <sup>2</sup> |
| Dicamba   | Pós e pré          | Banvel 480         | D e algumas G                           |
| Picloram + 2,4-D                                  | Pós e pré          | Dontor             | D e algumas G                           |
| <b>Inibidores de fotossíntese</b>                 |                    |                    |   |
| Ametrina  | pós e pré          | Gesapax e outras   | D e G                                   |
| Atrazina  | pós e pré          | Gesaprim e outras  | D e G                                   |
| Diuron  | pré e pós          | Karmex e outras    | D e G                                   |
| Isouron   | pré                | Isouron            | D e G                                   |
| Simazina  | pré                | Gesatop e outras   | D e G                                   |
| Cyanazina   | pré e pós          | Bladex             | D e G                                   |
| Metribuzin  | pré e pós          | Sencor             | D                                       |
| Tebuthiuron                                       | pré                | Combine            | D e G                                   |
| Atrazina + simazina                               | pré                | Triamex            | D e G                                   |
| Ametrina + diuron                                 | pré e pós          | Ametron            | D e G                                   |
| Hexazinone + diuron                               | pré e pós          | Velpar K e Advance | D e G                                   |
| <b>Inibidores de mitose e crescimento inicial</b> |                    |                    |   |
| Trifluralina                                      | pré                | Treflan e outras   | G                                       |
| Pendimethalin                                     | pré                | Herbadox           | G                                       |
| Alachlor  | pré                | Laço e outras      | G                                       |
| <b>Inibidores da síntese de aminoácidos</b>       |                    |                    |   |
| Halosulfuron                                      | pós                | Sempre             | D e Cy <sup>3</sup>                     |
| Flazasulfuron                                     | pré e pré          | Katana             | D e Cy                                  |
| Trifloxysulfuron sodium + ametrina                | pós                | Krismar            | D, G e Cy                               |
| Imazapyr  | pré                | Contain            | D, G e Cy                               |
| Imazapic  | pré                | Plateau            | D, G e Cy                               |
| Glyphosate  | pós                | Roundup e outras   | G, D e Cy                               |
| Sulfosate   | pós                | Zapp               | D, D e Cy                               |
| <b>Inibidores de pigmentos</b>                    |                    |                    |   |
| Isoxafrutole                                      | pré                | Provence           | G e D                                   |
| Clomazone   | pré                | Gamit              | G e D                                   |
| <b>Destruidores de membranas</b>                  |                    |                    |   |
| Sulfentrazone                                     | pré                | Boral              | G e D                                   |
| Oxyflufen   | pré                | Goal               | G e D                                   |
| <b>Inibidores da respiração</b>                   |                    |                    |   |
| MSMA  | Pós                | Daconate e outras  | G e D                                   |

1 - D = dicotiledôneas; 2 - G = gramíneas; 3 - Cy = cyperaceas

gramíneas; o mecanismo de ação está mais relacionado à inibição de síntese de proteínas e à divisão celular. Os principais herbicidas desse grupo são: alachlor, metolachlor, acetochlor.

#### HERBICIDAS INIBIDORES DA SÍNTESE DE AMINOÁCIDOS

1. **Inibidores da enzima ALS** – Principais características: não utilizados em pré ou pós-emergência inicial; persistência moderada a longa no solo; controlam mais dicotiledôneas e algumas gramíneas, como também algumas ciperáceas; translocação apo-simplástica. Os principais herbicidas desse grupo são: halosulfuron, flazasulfuron, trifloxy-sulfuron sodium, imazapyr, imazapic.
2. **Inibidores da enzima EPSPS** – Principais características: inibem a síntese dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano; não são seletivos; controlam dicotiledôneas e gramíneas; translocação simplástica; são fortemente adsorvidos pelo solo. Os principais herbicidas desse grupo são: glifosate e sulfosate.

#### HERBICIDAS INIBIDORES DE PIGMENTOS

Principais características: atuam na biossíntese de carotenóides, produzindo tecidos albinos; a perda da clorofila se deve à oxidação pela luz (fotooxidação), conseqüente da falta dos carotenóides que a protegem; a translocação é apoplástica; são usados em pré-emergência, controlando mais gramíneas; a degradação por microorganismos é muito importante. Os principais herbicidas desse grupo são: isoxafrutole e clomazone.

#### HERBICIDAS DESTRUIDORES DE MEMBRANAS

Principais características: inibem a enzima protoporfirinogênio oxidase (protoporfirinogênio oxidase); os sintomas são manchas verdes escuras nas folhas, que evoluem para necroses; são de pouca translocação apoplástica. O principal herbicida desse grupo é o sulfentrazone.

#### HERBICIDAS INIBIDORES DA RESPIRAÇÃO

Principais características: apresentam translocação restrita pelo simplasto; são usados em pós-emergência; controlam mais gramíneas; temperaturas altas e luminosidade aumentam sua eficácia; a absorção é lenta, necessitando de oito horas sem chuva. O principal herbicida do grupo é o MSMA.

As recomendações no uso de herbicidas são as seguintes:

**a. Cana “planta de ano”** – Plantio realizado com temperatura elevada e com umidade disponível no solo e alta infestação de plantas daninhas anuais, com predominância de gramíneas. Herbicidas podem ser utilizados, isoladamente ou em mistura, com maior ação sobre gramíneas em pré ou pós-emergência inicial. O período residual desejável é de 90 a 120 dias, dependendo da época de plantio.

**b. Cana “planta de ano e meio”** – Plantio realizado de janeiro a abril, com temperatura elevada e umidade disponível no solo. Podem ser utilizados, isoladamente ou em mistura, dependendo da infestação. No final do período, pode ocorrer infestação maior de dicotiledôneas. Também no final do período, os herbicidas devem ser menos exigentes em umidade do solo.

**c. Cana soca, início de safra (maio a agosto)** – Nesse período, normalmente há baixa temperatura e umidade no solo. O herbicida, nessas condições, deve ser tolerante a solo seco, atuando sobre dicotiledôneas e gramíneas. Silva e Victoria Filho (1991) mostram os efeitos das condições de umidade, na disponibilidade dos herbicidas no solo. A vinhaça, aplicada na época seca, pode favorecer a eficácia de alguns herbicidas (Christoffoleti; Bacchi, 1985).

**d. Cana soca, final de safra (setembro a novembro)** – Nesse período, as condições de temperatura e precipitação pluviométrica são bastante favoráveis à comunidade infestante.

Pode ser utilizado herbicida isoladamente ou em mistura, que se posiciona na camada superficial do solo, com controle maior de gramíneas. ☺

\* **Ricardo Victoria Filho** é professor do Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ (rvictori@esalq.usp.br).

**Pedro Jacob Christoffoleti** é professor do Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ (pjchrist@esalq.usp.br).



#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, L. C. C. Cenário sucroalcooleiro – após a transição. *Revista Stab*, v. 17, n. 3, p. 12-13, 1996.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; BACCHI, O. O. dos S. Efeitos da aplicação de vinhaça sobre população e controle químico de plantas daninhas em cultura de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Campinas, v. 9, n. 1/2, p. 60-70, 1985.
- DEUBER, R. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: CIÊNCIA das plantas infestantes – manejo. Campinas: 1997. p. 189-204.
- GRACIANO, P. A.; VICTORIA FILHO, R. Interferência de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) intercalada com os feijões *Phaseolus vulgaris L* e *Vigna unguiculata L. walp*. In: CONGRESSO DE LA ASSOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 10. *Anais...* Havana, Cuba: ALAM, 1990. p. 91.
- RAMALHO, J. F. G. P., VICTORIA FILHO, R. Efeito do posicionamento de quatro herbicidas no perfil do solo sobre o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, variedade NA56-79. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 6., 1996, Maceió. *Anais...* Maceió: STAB, 1996. p. 314-347.
- ROCHECOUSTE, E. The sugar cane plant. In: \_\_\_\_\_. *Weed control in sugar cane: research and application*. Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1967. cap. 1, p. 1-13.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. *Guia de herbicidas*. Londrina: 1998. 648 p.
- SILVA, A. A.; VICTORIA FILHO, R., Bioatividade do metribuzin sob diferentes manejos de água e solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 18., Brasília, 1991. *Anais...* Brasília: 1991.

*Painel*

# As pragas de maior incidência nos canaviais e seus controles

Newton Macedo e  
Daniella Macedo \*



MARCO CASTRO SILVA F. / USP/ESALQ

*Broca de cana-de-açúcar de  
quarto ínstar; coração morto  
e podridão vermelha;  
USP/ESALQ, Piracicaba, SP; 2004*

## BROCA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR

A espécie de broca-da-cana-de-açúcar que predomina nos canaviais do Brasil é *Diatraea saccharalis*. O adulto é de coloração amarelo-palha, com manchas escuras nas asas anteriores, sendo a fêmea maior que o macho. A postura é feita nas folhas e, ocasionalmente, na bainha. Após a eclosão, as lagartas migram para a região do cartucho da planta, onde permanecem de uma a duas semanas, raspando a folha ou a casca do entrenó em formação. Após esse período, o inseto inicia a perfuração da casca do colmo, geralmente próximo à base do entrenó, porção mais mole, abrindo galeria no sentido ascendente na região do palmito da planta. Às vezes, a galeria é aberta de forma circular, o que reduz a resistência do colmo à ação de ventos. Quando o ataque atinge a região de crescimento da planta, pode ocorrer a morte da gema apical, com sintoma de amarelamento das folhas mais novas, denominado “coração morto”. Tendo penetrado no colmo da cana, a lagarta passa toda essa fase ali, protegida, podendo, principalmente devido à inundação de sua galeria por água da chuva, abrir orifício na casca e sair, vindo a penetrar num outro buraco que abre no entrenó mais abaixo. Nas condições do Estado de São Paulo, o período larval completo dura cerca de 70 dias. A lagarta apresenta coloração branco-leitosa, com pequenas manchas marrom-claras, ao longo do corpo. Mede cerca de 25 mm, quando completamente desenvolvida. Próximo à pupação, a lagarta abre um orifício na casca e o fecha parcialmente com fios de seda e restos de alimento e, assim protegida, passa à fase de pupa, cuja duração média é de dez dias. O adulto vive em média cinco dias e a fêmea põe, em média, 300 ovos.

### ÉPOCA DE OCORRÊNCIA

O ataque dessa praga ocorre durante todo o ciclo da cana-de-açúcar, sendo menor quando a planta é jovem e não

apresenta entrenós formados; os danos aumentam com o crescimento da planta. Esse comportamento, contudo, pode variar em função da época do ano e da variedade. Em São Paulo, em áreas plantadas nos primeiros meses do ano (cana de ano e meio), a ocorrência de lagartas é mais freqüente no início da primavera (setembro-outubro), atingindo os mais altos índices no começo do ano seguinte, coincidente com o verão nessa região. Nas canas plantadas nos meses de setembro-outubro (cana de ano), os problemas se acentuam no início do ano seguinte e são crescentes até o começo do inverno (junho-julho). Em certas variedades, regiões ou anos, porém, o ataque é quase constante ao longo do ano, com ligeira queda no inverno e aumento nos períodos quentes e úmidos (final e começo de ano, na região Centro-Oeste). Nas soqueiras, o ataque geralmente se concentra quase que exclusivamente nos meses quentes e úmidos. A ocorrência de ataques mais severos nas canas-plantas do que nas socas é atribuída ao maior vigor vegetativo e à maior exposição ao ataque da praga naquele ciclo, ao mesmo tempo que, nas áreas com canas-plantas, a atuação dos inimigos naturais é menor, pois a grande maioria teve o seu *habitat* desestruturado pelas práticas culturais realizadas com vistas à instalação da lavoura.

A população de adultos pode ser monitorada com o uso de armadilhas luminosas, que coletam fêmeas e machos, ou de feromônio, que coleta somente machos. No Estado de São Paulo, há dois picos populacionais de adultos, um em fevereiro-março e outro em setembro. A população de lagartas nos primeiros instares é de difícil monitoramento, já que os insetos se localizam externamente, nas bainhas das folhas mais novas. Por outro lado, a população de lagartas que penetraram nos colmos pode ser avaliada com relativa facilidade e está correlacionada com os danos na produção, concentrando-se no período de maior

intensidade vegetativa da lavoura, ou seja, de novembro a abril. As fases de desenvolvimento da lavoura e a colheita da cana, que se inicia entre abril e maio, na região Centro-Sul, e se estende até novembro, também influenciam a ocorrência dessa praga.

### TIPOS DE DANOS

A broca-da-cana pode causar danos diretos e indiretos. O dano direto decorre da alimentação da lagarta e se caracteriza por: perda de peso (pela abertura de galerias no entrenó); morte da gema apical da planta (“coração morto”); encurtamento de entrenó; quebra da cana; enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais. O dano indireto é causado por microrganismos que invadem o entrenó, através do orifício aberto na casca pela lagarta. Esses microrganismos, predominantemente fungos (*Fusarium moniliforme* e/ou *Colletotrichum falcatum*), invertem a sacarose armazenada na planta, causando perdas pelo consumo de energia no metabolismo de inversão, porque os açúcares resultantes desse desdobramento (glicose e levulose) não se cristalizam no processo industrial. Mesmo quando a matéria-prima se destina à produção de álcool, o problema não é menos grave, pois os microrganismos que penetram no entrenó aberto contaminam o caldo e concorrem com as leveduras na fermentação alcoólica, o que provoca redução na eficiência de produção de álcool.

### LEVANTAMENTOS E ESTIMATIVAS DE DANOS

Por serem diversas as variáveis que influenciam a flutuação populacional de *D. saccharalis*, somente por meio de levantamentos específicos, nas épocas adequadas, se consegue conhecer o nível da praga, a partir do qual se podem estimar os danos ou preconizar medidas de controle. O controle de um inseto é uma decisão técnico-econômica que envolve informações quanto aos prejuízos

ocasionados pelo mesmo, no momento e/ou no futuro, o método de controle a ser utilizado e os respectivos custos. Com essas informações, é possível estimar-se a relação custo/benefício que define a viabilidade de controle e identifica o momento de agir.

Embora os sintomas de ataque da broca sejam facilmente visíveis em um canavial, assim como as perdas que acarretam sejam sobejamente conhecidas, é conveniente que o produtor, ao implantar um programa de controle dessa praga, faça, inicialmente, uma estimativa das possíveis perdas que estão ocorrendo na lavoura, pois o dano pode diferir com a variedade, a época do ano, o ciclo da cultura, entre outros fatores. Por ser a cana-de-açúcar uma cultura de renda líquida baixa, todo investimento deve ser muito bem analisado, sob o ponto de vista econômico.

Admitindo uma linearidade entre a Intensidade de Infestação da broca (I. I. %) (Gallo et al., 2002) e as perdas, na quantidade e qualidade da matéria-prima, resultando em uma menor extração de açúcar e/ou álcool pela indústria, será feita a estimativa das perdas devido ao ataque da broca, considerando-se que para cada 1% de I. I., há uma perda de 0,77% em peso de cana no campo e 0,25% de perda no açúcar recuperável na indústria (Copersucar). Os levantamentos de I. I. % são realizados nas frentes de corte ou quando a cana chega ao pátio da indústria, durante o período de safra. Nos levantamentos no pátio, deve ser retirado o equivalente a cinco canas por carga, tomadas casualmente nos veículos de transporte que chegam ao pátio da indústria. Quando feitos nas frentes de corte (área de colheita mecanizada), amostram-se cinco pontos casualizados de 25 canas (em pé ou cortadas na leira), tomadas: [5 canas (5 passos) + 5 canas], totalizando 125 canas, representando até 50 ha.

Em ambos os métodos, as canas são abertas longitudinalmente, contando-se

o total de entrenós e os entrenós com ataque do complexo broca/podridão-vermelha, anotando-se os dados em fichas apropriadas. De posse dos dados de campo, calcula-se a I. I. % pela fórmula:  $I. I. \% = \left[ \frac{\text{número de entrenós brocados}}{\text{número total de entrenós}} \times 100 \right]$  para cada zona, setor, fazenda ou talhão. Os resultados deverão ser ponderados individualmente, em função da área plantada ou produção em t/ha, para cada variedade de mesma idade e local. Para tanto, utiliza-se a área ou a produção correspondente ao local de origem das diferentes amostras, multiplicando-se esse dado pelo valor médio de suas respectivas I. I. % e dividindo-se pelo somatório de todas as áreas ou produções. No final da safra, de posse dessas informações, pode-se decidir pelo controle no próximo ciclo da cultura. Considera-se 3% de I. I. como o nível de dano econômico.

Como a cana-de-açúcar é uma planta semiperene, considera-se a composição da lavoura em termos de variedades mais suscetíveis, as áreas em diferentes cortes e as que recebem sistematicamente fertirrigação, a idade do canavial e as áreas que se destinam à produção de mudas. A partir daí, é estabelecida uma estratégia de ação no programa de controle, na qual, prioritariamente, as áreas de cana-planta e as que recebem algum tipo de irrigação devem ter atenção especial, por serem mais sujeitas ao ataque da broca.

#### MÉTODOS DE CONTROLE BIOLÓGICO

Os artrópodes exercem importante papel no controle natural da broca, agindo sobre todas as fases de desenvolvimento. No entanto, a participação mais significativa ocorre na fase de ovo. Nesse caso, os predadores, parasitóides e patógenos efetuam um eficiente controle, muitas vezes superior a 80%. Além da ação dos inimigos naturais, certas condições de clima podem também contribuir para reduzir o número de ovos viáveis. Logo após a eclosão, a lagarta também está sujeita

à ação desses controladores, que agem principalmente até a penetração desta no entrenó (uma a duas semanas). Uma vez no interior do entrenó, a lagarta estará mais protegida, sendo, no entanto, atacada por parasitóides (principalmente *Cotesia flavipes*, *Paratheresia claripalpis* e *Lydella minense*), predadores e patógenos. O controle natural nessa fase gira em torno de 20%. Finalmente, sobre as fases de pupa e adulto, atuam os predadores e patógenos que auxiliam no controle, embora de forma muito mais modesta do que nas outras fases do ciclo.

No processo que envolve o ciclo da praga e seu controle, dois outros pontos são importantes. O primeiro é que as variedades de cana-de-açúcar apresentam diferentes graus de resistência à broca, existindo tendência de aquelas mais precoces, produtivas e ricas em açúcar, sofrerem ataques mais severos. O segundo ponto se refere à ação das práticas que envolvem a colheita da cana e o cultivo da lavoura, logo após o corte, tendo em vista a próxima safra e o controle biológico.

A princípio, julga-se que essa sucessão de eventos (queima, corte e requeima dos restos culturais) prejudica a ação dos controladores naturais da broca. Na realidade, todas essas práticas, ao contrário, auxiliam no controle da praga, reduzindo em mais de 95% a sua população, enquanto que uma parcela significativa de parasitóides e, principalmente, predadores sobrevivem durante esses eventos (Macedo et al., 1983). Porém, uma significativa área com cana-de-açúcar, especialmente no Estado de São Paulo, vem sendo cortada mecanicamente e sem a queima, aumentando a matéria orgânica, devido a uma espessa camada de palha remanescente sobre o solo, ao final de cada colheita. Como consequência, há propensão, no primeiro ano, de aumento da população da broca nessas áreas. Nos anos subsequentes, porém, em função do restabelecimento do equilíbrio populacional, a

praga volta a ser controlada naturalmente, em novo patamar de eficiência.

#### LEVANTAMENTO PARA CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico baseado na liberação massal de *C. flavipes*, para ser bem sucedido, passa, inicialmente, por levantamentos de lagartas infestantes, que consiste no método de amostragem hora-homem de coleta de formas biológicas, para definir os locais e momento das liberações, cujo procedimento é o seguinte: a partir de novembro, fazer, quinzenalmente, vistoria geral na lavoura, conforme a composição – variedades mais suscetíveis; primeiros cortes; áreas fertirrigadas e onde aparecerem sintomas de ataque da praga. Fazer a coleta de lagartas entrando na lavoura, aleatoriamente, buscando os colmos atacados (“coração morto” e canas brocadas). O momento ideal de liberação é quando as lagartas estão fazendo galerias no colmo, com presença de dejetos externos e apresentam tamanho de 1,5 a 2,0 cm. Quando não há muitas áreas infestadas e existe disponibilidade de *C. flavipes*, as liberações devem ser feitas nas áreas que apresentarem os maiores índices de coleta. Quando há muitas áreas infestadas e quantidade limitada de *C. flavipes*, as liberações devem ser feitas em áreas cujas coletas médias são superiores a 10 lagartas/hora-homem, cobrindo-se todas as áreas-problema. As liberações devem ser feitas, preferencialmente, no final da tarde, à razão de 6.000 indivíduos/ha, quando 70 a 80% dos indivíduos já tiverem emergido nos copos de acondicionamento, conforme segue: entrar no talhão no sentido das linhas de cana, caminhando com o copo aberto e, a cada 70 passos (cerca de 50 metros), depositá-lo aberto, na bainha da cana, em posição horizontal. Cobrir toda a área problema, talhão ou quadra, antes de transferir o trabalho para outro local. Em talhões onde o caminhamento interno é difícil (em canas deitadas, por

exemplo), fazer as liberações circundando os mesmos e penetrando cerca de 25 metros dos carregadores. Canaviais em maturação e a 30 dias ou menos da colheita da colheita não devem receber liberações. O desempenho do parasitóide é avaliado, também, por meio da coleta de formas biológicas 15 a 20 dias após as liberações, coletando-se no mínimo 30 formas biológicas, por área de liberação. As liberações são repetidas nas áreas que apresentarem baixo parasitismo (menos que 20 %) e populações de lagartas ainda elevadas. O parasitismo é dado pela fórmula: %P = [(lagartas parasitadas/total de lagartas (parasitadas + sadias) x 100].

#### CONTROLE QUÍMICO

O monitoramento da população da praga, com vistas à aplicação de inseticida, leva em conta, dentre outros parâmetros, a idade do canavial (canas com entrenós formados e com cerca de 1,5 m de altura). Nesses locais, examinam-se, em áreas homogêneas de até 50 ha, cinco pontos amostrais, constituídos de cinco lotes de cinco canas cada, tomadas de forma espaçada, cerca de cinco metros entre si, numa mesma linha de cana (25 canas examinadas). Nesse trabalho, são observadas geralmente a terceira ou quarta bainha do palmito, contando-se de cima para baixo, sendo recomendada

a aplicação do inseticida, quando são encontradas 3% de canas com lagartas vivas, independentemente da quantidade de lagartas/colmo (lagartas pequenas de até 1 cm, que ainda não tenham penetrado na cana). Atingido esse índice, fazer a pulverização dentro de uma semana a dez dias. O produto utilizado tem sido o Triflumuron 480 SC, 50 ml/ha, em pulverização aérea. Outros produtos, como o metoxifenoze e o lufenuron, também podem ser usados. Depois de 30 dias, voltar a fazer monitoramento da área, para uma eventual nova pulverização ou liberação de parasitóide.

#### CIGARRINHA-DA-RAIZ

O sistema de colheita de cana “crua” (canaviais colhidos sem a queima prévia do palhicho), que vem sendo imposto aos produtores paulistas de cana-de-açúcar, se por um lado traz benefícios ambientais, por outro cria novos desafios técnicos e econômicos para que se mantenha viável essa importante cultura para o Estado de São Paulo. A ocorrência de altas populações de cigarrinha-da-raiz (*Mahanarva jimbriolata*) em áreas de colheita de cana “crua” é um exemplo de problema sério a ser equacionado nesse novo sistema de colheita de cana-de-açúcar: pelos danos econômicos que ocasiona, se não controladas, e pelas limitadas informações disponíveis sobre as alternativas

#### QUADRO RESUMO DAS RECOMENDAÇÕES DE CONTROLE

| AMOSTRAGEM/NÍVEIS | OBJETIVO  |  |                         |       |         |
|-------------------|---|--|-------------------------|-------|---------|
|                   | Controle  |  | Avaliação Dano (I. I.%) |       |         |
|                   | Químico (pulverização)                              | Biológico (liberação de parasitóides)              | Cana Pátio              | Em Pé | Cortada |
| Pontos/até 50 ha  | 5   | Variável (hora-homem)                              | –                       | 5     | 5       |
| Canas/ponto       | 25 canas <sup>1</sup>                               | Variável   | 5/carga                 | 25    | 25      |
| <b>ND</b>         | 5 %   | 5 %  | 5 %                     | 5 %   | 5 %     |
| <b>NC</b>         | <sup>3</sup> 3 % de canas com lagartas <sup>2</sup> | <sup>3</sup> 10 lagartas <sup>2</sup> / hora-homem | –                       | –     | –       |

(<sup>1</sup>) Tomadas de cinco em cinco distanciadas de 5 m

(<sup>2</sup>) Controle químico (lagartas < 1 cm); Controle biológico (lagartas < 1,5 cm)

I. I.% = Intensidade de Infestação (complexo broca/podridão)

de controle. As formas jovens desse inseto, conhecidas por ninfas, atacam as raízes superficiais da cana, liberando uma espuma branca que se acumula na parte inferior das plantas, no nível do solo. *M. jimbriolata* ocorre principalmente em cana-de-açúcar e capim napiê e não deve ser confundida com a cigarrinha-da-folha, *Mahanarva posticata*, que ocorre nos canaviais do Nordeste, e nem com as várias espécies que atacam as pastagens (*Zulia entreriana*, *Deois flavopicta* e *D. schach*), as quais não causam danos à cana-de-açúcar.

As ninfas, ao se alimentarem, ocasionam uma “desordem fisiológica” em decorrência de suas picadas que, ao atingirem os vasos lenhosos da raiz, o deterioram, impedindo ou dificultando o fluxo de água e de nutrientes. A morte de raízes ocasiona desequilíbrios na fisiologia da planta, provocando desidratação do floema e do xilema, e “chochamento” e afinamento do colmo, levando posteriormente ao aparecimento de rachaduras e rugas na superfície externa deste. Os adultos, ao injetarem toxinas, produzem pequenas manchas amarelas nas folhas que, com o passar do tempo, tornam-se avermelhadas e, finalmente, opacas, reduzindo sensivelmente a capacidade de fotossíntese das folhas e o conteúdo de sacarose do colmo.

As perfurações dos tecidos pelos estiletes infectados provocam contaminações por microorganismos no líquido nutritivo, causando deterioração de tecidos nos pontos de crescimento do colmo e, gradualmente, dos entrenós inferiores até as raízes subterrâneas. As deteriorações aquosas apresentam cores escuras, começando pela ponta da cana e podem causar a morte do colmo. Os danos decorrentes podem ser classificados em diretos e indiretos. Os danos diretos se caracterizam pela redução na produtividade (t cana/ha), causada por morte precoce de perfilhos, morte, encurtamento, rachadura, brotações laterais e murchamento de colmos, e os

indiretos pela redução da quantidade e qualidade do açúcar recuperável, causada por aumento no teor de fibra, aumento de impurezas (*trash*), redução do PCC, redução na pureza do caldo e aumento de contaminantes no caldo.

#### CICLO BIOLÓGICO DO INSETO

Este inseto, que está presente de forma endêmica em praticamente todos os canaviais da região Centro-Sul, passou a manifestar-se de forma epidêmica, por ter encontrado na palha residual da colheita mecanizada da cana “crua” um ambiente altamente favorável ao seu desenvolvimento, proporcionado pelo aumento na retenção da umidade na superfície do solo e pela proteção da ação direta dos raios solares. Em consequência, tem havido uma explosão na população de cigarrinhas, a partir de uma sequência de gerações que ocorre com o início das chuvas de primavera/verão. A primeira geração se dá de forma discreta e geralmente passa despercebida. A população aumenta exponencialmente já na segunda geração, que pode se dar de novembro a janeiro, variando de ano para ano, conforme o regime de precipitação pluvial, dependendo também do estágio de desenvolvimento da lavoura.

Em geral, são observadas de três a quatro gerações ao ano, no período que vai de setembro/outubro a fevereiro/março. Originária da última geração, por falta de umidade e redução na temperatura, uma grande quantidade de ovos permanece na base das touceiras durante o outono/inverno, vindo a eclodir novas ninfas (primeira geração) nas chuvas da primavera/verão, reiniciando o ciclo da praga. A experiência de convívio com a cigarrinha da raiz, até o momento, indica que essa praga não ataca necessariamente nas mesmas áreas, em anos consecutivos. Ocorre uma migração das altas infestações de um local (fazenda ou bloco) para outro.

Há diversos fatores que influenciam a época e a duração da ocorrência da praga,

constatando-se, de modo geral, que:

- Canaviais em solos argilosos e com alta capacidade de retenção de umidade estão sujeitos a maiores infestações, enquanto que os arenosos, com baixa capacidade de retenção de umidade (Latossolos arenosos e Areias Quartzosas) estão livres de severos ataques.
- Canaviais colhidos no início da safra (maio/junho) estão sujeitos a infestações mais elevadas, precocemente (depois do aparecimento de condições favoráveis), do que aqueles colhidos tardiamente (setembro/novembro).
- Canaviais atacados precocemente e que estão na fase inicial de desenvolvimento são os que sofrem as maiores perdas, especialmente pela morte e ou menor desenvolvimento dos colmos.
- Canaviais que sofrem ataques severos mais tardiamente ou que estão mais desenvolvidos vegetativa e fisiologicamente (colmos bem desenvolvidos) sofrem perda em tonelagem mas, principalmente, na qualidade.

#### NÍVEIS DE INFESTAÇÃO E CONTROLE

Embora haja poucas informações sobre níveis de infestações e danos econômicos que, evidentemente, variam conforme a variedade e o estágio de desenvolvimento da lavoura, há indicações de que o nível de dano e o nível de controle estejam ao redor de 8-10 e 3-5 ninfas/metro linear de touceiras de cana, respectivamente. No controle desta praga, uma série de medidas pode ser preconizada, como: método físico; método cultural (emprego de variedades resistentes); método biológico (inseticidas microbianos); e método químico. Como métodos físicos, pode-se fazer o afastamento mecânico da palha da linha de cana ou a retirada da palha da área. Essas medidas propiciam menor infestação, quando comparadas à situação normal de palha, mas não evitam totalmente a ocorrência da praga.

O emprego de variedades resistentes é praticamente inviável porque, embora

tenham sido observadas variações significativas nos níveis de infestação e de danos, conforme as variedades, na prática todas as variedades cultivadas comercialmente sofrem ataques e estão sujeitas a perdas expressivas, quando a pressão de população na área é elevada. O máximo que pode ser feito é reduzir a participação de variedades altamente suscetíveis, no contingente de variedades plantadas. O controle biológico mais promissor é baseado no emprego do fungo *Metarhizium anisopliae*, mas trata-se, ainda, de um método em fase de pesquisa, porque os produtos disponíveis no mercado têm apresentado baixa eficiência. Pesquisas recentes têm demonstrado avanços.

O controle químico, por meio da aplicação de produtos de ação sistêmica (como aldicarb, carbofuran e thiamethoxam), tem se mostrado, até o momento, a alternativa mais eficiente e, quanto ao aspecto econômico, é indispensável agregar ao conhecimento dos produtos o número e a época de aplicação mais indicada. As pesquisas recentes têm indicado que os melhores resultados, em termos de controle e ganho de produtividade, têm sido obtidos com uma única aplicação do produto, nos intervalos entre a 1ª e a 2ª geração da praga, assim que se atingir o nível de controle. A estratégia mais prática para o monitoramento da população da praga é a colocação de armadilhas atrativas nas áreas de colheita de cana crua, para a captura de adultos da primeira geração. Coletados os primeiros adultos, iniciam-se os levantamentos de populações médias de ninfas por metro linear, parâmetro que vai definir quando se atingiu o nível de controle.

### CUPINS SUBTERRÂNEOS

O mesmo solo que serve de substrato e sustentação físicos à cana-de-açúcar é, também, o ambiente ideal para o desenvolvimento de populações de cupins que – a despeito da rusticidade dessa planta – em muitas situações adquirem o

*status* de praga, comprometendo a produtividade da lavoura. Não raro, depara-se com canaviais de baixa produtividade já nos primeiros cortes e com morte prematura das soqueiras, ainda que tenham sido feitos o preparo, a correção e a adubação do solo, conforme as melhores recomendações técnicas. Essa situação é particularmente comum em solos de baixa fertilidade natural, como os cerrados, e tende a ser acentuada nos períodos de déficit hídrico prolongado. Ao diagnosticar o problema, as suspeitas recaem sobre a ocorrência de pragas e, dentre essas, assumem papel importante os cupins subterrâneos.

A ocorrência dessa praga tem sido responsável, também, pela redução da produtividade e longevidade de canaviais, em áreas que adotam o sistema de plantio direto (comparativamente ao plantio convencional), por mais de um ciclo consecutivo da cultura. Na prática, o envolvimento das diferentes pragas subterrâneas na redução da produtividade se dá na forma de um complexo, variando em importância conforme a espécie, forma de distribuição, nível de ocorrência, época do ano, tipo de solo e variedade – para se citar apenas os fatores mais evidentes –, o que torna praticamente impossível o seu dimensionamento específico preciso, mas facilmente detectável pelo fracasso na produtividade. A presença de cupins não está necessariamente relacionada ao tipo de solo, mas os sintomas de ataque sim. Plantas com estresse nutricional ou hídrico não têm capacidade para reagir aos danos, explicitando mais facilmente os sintomas. Em melhores solos e períodos com excedente hídrico, os cupins podem estar também presentes, mas seus sintomas passam despercebidos, devido à capacidade de reação da planta.

### OCORRÊNCIA POR ESPÉCIES

A ocorrência e constatação de *Heterotermes tenuis* em cana-de-açúcar foi feita pela primeira vez no país por

FIGURA 1 | *HETEROTERMES TENUIS*

A) CASAL REAL



B) SOLDADO



C) OPERÁRIO



Pizano e Fontes (1986), quando também encontraram a espécie *H. longiceps*, que é morfológicamente semelhante a *H. tenuis*, que possui ampla distribuição nos Estados do Pará, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo. As espécies de maior distribuição no Estado de São Paulo são do gênero *Cornitermes*, porém as espécies dos gêneros *Heterotermes* e *Procornitermes* estão mais associadas a danos aos canaviais (Figuras 1 e 2). Essas espécies penetram no rizoma e nos toletes (mudas), danificando a parte subterrânea, até atingir a parte aérea da planta.

FIGURA 2 | SOLDADO DE *PROCORNITERMES TRIACIFER*



### IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

No caso de cana-de-açúcar, são importantes as espécies capazes de utilizar tecidos vivos da planta, atingindo partes vitais, como o sistema radicular e entrenós basais em soqueiras, gemas e mudas, em plantios recém-instalados. Os cupins são bastante conhecidos em todo o mundo como pragas, mas são poucos os estudos que revelam a importância econômica dessa praga na cultura da cana-de-açúcar, a bioecologia dos gêneros importantes, assim como as formas de controle e seus custos. *H. tenuis* é considerada a mais importante a atacar cana-de-açúcar, devido à sua vasta distribuição, alta infestação nos canaviais e, também, à sua alta dispersão, especialmente no Estado de São Paulo, onde causa danos aos toletes (impedindo a germinação), raízes, rizomas e até em canas adultas. Admite-se que os cupins no solo se alimentam, principalmente, de matéria orgânica em decomposição, passando a atacar plantas vivas, devido aos desequilíbrios ecológicos. Na cultura da cana-de-açúcar, os danos são reconhecidos por falhas na germinação, galerias nos toletes e presença de fezes próximas às soqueiras. Os prejuízos médios estão na ordem de 10 t/ha.ano.

Os cupins que ocorrem em áreas de cana-de-açúcar podem ser divididos, pelos hábitos ao constituírem suas colônias, em dois grupos facilmente identificáveis em campo:

a) Cupins de montículos (Família Termitidae, gênero *Cornitermes*, espécies mais comuns *C. cumulans* e *C. bequaerti*), que constroem colônias epígeas, com envoltório terroso muito duro na superfície do solo, o qual apresenta arquitetura, consistência e tamanho variável, conforme a espécie. São tidos como de menor importância, por se alimentarem, basicamente, de materiais vegetais mortos que forrageiam através de galerias subterrâneas, atacando raramente tecidos vivos da planta, e por suas colônias serem facilmente destruídas pela pesada mecanização empregada no preparo do solo e nos demais tratamentos culturais da lavoura.

b) Cupins subterrâneos (Família Rhinotermitidae, espécies mais frequentes *H. tenuis* e *H. longiceps*), cujas colônias se distribuem em galerias difusas no perfil do solo, sob rochas, no interior de raízes, troncos, com sede praticamente impossível de ser localizada e, quando eventualmente deslocase em locais expostos, constroem túneis com detritos vegetais, solo e fezes. Alimentam-se de material lenhoso em várias fases de decomposição, sendo muito comum atingirem partes vitais das plantas, como toletes de cana recém-plantados, sistema radicular e entrenós basais de cana em formação, adultas ou soqueiras.

Os ataques e os danos dos cupins em cana-de-açúcar podem ser divididos em

três situações: logo após o plantio, atacando o tolete-semente e posteriormente as raízes, resultando em falhas na germinação; na fase de maturação, penetrando nos colmos e provocando secamento e morte dos mesmos; e nas soqueiras, após a colheita, destruindo os entrenós basais, resultando em falhas na futura brotação da lavoura. Geralmente, os cupins subterrâneos mostram-se mais daninhos aos canaviais no período seco, porque nesse período, devido à baixa umidade no solo, o inseto se instala em maior quantidade nas touceiras de cana, onde encontra abundância de alimento e disponibilidade de água, essencial à sua sobrevivência. Instalando-se nas touceiras, os cupins provocam o seu enfraquecimento e/ou morte, pela abertura de galerias e invasão de microrganismos, o que resulta no comprometimento da produtividade subsequente da lavoura (Figuras 3 e 4).

### CONTROLE DOS CUPINS DE MONTÍCULO

Os cupins de montículo, embora ainda não sejam considerados pragas da cana-de-açúcar, por aparentemente não reduzirem a produtividade, estão assumindo maior importância, em consequência da mudança no sistema de colheita manual para o mecanizado. Embora não causem transtornos na colheita manual, os montículos que se formam durante o desenvolvimento da lavoura são reais obstáculos operacionais no corte mecanizado, quando atingidos pelas lâminas

FIGURA 3 | DANO DE *HETEROTERMES TENUIS* EM COLMO DE CANA-DE-AÇÚCAR

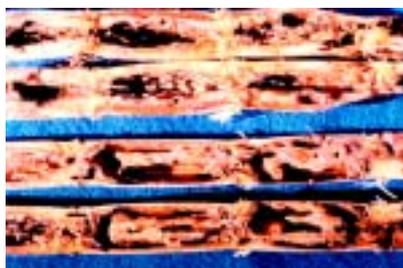


FIGURA 4 | DANO DE *HETEROTERMES TENUIS* EM MUDA DE CANA-DE-AÇÚCAR



FIGURA 5 | ISCA TERMITRAP® COLOCADA NO SOLO, EM ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR



basais das máquinas. Por essa razão, a recomendação atual é que o controle desses cupins não se restrinja à destruição mecânica dos montículos, que na maioria das vezes não chega a eliminar a colônia. A destruição mecânica deverá ser precedida por controle químico, dirigido aos montículos, antes do preparo do solo.

O método tradicional de controle de cupins de montículo é a sua perfuração, por meio de uma barra de aço acionada por marreta, até atingir a câmara de celulose, através da qual aplica-se uma calda inseticida de produtos como endosulfan (0,1% de i.a.), imidacloprid (30g/100 l de água), à razão de 1 l/cupinzeiro ou fipronil (Regent 20g), 5g/cupinzeiro. Com o advento da molécula fipronil, o controle pode ser feito com a simples escarificação da superfície do cupinzeiro e a aplicação de 200 ml, em pulverização de uma calda aquosa a 0,04% de ingrediente ativo.

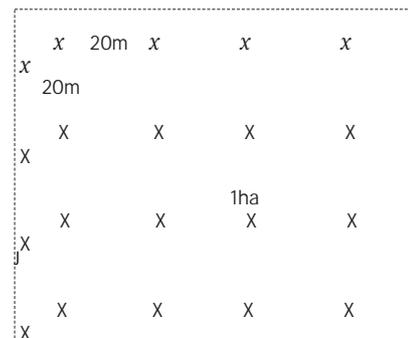
#### CONTROLE DOS CUPINS SUBTERRÂNEOS

As restrições ao uso dos inseticidas organoclorados estimularam os estudos e pesquisas sobre os cupins. Como consequência, atualmente o consumo de inseticidas no controle dessa praga está sendo feito com um embasamento técnico

maior; aplica-se o produto apenas em áreas de ocorrência da praga, constataadas a partir de levantamentos, pelos quais se determinam os gêneros e/ou espécies, além dos níveis de infestação e danos. O monitoramento da população tem sido o avanço mais significativo, em termos de tecnologia no controle de cupins subterrâneos, que vem sendo incorporado pelos produtores de cana-de-açúcar. Compreende levantamentos de níveis populacionais e identificação dos gêneros e/ou espécies mais daninhos presentes nas áreas, o que tem permitido o uso mais racional dos cupinidas. Com essa prática, tem sido possível reduzir, em termos médios, cerca de 30% das áreas de reforma que efetivamente necessitam de controle químico.

Os levantamentos de infestações de cupins podem ser feitos através do arranquio de soqueiras, após o último corte, nas áreas que serão renovadas, à razão de no mínimo 2/ha. Nas áreas de expansão, onde a cobertura não é cana-de-açúcar, os levantamentos podem ser feitos plantando-se mudas de cana como isca. Mais recentemente, têm sido testadas iscas para levantamentos de *H. tenuis*, tendo sido obtidos resultados promissores com o papelão corrugado, com o qual é feita a isca Termitrap®.

FIGURA 6 | REPRESENTAÇÃO DE UM “PONTO AMOSTRAL”, CONSTITUÍDO DE 20 AMOSTRAS EM 1 ha



Levantamentos empregando-se iscas Termitrap® (Figura 5) indicaram como sendo 20 a quantidade mínima de iscas/ha para se determinar a densidade populacional de *H. tenuis* em cana-de-açúcar (Macedo, 2000). Para compatibilizar aspectos técnicos e econômicos, quanto ao método de amostragem, para a tomada de decisão no controle de cupins subterrâneos em cana-de-açúcar, considerando maiores possibilidades de retorno econômico, foi elaborada uma tabela de levantamentos (Tabela 1), associada à necessidade de controle, baseada em “pontos amostrais” de um hectare (Figura 6).

Os “pontos amostrais” (Tabela 1) devem ser distribuídos de forma casualizada, na área a ser amostrada. As amostras podem ser constituídas de touceiras de cana ou de iscas do tipo Termitrap®. As amostras

TABELA 1 | QUANTIDADE DE “PONTOS AMOSTRALIS”, DE ACORDO COM A ÁREA A AMOSTRAR

| ÁREA       | PONTOS AMOSTRALIS (1 ha) | AMOSTRAS (TOUCEIRAS OU ISCAS)/PONTO |
|------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Até 10 ha  | 3                        | 20                                  |
| 11 a 50 ha | 4                        | 20                                  |
| > 50 ha    | 5                        | 20                                  |

são examinadas quanto à presença e danos de cupins, identificadas as espécies e/ou gêneros. A atribuição de notas às populações e danos é dispensável, uma vez que esses parâmetros são variáveis conforme a época do ano, a umidade do solo e, até mesmo, a hora do levantamento. Parte-se do princípio de que, sendo os cupins insetos sociais, a identificação da presença e/ou dano denunciam o potencial de ataque do inseto. Quando são empregadas iscas, toletes de cana plantados ou isca Termitrap®, particularmente indicadas para áreas de expansão da cultura, as mesmas são distribuídas da mesma forma que na Figura 6 e devem permanecer no solo por um período de 30 a 40 dias, antes de serem examinadas.

#### CONTROLE CONVENCIONAL

Para os cupins subterrâneos, o controle mais efetivo na renovação do canavial deve iniciar-se com práticas que reduzam o potencial da praga. Assim, a colheita da área deve ser na época seca, acompanhada da destruição da soqueira, seguida de aração profunda, com bom destorroamento, para desestruturar as colônias e expor os insetos à predação e morte por insolação. O emprego de inseticida, recomendado quando as espécies daninhas estão em níveis elevados, deve se restringir a aplicações preventivas no momento de implantação da lavoura. O emprego de inseticidas no controle de cupins nos canaviais brasileiros pode ser dividido em dois períodos distintos: *Éra dos Organoclorados*, especialmente aldrin e heptacloro, empregados até 1985; e *Éra Pós-organoclorados*, a partir da proibição da fabricação, comercialização e utilização dos referidos produtos. A proibição do emprego dos organoclorados, se por um lado resultou no encahecimento do controle dos cupins, por não haver, na ocasião, produto substituto à altura, por outro estimulou o desenvolvimento da pesquisa na busca de

novos produtos e métodos de controle alternativos.

Além do endossulfan, novas moléculas cupinícidas, cujos ingredientes ativos apresentam características totalmente diferentes das dos organoclorados e são bastantes seguros ao ambiente, estão no mercado, como é o caso do imidacloprid, do fipronil e, mais recentemente, da bifentrina, do grupo dos piretróides. A partir da porcentagem de iscas infestadas e/ou com sintomas de ataque (danos), verificados por meio dos levantamentos, tem sido usual a aplicação de cupinícida, nas seguintes situações: 25% ou mais das iscas ou touceiras com presença de *H. tenuis*; 50% ou mais das iscas ou touceiras com presença de outras espécies de cupins. O Nível de Dano é considerado como sendo de 5% ou mais de touceiras atacadas (presença e/ou dano de cupins) pelos gêneros e/ou espécies mais daninhos. Os Níveis de Controle (estimados) para os gêneros mais importantes nos canaviais *Heterotermes*, *Proconitermes* e *Cornitermes* são, respectivamente, >10%, >25% e >40% de pontos com presença e/ou danos de cupins.

#### CONTROLE POR MEIO DE ISCAS

O método de controle químico convencional, que consiste na aplicação de um inseticida com alto poder residual, no plantio da muda ou em área total, para a formação de uma barreira química, torna-se muito dispendioso e poluente. Por essa razão, novas estratégias de controle de cupins subterrâneos vêm sendo desenvolvidas, como é o caso da isca atrativa impregnada com inseticidas químicos e/ou biológicos, na qual são levados em consideração aspectos do comportamento social do inseto, como trofalaxia, hábitos de limpeza (*grooming*) e tigmotropismo. O modo de ação nessa estratégia é a transmissão de agentes químicos e/ou microbianos diretamente para os cupins, visando a

atingir a toda a colônia, por contato e troca de alimentos. Esse método pode ser considerado ecológico, já que emprega uma concentração mínima de inseticida. Não é poluente e elimina grande quantidade de insetos, chegando a dizimar toda a colônia. ☺

\* **Newton Macedo** é professor da CCA, UFSCar, Araras-SP, [newmac@cca.ufscar.br](mailto:newmac@cca.ufscar.br)  
**Daniella Macedo** é engenheira agrônoma, MSc, PG, USP/ESALQ.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 25, p. 409-323.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARC HINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. Entomologia agrícola, Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- MACEDO, D.; Controle associado de *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Isoptera: Rhinotermitidae) com iscas atrativas, em cana-de-açúcar. 2000.74p. Dissertação (Mestrado) – USP/ESALQ, Piracicaba, 2000.
- MACEDO, N.; BOTELHO, P. S. M. Técnicas para avaliar a eficiência de inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 18, p. 313-323.
- MACEDO, N.; BOTELHO, P. S. M.; DEGASPARI, N.; ALMEIDA, L. C.; ARAÚJO, J. R.; MAGRINI, E. A. *Controle biológico da brocada cana-de-açúcar: manual de instruções*. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983.
- MENDONÇA, A. F.; BARBOSA, G. V. S.; MARQUES, E. J. As cigarrinhas da cana-de-açúcar (*Hemiptera: Cercopidae*) no Brasil. In: MENDONÇA, A. F. (Ed.). *Pragas da cana-de-açúcar*. Maceió: Insetos & CIA, 1996. p. 171-192.
- PIZANO, M. A.; FONTES, L. R. O. Ocorrência de *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Isoptera: Rhinotermitidae) atacando cana-de-açúcar no Brasil. *Brasil Açucareiro*, v. 104, n. 3/4, p. 29, 1986.

A Fundação de Estudos Agrários  
Luiz de Queiroz, a Fazenda Figueira e a  
Estação Experimental Agrozootécnica Hildegard  
Georgina von Pritzelwitz, o Centro Ecológico  
Flora Guimarães Guidotti e a Fundação Agrisus

homenageiam a Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiroz" pelo  
lançamento da Revista Visão Agrícola:

UMA VISÃO SUPERIOR E ATUAL DE MAIS DE  
UM SÉCULO DE ESTUDOS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS.



A SERVIÇO  
DA CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA

fealq.org.br | agrisus.org.br

*Produtividade*

# Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos

José Luiz Ioriatti Demattê \*

Diversas práticas agrícolas concorrem para a recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. Neste artigo, serão abordados a avaliação do estoque de nutrientes, a relação entre o cálcio e o sistema radicular da cana-de-açúcar, a ação do calcário e do gesso, a dinâmica dos cátions básicos (Ca, Mg e K), a relação entre calcário, gesso e a produtividade da cana, a quantidade de nutrientes extraída pela cana, o caso do nitrogênio, o parcelamento da adubação nitrogenada e a questão da lixiviação como resposta da cana às adubações fosfatada e potássica, a adubação da cana-palha, os silicatos, a adubação com micronutrientes, a combinação nematicida e eficiência de



*Plantio e distribuição de mudas no sulco;  
Usina da Barra, Barra Bonita, SP; 2001*

fertilizantes, além de alguns comentários sobre a agricultura de precisão.

A produtividade da cana-soca, em função da saturação por bases (V%), em talhões comerciais da Usina Barra Grande, em Lençóis Paulista-SP, pode ser observada na Tabela 1. No segundo corte da RB806043, a produtividade foi de 70 t/ha, contra a média dos demais talhões de 87 t/ha. Por outro lado, no décimo corte, a produtividade da SP71-1406, localizada em ambiente A, foi de 62 t/ha, então elevada, se se considerar o número de cortes.

O principal fator que levou à queda acentuada da produtividade da RB 806043 e da grande longevidade da SP71-1406 foi a fertilidade dos solos. A V% do primeiro caso apresentou valor baixo na primeira camada, e extremamente baixos na subsuperfície, até os 100 cm de profundidade. No outro caso, o valor da saturação de bases é elevado, tanto na superfície, como na subsuperfície, até 100 cm de profundidade. Portanto, no primeiro caso, o solo está empobrecido, tanto na superfície, como na subsuperfície, e não tem suporte para grandes produtividades. A baixa saturação por bases em profundidade restringe o desenvolvimento radicular e, em consequência, o volume de solo explorado pelas raízes, o que não ocorreu no segundo caso.

Em princípio, as bases para a recuperação da fertilidade dos solos seriam as seguintes:

- Em relação ao primeiro caso, elevar e manter o nível da saturação das bases na faixa de 40 a 65% na superfície do solo, e pelo menos na faixa de 40% até os 60 cm de profundidade do solo. Essa recuperação deve ser feita com o uso de calcário e de gesso.
- No segundo caso, de solos férteis, é importante não deixá-los empobrecer. Posteriormente, haverá necessidade de enriquecer a superfície do solo com fósforo, assim como equilibrar a quantidade de micronutrientes,

o que poderá ser feito com o uso de fertilizante mineral ou orgânico.

## AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE NUTRIENTES

Para avaliação do estoque de nutrientes, são utilizadas as diagnoses visual e a foliar, assim como as análises do solo. Para complementação, podem-se utilizar as análises do caldo da cana. Para a diagnose visual, usam-se os critérios dos sintomas de deficiências nas folhas da cultura. No caso do nitrogênio, há amarelamento generalizado nas folhas, pouco perfilhamento e colmos finos. No caso de deficiência de fósforo, há redução e atraso no desenvolvimento do sistema radicular, o que tende a refletir no menor desenvolvimento da cultura da cana. Tais deficiências, principalmente a do nitrogênio, podem ser mascaradas com a época de observação (período seco) ou com determinadas doenças (estria vermelha).

A diagnose foliar é avaliada através das análises das folhas, usando as faixas de teores indicadas por Raij e Cantarella (1996). Os cuidados a serem tomados nesse exame são os seguintes:

- Uniformidade da área em relação à idade da cultura, variedade, categoria de corte; coletar a folha + 3, usando o terço médio para análise em época de

maior desenvolvimento da cultura, normalmente no período vegetativo, em torno de seis meses para cana-planta e socas de início e meados da safra e três meses para socas de final de safra; coletar na faixa de 20 a 30 folhas por talhão (10 a 12 ha).

- A amostragem dos solos para a avaliação da fertilidade deve ser feita três a cinco meses antes do plantio, retirando-se 12 a 15 amostras simples, para uma área de 12 a 15 ha. Amostrar nas duas profundidades, 0-25 e 26-50 cm. Nas canas-socas, é recomendado amostrar no corte anterior e na entrelinha; se o caso for de correção da saturação por bases, amostrar em duas profundidades. A densidade de amostragem pode ser maior, 20 a 30 ha, dependendo da variabilidade da área. Atualmente, tem-se tentado correlações entre solo-variedade-análise do caldo, para calibrar melhor o aspecto nutricional da cultura, principalmente para os macronutrientes.

## CÁLCIO E SISTEMA RADICULAR

Uma das limitações dos solos na região tropical úmida é a baixa fertilidade em profundidade, e isso se reflete no menor volume explorado pelo sistema radicular e, em consequência, na menor produtividade. Em cana-de-açúcar, a

TABELA 1 | PRODUTIVIDADE DA CANA-SOCA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SOLOS DA REGIÃO DE LENÇÓIS PAULISTA-SP. SAFRA 1995/1996

| PROFUNDIDADE                                 | Al                   | Ca   | Mg   | CTC   | V  |
|--|----------------------|------|------|-------|----|
| cm   | cmol/dm <sup>3</sup> |      |      |       | %  |
| RB806043 – 2º Corte – 70 t/ha (ambiente E)   |                      |      |      |       |    |
| 0-25   | 0,24                 | 0,49 | 0,38 | 3,47  | 27 |
| 25-50  | 0,81                 | 0,07 | 0,03 | 3,20  | 5  |
| 50-75  | 0,84                 | 0,05 | 0,02 | 3,01  | 6  |
| 75-100                                       | 1,02                 | 0,05 | 0,03 | 2,98  | 5  |
| SP71-1406 – 10º Corte – 62 t/ha (ambiente A) |                      |      |      |       |    |
| 0-25   | 0,12                 | 6,27 | 1,12 | 10,89 | 62 |
| 25-50  | 0,17                 | 5,50 | 0,92 | 8,63  | 74 |
| 50-75  | 0,10                 | 4,35 | 0,89 | 7,37  | 71 |
| 75-100                                       | 0,12                 | 4,50 | 1,11 | 7,61  | 73 |

profundidade do sistema radicular no Brasil atinge os 60 cm, contra 160 em outros países. Portanto, um dos objetivos no manejo da fertilidade desses solos é favorecer o maior volume de exploração radicular.

Em trabalho feito no Brasil Central, Ritchey et al. (1981) observaram que, após calagem, houve redistribuição do cálcio até 110 cm de profundidade; ao mesmo tempo, houve tendência de distribuição das raízes de trigo, em função desses teores de cálcio, tanto no primeiro ano como após o quarto ano. Trabalhando na calibração do gesso e do calcário em solos de baixa CTC na cultura da cana, Morelli et al. (1987) encontraram a mesma correlação entre cálcio e sistema radicular. Após 27 meses de instalação do experimento, o tratamento com 2,8 t/ha de gesso indicou a distribuição do cálcio e das raízes até 150 cm de profundidade.

### AÇÃO DO CALCÁRIO E DO GESSO

Historicamente, o uso do calcário na cultura da cana tem sido controverso, principalmente em relação às respostas na produtividade. No final da década de 1970 e início da de 1980, eram comuns informações de que o calcário não aumentava a produtividade e por isso não haveria necessidade de seu uso. Além disso, ao longo da década de 1980, diversas recomendações para o uso do calcário, assim como das fórmulas para o cálculo da quantidade do corretivo, foram sugeridas, entre elas o teor de Al, o teor de Ca+Mg, o pH, os níveis críticos de Ca e Mg etc.

Foi somente a partir de meados da década de 1980 que esse tema tomou um rumo mais consistente, e os resultados permitiram uma linha de recomendação mais segura. Benedini e Korndörfer (1988), em diversos experimentos, sugeriram o uso do cálculo da necessidade da calagem pela expressão:  $NC = (3 - (Ca+Mg) * 100) / PRNT$ , onde NC = Necessidade de calagem em t/ha a 20 cm de profundidade, Ca+Mg em  $cmol/dm^3$  e

PRNT=Poder Relativo de Neutralização do Calcário. Como essa sugestão não leva em consideração a CTC do solo, à medida que aumenta esse valor, pode aumentar também o teor de Ca+Mg, podendo ser superior a  $3 cmol/dm^3$  e, nesse caso, não haveria necessidade de calcário. Com isso, criou-se um impasse, pois experimentos com solos de elevada CTC e teor de Ca+Mg superior a  $3 cmol/dm^3$ , porém com V% abaixo de 30%, tem respondido positivamente à aplicação do corretivo.

Posteriormente, esses autores, assim como Penatti e Forti (1994), corrigiram esse caso, indicando que, para solos que apresentem CTC maior que  $5,5 cmol/dm^3$  e V abaixo de 15%, deve-se utilizar, pelo menos, 2 t/ha de calcário a mais do que a dose recomendada pela Copersucar, ou optar pela fórmula desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas, que leva em consideração a CTC:  $NC = 100 \cdot (Vf - Vi) \cdot CTC / PRNT$ , onde: Vf= saturação de bases desejada; Vi=saturação de bases do solo por ocasião da calagem; CTC =Capacidade de Troca de Cátions em  $cmol/dm^3$ .

Tais fórmulas levam em consideração a NC até 20 cm de profundidade. Entretanto, é necessário, em cana-planta e em solos pobres em profundidade, aplicar o corretivo a, pelo menos, 30 cm. A sugestão seria usar o somatório da quantidade de calcário a 0-20 cm, usando a CTC desta análise, acrescida da quantidade de 20-30 cm, ou seja:  $NC = (Vf - Vi) \cdot CTC^1 + \frac{1}{2} (Vf - Vi) \cdot CTC^2 / PRNT$ , onde  $CTC^1$  corresponde à análise de 0-20 cm e a  $CTC^2$  à análise de 20-40 cm. Para o sucesso dessa prática, recomenda-se incorporar o calcário o mais profundo possível, até 40 cm, principalmente, em solos argilosos. Trabalhos têm indicado que o cálculo teórico da NC não corresponde ao aumento da saturação por bases desejada. Devido a esse fato, tem-se aplicado 20% a mais do calcário. Como já foi enfatizado, o uso do gesso auxilia a recuperação química do solo em profundidade, além de fornecer cálcio e enxofre à cultura. Seu uso pode

TABELA 2 | QUANTIDADE APROXIMADA DE GESSO A SER APLICADA DE ACORDO COM A CTC E V% DO SUBSOLO

| CTC ( $mmol/dm^3$ ) | V%    | GESSO (t/ha) |
|---------------------|-------|--------------|
|                     | <10   | 2            |
| Menor que 30        | 10-20 | 1,5          |
|                     | 20-35 | 1            |
| 30-60               | <10   | 3            |
|                     | 10-20 | 2            |
|                     | 20-35 | 1,5          |
| 60-100              | < 10  | 3,5          |
|                     | 10-20 | 3            |
|                     | 20-35 | 2,5          |

Fonte: Demattê (1986)

ser direcionado no plantio e nas soqueiras, dependendo do tipo de planejamento implantado. O cálculo para a quantidade de gesso a ser aplicada para cana-planta ou soca pode ser feito em função da CTC e da saturação por bases do solo, de acordo com a análise da segunda camada (20-40 cm) (Tabela 2).

Há necessidade de alguns esclarecimentos quanto ao método de aplicação desses dois insumos. Teoricamente, e para melhor eficiência da ação do gesso no transporte de nutrientes em profundidade, ele deveria ser aplicado de três a seis meses após o calcário. Entretanto, tal procedimento é difícil de ser executado e, sendo assim, sugere-se armazenar os insumos um ao lado do outro na lavoura e aplicá-lo um em seguida do outro. Aparentemente, os resultados obtidos com esse procedimento têm sido satisfatórios.

A recuperação química é relativamente rápida em solos de baixa CTC, independentemente da textura. Entretanto, a recuperação em solos de elevada CTC é mais cara e demanda mais tempo, justamente devido ao elevado poder tampão desses solos.

É recomendado que a recuperação química de solos de elevado poder tampão seja feita ao longo dos anos, em vez de tentar fazê-la de uma única vez. Por

outro lado, um solo de CTC elevada, uma vez recuperado, demora mais tempo para perder a fertilidade, em relação a um solo de baixa CTC.

### DINÂMICA DAS BASES (Ca, Mg, K)

Ao longo da exploração agrícola, os teores dos nutrientes tendem a cair, principalmente as bases, mais rapidamente nos solos de baixa CTC. Em experimento de longa duração, Morelli et al. (1992), trabalhando na calibração de doses de calcário e de gesso, em solos de baixa CTC, avaliaram os valores de V% após 8 e 18 meses do plantio da cana. Aos oito meses, e com as doses crescentes de gesso, houve aumento, porém de menor expressão, da saturação por bases em profundidade. Aos 18 meses, houve redistribuição dos resultados em profundidade, porém com diminuição dos valores na superfície. Com o calcário, a situação de decréscimo é a mesma, porém há diferenças expressivas nos valores de V%. Quando há associação do calcário com o gesso, a redistribuição em profundidade é mais eficiente e duradoura.

Examinando-se o comportamento isolado do cálcio e do magnésio, após 18 meses de aplicação, os autores notaram o empobrecimento do Mg, quando se utilizou o gesso isoladamente, como no tratamento 4 t/ha. Nesse tratamento, o teor de Mg na testemunha era de 0,17 cmol/dm<sup>3</sup> na superfície e passou para 0,06 cmol/dm<sup>3</sup>. Na profundidade de 100-150 cm, o teor de Mg na testemunha, que era de 0,02 cmol/dm<sup>3</sup>, passou para 0,13 cmol/dm<sup>3</sup>. Por outro lado, quando se associou o calcário com o gesso (tratamento 4 t/ha de calcário+2 t/ha de gesso) houve enriquecimento em profundidade, tanto para o Mg como para o Ca. Sendo assim, é importante que o uso do gesso deva ser sempre acompanhado pelo calcário, a menos que os resultados das análises de solos indiquem o contrário.

TABELA 3 | PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR, EM SOLO ARENOSO ÁCIDO TRATADO COM CALCÁRIO E GESSO (QUATRO CORTES)

| TRATAMENTOS |       | 1º CORTE  | 2º CORTE | 3º CORTE | 4º CORTE | DIFER. PARA |            |
|-------------|-------|-----------|----------|----------|----------|-------------|------------|
| CALCÁRIO    | GESSO | (7/88)    | (7/89)   | (8/90)   | (9/91)   | SOMA        | TESTEMUNHA |
| t/ha        |       | t cana/ha |          |          |          |             |            |
| 0           | 0     | 121,8     | 98       | 88       | 88       | 395         | -          |
| 0           | 2     | 128,8     | 103      | 93       | 100      | 424         | 29         |
| 0           | 4     | 129,7     | 109      | 96       | 110      | 444         | 49         |
| 0           | 6     | 130,7     | 109      | 96       | 111      | 446         | 51         |
| 2           | 0     | 128,8     | 107      | 94,0     | 110      | 439         | 44         |
| 2           | 2     | 131,4     | 109      | 98,0     | 116      | 454         | 59         |
| 2           | 4     | 140,4     | 116      | 99,9     | 112      | 467         | 72         |
| 2           | 6     | 133,1     | 111      | 95,4     | 117      | 456         | 61         |
| 4           | 0     | 130,0     | 110      | 97       | 113      | 449         | 56         |
| 4           | 2     | 140,0     | 119      | 100      | 125      | 482         | 87         |
| 4           | 4     | 133,5     | 119      | 102      | 116      | 469         | 73         |
| 4           | 6     | 135,1     | 129      | 95       | 113      | 471         | 76         |
| 6           | 0     | 126,1     | 106      | 95       | 112      | 439         | 44         |
| 6           | 2     | 128,8     | 110      | 104      | 125      | 467         | 72         |
| 6           | 4     | 130,7     | 109      | 96       | 117      | 452         | 57         |
| 6           | 6     | 126,7     | 117      | 103      | 126      | 472         | 77         |

### CALCÁRIO, GESSO E PRODUTIVIDADE

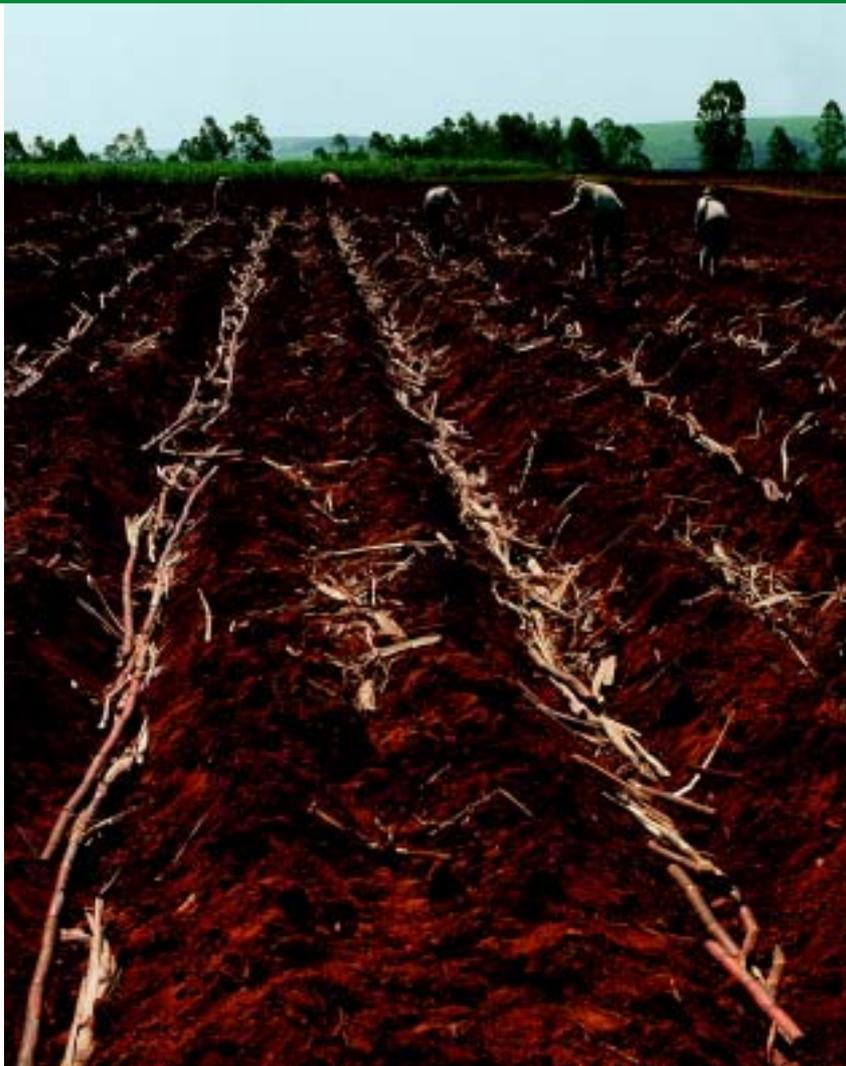
O uso do corretivo é componente fundamental na recuperação dos solos, assim como no aumento da produtividade, haja vista o grande número de resultados experimentais positivos, principalmente quando associado com o gesso (Penatti e Forti, 1994). Neste caso em particular, Morelli et al. (1992), em trabalho de longa duração, com quatro cortes, usando calcário e gesso em solo de baixa CTC, obtiveram resultados expressivos (Tabela 3).

A aplicação do calcário, como corretivo do solo, é indicada em área total e, se possível, com incorporação, se bem que a aplicação também no sulco tem tido efeito positivo. Em plantio direto, pode-se optar pela aplicação de 2/3 em área total e 1/3 dentro do sulco. Tem sido discutida a questão da relação Ca/Mg, principalmente quando se usa o gesso. Morelli et al. (1992) observaram que produtividades elevadas foram obtidas com

relações Ca/Mg variando de 3,9 a 8,9, o que vem comprovar que não há necessidade dessa relação ser menor. O que deve ser levado em consideração, neste caso, é o cuidado de não deixar que o teor de Mg atinja valores mínimos, que possam comprometer sua absorção.

Após a recuperação química e ao longo dos cortes, os teores de Ca e Mg do solo tendem a cair, com maior velocidade nos solos de baixa CTC. Assim é que, em trabalho de longa duração, cinco cortes, com solo de CTC baixa, Morelli et al. (1987) verificaram que, para o tratamento de 2,5 t/ha de calcário, associado com 1,5 t/ha de gesso, aplicado por ocasião do preparo do solo, a saturação por bases era de 15 e 7%, respectivamente, a 0-20 cm e 20-50 cm de profundidade.

Após o primeiro corte, a saturação na camada superficial era de 52 e 38%, respectivamente, para as duas profundidades, caindo gradativamente ao longo dos cortes e atingindo valores próximos à do estado inicial, após o quinto corte.



Disposição de mudas no sulco de plantio na Estação Experimental de Piracicaba (CTEP-CTC); Piracicaba, SP, 1984

Mediante esses resultados, conclui-se que há necessidade de se aplicar novamente os corretivos no meio do ciclo da cultura. Com base nessas evidências, Lorenzetti et al. (1992), em quatro experimentos aplicando calcário, gesso e fósforo em soqueiras e em solos de valores variados de CTC, obtiveram acréscimos de produtividade praticamente em todos os casos analisados. Com isso, um talhão que iria ser reformado passou a dar mais cortes. A associação do calcário com o fósforo foi favorável ao aumento da produtividade, porém o mesmo não ocorreu com o gesso. Isso se explica porque o usado continha fósforo, e, além disso, o gesso não altera o pH do solo. O uso em soqueira desses produtos pode ter efeito residual nos cortes

subseqüentes. Demattê (1986) observou que a aplicação de 2 t/ha, logo após o primeiro corte de uma SP70-1143 promoveu acréscimo de produtividade de 8 t/ha. Nos cortes seguintes, o efeito residual propiciou acréscimos nesse tratamento de 19 e 12 t/ha, respectivamente, num total nos três cortes de 37 t/ha.

As recomendações quanto ao uso desses produtos em soqueiras será em função das análises de solos da camada superficial, indicado para o calcário, e da subsuperfície, indicado para o gesso. Quando a saturação por bases estiver abaixo de 45% na camada superficial, usa-se o calcário (determinar a necessidade do calcário usando a recomendação do IAC, com a Vf para 60%). Quando esse valor estiver abaixo de 40%, na

segunda camada, usa-se o gesso. Haverá casos em que devem ser aplicados os dois insumos. Os produtos são aplicados em área total, na superfície do solo, e, quando possível, incorporado ligeiramente, por ocasião do cultivo.

### NUTRIENTES EXTRAÍDOS PELA CANA

A cultura da cana-de-açúcar é grande extratora de nutrientes do solo. Para formação de 1 t de colmo, a literatura tem indicado variações de 0,9 a 1,32 kg de nitrogênio; 0,20 a 0,69 kg de  $P_2O_5$ ; 1,2 a 1,8 kg de  $K_2O$ ; 0,70 a 0,95 de CaO; 0,56 a 0,86 de MgO e 0,30 a 0,36 de S. A quantidade de nutrientes a ser suprida pela cultura pode ser dada pela expressão: "Quantidade de nutrientes = (necessidade da planta-reserva no solo).f".

O fator f, de aproveitamento do fertilizante pelas raízes da planta, visa corrigir as possíveis perdas sofridas nos processos que ocorrem entre a aplicação do fertilizante e a absorção, entre elas as perdas por erosão, volatilização (no caso da uréia e aquamônia), lixiviação (para nitrato e potássio), fixação (para fosfato), queima da palhada (volatilização do N e  $SO_2$ ). Em função dessas perdas, pode-se estimar a percentagem média de aproveitamento dos nutrientes, a saber 30 a 40% para o fósforo e 70% para o potássio. Em relação ao nitrogênio, sua ação no solo é muito influenciada pela matéria orgânica e, sendo assim, o aproveitamento é extremamente variável. No caso de cana-soca, o aproveitamento está na faixa de 25 a 30% e, na cana-planta, o valor é mais baixo.

### NITROGÊNIO

As respostas à adubação nitrogenada no plantio são não conclusivas, enquanto nas socas são mais consistentes. O N aplicado, uma vez em contato com o solo, entra no complexo matéria orgânica, morta ou viva, sofrendo as reações de imobilização e mineralização, cuja dimensão, infelizmente, é pouco conhecida ainda em

nossos solos, principalmente na cultura canavieira. Em relação à cana-planta, Azeredo et al. (1986) e Carnauba (1990) mostraram que, em 135 experimentos de campo, nas mais diversas regiões canavieiras do Brasil, somente 19% indicaram acréscimos significativos na produtividade, devido à adubação nitrogenada. De 1990 até Gava et al. (2003), outros experimentos foram testados, com as mesmas tendências de respostas.

Se considerar que a cana extrai na faixa de 0,92 a 1,2 kg/t de colmo, como explicar produtividades de primeiro corte na faixa de 115 t/ha, como no ano agrícola 2002 (Copersucar), com doses de N de 0 a 60 kg/ha? Nessa linha de trabalho, Morelli et al. (1997a) obtiveram 148 t/ha no primeiro corte, em Latossolo de textura média arenosa, com dose zero de N. Trabalhos relacionados a aprofundar esse tema têm sido desenvolvidos, principalmente sobre o N marcado, liderado por Trivelin, no Cena, em Piracicaba (Trivelin et al., 1995, 1996) e pelo grupo de microbiologia (Dobereiner, 1983). O aparente não empobrecimento em N do solo e a manutenção da produção da cana sugerem que a cultura pode obter seu N a partir de outros meios, ou então o próprio solo fornecer o N por outros caminhos. Como fonte alternativa de N para a cana, citam-se:

- **N mineralizado dos restos de cultura da própria cana** — Barnes (1964) indica que, dos 100% do N da cultura, 14% estão na forma de soqueira e 4,6% na de raiz.
- **N mineralizado da matéria orgânica do solo** — Greenland (1986) considera que, em ambiente tropical úmido, 5% da matéria orgânica do solo estão na forma de N e que a taxa de mineralização anual é de 2%.
- **N armazenado no tolete de plantio** — Carneiro (1995) observou que as reservas de N no tolete, um total de 12 kg, são transferidas parcialmente (50%) para os tecidos da cultura principal.

- **Práticas agrícolas** — A calagem, associada com a mobilização do solo e com o período quente e úmido por ocasião do preparo dos solos, acelera o processo de mineralização. O uso do gesso favorece o desenvolvimento radicular em profundidade, que pode captar mais nitrogênio.

- **Fixação biológica** — Em 1961, Dobereiner encontrou diversas bactérias fixadoras de N, tanto na rizosfera, quanto na superfície das raízes. A partir daí, outros pesquisadores identificaram grande diversidade de bactérias fixadoras de N em cana (Arias et al., 1978), assim como identificaram serem elas dependentes das variedades (Urquiaga et al., 1997), encontrando valores de 52,3% do N fixado pela SP70-1143 e 46 % na SP71-799.

De acordo com Morelli et al. (1987), os cálculos grosseiros para estimar a quantidade de N estocado no solo, usando a mineralização do N da matéria orgânica, na faixa 0-50 cm de profundidade, assim como o N mineralizado pelo ciclo de cinco cortes da soqueira, acrescido pelas reservas do N no tolete, chegou a um total de 135 kg de N mineralizado, suficiente para suprir grande parte da demanda do N pela cana-planta, em todos os experimentos testados. Não foi estimada a fixação biológica. Resultados experimentais foram obtidos por técnicos da Copersucar (2000, Boletim, n. 115), em três experimentos sobre adubação nitrogenada em cana-planta (doses de 0 a 90 kg/ha), em solos de texturas contrastantes, desde os arenosos aos argilosos, e em 40 variedades SPs e RBs. Tais autores observaram que as respostas também foram inconclusivas. No caso da RB72454, houve resposta no solo arenoso, mas não no argiloso. No Latossolo de textura média, das 40 variedades testadas, somente duas responderam. A análise conjunta mostrou haver retorno econômico com aplicação do N na faixa de 40 a 60 kg/ha, para as variedades resposivas.

## PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO PLANTIO

A prática do parcelamento da adubação nitrogenada tem sido efetuada, principalmente pelos fornecedores de cana, mais por tradição e por algumas usinas, estas mais pelo receio das perdas do N por lixiviação. Da mesma maneira que os resultados da adubação nitrogenada no sulco de plantio são inconclusivos, o mesmo tem se repetido no parcelamento, tanto por via solo como por aplicação aérea. Morelli et al. (1997a) instalaram cinco experimentos sobre parcelamento do N no plantio, em Areia Quartzosa, com teor de argila de 8% na superfície e 12% na subsuperfície. Os autores observaram que não houve resposta ao fracionamento do N, da mesma maneira que os resultados da Copersucar (1998, Boletim, n. 91). Possíveis explicações:

- O próprio estoque de N do solo, como visto anteriormente;
- O parcelamento normalmente é feito no início das chuvas, período de máxima mineralização do N orgânico.

Por outro lado, a operação de parcelamento implica no “fechamento” do sulco de plantio, ou seja, há necessidade de um cultivo. Tem-se constatado perda de produtividade com essa operação, além da quebra do efeito dos herbicidas e danificação dos perfilhos. A perda de produtividade está mais relacionada à perda de umidade do solo, devido ao processo de escarificação ainda no período seco, assim como ao rompimento de raízes. O parcelamento do N via aérea foi muito utilizado durante a década de 1980 e início da de 1990, e tem sido ainda utilizado, porém em menor escala. Entretanto, tal prática tem sido questionada. Em experimento de longa duração (Morelli et al., 1997b), simulando aplicação aérea em relação ao parcelamento do N e do K, nas formas de uréia e cloreto de potássio, em parcelas controladas durante as safras de 1992, de 1993, (esta com reaplicação dos produtos), de 1994 e de 1995 (também com re-

aplicação), em solos de textura arenosa a argilosa, desde as Areias Quartzosas ao Latossolo Roxo, em diversas variedades, não obtiveram resultados significativos.

### A QUESTÃO DA LIXIVIAÇÃO

A perda do N por lixiviação é influenciada por uma série de fatores, entre eles a quantidade de chuvas, a solubilidade dos sais, a afinidade dos íons pelos sítios de adsorção do solo, a presença de íons acompanhantes, a composição química do material orgânico adicionado ao solo, o clima e as características dos solos (Oliveira et al., 1999). Apesar da preocupação por parte dos técnicos das usinas, em relação a possíveis perdas por lixiviação do N no plantio, tal fato não parece ser significativo. Experimentos com  $N^{15}$ , feitos em cana-planta no Brasil, têm indicado ausência de perda por lixiviação do nitrogênio do adubo ou quando ela ocorreu, foi em pequena quantidade (Salcedo et al., 1988). Tais autores atribuem essa ausência ou pequena quantidade lixiviada ao papel da imobilização pelos organismos do solo. Contudo, há relatos de perdas de N fertilizante com 28,2% e 7,5%, quando se utilizou a uréia e aquamônia, respectivamente (Camargo, 1989).

Oliveira et al. (1999) estudaram as perdas de  $N^{15}$  proveniente da uréia, em solo podzolizado com 84% de areia na camada superficial e doses de N de 0, 30, 60 e 90 kg/ha. Durante o período experimental, as precipitações e as irrigações somaram 2.015 mm de água. Tais pesquisadores observaram que, durante o experimento, não ocorreu perda por lixiviação de N originário da uréia, em nenhuma das doses aplicadas. As maiores perdas de N, principalmente na forma de  $NO_3$ , foram provenientes do solo e dos restos de cultura. O valor médio do N lixiviado foi de 4,5 kg/ha. Um cálculo aproximado da lixiviação é sugerido por Reichardt et al. (1982). Tais autores, após deduzirem a evapotranspiração da precipitação, indicam a lixiviação, na faixa

de 1 mm de  $NO_3$  translocado no solo/mm de chuva. Considerando um saldo de 600 mm entre precipitação e evapotranspiração, a profundidade do lixiviado estaria a 60 cm de profundidade do solo, ainda possível de ser absorvido pelas raízes da cana.

### ADUBAÇÃO DE N PARA PLANTIO

Os trabalhos da Copersucar (2000, Boletim, n. 115) sobre recomendação de adubação, assim como de outras fontes, têm indicado o seguinte: as doses de N estariam na faixa de zero a 60 kg/ha; na média, tem-se usado 30 a 40 kg/ha; a aplicação seria feita somente no fundo do sulco; no uso de leguminosa como cultura secundária, não se aplica o N; a torta de filtro supre todo o N. Não há nenhuma contra-indicação quanto ao uso das diversas formas de N, no caso uréia, nitrato de amônia e sulfato de amônio.

### O FÓSFORO NO SOLO

O fósforo é um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas, devido ao fato das reações de "fixação" que se processam no solo. As quantidades aplicadas, principalmente no plantio da cana, superam a quantidade extraída pela cultura (faixa de 0,43 kg de  $P_2O_5$ /t), diferindo nesse aspecto em relação ao potássio, cuja quantidade aplicada corresponde aproximadamente à quantidade extraída pela cultura. Tal fato evidencia que, antes de adubar a planta com fósforo, é preciso adubar o solo. A maior disponibilidade do fósforo está na faixa de pH em  $H_2O$  de 5,5 a 6,8, condição que permite a combinação das maiores solubilidades de fosfatos de alumínio, de ferro e de cálcio. Além disso, uma série de fatores interferem na eficiência da adubação fosfatada relacionada ao adubo, ao solo e a planta, fatores esses que não serão tratados neste trabalho.

Zambello Junior et al. (1983) testaram a interação calcário e fósforo, em solo de elevada CTC, na região de Piracicaba, usando o superfosfato triplo. O solo era

podzolizado, com CTC de 10 cmol/kg e com teor de Ca+Mg de 4,0 cmol/kg. Após quatro cortes, notou-se que, à medida que aumentou o teor de calcário, o acréscimo de produtividade foi de 72 t/ha, respondendo assim a esse insumo, apesar do teor de Ca+Mg ser superior a 3 cmol/kg. Por outro lado, a interação calcário e fósforo apresentou maior produtividade do que o uso isolado do supertriplo.

### APLICAÇÃO DO FÓSFORO

O fósforo é pouco móvel no solo. Novais e Smyth (1999) indicam uma distância média percorrida do fósforo de 0,013 mm/dia. Se considerarmos os meses com chuva de novembro a abril, ou seja, 180 dias, a distância máxima percorrida pelo fósforo será de 0,23 cm. Considerando que o sistema radicular da cana tende a explorar diversas camadas do solo, principalmente as mais superficiais, onde houver raiz, deveria haver fósforo. Portanto, seria recomendado, em solos de baixo teor de fósforo, aplicações de fósforo combinadas em área total e no sulco, por ocasião do plantio.

Morelli et al. (1996), trabalhando com solos de baixa CTC e baixo teor de fósforo (6 ppm), aplicaram o termofosfato magnésiano em área total e no sulco. A aplicação a lanço foi mais eficiente nos dois cortes do que a aplicação no sulco. Comparando a aplicação de 200 kg/ha de  $P_2O_5$  a lanço, com a aplicação da mesma quantidade no sulco, a diferença para a aplicação a lanço, nos dois cortes, foi de 56 t/ha. Entretanto, a associação das aplicações a lanço com a aplicação no sulco tem resultado mais favorável do que as aplicações isoladas. Tais resultados vêm comprovar da necessidade de se proceder à fosfatagem por ocasião do plantio. A fosfatagem tem sido recomendada quando o teor de  $P_2O_5$  do solo for inferior a 10 ppm.

Em relação à fonte a ser utilizada, tanto a aplicação em área total, como no sulco de plantio, os fosfatos solúveis são

superiores aos fosfatos naturais. A razão é o fato dos fosfatos naturais requerem acidez natural do solo para solubilização do fósforo. Como nesta cultura se usa freqüentemente o calcário, tanto no preparo do solo como nas soqueiras, a eficiência dos fosfatos naturais decresce, à medida que o pH do solo aumenta, sendo o contrário, em relação aos fosfatos solúveis.

### BALANÇO DO FÓSFORO NO SOLO

Considere uma aplicação no sulco de plantio de 150 kg de  $P_2O_5$  em solo argiloso, com baixo teor de fósforo; uma fixação pelo solo de 30%; uma extração de 0,43 kg de  $P_2O_5$ /t de massa verde e uma produtividade no ciclo de 400 t. A quantidade de  $P_2O_5$  necessária pela cultura no ciclo é 172 kg (400.0,43) e a quantidade existente no solo (deduzida a quantidade fixada) é 105 kg (30% de 150). Nesse exemplo, há um déficit de 67 kg de  $P_2O_5$ , que deveria ser repostos nas socas mais velhas, pelo menos para suprir a cultura. Entretanto, se o solo estiver muito ácido (V% abaixo de 40), não haverá resposta a esse fósforo adicional. Será preciso, nesse caso, aplicar também o calcário, como já foi indicado.

### POTÁSSIO

Como a maioria dos solos brasileiros cultivados com cana apresenta baixa quantidade de potássio não trocável, o equilíbrio  $K_{\text{não trocável}}$  e  $K_{\text{trocável}}$  não é importante. Sendo assim, o  $K_{\text{trocável}}$  seria a única reserva disponível que controla o K em solução. Devido a essa característica, o teor de  $K_{\text{trocável}}$  no solo é um parâmetro seguro na recomendação da quantidade desse elemento nas adubações, usando as curvas de calibração (Tabela 4).

### RESPOSTA À ADUBAÇÃO NPK

Contrariamente à cana-planta, as soqueiras respondem favoravelmente à adubação, principalmente em relação ao N. A questão da resposta ao nitrogênio nas socas ser significativa, e não na

TABELA 4 | ADUBAÇÃO MINERAL DE PLANTIO COM BASE NA ANÁLISE DE SOLO

| N     | P <sub>RESINA</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K                    | K <sub>2</sub> O |
|-------|---------------------|-------------------------------|----------------------|------------------|
| kg/ha | mg/dm <sup>3</sup>  | kg/ha                         | mmol/dm <sup>3</sup> | kg/ha            |
| 40    | 0-6                 | 150 <sup>1</sup>              | <0,7                 | 160              |
| 40    | 7-15                | 120                           | 0,8-1,5              | 130              |
| 40    | 16-30               | 90                            | 1,6-3                | 100              |
| 40    | 30-50               | 60                            | 3,1-5                | 80               |
| 40    | Mais que 50         | 0                             | >5                   | 0                |

<sup>1)</sup> Adicionar 100 kg/ha de  $P_2O_5$  em área total

cana-planta, pode ser explicada pelo fato de que o ciclo das soqueiras não é favorável à mineralização do N. Grande parte do ciclo das soqueiras coincide com condições climáticas menos úmidas; durante o ciclo, o solo é pouco ou nada mobilizado por ocasião do cultivo; os corretivos, quando aplicados, não são incorporados. Tais considerações são adversas à mineralização da matéria orgânica e, com isso, o N do adubo passa a ter resposta.

As respostas ao N em soqueira são também função da textura do solo e, nesse caso, com maior ganho de produtividade para os arenosos (Figura 1). Uma possível explicação para a reação diferenciada ao N se refere ao maior teor de matéria orgânica do solo argiloso e, sendo assim, maior imobilização do N adubo.

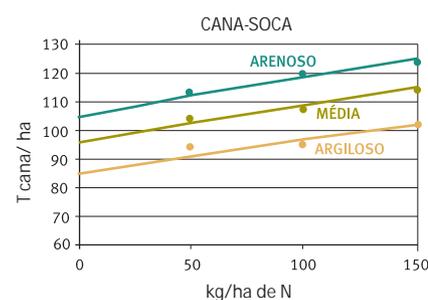
Por outro lado, um fato interessante se refere à eficiência de utilização de fertilizantes nitrogenados (EUFN) aproveitados pela soqueira de cana. Resultados experimentais com  $N^{15}$  têm indicado que a EUFN é baixa, na faixa de 12 a 27% na cana-soca e inferior a 10% na cana-planta (Trivelin et al., 1995 e 1996). A diferença do nitrogênio aplicado na forma de adubo fica imobilizada pelos microrganismos do solo e é utilizada no auxílio à mineralização do N orgânico do solo, que é aproveitado pela cultura. O restante do  $N^{15}$  pode ser mineralizado para a próxima soqueira ou, eventualmente, para o próximo plantio, se a soqueira for eliminada no ano seguinte ao da adubação.

### RECOMENDAÇÃO DE N E K

Infelizmente, não há curvas de resposta para o nitrogênio, diferentemente do K e do P. O principal motivo é o pouco conhecimento da taxa de mineralização do N na região tropical úmida. Sendo assim, a melhor recomendação ainda é a baseada na expectativa de produção e no uso da relação 1,0 a 1,2 kg de N/t de colmo. Se a expectativa de produção de um segundo corte for de 90 t/ha de colmos, devem ser usados 100 kg/ha de N; se a expectativa for de 60 t/ha de colmo, devem ser usados na faixa de 70 kg/ha de N.

As respostas de K nas soqueiras são semelhantes às na cana-planta. Maior ganho de produtividade, entretanto, está nos solos argilosos. Em relação à recomendação, devem-se usar os resultados da Tabela 4, ou então, se o solo tiver

FIGURA 1 | PRODUTIVIDADE DE CANA-SOCA COM DOSES DE NITROGÊNIO EM SOLOS DE TEXTURA ARGILOSA E ARENOSA\*



\* Média de quatro experimentos e três safras. Fonte: Copersucar, 2000, Boletim, n. 122.

baixo teor de potássio, a expectativa de produção, ou seja, 1 a 1,2 kg/ha de N e 1,3 a 1,5 kg de  $K_2O$ /t de colmo. Se a expectativa de produção for de 100 t/ha, usar 140 a 160 kg de  $K_2O$ /ha.

### FÓSFORO EM SOQUEIRA

A maioria dos experimentos usando fósforo em soqueira não tem resposta conclusiva. Um dos fatores pode ser o pH. À medida que os cortes vão avançando, a saturação por bases tende a cair, como já foi visto, e em consequência o pH fica mais baixo (meio ácido), condição para baixa eficiência de absorção do fósforo. Com o uso do calcário em soqueira, pode haver resposta, como já foi observado em diversos experimentos. Por outro lado, no balanço do fósforo no solo, ficou evidenciada a possível falta desse nutriente, em soqueiras mais velhas. Sendo assim, o uso de 30 a 40 kg/ha de  $P_2O_5$  nas socas mais velhas pode ser indicado. Em regiões de solos arenosos, onde não se aplica o gesso ou outra fonte contendo enxofre, é necessário usar fertilizantes contendo esse nutriente, tais como o sulfato de amônio, o superfosfato simples e os termofosfatos. A dose suficiente para o ciclo é de 60 kg/ha de S.

### PALHA COMO FERTILIZAÇÃO

Com as normas e leis contra a queima da cana-de-açúcar, a palha sobre a superfície do solo tem gerado alterações no solo e no ambiente. Sendo assim, grande parte das atividades agrícolas relacionadas às adubações, cultivo e controle de pragas tem sido novamente estudado e avaliadas. Não é exagero se afirmar que se deve aprender tudo novamente. O corte de cana crua coloca na superfície do solo de 12 a 20 t/ha de palha seca por corte. A concentração média dos nutrientes nessa palhada é substancial (Tabela 5).

Se forem levados em conta esses resultados, metade do N e 65% do potássio poderiam ser deduzidos da adubação

TABELA 5 | CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE NUTRIENTES NA PALHA. MÉDIA DE QUATRO CULTIVARES DE CANA. FONTE: COPERSUCAR, 2000, BOLETIM, N. 116

| NUTRIENTES | FOLHA SECA | FOLHA VERDE | PALMITO | TOTAL kg/ha |
|------------|------------|-------------|---------|-------------|
|            |            |             |         |             |
| N          | 3,2        | 9,9         | 4,9     | 54,7        |
| P          | 0,2        | 1,1         | 0,9     | 4,4         |
| K          | 3,4        | 16,9        | 30,0    | 76,0        |
| Ca         | 4,2        | 3,1         | 1,7     | 54,9        |
| Mg         | 1,9        | 1,7         | 1,5     | 25,5        |
| S          | 1,1        | 1,1         | 1,2     | 15,1        |

Fonte: Copersucar, 2000 (Boletim n.116)

mineral da soca do ano seguinte. Entretanto, a mineralização da palha é dependente de fatores ambientais e da relação C/N, assim como da posição do nutriente, em relação ao componente dessa palha, no caso lignina, celulose, hemicelulose, conteúdo celular e polifenóis. A mineralização do material não é uniforme. Após um ano de observação, Oliveira et al. (1999) constataram que a quantidade de matéria seca passou de 13,9 t/ha para 10,8 t/ha, originada principalmente do conteúdo celular e da hemicelulose. Nesse tempo, houve liberação somente de 11 kg/ha de N, por ele estar na celulose, de difícil decomposição. A taxa de mineralização foi de apenas 18% e foram liberados 85, 44 e 39% do K, Ca e Mg, respectivamente.

Em termos de reposição de nutriente, pode-se fazer um cálculo em relação ao K, mas não em relação ao N. Nas áreas de palha, a dedução do K do fertilizante pode ser feita em função da quantidade de palha, na proporção de 40 kg de  $K_2O$  para 10 t de palha. Em 15 t/ha de palha, serão deduzidos 60 kg de  $K_2O$ . Nesse caso, a formulação das soqueiras apresentará maior quantidade de N, em relação ao de K. Após cinco anos, essa palha do primeiro corte estará praticamente mineralizada, e grande parte do N estará no complexo matéria orgânica, e será usado nos ciclos seguintes. Além desse aspecto, a decomposição da palha tenderá a interferir no menor uso de corretivos, de gesso e de outros nutrien-

tes. Para isso, haverá necessidade de pesquisas nessa linha.

### ADUBAÇÃO N COM PALHA

Um dos adubos nitrogenados mais utilizados na cultura da cana é a uréia. Sua reação no solo depende da umidade e envolve inicialmente a hidrólise da fonte nitrogenada por meio da urease, enzima produzida por fungos e bactérias, presente no solo e em maior quantidade na palha. Como resultado da hidrólise, tem-se a formação de carbonato de amônio, que não é estável no solo e se desdobra em  $NH_3$ ,  $CO_2$  e  $H_2O$ . Parte do  $NH_3$  formado reage com o  $H^+$  da solução do solo, resultando o cátion  $NH_4^+$ . Não havendo umidade, a reação de formação do íon  $NH_4^+$  não se processa, e haverá perda de amônia ( $NH_3$ ). Com a palha, o sistema de cultivo para incorporar o adubo é mais difícil e, devido a esse fato, tem-se aplicado o adubo na superfície, sem incorporação. Perda de uréia, quando aplicada na superfície do solo, tem sido relatada por muitos pesquisadores, com valores entre 40 e 60% ou mais.

Oliveira et al. (1999), em simulação de adubação de soqueira de cana com palha, usando a uréia associada à vinhaça e ao KCl, durante o período chuvoso, observaram que as maiores perdas por volatilização do  $N^{15}$  foram verificadas nos tratamentos em que a solução de uréia foi aplicada na superfície do solo coberto por palhada; 94%, quando se utilizou a vinhaça como fonte de K, e 87% quan-

do se usou o KCl. Quando se aplicou a uréia sobre o solo nu, sem a vinhaça, as perdas por volatilização foram de 76%. Mesmo após a adição de 38,2 mm de água, ainda ocorreram perdas significativas de amônia para a solução de uréia aplicada sobre a superfície do solo, nas duas condições. Quando a solução nitrogenada foi enterrada no solo, as perdas foram inferiores a 5% e não houve diferença entre os tratamentos.

Gava et al. (2003) estudaram a contribuição da palhada como fonte de N e verificaram efeitos desse resíduo na recuperação do nitrogênio da uréia aplicada na adubação de soqueira, em condições de campo. A uréia (100 kg/ha de N), aplicada em área total, sem incorporação, esteve sempre associada à aplicação da vinhaça (100 m<sup>3</sup>/ha). Do N total acumulado na parte aérea da soqueira, 10 a 16% foram absorvidos do fertilizante e, em média, 4% do N mineralizado da palhada. A eficiência de utilização do N da uréia pela soqueira foi em média de 17%, e o da palhada, 8%. O N da palhada foi disponibilizado para a planta, no final do ciclo da cultura. Em relação à produção final de colmos, não houve diferença entre os tratamentos, porém o tratamento em que a uréia foi incorporada ao solo ao lado da soqueira apresentou maior produção, assim como a maior quantidade de N proveniente da fonte marcada.

### ADUBAÇÃO EM ÁREA COM PALHA

Dentre as vantagens da palha sobre a superfície do solo, citam-se: aumenta a infiltração da água; aumenta o teor de matéria orgânica; favorece a proliferação de organismos do solo; recicla nutrientes; aumenta o aporte de N no solo; atenua a compactação; mantém o solo mais úmido, por mais tempo. Entre as desvantagens, citam-se: redução da temperatura do solo (faixa de 0,4 a 1°C), assim como a redução da faixa entre as temperaturas máximas e mínimas; maior danificação pelas geadas; aumento de cupim; maior possibilidade de ataque por lagartas e

cigarrinha-de-raiz; maior demora na brotação da soqueira de cana; maior demanda de N, devido à elevada relação C/N da palha; pequena disponibilidade do N da palha; possível decomposição anaeróbia da palha, devido ao encharcamento temporário entre a palha e o solo, motivado pela compactação.

A principal conseqüência em relação à cultura pode ser a queda de produtividade, que está relacionada ao tipo de solo, à região e à variedade. Solos argilosos tendem a perder mais produtividade do que os arenosos, em condições semelhantes de clima, devido ao maior calor específico dos solos argilosos (demoram mais tempo para se aquecer). Trabalhos feitos na Usina da Barra, em solo argiloso, em soqueira de segundo corte, indicaram que:

- A área com 100% de palha reduziu a produtividade na faixa de 23 t/ha.
- A remoção da palha da linha da cana, colocando-a na entrelinha, foi suficiente para reduzir as perdas de produtividade para a faixa de 15 t/ha.
- Não houve diferença entre a área cultivada e a não cultivada.

A cobertura do solo com a palha pode funcionar como isolamento entre o fertilizante e o solo. Após contato do fertilizante com a água do solo, a eficiência da adubação irá depender das características do solo, entre elas o nível de compactação, que age na infiltração da água e na difusão dos nutrientes, assim como nas características da planta, em relação à distribuição do sistema radicular.

Ensaio de longa duração, envolvendo a localização do adubo em soqueira com palha (Copersucar, 1999, Boletim, n. 106), em diferentes solos e variedades, e manejados sob condições climáticas variáveis, têm indicado semelhança de resultados em relação aos tratamentos. O fertilizante aplicado sobre a palha, na linha ou na entrelinha, não tem promovido diferenças, assim como para as áreas cultivadas mecanicamente ou não. Houve casos em que o cultivo mecânico

reduziu a produtividade, devido ao rompimento do sistema radicular localizado mais próximo à superfície, em áreas com palha. Entretanto, é necessária profunda reflexão, pois o fertilizante aplicado sobre a palha está sujeito ao arraste pela água das chuvas e poluir o ambiente, principalmente em regiões de topografia não plana e com sulcação reta. Nesse caso, o cultivo, assim como a incorporação do adubo, irá propiciar maior segurança e poderá atenuar os efeitos maléficos da compactação, melhorando a infiltração das águas.

### SILICATOS NA CANA

O silício, apesar de não ser essencial às plantas, é absorvido pela cana e tem sido associado à resistência a doenças, em outras culturas. Além disso, aumenta a resistência da parede celular e regula a evapotranspiração, entre outras características. Os silicatos utilizados como fonte de silício normalmente são subprodutos de indústrias e apresentam em sua composição, além do silício (23% se SiO<sub>2</sub>), óxidos de cálcio (40%) e de magnésio (10%) e micronutrientes. A solubilidade do silicato de cálcio é de seis a sete vezes superior à do calcário. Sendo assim, os silicatos agem no solo também de maneira semelhante ao calcário. A Copersucar (2000, Boletim, n. 114) tem uma série de experimentos instalados em algumas usinas do Estado e está aguardando os resultados. Resultados preliminares obtidos na Usina Iracema-SP têm indicado resposta semelhante do silicato em relação ao calcário e ao gesso. Korn-dörfer et al. (2002) obtiveram acréscimo de 28 t/ha entre a cana-planta e primeira soca, usando 2,8 t/ha de silicato de cálcio, em solo de textura média, na Usina Equipav.

### MICRONUTRIENTES

A aplicação de micronutrientes na cana é prática pouco utilizada, principalmente pelo fato de se ter baixo número de trabalhos e poucos resultados conclusi-

vos na região Centro-Sul, a não ser em solos de tabuleiros do Nordeste. Por outro lado, subprodutos usados, como vinhaça, torta de filtro, cinzas de caldeiras etc. apresentam micronutrientes em sua composição, além de haver presença de resíduos desses elementos em adubos e calcário. Entretanto, têm sido observados níveis muito baixos de micronutrientes, principalmente zinco e boro, em solos de usinas e destilarias, principalmente em áreas de diversos ciclos com cana. Em tais situações, a recomendação de aplicação de micronutrientes se justifica, desde que os valores estejam abaixo do nível crítico (Tabela 6). Em relação a doses e fontes de micronutrientes, podem-se utilizar elementos simples, na base de 5 kg/ha de Zn, 3,5 kg/ha de Cu e 2,5 kg/ha de B ou das fritas como o FTE BR 12, este na faixa de 30 kg/ha.

**TABELA 6 | TEOR DE MICRONUTRIENTES EM SOLOS, RESULTADOS EM ppm**

|    | BAIXO | MÉDIO   | ADEQUADO |
|----|-------|---------|----------|
| B  | <0,1  | 0,1-0,3 | >0,3     |
| Cu | <0,4  | 0,4-0,8 | >0,8     |
| Fe | <20   | 20-30   | >30      |
| Mn | <3    | 3-5     | >5       |
| Zn | <0,5  | 0,5-1   | >1       |

### NEMATICIDA E EFICIÊNCIA DE FERTILIZANTES

A restrição biológica ao desenvolvimento radicular tem, nos nematóides, um dos grandes aliados, principalmente em solos de textura média a arenosa, onde reduzem a quantidade de raízes, assim como dificultam a absorção de água e nutrientes, culminando com a redução da produtividade. Em áreas com elevado nível desses organismos, os efeitos das adubações em muitos casos não aparecem, inclusive após aumento das doses dos fertilizantes.

Por outro lado, a ação de nematicidas tende a favorecer a melhor absorção de nutrientes, haja vista os trabalhos nesta área específica, através de análises foliares e, em consequência, o aumento

da produtividade. Em trabalho feito na região de Ribeirão Preto, em solo de textura média-arenosa e com nível elevado de nematóides, Demattê (1986) constatou que a ação de um nematicida permitiu acréscimo apreciável de produtividade, quando comparado com as parcelas que não receberam o produto.

### AGRICULTURA DE PRECISÃO

A partir da década de 1990, principalmente nos Estados Unidos, foi desenvolvida a aplicação pontual de fertilizantes, com objetivo de racionalizar o uso de insumos e corretivos, assim como reduzir o impacto ambiental. Tal tecnologia tem sido desenvolvida com maior rapidez em culturas anuais, inclusive no Brasil, porém em cana-de-açúcar tem-se encontrado uma série de limitações ao seu emprego.

Resultados preliminares a respeito de mapas de distribuição de nutrientes e corretivos em cana, obtidos em área de 15 ha e com malha de amostragem de 1 ha, na região de Lençóis Paulista-SP, tida como homogênea, em solo de textura média, tem mostrado grande variabilidade. No caso do mapa de calcário, as doses variaram de 2.660 a 235 kg/ha; os de fósforo de 150 a 60 kg/ha. Em relação ao mapa de produtividade a variabilidade também tem sido grande, indo de 94 a 123 t/ha no primeiro corte, enquanto a tonelagem de pol/ha variou de 15 a 20,5. Nesse trabalho, em que se compararam duas áreas de 16 ha contíguas, sendo uma conduzida com aplicação pontual e outra no sistema convencional, não houve diferença na produtividade média entre os dois sistemas.

A principal limitação ao emprego desse sistema na cana, além do maior custo, tem sido o desenvolvimento de equipamentos para a obtenção do mapa de produtividade. Posteriormente, com o mapa obtido, há dificuldades ou impossibilidade de se avaliar, com a rapidez necessária, os fatores limitantes que estão induzindo a variabilidade na produtividade.

Além disso, e supondo que haja essa avaliação, é dúvida se haveria tempo suficiente para, através das práticas agrícolas, atenuar tais limitações. Em termos de evolução, é viável nesta cultura o desenvolvimento da aplicação pontual de corretivos e fertilizantes, que é o segmento mais fácil de ser resolvido. 

*\*José Luiz Ioriatti Demattê é Professor aposentado do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, USP/ESALQ (jlid@terra.com.br)*

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, E.; GATTI, I. M.; RUSCHEL, A. P.; VOSE, P. B. Primeiras observações ao microscópio eletrônico de bactérias fixadoras de N na raiz de cana de açúcar. *Turrialba*, n. 28, p. 203-207, 1978.
- AZEREDO, D. F. de; BOLSANELLO, J.; WEBWE, H.; VIEIRA, J. R. Nitrogênio em cana planta-doses e fracionamento. *Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v. 4, p. 26-33, 1986.
- BARNES, A. C. *The sugar cane*. New York: Interscience, 1964.
- BENEDINI, M. S.; KORNDÖRFER, G. H. *Novo conceito no uso de calcário em cana de açúcar*. Piracicaba: Copersucar, 1988. (Série Agrônômica, n. 16).
- CAMARGO, P. B. *Dinâmica do nitrogênio dos fertilizantes: uréia (15N) e aquamônia (15N) incorporados ao solo na cultura de cana de açúcar*. 1989. Dissertação (Mestrado) – CENA/ESALQ, Piracicaba, 1989.
- CARNAUBA, B. A. O nitrogênio e a cana de açúcar. *Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 8, 1990.
- CARNEIRO, A. V.; TRIVELIN, P. C.O.; VITORIA, R. L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio no desenvolvimento da cana planta. *Scientia Agrícola*, v. 52, n.2, p. 199–209, 1995.
- COPERSUCAR. *Agrícola Informa. Adubação Foliar. Boletim*, n. 14, 1999.
- \_\_\_\_\_. *Agrícola Informa. Adubação NK em cana planta e cana soca. Boletim*, n. 122, 2000.
- \_\_\_\_\_. *Agrícola Informa. Adubação nitrogenada em cana planta. Boletim*, n. 115, 2000.
- \_\_\_\_\_. *Agrícola Informa. Agricultura de Precisão na Cultura de Cana de Açúcar. Boletim*, n. 91, 1998.
- \_\_\_\_\_. *Agrícola Informa. Efeito do cultivo mecânico em soqueira de canaviais colhidos sem queimar – Projeto cana crua. Boletim*, n. 106, 1999.



Sulcos plantados e cobertos na entrelinha de soqueira na Estação Experimental de Piracicaba (CTEP-CTC); Piracicaba, SP; 1984

- \_\_\_\_\_. Agrícola Informa. Liberação de nutrientes da palha com e sem utilização de nitrogênio marcado (15N) em áreas com e sem vinhaça. *Boletim*, n. 116, 2000.
- \_\_\_\_\_. Agrícola Informa. Silício em cana de açúcar. *Boletim*, n. 114, 2000.
- DEMATTÊ, J. L. I. Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégia de manejo. In: SEMINÁRIO AGRO INDUSTRIAL, 5., e 29 SEMANA "LUIZ DE QUEIROZ", 29., Piracicaba, 1986. (Mimeografado).
- DOBEREINER, J. Denitrogen fixation in rhizosphere and phyllosphere associations. In: LAUCHII, A.; BIELESKI, R. I. *Inorganic Plant Nutrition*. Berlin: 1983.
- GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Recuperação do nitrogênio (15N) da uréia e da palhada por soqueira de cana de açúcar (*Saccharum spp*). *Rev. Bras. Ci. do Solo*, v. 27, n. 4, p. 621-630, ago. 2003.
- GREENLAND, D. J. Soil organic matter in relation to crop nutrition and management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, China, *Proceeding*. 1986.
- KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana de açúcar. *Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 21, 2002.
- LORENZETTI, J. M.; RODRIGUES, J. C. S.; DEMATTÊ, J. L. I. Calcário e Gesso em soqueira de cana de açúcar. *Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 10, 1992.
- MORELLI, J. L.; DALBEN, A. E.; DEMATTÊ, J. L. I. Calcário e gesso na produtividade de cana de açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média, álico. *Rev. Bras. Ci. do Solo*, v. 16, 1992.
- MORELLI, J. L.; DEMATTÊ, J. L. I.; DALBEN, A. E. Parcelamento da adubação nitrogenada em cana planta: aplicação no solo. *Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 15, 1997a.
- MORELLI, J. L.; DEMATTÊ, J. L. I.; NELLI, E. J. Parcelamento da adubação nitrogenada em cana planta e cana soca: aplicação foliar. *Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 16, 1997b.
- MORELLI, J. L.; NELLI, E. J.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção de cana de açúcar. *Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 6, 1987.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e plantas em condições tropicais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; PICCOLO, M. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana de açúcar em campo. *Sciencia Agrícola*, 1999.
- PENATTI, C. P.; FORTI, J. A. Calcário e gesso em cana de açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 6. Piracicaba: Copersucar, 1994.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; URQUIAGA, S. Fate of fertilizer nitrogen in soil-plant system with emphasis on the tropics. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGROCHEMICAL, Rome, 1982. *Proceedings*. Viena, IAEA.
- RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUZA, D. M. G. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., 1981, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1981.
- SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CARNEIRO, C. J. G. Dinâmica de nutrientes em cana de açúcar. Perdas de N por lixiviação em cana planta fertilizada com uréia (15N). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 23, 1988.
- TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. C. S.; VITORIA, R. L. Utilização por soqueira de cana de açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia 15N e uréia 15N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 31, n. 2, p. 89-99, fev. 1996.
- TRIVELIN, P. C. O.; VITÓRIA, R. L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana de açúcar de final de ciclo do nitrogênio da aquamônia 15N e uréia 15N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 30, n. 12, p. 1.375-1.385, dez. 1995.
- URQUIAGA, S.; RESENDE, A.; ALVES, B. Fixação Biológica de Nitrogênio na Cultura da Cana de Açúcar: Perspectivas. In: WORKSHOP sobre avaliação e manejo dos recursos naturais em área de exploração da cana de açúcar. Aracajú, SE: Embrapa, 1997.
- ZAMBELLO JUNIOR, E.; RODELLA, A. A.; ORLANDO FILHO, J.; ARAGÃO, J. Interação calcário e fósforo na cana de açúcar. *STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 1, 1983.

# Modernizada, canicultura é líder em produção

Passados cinco séculos de sua introdução no Brasil e descontados alguns reflexos verificados em determinados períodos históricos, a cana-de-açúcar mantém o *status* de produto agrícola com maior safra no país – 389.928.614 t, em 2003, seguida pela soja e pelo milho, entre quatorze culturas pesquisadas pelo “Levantamento Sistemático da Produção Agrícola” do IBGE/DPE/Coagro (veja tabela ao lado). Em receita, a cana fica em segundo lugar, dentre os produtos de lavoura temporária pesquisados pelo IBGE, abaixo apenas da soja: em 2002, atingiu a cifra de R\$ 11,5 bilhões. “A cana é hoje uma das principais atividades econômicas do Brasil, tanto em termos de balança comercial, como de geração de empregos. Em todo o país, gera cerca de 1 milhão de empregos diretos”, afirma Eduardo Pereira de Carvalho, presidente da União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (Unica). Calcula-se, ainda, que seja responsável pela criação de 4 milhões de empregos indiretos.

Esse êxito produtivo se justifica pela fácil adaptação da gramínea ao clima e solo nacional: ela é plantada em todas as regiões do país – de Norte a Sul, fato que garante dois períodos anuais de colheita. O melhor é que estamos longe de atingir nossos limites produtivos: “O Brasil é um dos poucos países do mundo que têm terra adicional disponível para a expansão agropecuária. São 90 milhões de hectares que podem ser cultivados – o dobro da área atual –, sem que para isso seja preciso derrubar uma única árvore. A cana, que se encontra espalhada pelo Centro-Sul e Nordeste do país, é uma das lavou-

ras que podem ocupar parte dessa área. A expectativa é de que, até 2010, com a efetivação do carro bicompostível e a abertura do mercado externo ao álcool, o setor tenha um incremento de 100 milhões de toneladas”, continua Pereira de Carvalho.

A cana-de-açúcar não é apenas o produto agrícola brasileiro de maior safra. É também o que apresenta maior rendimento médio, em termos de quilogramas produzidos por hectare, entre as quatorze culturas pesquisadas pelo IBGE/DPE/Coagro. Prevê-se que atinja, este ano, um índice de 73.047 kg/ha, contra 72.981 kg/há, em 2003, acréscimo de 0,09%. Sua área plantada, para 2004, deve chegar a 5.415.090 hectares. Segundo dados da Unica (cuja metodologia difere da usada pelo IBGE), a região Centro-Sul (Sudeste, Sul e Centro-Oeste) – com destaque para o Estado de São Paulo – foi responsável, na safra 2003-2004, por 88,25% de toda a produção nacional, seguida pela região Norte-Nordeste, com 11,75%.

Para a safra 2004-2005, a Unica prevê um crescimento de 6,86% na região Centro-Sul (OESP, de 31.4.2004). A colheita – que foi antecipada e começou a ocorrer em abril – deve gerar 319,9 milhões de t, em comparação aos 299,4 milhões de t da safra 2003-2004. Esse aumento se refletirá de forma diferenciada na produção de açúcar e do álcool: a região produzirá 10,3% a mais de açúcar este ano e 2% a mais de álcool. O açúcar absorve 45% do total da cana nacional, dos quais quase metade se destina ao mercado interno. O brasileiro consome 52 kg de açúcar *per capita*, índice bem superior

à média mundial, de 22 kg. São Paulo, responsável por 60% de toda a produção do país, detém 70% das exportações nacionais (Unica).

A maior parte da cana plantada no país destina-se à produção de álcool combustível, que absorve 55% da produção. Cerca de 3 milhões de veículos utilizam álcool hidratado como combustível. Além disso, o álcool anidro é misturado à gasolina consumida por mais de 17 milhões de veículos, na proporção de 24%. São Paulo é também o maior produtor de álcool, com 8.806.942 m<sup>3</sup> (Unica). Com a implementação da venda no país de veículos do tipo flex (bicombustíveis), a partir de 2003, esse volume tende a aumentar consideravelmente. “Temos como novidade tecnológica uma produtividade que cresce acima de 2,5% ao ano e, dentro de poucos anos, contaremos com o potencial da produção de álcool a partir do bagaço e da palha da cana, através do uso da celulose. Do ponto de vista do uso, o carro bicombustível é um sucesso, já ocupando 20% das vendas. Está indo muito rápido e nos

permitirá ter um crescimento de demanda seguro, um salto de consumo”, avalia Luiz Carlos Corrêa Carvalho, diretor da Usina Alto Alegre e presidente da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva do Açúcar e do Álcool, ligada ao Ministério da Agricultura.

A importância estratégica da cana para a economia nacional fez com que o governo federal, em períodos históricos determinados, mantivesse o setor sob rígido controle. Porém, desde a extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), em 1990, tem se preservado o regime de preços liberados para o setor. Atualmente, entre as políticas para seu gerenciamento, temos a Lei n. 8.732, de 1993, que determina a mistura de álcool anidro como aditivo da gasolina (na faixa de 20% a 25%). Outra medida repassa, anualmente, crédito financiado aos produtores para estocagem do álcool. Para este ano, a verba destinada para esse financiamento será de cerca de R\$ 500 milhões: “O foco é permitir que se produza álcool em seis meses e se comercialize em 12 meses. Isso pesa, do ponto de vista

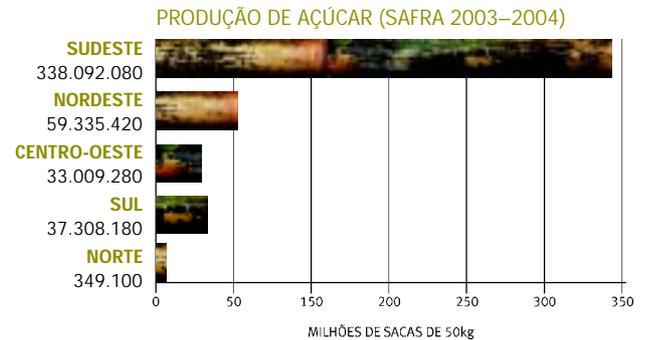
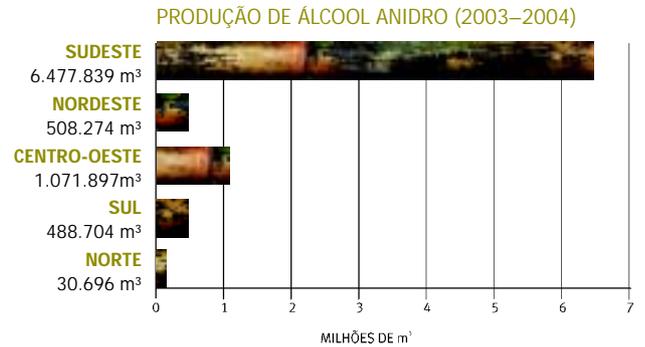
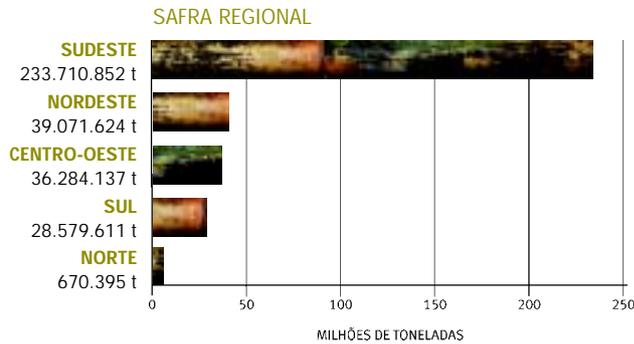
#### CONFRONTO DAS SAFRAS DE 2003 COM ESTIMATIVAS PARA 2004 – BRASIL – FEV. 2004

| PRODUTOS AGRÍCOLAS           | PRODUÇÃO          |                     |            |
|------------------------------|-------------------|---------------------|------------|
|                              | Safra obtida 2003 | Safra esperada 2004 | Variação % |
| Cana-de-açúcar               | 389.928.614       | 395.558.195         | 1,44       |
| Soja (em grão)               | 51.532.346        | 56.929.957          | 10,47      |
| Milho (em grão)              | 47.809.299        | 46.742.434          | -2,28      |
| Mandioca                     | 22.235.866        | 23.783.044          | 6,96       |
| Laranja                      | 16.935.511        | 16.909.699          | -0,15      |
| Arroz (em casca)             | 10.198.945        | 12.405.539          | 21,64      |
| Feijão (em grão)             | 2.848.993         | 3.072.888           | 9,30       |
| Batata inglesa               | 2.388.301         | 2.392.952           | 0,99       |
| Algodão herbáceo (em caroço) | 2.206.472         | 2.982.882           | 35,19      |
| Café (beneficiado)           | 1.970.010         | 2.177.762           | 10,55      |
| Sorgo                        | 1.732.528         | 1.723.034           | -0,55      |
| Cebola                       | 1.187.051         | 1.193.929           | 0,58       |
| Cacau (em amêndoa)           | 170.724           | 170.275             | -0,26      |

Fonte: IBGE/DPE/Coagro – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.

Nota: Foram repetidas as informações da safra anterior para as unidades da Federação que ainda não obtiveram suas estimativas neste ano. Os indicadores, originalmente em ordem alfabética, foram reordenados por ordem de grandeza (para produtos que apresentam duas safras, os valores foram somados)





Fonte: União da Agroindústria Canaveieira de São Paulo (Unica). Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em: 23.4.2004



POSIÇÃO NO RANKING DE PRODUÇÃO

de custo de estocagem, para o produtor”, avalia Corrêa Carvalho. O governo oferece, ainda, incentivos fiscais para estimular a venda de carros a álcool através do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), que é em média 5% inferior ao incidente sobre carros a gasolina.

Como o petróleo, a cana-de-açúcar tem capacidade para gerar derivados diversos, muito além do álcool e do açúcar. Um exemplo é a energia elétrica gerada através do vapor produzido pela queima do bagaço. Ainda segundo Pereira de Carvalho, da Unica, o bagaço da cana tem potencial para gerar 20% da energia que o Brasil consome anualmente, e com ganhos ambientais: “A agroindústria canaveieira contribuiu com uma redução líquida de 46,6 milhões de toneladas de gás carbônico, para redução do efeito estufa, o que nos credencia a captar recursos no âmbito do MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), criado pelo protocolo de Kyoto”, ele afirma.

Outros subprodutos da cana são: o plástico biodegradável (veja p. XXX), o bagaço hidrolisado para alimentação

animal, a levedura, o mel, o ácido cítrico e o ácido lático extraídos do melaço; e ainda o álcool utilizado pelas indústrias de bebidas, de limpeza, químicas e farmacêuticas. “Temos atuado para mostrar ao mundo que o setor sucro-alcóoleiro no Brasil é mais moderno que o dos outros países porque caminhou para a diversificação em larga escala, enquanto todos os outros continuam a fazer açúcar do mesmo modo que há quinhentos anos. E só fazem açúcar, quando nós fazemos uma porção de produtos. Por isso o Brasil é hoje uma referência internacional”, afirma Corrêa Carvalho, da Usina Alto Alegre. ☺

**SITES REFERENCIAIS/FONTES:**

- União da Agroindústria Canaveieira de São Paulo: [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)
- Ministério da Agricultura: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)
- Secretaria de Política Agrícola: [www.defesaagropecuaria.gov.br](http://www.defesaagropecuaria.gov.br)
- Instituto de Economia Agrícola: [www.iea.sp.gov.br](http://www.iea.sp.gov.br)

# O açúcar brasileiro nas mesas do mundo

ERNESTO RODRIGUES/AE



Alimentação de moendas para a produção de açúcar na Usina Andrade/Companhia Energética São José; Ribeirão Preto, SP; 2003

Nos primórdios do seu cultivo, a cana-de-açúcar brasileira era exportada como matéria-prima a ser beneficiada pelos poderosos Estados europeus. Durante séculos, Portugal intermediou a venda da planta, ainda como matéria-prima, para países, como a Holanda, que revendiam o “ouro branco” – como era conhecido – para outras nações, entre elas Portugal e Brasil. Com o tempo, esse panorama foi se alterando e o Brasil se transformou num grande exportador de produtos industrializados derivados da cana, tendo como item principal o açúcar. “Nossa exportação de açúcar absorve 58% da produção nacional; já o álcool tem uma participação menor na balança comercial brasileira, com apenas 8% da produção seguindo para outros países”, afirma Luiz Carlos Corrêa Carvalho, da Usina Alto Alegre.

O Brasil ocupa, atualmente, o posto de principal exportador mundial de açúcar. Eduardo Pereira de Carvalho, da Unica, constata, a partir de dados Secretaria de Comércio Exterior (Secex/MinC) que, em 2002-2003, o país exportou 12,9 milhões de toneladas de açúcar, gerando uma receita de US\$ 2,14 bilhões, “valor que passa para US\$ 2,41 bilhões quando se inclui a exportação de pouco mais de 700 milhões de litros de álcool”. Dados da mesma safra 2002-2003, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, mostram que o país, com 13.500.000 t (considerando o açúcar não-beneficiado), exporta quase três vezes mais do que toda a União Européia – segunda colocada, com 4.820.000 t – e mais de três vezes a da Austrália – terceira colocada, 4.235.000 t (veja Tabela ao lado). “O consumo de açúcar mundi-

al gira em torno de 149 milhões de toneladas. Desse total, 35 milhões são mercado internacional livre, dos quais o Brasil representa mais de 1/3. Portanto, quem faz o preço do açúcar no mundo é, efetivamente, o Brasil”, destaca Corrêa Carvalho, da Usina Alto Alegre.

A região Centro-Sul é a que mais exporta açúcar, com 10.689.803 t, cerca de 82% do total, com saídas pelo porto de Santos (8.703.710 t) e Paranaguá (1.721.491 t) (Unica, safra 2003-2004). O caminho que o açúcar brasileiro percorre é grande, seguindo para mais de 100 países, em todo o mundo. Nossos principais compradores, entre janeiro e dezembro de 2003 (Unica), foram a Rússia (3.841.524), Emirados Árabes (979.825 t), Nigéria (820.975 t), Canadá (763.550 t) e Senegal (734.839 t). No que diz respeito às exportações de álcool, o mercado internacional é ainda pequeno. “Para uma produção global em torno de 37 bilhões de litros, são negociados no mercado internacional apenas 3 ou 4 bilhões de litros. Enquanto o mercado do açúcar tem 500 anos, o do álcool está se iniciando”, comenta Corrêa Carvalho. Por outro lado, trata-se de “um mercado com grande potencial, porque os países em geral têm produzido políticas públicas voltadas à redução de emissões de dióxido de carbono”.

Apesar de os números apontarem positivamente para as exportações de açúcar e álcool, alguns problemas persistem: “Temos gargalos na logística, oferta interna insuficiente para o transporte rodoviário e pouca estrutura para o transporte ferroviário. Quanto à logística para exportação de álcool, ela teria que ser viabilizada tanto em termos de transporte interno quanto de terminais portuários”, aponta Pereira de Carvalho, da Unica. Além disso, as políticas prote-

cionistas ainda são grandes nos demais países: “Existe uma cortina de proteção nos mercados agrícolas das nações desenvolvidas, sobretudo na União Européia, que impõe ao açúcar brasileiro – com custo de produção, no Centro-Sul, da ordem de US\$ 100 por tonelada – a concorrência do seu açúcar de beterraba, com custo médio de US\$ 680 a tonelada. Isso é possível graças à política de subsídios à produção e à exportação. Nos EUA, por sua vez, sobrevive uma política de cotas que nos reserva míseras 150 mil t anuais, quando temos potencial para disputar fatia maior desse mercado”, explica o presidente da Unica.

Corrêa Carvalho corrobora a avaliação de que o principal empecilho ao crescimento das exportações brasileiras de açúcar é o mecanismo perverso de subsídios e protecionismo praticado pelos países ricos, dificultando “nosso acesso aos mercados” através de “taxações impressionantes”: “Estamos falando da Europa, do Japão e Estados Unidos, países desenvolvidos que têm um grande mercado e que os travam, a não ser por pequenas doses de cotas para ‘enganar bobos’”, ele argumenta. Em sua opinião, seria necessário que o Brasil fosse “ainda mais agressivo no que diz respeito ao acesso a mercados e, para tanto, é fundamental que não haja subordinação dos interesses econômicos aos interesses políticos”. 

#### MAIORES EXPORTADORES DE AÇÚCAR (EM t)

| País           | 2002–2003  |
|----------------|------------|
| Brasil         | 13.500.000 |
| União Européia | 4.820.000  |
| Austrália      | 4.235.000  |
| Tailândia      | 3.800.000  |
| Cuba           | 2.850.000  |
| Total mundial  | 42.316.000 |

Fonte: United States Department of Agriculture

## Transgênicas resistem à pior praga dos canaviais



Cana-de-açúcar geneticamente modificada no Laboratório de Genética da USP/ESALQ; Piracicaba, SP; dezembro 1994

Pesquisadores da ESALQ/USP, numa parceria com a Copersucar, desenvolveram recentemente duas variedades transgênicas de cana resistentes à praga mais onerosa aos canaviais do Brasil: a broca-da-cana. Coordenado pelo professor do Departamento de Genética da ESALQ Marcio de Castro Silva Filho, o estudo buscou duas “estratégias” para controle da praga: a primeira foi a introdução, no DNA da cana, de um gene da soja capaz de inibir a atividade das proteases do inseto, comprometendo desse modo o desenvolvimento e a reprodução da broca que se alimenta da planta transgênica; a segunda, mais antiga, utilizou o gene de uma bactéria (*Bacillus thuringiensis*) para fazer com que a cana produzisse uma proteína com atividade inseticida à broca.

Na experiência com o gene da soja, a taxa de mortalidade da praga girou em torno de 30%, mas foi constatado ainda que a taxa de fertilidade da população caiu ainda mais, ao longo das gerações. Na segunda experiência, a cana transgênica torna-se implacável com a broca, que tem uma taxa de mortalidade de cerca de 99%. Segundo o coordenador do projeto, que teve início em 1998, as variedades transgênicas “estão ainda em fase de testes laboratoriais, não havendo previsão para sua comercialização em função da ausência de um marco regulatório legal no país”. O estudo pretende, ainda, juntar ambas as “estratégias” numa só variedade de cana pois, acredita-se, com o passar do tempo, a praga pode acabar desenvolvendo resistência às toxinas. “A idéia é combinar



ORRUIZO ALVES FOUHAINAGEM



USP/ESALQ

Cana transgênica no Laboratório de Genética da USP/ESALQ; Piracicaba, SP; 2004

duas abordagens distintas na tentativa de desenvolver uma cana com maior possibilidade de resistência à broca”, afirma Marcio de Castro. Atualmente, o controle da praga é feito basicamente através do “controle biológico”, com a produção de inimigos naturais da praga.

Em 2003, foi concluído projeto “Genoma Cana”, uma parceria entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), universidades e a Copersucar. O “Genoma Cana” teve como objetivo principal identificar a sequência genética da cana-de-açúcar, alcançando um resultado inédito: o mapeamento de 90% do genoma da planta. “Essa foi a primeira fase para entendermos a cana, saber que informações esse organismo possui”, informa Marcelo Menossi, professor colaborador do De-

partamento de Genética e Evolução da Unicamp, que integrou a equipe de pesquisadores do projeto. Porém, continua Menossi, o “Genoma Cana” trouxe um entendimento superficial da cana. Pesquisas mais profundas deverão ser realizadas num outro estudo, o “Genoma Funcional da Cana”, que está ainda sendo avaliado pela Fapesp.

Na prática, essa segunda fase da pesquisa ampliará o conhecimento sobre as funções dos genes da cana e terá como foco central o aumento da capacidade da planta de produzir açúcar. “Queremos saber porque a cana é doce. Sabendo isso, conseguimos manipular sua genética”, afirma Menossi. O método a ser empregado fará uma comparação entre uma variedade da cana que acumula mais açúcar e outra que produz em menor quantidade, de forma a identificar que genes são utilizados na confecção desse principal derivado da planta. Mas a pesquisa não se restringirá ao açúcar. Os dados obtidos poderão subsidiar estudos sobre diversos aspectos de interesse agrônomo. Menossi avalia, no entanto, que as plantas transgênicas resultantes dessa pesquisa ainda estão longe de serem comercializadas, algo entre 8 e 10 anos após o início do “Genoma Funcional”.

O primeiro produto agrícola transgênico foi colocado no mercado em 1994, nos EUA: um tomate denominado *Flavr savr*,

com amadurecimento retardado pela incapacidade de o organismo produzir etileno, hormônio que controla a maturação. O fato provocou reações fervorosas de ambientalistas que, até hoje, questionam as consequências da transgenia para o ecossistema e para o consumo humano. “Cada transgênico tem um risco potencial que deve ser avaliado em laboratório e, depois, em campo. Mas não existe atividade agrícola mesmo a convencional, que não contenha risco”, aponta Menossi.

O pesquisador afirma que, após o desenvolvimento de qualquer planta transgênica, deve-se analisar se não ocorreu nenhuma modificação metabólica no organismo prejudicial aos consumidores. Para ele, o transgênico “no máximo, pode ser tão daninho quanto a planta que já é cultivada”. Já para Marcio de Castro da ESALQ, o método convencional de controle de pragas – a pulverização de inseticida – é “mais agressivo” ao meio ambiente do que o cultivo de transgênicos. “Não tem outro remédio: se quisermos alimento em grande quantidade, a preço baixo, não há maneira de fazer isso sem usar alguma tecnologia. Portanto, a transgenia deve ser vista como sendo uma extensão das práticas de melhoramento genético. A outra opção é não usar nenhum tipo de controle e assumir as perdas de US\$ 500 milhões por ano, só no caso da cana”, ele avalia. ☺

# Cinco séculos de ativa participação histórica

A idade do Brasil é praticamente a mesma da introdução da cultura da cana-de-açúcar em nossas terras. Assim, pode-se dizer que nossa história agrônômica está intrinsecamente ligada ao seu cultivo. Quando os portugueses chegaram ao Brasil em 1500, o surto consumista que acometia a ascendente burguesia européia recaía sobre as especiarias indianas. Portugal, que mantinha o monopólio desse mercado, dispensou pouca atenção à nova colônia, interessando-se apenas em explorar, predatoriamente, o pau-brasil – árvore nativa que produzia um corante utilizado na indústria têxtil. Com o declínio do comércio de especiarias, Portugal buscou alternativas econômicas para explorar em sua colônia sul-americana, motivo pelo qual o rei D. Manuel decidiu estimular o cultivo, no Brasil, de uma planta originária provavelmente da Nova Guiné (Ásia): a cana-de-açúcar.

Assim, em 1532, desembarcou no litoral paulista a expedição de Martim Afonso de Souza, donatário da Capitania de São Vicente, com uma determinação objetiva: introduzir, na região, o plantio

cana. Foi o ponto de partida da produção canavieira em nosso país. Percebendo o potencial produtor das terras brasileiras e a enorme demanda de consumo para o açúcar – principal produto da gramínea – os portugueses intensificaram sua produção, alçando o Brasil rapidamente ao posto de maior produtor mundial, posto que – a despeito de alguns períodos menos brilhantes – ocupa até os dias atuais. A cana foi um instrumento de ocupação e colonização que, segundo estimativas, gerou no período colonial – de 1500 a 1822 – uma renda duas vezes maior do que a obtida através da extração de ouro (principalmente no século XVIII) e quase cinco vezes maior que a soma de toda a riqueza gerada por todos os demais produtos agrícolas juntos. Riqueza que foi abarrotar os cofres portugueses...

No período da Idade Média, o açúcar tinha, por sua raridade, um preço elevado. Era privilégio de reis e nobres, que chegavam a registrar seus estoques em testamentos. A nobreza européia o obteve, inicialmente, através de mercados-ares árabes, chegando a chamá-lo de

“mel pagão”. Autora de recente trabalho intitulado “Álcool, energia verde”, a jornalista e pesquisadora Regina Machado Leão traça um histórico da cana no Brasil. Segundo ela, os portugueses precisavam encontrar “um produto de grande valor, que pudesse ser explorado (no Brasil) para compensar o alto custo do frete até a Europa e que ocupasse grandes áreas para garantir a efetiva posse do novo território. A cana-de-açúcar atendia a todas essas exigências”. Assim, o império luso passou a dar incentivos fiscais aos produtores de açúcar da colônia, estimulando inúmeros comerciantes a se associarem a colonos, na nova produção. O cultivo regular da cana estabeleceu-se definitivamente a partir de meados do século XVI, tendo o Nordeste como principal região produtora.

No século seguinte, o negócio canavieiro viveu sua primeira crise, quando os holandeses, que se abasteciam por Portugal, ocuparam, em 1630, a região nordestina, ambicionando usufruir os lucros do açúcar. Foram expulsos cerca de 15 anos mais tarde, levando consigo mudas de cana que plantaram em suas co-

## Linha do tempo da cana-de-açúcar



*Entre 10000 e 8000 a.C.*

A cana-de-açúcar é domesticada, provavelmente na Nova Guiné; seu plantio se expande na Polinésia (Ásia)

*3000 a.C.*

Índia passa a produzir açúcar

*1000 a.C.*

Expansão da cultura na Indochina e Baía de Bengala

*640 d.C.*

Expansão da cultura no Mediterrâneo

*700 d.C.*

Açúcar começa a ser comercializado no mundo

*Séc. VIII*

Árabes difundem cana no Marrocos

*Séc. X*

Árabes introduzem a cultura no Egito, Chipre, Sicília (Itália) e Espanha

*Séc. XI*

Europa conhece a cana, apelidando-a de “mel pagão”, pela ligação com os árabes

lônias, nas Antilhas. “Em pouco tempo, aquela região transformou-se num grande centro açucareiro, com a vantagem de estar mais próxima do mercado europeu, o que facilitava e barateava o transporte. Com essa forte concorrência, o açúcar brasileiro perdeu seu principal mercado e o Brasil deixou de liderar a produção mundial. A crise refletiu-se não somente no Nordeste, mas em todo o país”, informa Regina Leão.

Além da concorrência das Antilhas, o ouro de Minas Gerais atraiu maior atenção dos portugueses no século XVIII, levando o setor canavieiro a perder força. O ciclo da mineração abriu, porém, a possibilidade do cultivo da cana na região Centro-Sul do país, incluindo São Paulo. Iniciou também o processo de interiorização nas terras brasileiras e a mudança do pólo econômico na Colônia: o Sudeste tomou espaço do nordeste. Em crise, o açúcar nordestino só retomou o fôlego quando São Paulo deixou de competir no setor canavieiro, voltando-se inteiramente, entre meados do século XVIII e do século XIX, para o plantio do “ouro negro”, o café. Apenas após a Re-

volução de 1930 é que o governo de Getúlio Vargas tomou medidas para reerguer a cultura de cana-de-açúcar, criando, em 1933, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), que passou a “disciplinar” o setor, estabelecendo cotas máximas de produção por usina, um preço fixo por tonelada de cana comercializada e um volume determinado para exportação.

Para Regina Leão, aquela foi a penúltima fase em que o setor canavieiro foi intensamente apoiado pelo governo. A última foi a partir de 1975, com o advento do Programa Nacional do Alcool, o Proálcool, programa de incentivo à produção do álcool combustível, que surgiu como alternativa à crise do petróleo instalada em meados dos anos 1970 pela Organização dos Países Produtores de Petróleo (Opep). “O Brasil foi a única nação que conseguiu responder à crise internacional de abastecimento de petróleo com a produção e a utilização de um combustível alternativo. Para tanto, foi ampliada a base agroindustrial e implantada uma rede de distribuição em todo o território brasileiro”, afirma Regina. Estima-se que, em seus dez primeiros anos, o Proálcool

tenha ocupado 830 mil trabalhadores. Assim, os primeiros anos da década de 1980 assistiram ao aumento da produção do álcool combustível e da venda de carros a álcool. Mas, já na segunda metade daquela década, o preço do petróleo voltou a cair, desinteressando o consumidor pelo álcool combustível e abrindo uma crise no Proálcool.

De todo modo, o período áureo do Proálcool mudou o perfil da produção nacional de cana, reduzindo o número de pequenos produtores rurais que se dedicavam a um plantio de subsistência. Os canaviais se expandiram pelo Brasil, trazendo consigo a figura do “bóia-fria”, trabalhador temporário das grandes lavouras monocultoras no período da colheita da cana. Após o boom de venda dos carros a álcool, o governo perdeu o interesse em controlar o setor. Em 1990, durante a gestão Fernando Collor, o IAA foi extinto. A despeito disso, a cana-de-açúcar vem mantendo sua relevância econômica e hoje ocupa o posto de produto agrícola brasileiro com maior safra, em toneladas, ajudando a escrever a história de nosso país. 

**1176**

Primeira referência à prensa da cana, em Palermo (Itália)

**1425**

D. Henrique, rei português, busca na Sicília, Itália, mudas para plantio na Ilha da Madeira

**1493**

Cristóvão Colombo introduz o plantio da cana na América, na região onde hoje fica a República Dominicana

**1532**

Martim Afonso de Souza traz a cana para o Brasil e funda o primeiro engenho brasileiro, em São Vicente-SP

**Séc. XVII**

Em fins desse século, a descoberta de ouro em Minas Gerais retira o açúcar do centro da economia brasileira

**Séc. XVIII**

No início desse século, cresce a concorrência do açúcar brasileiro com o produzido nas ilhas do Caribe e nas Antilhas

**1815**

Primeiro engenho de açúcar a vapor, na ilha de Itaparica, litoral da Bahia

**1857**

Surgem no Brasil os engenhos centrais que somente moíam a cana e processavam o açúcar, deixando o cultivo aos fornecedores

**1914**

A 1ª Guerra Mundial devasta a indústria europeia, aumentando o preço do açúcar no mercado mundial. Para suprir a demanda, o Brasil constrói mais usinas, principalmente em São Paulo

**1933**

Criação, no primeiro governo de Getúlio Vargas, do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA)

**1975**

Crise do petróleo, Brasil lança o Proálcool

**1985**

Cresce venda de carros que usam o álcool combustível

**1990**

Com a queda dos preços do petróleo no mercado internacional, Proálcool entra em crise

**1992**

Governo Collor extingue o IAA

**1993**

Lei n. 8.732 determina a mistura de álcool anidro como aditivo da gasolina (na faixa de 20% a 25%)

**1998**

ESALQ inicia pesquisas com cana transgênica

**2003**

Projeto “Genoma Cana” conclui mapeamento de 90% do código genético da cana-de-açúcar, abrindo campo para pesquisas inovadoras

**Fontes**

LEÃO, Regina Machado. *Alcool energia verde*. São Paulo: Iqual, 2002.

Unica – [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)

Centros de Estudos de História do Atlântico – [www.ceha-madeira.net](http://www.ceha-madeira.net)

*Alternativa energética*

# Palhiço de cana, fonte de energia renovável

Marco Lorenzo Cunali Ripoli, Tomaz Caetano Cannavan Ripoli e Carlos Antonio Gamero \*

MARY, ABBUDIAE



Palhiço em soqueira de cana-de-açúcar; Sertãozinho, SP; 1996

A dependência da sociedade moderna em relação ao petróleo, associada às incertezas de ordem político-militar na principal região produtora mundial, tem levado inúmeros países à criação de programas buscando novas fontes alternativas de energia. Países, como Israel, vêm investindo maciçamente no desenvolvimento de equipamentos para o aproveitamento da energia eólica, das marés e solar, cujos resultados têm sido bastante satisfatórios. Na Finlândia, a geração descentralizada de energia é uma tradição e a biomassa ocupa uma importante posição na matriz energética, atingindo por volta de 20% do consumo de energia do país. Nos Estados Unidos, a capacidade instalada de plantas geradoras de eletricidade a partir de biomassa, no final dos anos 1970, era de apenas 200 MW; já no início da década de 1990, atingia 8,4 GW.

Sayigh (1999) estabelece que a energia renovável é uma *commodity* como qualquer outra forma de energia e tem seu maior papel no encontro das necessidades globais de demanda por energia e no combate do perigo do aquecimento global. O autor comenta as previsões da Shell International Petroleum Company sobre o cenário do mercado de energia para o ano-2060, quando o uso de energias renováveis no mundo poderá atingir 70% da energia utilizada, contra os 5% atuais. Segundo a Aneel (2002), estavam

em operação no Brasil 159 termelétricas a biomassa, fornecendo uma capacidade instalada de 992 MW (equivalente a 8% do parque térmico de geração e a 1,4% de toda a capacidade instalada no país). Dessas, quatro usinas operavam com resíduos de madeira (25,5 MW) e três com casca de arroz (14,4 MW). As demais utilizavam o bagaço de cana-de-açúcar, com amplo predomínio do Estado de São Paulo.

No Estado de São Paulo, o setor gera para consumo próprio entre 1.200 e 1.500 MW, 40 usinas produzem excedentes de 158 MW, “e a luz que vem da cana já ajuda a iluminar diversas cidades”. O potencial de geração de energia da agroindústria canavieira está em torno de 12 mil MW – a potência total instalada no Brasil é de 70 mil MW. Em 2002, em função de novos projetos, mais 300 MW devem ser adicionados e, em curto prazo, o setor poderá contribuir com 4 mil MW adicionais (Unica, 2003). No Brasil, apesar da necessidade do país de buscar alternativas, o governo tem oferecido tímido respaldo para tais iniciativas, nos últimos anos e atualmente.

O fato de o Brasil, em 2003, já abastecer 80% de suas necessidades de petróleo não invalida a necessidade de busca por outras opções que diversifiquem nossa matriz energética, hoje calcada no petróleo e nas hidrelétricas. Não há país no mundo – por sua localização, por sua extensão territorial e pela tecnologia já desenvolvida e disponível (sem pagar *royalties* para multinacionais) – que melhores condições possua para o aproveitamento da energia de biomassa, principalmente a proveniente da cana-de-açúcar, já de grande importância socioeconômica para o país. Em um hectare de canavieira, pode-se obter em torno de 67.080 Mcal, assim distribuídos: 20,09% álcool, 40,03% bagaço e 39,88% palhicho (Tabela 1). Este último é constituído por ponteiros, folhas verdes e palhas, colmos não colhidos e/ou suas frações, mais terra agregada a esses constituintes. Até o

momento, o palhicho vem sendo limitadamente aproveitado, pois é queimado em mais de 90% de sua quantidade, como operação de pré-colheita.

O Brasil, que não vem conseguindo ampliar satisfatoriamente seu parque hidrelétrico, apresenta um potencial nada desprezível em relação à biomassa vegetal. O binômio “energia de biomassa – controle ambiental” deveria ser meta prioritária das políticas energéticas e ambientais do governo. A cultura canavieira hoje se insere perfeitamente nesse contexto, pois apresenta grande potencial energético não aproveitado totalmente e, em decorrência, tem se tornado agente causal de poluição ambiental, mesmo que não seja o mais importante deles. A poluição ambiental causada pelos motores de combustão interna movidos a gasolina e, principalmente a óleo diesel, é muito maior do que a causada pela queima de biomassa agrícola, como prática de pré-colheita.

Sobre a questão das queimadas causarem ou não poluição há, segundo estudos científicos, alguns pontos fundamentais que devem nortear qualquer discussão a respeito. O impacto ambiental da queima (de matéria vegetal ou de combustíveis fósseis) depende do volume de material lançado na atmosfera e do seu potencial poluidor. A queima de uma certa quantidade de folhas secas, quando muito, pode causar incômodo ao vizinho; já a queima de 200 ou 300 pneumáticos empilhados causará uma grave deterioração da qualidade ambiental e, inclusive, poderá levar pessoas a internações hospitalares por problemas respiratórios e por alergia, principalmente. Por outro lado, um regime de fluxo de 300 veículos por hora numa rodovia, deslocando-se a 80 ou 100km/h tem pouco efeito sobre o ambiente. Todavia, 300 veículos deslocando-se em marcha lenta por ruas estreitas de uma cidade, com trânsito totalmente congestionado, certamente irão deteriorar gravemente a qualidade do ar da localidade. Mais

ainda, o impacto ambiental da queima será totalmente anulado ao ocorrer uma precipitação pluviométrica. A chuva “lava” a atmosfera, principalmente se for de média duração e de gotas pequenas.

O custo de produção de energia elétrica por co-geração está entre US\$ 0,035 e US\$ 0,045 por kWh, considerando-se o preço da tonelada de bagaço combustível em US\$ 6,30, enquanto que a mesma energia comprada da rede oficial custa US\$ 0,066. Os investimentos médios para um sistema de co-geração, por kWh instalado, situam-se entre US\$ 900 e US\$ 1.150, inferiores aos observados em hidrelétricas, e com a vantagem do menor prazo de instalação (Copersucar, 2001).

## RECOLHIMENTO É A QUESTÃO

Atualmente, não resta nenhuma dúvida de que o palhicho é um material nobre e de interesse econômico para as usinas do país. A grande questão que se discute é quanto ao melhor sistema para recolher e disponibilizar esse material no pátio da usina, sob o ponto de vista de eficiência energética dos sistemas, da quantidade de terra arrastada com o material e em relação ao custo, posto na usina, em termos de R\$/equivalente energético, na forma de palhicho. A USP/ESALQ, a FCA/Unesp – Botucatu e o Grupo Cosan S.A., em parceria, estão estudando três sistemas de recolhimento do palhicho. Resultados parciais estão indicando que, em termos de “eficiência energética”, os sistemas de enfardamento, de recolhimento a granel e de colheita integral apresentam valores acima de 95%, ou seja, de cada 100 unidades de energia posta na usina, na forma de palhicho, consomem-se, no máximo, 5 unidades de energia na forma de óleo diesel, em todas as operações envolvidas, demonstrando a grande viabilidade, em termos de “eficiência energética”, de se aproveitar essa biomassa.

A respeito da quantidade de terra arrastada, o que melhor resultado vem apresentando é o enfardamento seguido



E.G.F. BEAUCIAR/USP/ESALQ

*Sulcos em área de cultivo mínimo; Rio das Pedras, SP; 1985*

da colheita integral. Em relação ao custo por quantidade de energia posta na usina, na forma de palhiço, a colheita integral do canavial por colhedoras combinadas é o que melhor resultado vem apresentando. Entenda-se por colheita integral aquela em que as colhedoras operam com seus sistemas de limpeza desligados. Assim, toda massa colhida pela máquina (colmos e ponteiros, folhas verdes, palha e terra) vai ter à unidade de transbordo. Optando-se pela colheita integral, obviamente, haverá necessidade de se instalar uma estação de pré-limpeza antes das mesas de recepção das usinas, pois a matéria-prima proveniente dessa prática não poderá ser enviada diretamente à mesa de recepção, sob o risco de causar inúmeros problemas na qualidade do esmagamento, com prejuízos econômicos.

Algumas usinas, em São Paulo, já utilizam essas estações. Com a introdução delas (já utilizadas, amplamente em Cuba e denominadas de centros de acópio), os custos de produção de açúcar e álcool terão um acréscimo. Todavia, estimativas dão conta de que o valor do investimento e de manutenção poderá ser amortizado em torno de dois anos, considerando-se esse custo no custo total do sistema de recolhimento do palhiço e do quanto a unidade industrial re-

ceberá pela energia produzida por cogeração. E, mais, chegará o momento em que os fabricantes de colhedoras serão pressionados pelos usuários a oferecerem ao mercado colhedoras mais baratas (por volta de 30%) do que as atuais, pois serão fornecidas com motores de potência em torno de 20% menor (os atuais possuem de 300 a 350 CV), que consumirão menos óleo diesel por hora ou por tonelada colhida. Motores hidráulicos que acionam os mecanismos de limpeza serão desnecessários, bem como mangueiras do circuito hidráulico, exaustores, ventiladores e despontador. Portanto, serão máquinas cujos custos de operação, manutenção e reparo serão menores que os das atuais, o que levará a uma redução significativa nos custos do sistema de colheita.

Ainda em termos de colheita integral, visando ao aproveitamento do palhiço, não se devem esquecer mais alguns aspectos. Por exemplo, não serão necessários novos investimentos em equipamentos, tais como: colhedoras de forragem (que recolhem o palhiço a granel e que são importadas); enfardadoras (cilíndricas ou prismáticas, de grande capacidade e importadas, havendo no mercado nacional dois fabricantes do tipo fardo cilíndrico, de menor desempenho, entre outras); veículos especiais para o transporte do material; área de estocagem no pátio da usina e máquinas para manipular o volume estocado.

A colheita integral evitará, ainda, o tráfego dessas novas máquinas, que passariam a fazer parte do sistema mecanizado das usinas, quais sejam, das forrageiras ou enfardadoras e unidades de transporte que, ao transitar sobre o talhão, causam maior compactação do solo e esmagamento de soqueiras, com conhecidos reflexos negativos em safras seguintes. Além disso, não seriam necessárias novas equipes de controle e gerenciamento. O palhiço, hoje, passa a ser uma fonte a mais para agregação de valor ao setor sucroalcooleiro, concorren-

do, efetivamente, para a melhoria da matriz energética brasileira, calcada e perigosamente dependente do petróleo e das hidrelétricas (ultimamente, dependente também do funcionamento de termelétricas de aluguel, movidas a gás ou a derivados de petróleo, levando o cidadão brasileiro a pagar mais em sua conta, no fim do mês).

### DHR, MAIS UMA OPÇÃO

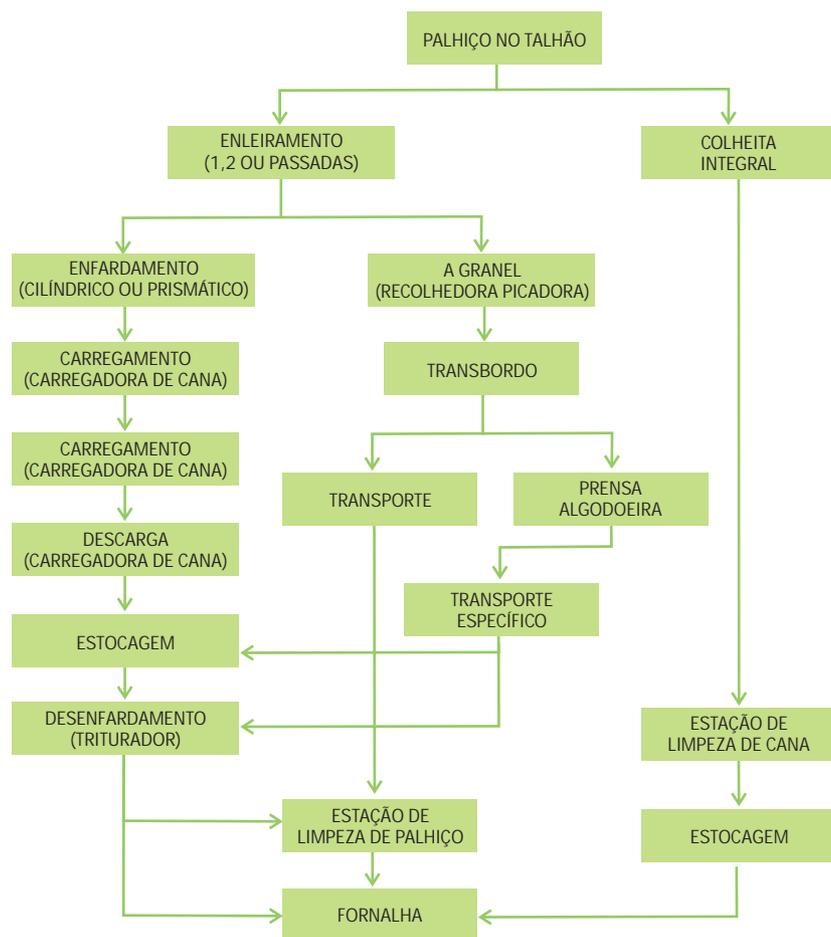
O bagaço ou o palhiço da cana podem ser utilizados também para incrementar a produção de álcool, por um processo lançado em 2003 pelo Grupo Dedini, de Piracicaba, denominado de DHR – Dedini Hidrólise Rápida. Diferentemente do processo tradicional de produção de álcool por meio da fermentação e destilação dos açúcares contidos no caldo da cana-de-açúcar, esse processo, por atividade química chamada hidrólise ácida, transforma o material celulósico do bagaço ou palhiço em açúcares, os quais, fermentados e destilados, se transformam em álcool. O início de seu desenvolvimento ocorreu na década de 1980. Foi aprovado e financiado por agências governamentais brasileiras, com recursos provenientes do Banco Mundial. O processo DHR possui patente mundial.

No atual estágio de desenvolvimento, a produtividade é de 109 litros de álcool de-

**TABELA 1 | DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA CONTIDA EM UM CANAVIAL COM 60t/ha DE MATÉRIA-PRIMA E O EQUIVALENTE ENERGÉTICO EM RELAÇÃO A OUTROS COMBUSTÍVEIS**

| PRODUTOS             | QUANTIDADES  |
|----------------------|--------------|
| Álcool               | 4.500 L      |
| Bagaço               | 15 t         |
| Palhiço              | 12 t         |
| Materiais            | Equivalentes |
| Petróleo (barril.t)  | 1,28         |
| Petróleo (barril.ha) | 31,90        |
| Óleo diesel (L/t)    | 228,49       |
| Óleo diesel (L/ha)   | 5.524,20     |
| Etanol (L/ha)        | 9.736,32     |

FIGURA 1 | OPÇÕES DE SISTEMAS DE RECOLHIMENTO E DISPONIBILIZAÇÃO DO PALHIÇO PARA CO-GERAÇÃO OU PRODUÇÃO DE ÁLCOOL



Fonte: Ripoli; Ripoli (2002)

sidratado por tonelada de bagaço *in natura*, com potencial para atingir 180 litros. Atualmente, o custo do álcool DHR equivale ao da produção do álcool pelo método tradicional, com possibilidade futura de se tornar 40% menor que o custo do álcool obtido do caldo de cana<sup>1</sup>. O processo DHR é composto por três etapas. *Hidrólise*: um forte solvente da lignina, a alta temperatura, é solubilizado, possibilitando rápido acesso à celulose e à hemicelulose; processa-se, então, a hidrólise. Ocorre uma formação rápida de açúcares, que são retirados do meio reacional por resfriamento do material hidrolisado; interrompe-se a degradação dos açúcares por ação

da temperatura e neutraliza-se o produto hidrolisado, com a estabilização do açúcar obtido. *Fermentação*: por meio do uso de leveduras, transformam-se os açúcares em álcool. *Destilação*: separa-se o álcool dos demais componentes do vinho, principalmente água.

Em relação ao uso do bagaço para a geração de energia elétrica, com as novas tecnologias disponíveis (que reduzem o consumo energético para produção de açúcar e álcool) e com a adoção do palhiço para a geração de energia, entende-se que não haverá competitividade entre os diferentes usos para o bagaço e palha, mas sim complementarida-

de. É importante, todavia, efetuar balanços energéticos, caso a caso.

Nesse novo cenário promissor para a agregação de valor, por meio do aproveitamento do palhiço e do bagaço para cogeração de energia ou produção de álcool a partir dessas biomassas, deve-se levantar uma nova questão de interesse direto dos fornecedores de cana-de-açúcar. Atualmente, pelos métodos de pagamento de cana, a quantidade de matéria estranha vegetal que acompanha a matéria-prima leva a um deságio no valor da tonelada da cana entregue. Ora, se o bagaço passa a ser uma biomassa que permite agregação de valor para a usina, porque os fornecedores não devem ser beneficiados por tal incremento econômico? A questão não é simples, mas merece ser discutida, para se chegar a um consenso, permitindo transferência de renda a eles, em função do que for cogorado ou produzido, em álcool, a partir dessa biomassa. 

\***Mareo Lorenzo Cunali Ripoli** é doutorando da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Unesp, Botucatu;

**Tomaz Caetano Cannavan Ripoli** é professor do Departamento de Engenharia Rural da USP/ESALQ, Piracicaba ([ecripoli@esalq.usp.br](mailto:ecripoli@esalq.usp.br)).

**Carlos Antonio Gamero** é diretor da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Unesp, Botucatu.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília. 153 p. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> Acesso em: nov. 2002.
- COPERSUCAR. Disponibilidade da palha de cana-de-açúcar. *Cenbio Notícias*, Brasília, v. 4, n. 12. Disponível em: <<http://www.cenbio.org.br/index1.htm>>. Acesso em: nov. 2001.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C., Cosecha de caña verde: estado del arte en Brasil. In: Seminário X aniversário Cengicaña. Santa Lucia Cotzumalguapa. Cengicaña. 2002. *Anais...* (1 CD).
- SAYIGH, A. Biomass – Renewable energy – The way forward. *Fuel Processing-Technology*, v. 59, n. 1, p. 15-30, Apr. 1999.
- UNICA. Disponível em: <[www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)>. Acesso em: nov. 2003.

<sup>1</sup> Informação do fabricante.

*Mecanização*

# Colheita sustentável, com aproveitamento integral da cana

Oscar Antonio Braunbeck e Paulo Sérgio Graziano Magalhães \*



SÍLVIO FERREIRA JUNCA

*Colheita mecanizada na Usina da Barra; Barra Bonita, SP; novembro 2001*

A mecanização total ou parcial apresenta-se, atualmente, como única opção para a colheita da cana, seja do ponto de vista ergonômico ou econômico, ou ainda – e principalmente – do ponto de vista ambiental, já que apenas o corte mecânico viabiliza a colheita sem queima prévia, o que, por sua vez, permite o aproveitamento do palhiço. A evolução lenta da colheita mecânica no Estado de São Paulo e no país permite concluir, mesmo sem abordar detalhes técnicos, que as soluções tecnológicas disponíveis não são suficientemente competitivas para atrair os usuários. Ou seja, existem limitadores que restringem sua implementação. Este trabalho propõe uma alternativa tecnológica orientada à colheita de cana crua, em terrenos declivosos com maior preservação do emprego no meio rural. O equipamento auxilia a colheita manual, realizando-se as operações de corte de base, corte dos ponteiros, remoção das folhas e condução dos colmos até a caçamba armazenadora, deixando para o homem as funções de manuseio dos colmos após o corte de base, passando pelo despontamento, até a unidade de despalhamento.

A colheita da cana-de-açúcar processou-se, historicamente, de forma totalmente manual, desde o corte da base, até o carregamento. Um primeiro passo no sentido da mecanização foi a introdução do carregamento mecânico dos colmos inteiros. Na década de 1950, surgiu, na Austrália, o princípio mecânico de colheita atualmente utilizado no Brasil, que combina a operação de colheita com a de carregamento. Trata-se de equipamento que corta uma linha por vez, utilizando um veículo que trafega paralelamente à colhedora, para receber a matéria-prima e separar boa parte das folhas e ponteiros, lançando-os ao solo da área colhida. Os processos convencionais de colheita manual ou mecânica, com queima prévia, que visam apenas ao aproveitamento dos colmos, são consti-

tuidos por uma seqüência de operações simples, que inclui o corte da base, do ponteiro e a picagem ou empilhamento dos colmos. Em ambos os casos, o aproveitamento do palhiço não faz parte do processo de colheita. Conseqüentemente, esse é separado dos colmos, mesmo que parcialmente, e deixado no campo, para posterior recuperação. No caso do corte manual, a colheita sem queima prévia acarreta restrições ergonômicas e econômicas que inviabilizam a operação.

Atualmente, essa concepção da colheita está sofrendo modificações, em função de restrições legais e ambientais ao processo de queima, juntamente com a entrada em foco do aproveitamento do palhiço, para aplicações não consolidadas ainda comercialmente, tais como geração de energia e cobertura vegetal para agricultura convencional ou orgânica. Perfila-se dessa forma um novo conceito de colheita da cana-de-açúcar, sem queima prévia, que visa ao aproveitamento integral da planta, envolvendo operações adicionais para a retirada das folhas e a disposição adensada de colmos e palhiço para o transporte.

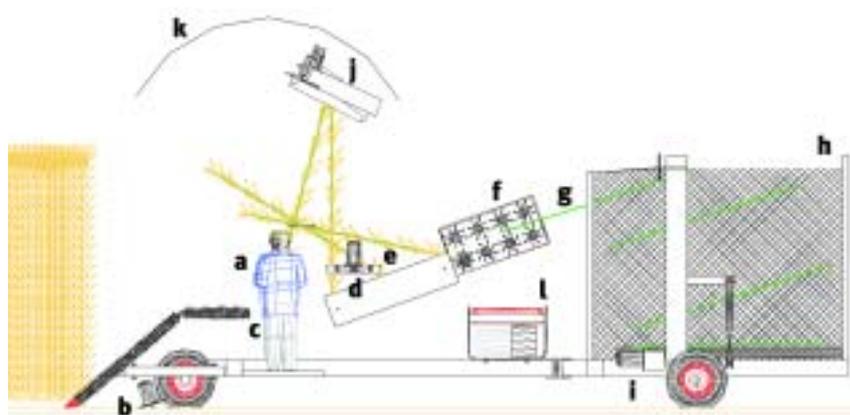
Essa abordagem tem implicações profundas nos processos convencionais de colheita, tanto manual quanto mecânica, associadas às perdas de cana, à contaminação de cana e palhiço com impurezas minerais, aos altos investimentos para a colheita e a recuperação do palhiço, assim como à inviabilidade econômica do despalhamento manual. Cabe destacar os esforços realizados pelos usuários e fabricantes de equipamentos para adaptar as colhedoras de cana picada a essa nova realidade. O sucesso tem sido parcial e tudo indica que os princípios utilizados por esses equipamentos precisam ser reformulados, para o enfrentamento das novas exigências da colheita integral da planta.

Dentro desse quadro, torna-se pertinente a discussão de novas propostas que tornem a colheita da cana crua tan-

to ou mais atraente que a colheita da cana queimada, como forma de consolidar sua implantação sem a pressão da lei ou da população. Este trabalho analisa onze pontos considerados determinantes na definição do perfil da colheita capaz de conseguir o aproveitamento integral da cana, de forma sustentável. Discutiremos os referidos pontos comparando a tecnologia atual, descrita por Braunbeck et al. (1999), e um conceito alternativo de colheita, na forma de uma mecanização parcial, denominada “auxílio mecânico”. As Figuras 1 e 2 ilustram esse conceito, identificando cada componente. A unidade consta essencialmente de uma frente de corte com largura de três ou cinco linhas, incluindo um disco flutuante para o corte basal de cada linha; segue um conjunto de transportadores helicoidais rotativos que conduzem o material até uma célula de trabalho, com dois operadores por linha, que catam manualmente os colmos, cortam o ponteiro utilizando um disco cortador disponível para cada linha e encaixam os colmos em um transportador lateral, que os conduz até um despalhador de rolos. O despalhador retira as folhas e lança os colmos inteiros até uma carreta de descarga vertical, onde os mesmos são armazenados ordenadamente, na direção longitudinal de marcha, para manter a densidade de carga requerida pela operação posterior de transporte. Essa concepção de lançamento, armazenamento ordenado, descarga vertical e posterior carregamento convencional mostrou-se tecnicamente viável em diversas frentes de colheita de três usinas. A frente do equipamento efetua o corte de base e o transporte da massa integral de cana, sobre um plano inclinado, sem separação entre as linhas.

O equipamento interrompe o corte a intervalos de 8 a 10 minutos (40 a 60 m), manobra em retrocesso e descarrega montes de aproximadamente 3 toneladas. A velocidade de deslocamento oscila

FIGURA 1 | VISTA LATERAL DO AUXÍLIO MECÂNICO



- |                        |                                |                                     |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| a Operadores           | b Cortador de base             | c Roscas transportadoras-elevadoras |
| d Mesa de catação      | e Esteira lateral              | f Despalhador                       |
| g Esteira alimentadora | h Carreta de descarga vertical | i Moto-reductor elétrico            |
| j Despontador          | k Cobertura (sombra)           | l Moto-gerador                      |

entre 250 e 500 m/h. A unidade é acionada por um motor de combustão interna de 36 CV, que servirá de fonte de potência para os circuitos elétricos que acionam os dispositivos de corte e limpeza da cana.

**DIRIGIBILIDADE EM TERRENOS INCLINADOS**

Os equipamentos que operam em terrenos inclinados devem ter duas habilidades principais:

**A. MANTER O EQUIPAMENTO ALINHADO COM OS SULCOS DE PLANTIO E SEM ESCORREGAMENTO LATERAL**

O componente de peso da colhedora, atuante no sentido da declividade, provoca deformação lateral dos pneus. Essa configuração resulta da baixa rigidez da estrutura do pneu, o qual é desejável do ponto de vista da compactação do solo, mas prejudica a estabilidade direcional do veículo. Os veículos de pneus apresentam uma tendência de deslocamento lateral, no sentido da declividade, o que torna necessário efetuar continuamente correções de trajetória, através

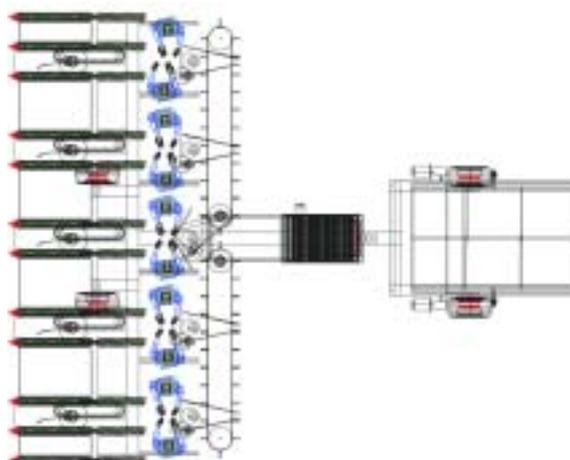
os eixos permite corrigir essa anomalia. Mas trata-se de recurso não-disponível, atualmente, nas colhedoras. Na medida que o pneu avança sobre o terreno, sucessivos pontos da banda de rodagem entram em contato com o solo. Como cada um desses pontos está localizado abaixo da cota do ponto anterior, o equipamento desce, como conseqüência de seu avanço. Essa deficiência pode ser corrigida utilizando-se dois eixos direcionais, já que dessa forma é possível corrigir independentemente as posições da frente e da traseira da colhedora, sem modificar significativamente a orientação de seu eixo, com relação à linha de plantio.

O uso de esteiras no lugar de pneus evita o fenômeno acima descrito. No entanto, o controle direcional das esteiras exige uma alteração da angulação do eixo longitudinal do veículo, o que resulta em alguma perda de alinhamento da colhedora com as linhas de plantio. No caso do auxílio mecânico, o equipamento utiliza as quatro rodas direcionais, o que permite corrigir continuamente a direção de movimento, tanto no eixo traseiro, quanto do dianteiro. Paralelamente, a baixa velocidade de deslocamento do equipamento, inferior a 0,5

da angulação das rodas pelo mecanismo de direção. Os veículos com direção apenas no eixo dianteiro apresentam escorregamento do eixo traseiro, sem possibilidade de correção, do que resulta um desalinhamento da colhedora com a linha de cana. Com isso, dificulta-se o processo de alimentação.

O uso de rodas direcionais em ambos

FIGURA 2 | VISTA EM PLANTA DO AUXÍLIO MECÂNICO



km/h, facilita a correção da trajetória pelo operador, sem atingir desalinhamentos com as linhas de plantio que prejudicam a alimentação do equipamento.

## **B. ESTABILIDADE AO TOMBAMENTO LATERAL OU LONGITUDINAL**

A estabilidade ao tombamento, juntamente com as deficiências de dirigibilidade, limitam a utilização das colhedoras de uma linha a terrenos com declividades não superiores a 12%. Embora a inclinação teórica de tombamento lateral seja da ordem de 46%, efeitos dinâmicos resultantes das irregularidades do terreno e da elasticidade dos pneus reduzem esse limite de inclinação ao referido valor de 12%. Essa condição é a principal responsável pelas áreas canavieiras consideradas não aptas para a colheita mecanizada. A região de Piracicaba tem sua agroindústria sucroalcooleira ameaçada pela impossibilidade de colher os canaviais, sem queima prévia, com as colhedoras existentes.

No caso do auxílio mecânico, a inclinação teórica de tombamento do equipamento é da ordem de 100 %, em função da grande largura do equipamento e a altura reduzida do centro de gravidade. No entanto, a inclinação máxima permitida não é determinada pela estabilidade lateral ao tombamento, e sim pelo deslizamento estático dos pneus sobre o solo. Essa condição corresponde a uma inclinação de terreno da ordem de 50%. Deve-se lembrar que a baixa velocidade de deslocamento equipamento, localizada entre 0,25 e 0,5 km/h, representa um fator dinâmico muito favorável, em função das menores oscilações laterais provocadas pelas irregularidades do terreno e à elasticidade dos pneus.

## **SEPARAÇÃO DE LINHAS**

Nos canaviais com colmos deitados, total ou parcialmente, as colhedoras que cortam apenas uma linha precisam, a cada passada, efetuar o corte dos colmos num plano vertical. Isso faz com que

fragmentos de colmos sejam liberados sobre a superfície do solo, para serem levantados pela colhedora. Essa condição obriga a ajustar a altura do cortador de base em nível de subsuperfície, com conseqüências negativas para a demanda de potência, desgaste de facas e contaminação da matéria-prima com impurezas minerais. No caso do auxílio mecânico, cinco ruas são cortadas na base e elevadas simultaneamente até a mesa dos operadores (Figuras 1 e 2), sem tombamento dos colmos, e com apenas 20% da quantidade de fragmentos gerados pelo plano das colhedoras que cortam apenas uma linha.

## **CORTE DE PONTEIROS E BASE**

Durante o processo de colheita da cana-de-açúcar, existe a necessidade de retirar ponteiros, visando a aumentar a eficiência industrial de extração de açúcar e reduzir o custo de transporte da matéria-prima. Os dispositivos utilizados nas colhedoras para conduzir o extremo superior dos colmos até o mecanismo cortador não têm desempenhos eficientes, principalmente nos canaviais de 18 meses, nos quais a incidência de colmos deitados é maior. No caso do auxílio mecânico, os ponteiros são cortados pelos operadores, que apontam individualmente cada colmo a um disco que corta e recebe o ponteiro, para efetuar seu enfardamento junto com as folhas.

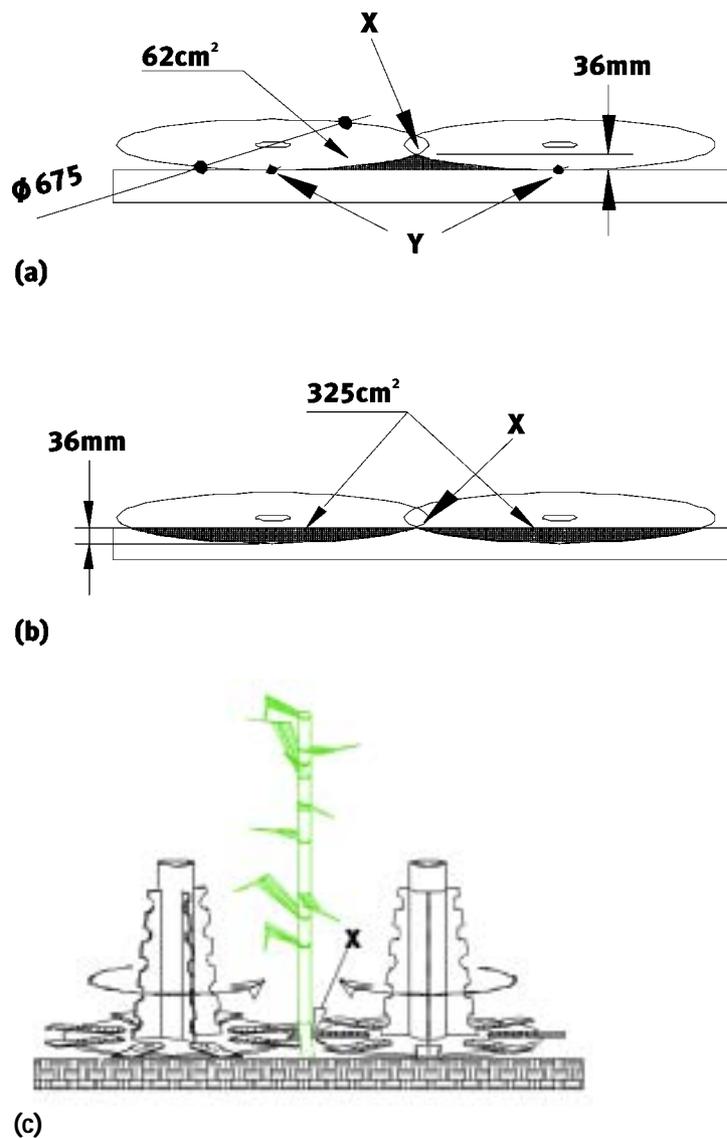
O corte de base é efetuado pelo princípio de corte inercial (sem contra-faca). As facas atingem o solo com velocidade de 20-22 m/s, pelo que rapidamente perdem o gume. O contato das facas com o solo deve ser evitado, para conservar um corte eficiente e, dessa forma, reduzir as perdas, o teor de terra na matéria-prima e reduzir os danos às soqueiras, visando a aumentar sua longevidade. Os dois discos do sistema atualmente em uso, ilustrado na Figura 3(c), definem um plano de corte de aproximadamente 1,5 m de largura, plano esse que deve descer até a base da cana, rente ao solo,

para evitar perdas (tocos). Nesse processo, os discos cortam o solo e o conduzem para o interior da máquina, contaminando a matéria-prima e desgastando o equipamento. As impurezas minerais incorporadas pelos discos do cortador de base foram quantificadas por Henkel et al. (1979).

Os testes foram realizados com uma colhedora Toft-6000, em canaviais com colmos eretos e deitados, com solos úmidos e secos. A altura de corte foi ajustada aos níveis de 50 mm acima da superfície do solo, rente ao solo – Figura 3 (a), e 50 mm abaixo da sua superfície – Figura 3(b). As canas colhidas com discos operando a 50 mm de profundidade apresentaram teor de terra superior a 5%, nos casos de solo úmido, ou em canas deitadas. Operando os discos rentes ao solo, nas mesmas condições de cana e solo, os teores de terra foram pouco superiores a 0,5%. Nos casos de canas eretas, com solos secos e operação rente ao solo, os autores observaram teores de terra próximos de 0,25%. Os autores estudaram também as perdas de cana no campo e concluíram que a quantidade de cana deixada diminui para a posição do disco cortador basal mais baixa; e, ainda, que a quantidade de colmos inteiros deixados para trás foi alta quando o corte foi feito acima ou ao nível do solo, especialmente para o corte de canas deitadas, com perda de até 8,3 t/ha. Consideram que, pelas observações realizadas, existe um incentivo para operar as colhedoras com o corte abaixo do nível do solo, na configuração ilustrada na Figura 3(b).

No caso do auxílio mecânico, os colmos não precisam ser deitados sobre o solo para serem introduzidos na colhedora, já que são catados manualmente, desde sua posição original (Figura 1), e entregues ao processo de despalhamento mecânico, sem contato com o solo. Um único disco flutuante, centralizado na linha de cana, efetua o corte da base do colmo, sem as funções de varredura e alimentação alocadas ao mecanismo de

FIGURA 3 | CORTADOR DE DISCO DUPLO RÍGIDO PARA DOIS MODOS DE OPERAÇÃO



- a** Discos rentes ao solo: redução de contaminação.  
**b** Discos com penetração no solo: redução de perda.  
**x** Ponto de corte  
**y** Ponto de tangência com a superfície do solo  
**c** Configuração construtiva do cortador de duplo disco rígido

disco duplo. Juntamente com a eliminação dessas funções, devem ser eliminadas também as perdas e contaminação com terra a elas associadas. O corte de base realizado por um único disco permite que o eixo do mesmo seja posicionado sobre a linha de plantio. Nessa condição, o formato elíptico da trajetória da

ponta da faca acompanha aproximadamente a forma da depressão do terreno (sulco) próxima da soqueira. No caso de terreno nivelado, o ponto mais baixo da trajetória da faca tangencia a superfície do terreno, minimizando sempre o corte e a movimentação de solo. A menor movimentação de solo existente no au-

xílio mecânico resulta também em menor demanda de potência e desgaste ou quebra de facas.

### ALIMENTAÇÃO

O processo de alimentação das colhedoras australianas de cana picada impõe aos colmos uma forte flexão, através de um defletor. Essa flexão provoca danos à soqueira, de magnitude que depende das condições do solo e da própria soqueira. Em uma segunda fase, a planta é cortada na base, com o que se completa um giro de 90 graus que deixa os colmos em posição horizontal, sobre o solo. Essa posição do material é crítica, pelo fato de os colmos receberem uma grande quantidade de solo, lançado pelos discos do cortador basal, à medida que a colhedora avança o rolo levantador e o primeiro par de rolos limpadores se aproxima do extremo inferior do colmo, para iniciar o processo de alimentação forçada.

No caso de o cortador de base operar na configuração de baixa contaminação – Figura 3a, alguns colmos são atingidos pelas facas e produzem fragmentos que, juntamente com os originados na divisão de linhas, precisam de um processo de varredura e catação para elevá-los dessa posição. A posição ilustrada na Figura 3(a) deixa uma janela de aproximadamente 62 cm² sem varredura, e responsável por perdas de colmos e fragmentos. Para conseguir uma varredura e catação mais eficientes, os discos precisam operar em profundidade, como na Figura 3(b), do que resulta uma maior demanda de potência, desgaste de facas e abalo de soqueiras.

À medida que a colhedora avança, os colmos são levantados e na seqüência atingidos pelo primeiro par da cascata de rolos limpadores. Até esse momento, o processo de alimentação não é forçado, a não ser por alguma ação positiva aplicada pelo movimento circular convergente dos discos do cortador de base e do rolo levantador. Os colmos sofrem

um giro de 135 graus, aproximadamente, desde a sua posição vertical de campo, até a posição de alimentação do picador, determinada pelos rolos limpadores. No caso do auxílio mecânico, os colmos são cortados na base e afastados do solo, mantendo sua posição original, vertical ou inclinada. Elimina-se com essa concepção a contaminação dos colmos com terra, o abalo de soqueira e as perdas provocadas pelos processos de catação e varredura, necessários para se retirar as peças em contato com o solo.

### DESPALHAMENTO

Na colheita mecânica, sem queima prévia, existe um compromisso antagônico complexo entre a operação de limpeza e as perdas de colheita. Canas colhidas com teores de impurezas vegetais inferiores a 6 % freqüentemente provocam perdas próximas de 10%. Parte dessas perdas originam-se no corte de base e alimentação da colhedora. No caso do auxílio mecânico, as folhas são retiradas dos colmos inteiros, do que resultam duas peças – colmos e folhas – com propriedades aerodinâmicas muito diferentes, o que facilita sua separação. Isso acontece espontaneamente durante o processo de lançamento dos colmos, na saída do despalhador, já que a pouca massa das folhas não lhes permite acumular energia cinética suficiente para acompanhar os colmos, na trajetória até a carreta de descarga vertical.

### TRANSPORTE DOS COLMOS

A massa resultante da colheita da cana-de-açúcar é elevada, o que obriga a transferência da mesma da colhedora para um veículo que trafegue em paralelo, ou seu descarregamento ao solo. O conceito de cana picada surgiu visando ao manuseio a granel, que permite transferir o material, em queda livre, a um transporte que acompanha a colhedora, com densidade de carga suficiente para viabilizar economicamente o transporte. Esse conceito permitiu eli-

minar a operação de carregamento e seu correspondente custo. No entanto, com a evolução do sistema, verificou-se a necessidade da retirada dos veículos de estrada do canavial e a introdução da operação de transbordo que, em termos econômicos, eliminou a vantagem original de ausência do carregamento.

No caso do auxílio mecânico, a transição entre a colheita e o transporte é feita com descarga ao solo, em montes de 3 t. A caçamba de descarga vertical efetua a descarga em poucos segundos, pela abertura de uma porta no fundo da mesma, que permite a descida lenta da carga, de forma a manter o ordenamento paralelo dos colmos e, com isso, manter também a densidade de carga no carregamento subsequente. O grande volume dos montes faz com que seja proporcionalmente pequena a quantidade de cana em contato com o solo. Essa concentração de colmos minimiza

a necessidade de rastelamento, reduzindo a contaminação mineral, mesmo sob condições de alta umidade e solo desagregados.

### TRANSPORTE DO PALHIÇO

Na tecnologia atual de colheita da cana-de-açúcar, o palhiço não faz parte do processo, como um produto a ser preservado. Novas propostas de colheita integral da cana devem incluir a transferência da palha para o transporte, sob condições satisfatórias de densidade de carga e contaminação. A proposta de colheita com auxílio mecânico inclui a compactação do palhiço, de forma a liberar o mesmo ao solo já compactado, eliminando assim as operações posteriores de enleiramento e enfardamento e, principalmente, a contaminação com impurezas minerais que o mesmo sofre durante essas operações. Encontra-se em desenvolvimento na Feagri-Unicamp

*Operação de acabamento da cobertura de mudas na Usina Modelo; Piracicaba, SP; 1986*



um processo contínuo de compactação utilizando roscas convergentes, com capacidade de 5 kg/s, dimensionado para ser instalado no auxílio mecânico. O sistema pretende receber as folhas e ponteiros liberados pelo despalhador e os despontadores, com densidade na faixa de 30 a 50 kg/m<sup>3</sup>, e compactar esse material, até densidades de 180 a 200 kg/m<sup>3</sup>.

### INVESTIMENTO E CUSTO DA OPERAÇÃO

O alto investimento, da ordem de R\$ 700.000, e a capacidade operacional elevada, da ordem de 90.000 t/ano, tornam a mecanização total da colheita de cana picada inadequada para um número significativo de agricultores (fornecedores). O equipamento para auxílio mecânico requer investimento da ordem de 15% do valor acima descrito e produção diária da ordem de 30 % da correspondente a uma colhedora de cana picada. No caso do auxílio mecânico, o valor de aquisição foi estimado em função do peso de projeto e do preço por unidade de peso de equipamentos similares em complexidade mecânica e tipo de componentes. Verificou-se que o valor do equipamento deverá estar na faixa de R\$ 60.000 a R\$ 120.000.

Mesmo a amplitude sendo pouco precisa, permite incorporar as parcelas de depreciação e juros de capital à estimativa do custo da colheita. As simulações de custo de colheita indicam valores na faixa de 3 a 10 R\$/t, com larguras de trabalho de 1 a 5 linhas e valor de aquisição de R\$ 60.000 e R\$ 120.000, com produção diária de 200 t. O objetivo dessa simulação foi verificar apenas a ordem de magnitude do custo de colheita, assim como a sensibilidade do mesmo às variáveis número de linhas e valor inicial do equipamento. Verificou-se que os custos estimados são compatíveis com os praticados nas operações de colheita comercial.

O sistema de colheita de cana picada, após ter contribuído com a produção canavieira do mundo por aproximada-

mente 50 anos, mostra atualmente limitações em seus princípios básicos de operação para atender aos requerimentos legais, ambientais, topográficos, econômicos e sociais do Brasil. As estimativas efetuadas para a colheita integral da cana com auxílio mecânico apresentam-se técnica e economicamente viáveis para operar em áreas declivosas, com produção diária de aproximadamente 200 t/unidade.

O auxílio mecânico apresenta princípios alternativos de estabilidade, dirigibilidade, corte de base, despontamento e despalhamento que abrem novos horizontes de desenvolvimento para as fronteiras tecnológicas observadas nas colhedoras de cana picada. O auxílio mecânico apresenta um desafio no gerenciamento da maior quantidade de mão-de-obra envolvida, o qual pode não ser atrativo para os grandes produtores, como é o caso das usinas de açúcar e álcool, mas representa uma oportunidade para fornecedores de cana ou de serviços de colheita com menor capacidade de investimento. 



Corte de mudas na Usina da Barra; Barra Bonita, SP; 2001

\* **Oscar A. Braunbeck** é professor da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, Campinas, SP (oscar@agr.unicamp.br);

**Paulo S. G. Magalhães** é professor da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, Campinas, SP.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAUNBECK, O.; BAUEN, A.; ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L. Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, v. 17, n. 6, p. 495-506, 1999.

FUNDAÇÃO SEADE. Sensor Rural. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>. Acesso em: 12 maio 2003.

GUILHOTO, Joaquim J. M.; MENDONÇA DE BARROS, Alexandre L.; MARJOTTA, Marta C.; IS-TAKE MAISTRO, M. *Mechanization process of the sugar cane harvest and its direct and indirect impact over the employment in Brazil and in its 5 macro regions*. Esalq, University of São Paulo (USP), Regional Economics Applications Laboratory (REAL), University of Illinois (USA), and Center for Advanced Studies in Applied Economics (Cepea).

HENKEL, C.R.; FUELLING, T.G.; RIDGE, D.R. Effect of basecutter setting on dirt in the cane supply and cane left in the field. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*, v.1,p.18-25, 1979.

# Cultura é fonte sustentável de empregos

A agricultura é uma fonte de empregos importante para uma fração da população com baixo nível de instrução. Em diversas culturas, a mecanização tem substituído gradativamente esses empregos, como consequência da necessidade de se manter um patamar competitivo para os produtos agrícolas e facilitar o gerenciamento das atividades agrícolas. As operações envolvidas no processo de produção, desde o preparo do solo até a colheita, apresentam níveis de complexidade e demanda de energia bastante diversificados. Algumas operações, como o preparo do solo ou o plantio direto, demandam energias elevadas, em magnitudes que inviabilizam o trabalho manual.

Outras operações, como os tratamentos culturais e a colheita, envolvem, além de menos energia, maior complexidade operacional, situação essa que abre a possibilidade de se complementar o trabalho manual com auxílios mecânicos. Nesses casos, a mão-de-obra executa as funções que demandam discernimento e/ou manuseio delicado e o equipamento executa a parte da

operação que demanda mais energia e apresenta maiores riscos de acidentes. A mecanização de algumas operações de colheita, como é o caso dos cereais e das forragens, sofreu grande evolução desde seus primórdios, no início do século XIX, e dificilmente poderá ser substituída competitivamente por operação semimecanizada. No entanto, a colheita de outras culturas, como frutas, hortaliças e cana-de-açúcar, encontra-se ainda em estágio incipiente de mecanização, ou com deficiências tecnológicas tais que, no quadro socioeconômico atual, permite considerar os processos semimecanizados ou de auxílio mecânico, com as vantagens já descritas. Dessa forma, podem ser atingidos dois objetivos importantes, como evitar uma substituição maior de mão-de-obra (Guilhoto et al., 1999) e viabilizar a colheita de cana sem queima prévia, em áreas não mecanizáveis.

A cana-de-açúcar apresenta ainda a maior demanda de força de trabalho no Estado de São Paulo, com 250.907 EHA em 2002 (Seade, 2003) – Tabela 1. Parte dessa mão-de-obra atua especificamente na colheita. Pode-se estimar que a produção do Estado, com 200 milhões de toneladas, seja colhida em 150 dias, com rendimento médio de 8 t/homem-dia, do que resulta uma demanda potencial de

força de trabalho para a colheita manual de 167.000 homens.

Aproximadamente 50% das áreas de cana apresentam topografia inadequada para a colheita mecânica, o que indica que aproximadamente 83.000 homens teriam que ser aplicados na colheita das áreas inaptas para a mecanização. A produção canavieira nessas áreas tem sua continuidade ameaçada, diante da legislação ambiental, que restringe as queimadas e, com isso, elimina o corte manual como alternativa de colheita. Esse cenário não parece nem social nem economicamente aceitável, razão pela qual as leis de proteção ambiental foram sucessivamente flexibilizadas. Uma solução tecnológica apropriada torna-se necessária para resolver o impasse.

No caso do auxílio mecânico, foi estimada uma produtividade dos operadores de 20 t/homem-dia, do que resultaria uma demanda potencial sustentável de força de trabalho, para a colheita com auxílio mecânico, de 33.000 homens, atuando nas áreas não mecanizáveis, que poderia evoluir para uma demanda potencial de força de trabalho de 67.000 homens, se toda a colheita for processada com auxílio mecânico. 

OSCAR ANTONIO BRAUNBECK E

PAULO SÉRGIO GRAZIANO MAGALHÃES



SILVIO FERREIRA LÍNICA

TABELA 1 | DEMANDA DE FORÇA DE TRABALHO AGRÍCOLA ANUAL DAS PRINCIPAIS CULTURAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2002

| CULTURAS                | ÁREA (ha) | EQUIVALENTES HOMENS-ANO (EHA) |        | EHA/100ha |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|--------|-----------|
|                         | Número    |                               | %      |           |
| Cana-de-açúcar          | 3.071.700 | 250.907                       | 35,56  | 8,2       |
| Café                    | 333.900   | 100.393                       | 14,23  | 30,1      |
| Laranja                 | 786.500   | 78.921                        | 11,19  | 10,0      |
| Grãos <sup>1</sup>      | 2.118.500 | 68.753                        | 9,74   | 3,2       |
| Olerícolas <sup>2</sup> | 72.800    | 67.476                        | 9,56   | 92,7      |
| Demais culturas         | 1.122.000 | 139.119                       | 19,72  | 12,4      |
| Total                   | 7.505.400 | 705.569                       | 100,00 | 9,4       |

<sup>1</sup> Incluem: algodão herbáceo, amendoim, arroz, feijão, mamona, milho, soja, sorgo e trigo.

<sup>2</sup> Incluem: abóbora, abobrinha, alface, batata-doce, berinjela, beterraba, brócolis, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, milho-verde, mandioquinha, pepino, pimentão, quiabo, repolho, tomate de mesa e vagem. Fonte: Seade (2003).

*Agricultura multifuncional*

# A cultura da cana, da degradação à conservação

Raffaella Rossetto \*

A questão ambiental sempre foi o “calcanhar de Aquiles” do setor canavieiro. A monocultura que se iniciou em 1530 no território brasileiro, trazida por Martim Afonso de Souza, iniciou a modificação da paisagem e passou a fazer parte da cultura do povo brasileiro. O processo de colonização e nossa origem histórica, o latifúndio, a escravidão e a injustiça social imprimiram à cana-de-açúcar uma imagem negativa que perdurou por muitas décadas. O monocultivo aliado à pequena consciência ecológica em todas as atividades agrícolas e industriais modificou as relações dos brasileiros com seu ambiente e causou problemas ambientais, com sensível queda da qualidade da água, do solo e do ar. A cana-de-açúcar, entretanto, carregou sozinha, por muitos anos, o ônus de ser uma atividade agrícola extremamente degradadora do solo, poluidora do ar e da água, causadora de grande impacto ambiental.

Levantamentos realizados pela Cetesb na década de 1970 revelavam a indústria sucroalcooleira como fonte significativa de degradação ambiental, face ao elevado potencial poluidor – quantitativo e qualitativo – de seus resíduos líquidos, que eram descartados diretamente nos rios. Além disto, havia resíduos sólidos, emissões gasosas, processos agrícolas danosos ao solo e ao ambiente como um todo. As últimas décadas, entretanto,

*Vista de canavial e usina; Iguaçu do Tietê, SP; 2001*



mudaram a história do setor canavieiro. A pesquisa científica, aliada aos avanços tecnológicos, a receptividade do setor pelas inovações e os conceitos de desenvolvimento sustentável transformaram a cultura canavieira em uma atividade que conserva o solo, utiliza poucos defensivos químicos, gera poucos resíduos e os reutiliza no processo produtivo; é responsável pela maior contribuição para a melhoria da qualidade do ar atmosférico das grandes cidades, não mais polui os rios e, de quebra, tem colaborado sensivelmente para a manutenção de áreas de proteção natural, reflorestamentos, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida nas cidades e para a capacitação em educação ambiental de professores, crianças e demais cidadãos.

Após as reuniões da Eco 92 (que gerou o documento *Agenda 21*) e a reunião do Comitê dos Ministros da Agricultura dos países-membros da OECD, realizada em 1998, estabeleceu-se que a agricultura deve apresentar um “aspecto multifuncional”, pelo qual, além da sua função primária de produção de fibras e alimentos, deve também atuar na proteção do ambiente, moldar a paisagem, trazer benefícios ambientais – como conservação do solo e gestão sustentável dos recursos naturais renováveis, preservação da biodiversidade –, e contribuir para a viabilidade socioeconômica das áreas rurais, gerando empregos e colaborando na manutenção dos conceitos de territorialidade, pelo qual a fixação do homem ao campo compõe e consolida os traços da cultura local, regional e, conseqüentemente, nacional. Vamos mostrar aqui alguns aspectos de como a atividade canavieira tornou-se uma “agricultura multifuncional” e como essa mudança alterou a qualidade de vida do povo brasileiro.

A obtenção do máximo potencial produtivo utilizando o mínimo de insumos e, portanto, perturbando o mínimo possível o ambiente, passa pela correta alo-

cação da cultura em sua região de aptidão agroecológica. Os impactos ambientais das atividades agrícolas são difíceis de quantificar, a exemplo de perda de solo por erosão, contaminação de águas subterrâneas, perda de gases para a atmosfera etc. Entretanto, ocorrem mesmo que de forma pouco evidente. Mais difícil torna-se, ainda, a avaliação do impacto ambiental, no caso da atividade canavieira, porque existe grande diversidade no uso de tecnologia. O setor canavieiro contempla atividades rudimentares, como a sulcação com enxadas, comum em plantios em declives no Nordeste brasileiro, lado a lado com o uso de grandes colhedoras no Estado de São Paulo. Ainda temos a diversidade de tamanho e de investimentos financeiros na propriedade rural, de tal forma que o impacto ambiental da atividade canavieira para um pequeno produtor de cana, menos capitalizado, é certamente dife-

rente do impacto da atividade para um grande produtor rural.

Entende-se por impacto ambiental a soma dos impactos ecológicos e socioeconômicos. Muitas vezes, a análise de apenas uma dessas dimensões leva a avaliações equivocadas. O Centro de Monitoramento por Satélite da Embrapa faz uma avaliação dos impactos da cana-de-açúcar e os subdivide entre impacto no meio físico (ar, solo e água), na fauna, nos segmentos alimento, abrigo e reprodução – de acordo com a Tabela 1. Essas avaliações foram feitas certamente para condições de cana com queima prévia à colheita, uma vez que os impactos da cana sem queima são menores em relação à conservação e recobrimento do solo e da presença de poluentes no ar.

Os principais aspectos ambientais envolvidos no sistema produtivo da cana são desmatamento, erosão, assoreamento de corpos d’água, escoamento de

TABELA 1 | IMPACTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MEIO FÍSICO E NA FAUNA

| MEIO FÍSICO |             | AVALIAÇÃO*   |            |               |   |   |   |
|-------------|-------------|--------------|------------|---------------|---|---|---|
| Ar          | Odores      | 2            |            |               |   |   |   |
|             | Fumaça      | 2            |            |               |   |   |   |
|             | Poeira      | 3            |            |               |   |   |   |
|             | Alergênicos | 3            |            |               |   |   |   |
|             | Solo        | Conservação  | 5          |               |   |   |   |
|             |             | Recobrimento | 5          |               |   |   |   |
|             |             | Adensamento  | 4          |               |   |   |   |
|             |             | Perda        | 3          |               |   |   |   |
|             |             | Sais         | 2          |               |   |   |   |
|             |             | Biológicos   | 1          |               |   |   |   |
| Água        | Agrotóxicos | 1            |            |               |   |   |   |
|             | Sais        | 1            |            |               |   |   |   |
|             | Biológicos  | 1            |            |               |   |   |   |
| FAUNA       | ALIMENTO    | ABRIGO       | REPRODUÇÃO |               |   |   |   |
|             |             |              |            | Mamíferos     | 3 | 2 | 2 |
|             |             |              |            | Aves          | 1 | 2 | 2 |
|             |             |              |            | Répteis       | 3 | 3 | 3 |
|             |             |              |            | Anfíbios      | 1 | 1 | 1 |
|             |             |              |            | Invertebrados | 2 | 2 | 2 |

\* 1 – Nenhum impacto; 2 – baixo impacto; 3 – médio impacto; 4 – alto impacto; e 5 – altíssimo impacto  
 Fonte: Embrapa (2000)

águas superficiais e movimento de águas de subsuperfície, compactação, poluição da água e do solo por defensivos agrícolas, circulação de partículas e gases da queimada ou de biocidas pulverizados, além de aspectos regionais decorrentes do monocultivo, como empobrecimento da biodiversidade e a sazonalidade do emprego, com eventual dispensa da mão-de-obra, em função da mecanização das operações agrícolas. Talvez os maiores impactos causados pela atividade canavieira no ambiente sejam os efeitos do monocultivo e da concentração e posse da terra. O monocultivo causa a redução da biodiversidade, afetando drasticamente a flora e a fauna local e regional. As iniciativas para minimizar esse problema concentram-se no cultivo orgânico da cana-de-açúcar. A concentração e a posse da terra, entretanto, geram problemas sociais e forte pressão no campo. A cana-de-açúcar compete, ainda, com cultivos alimentares, sendo que solos altamente férteis e próximos a grandes concentrações urbanas deveriam ser destinados a esses plantios.

### A ÁGUA NA CADEIA PRODUTIVA

Existe grande demanda pelo uso da água na cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Na fase de cultivo da cana, nas condições do Estado de São Paulo, praticamente a água não é utilizada, ou quando ocorre, devido a fortes estiagens, fica limitada às proximidades de mananciais e ao sistema de irrigação disponível. A água é em geral suprida pelo uso dos resíduos líquidos, como a vinhaça e as águas residuais, após a colheita, para garantir a brotação de soqueiras e fornecer nutrientes. Na indústria, entretanto, existe a demanda de aproximadamente 13,33 m<sup>3</sup> de água/t de cana moída, o que corresponde ao consumo estimado de mais de 2,6 bilhões de m<sup>3</sup> de água, apenas no Estado de São Paulo, para uma safra de 200 milhões de toneladas de cana. Segundo o DAEE (1990), a demanda de água pelo setor sucroalcooleiro corresponde a 42,6% da demanda

de água utilizada pelas indústrias no Estado de São Paulo.

Na usina, a água é utilizada para a lavagem da cana após a colheita, lavagem de caldeiras e das instalações em geral, na geração de vapor, no resfriamento de gases, nas colunas barométricas dos cristalizadores, nos cristalizadores, na filtração, na incorporação ao produto final, no caso do álcool hidratado, entre outros. Apesar da reciclagem de boa parte da água utilizada, como é o caso da água de lavagem da cana, que opera em circuito fechado, a geração de efluentes líquidos é muito grande. A disposição desses efluentes, entretanto, ocorre quase que totalmente no próprio sistema produtivo da cana, sendo que a disposição para os mananciais de água é praticamente nula.

### CONSERVAÇÃO E PERDAS DE SOLO

A erosão é uma das principais causas de degradação dos solos nas áreas cultivadas. As áreas com cana-de-açúcar também estão sujeitas a essas perdas, dependendo de inúmeras variáveis, entre elas o tipo de solo, o manejo para a conservação, a época de plantio e o preparo do solo. A cultura da cana-de-açúcar, entretanto, é reconhecida como atividade agrícola em que as perdas de terra são pequenas, quando comparadas com as outras, principalmente hoje em dia, quando a palhada remanescente nas

áreas de colheita de cana sem queima prévia protege o solo, reduzindo as perdas a valores praticamente insignificantes, de maneira semelhante ao plantio direto nas culturas anuais. A atividade canavieira, quando utiliza as práticas de conservação do solo e de aptidão agrícola, é tida, hoje em dia, como uma atividade agrícola altamente conservadora do solo.

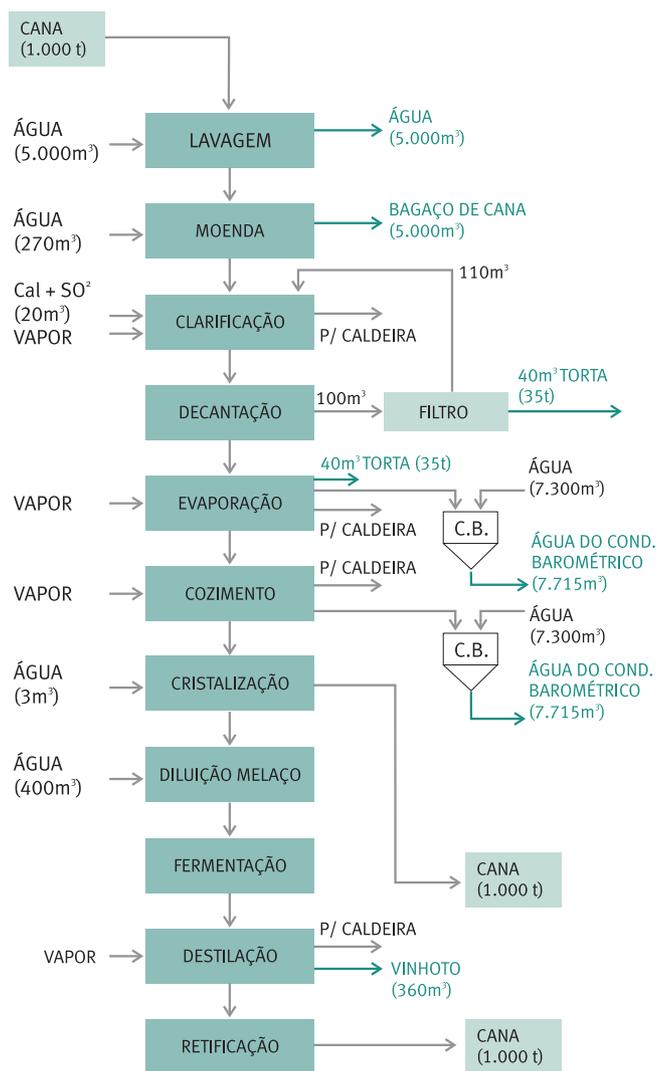
Estudos realizados pelo IAC, por 12 anos, com cana-de-açúcar (4 reformas), em Latossolo Roxo com 12% de declive, em sistema de cana com queima prévia antes da colheita, indicaram perdas médias de 16,4 t/ha, sendo que, no primeiro ano, devido à movimentação de terra para o plantio da cultura, a perda foi de 49 t/ha, o que significa uma perda de 0,5 cm de solo em um ano (De Maria; Dechen, 1998). Comparativamente com outras culturas, as perdas de solo no cultivo da cana-de-açúcar, considerando a média de 5 anos, são sempre bem mais baixas. A Tabela 2 apresenta os dados de perdas de terra por erosão na cana-de-açúcar, comparando-os com outras culturas. Ressalta-se que esses estudos computaram as perdas em sistema de cana com queimada. A utilização de vinhaça, por promover maior estruturação do solo, melhorando a infiltração da água e a resistência dos agregados do solo, reduz consideravelmente as perdas de terra por erosão.

TABELA 2 | PERDAS DE TERRA, ESTIMADAS PELA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE TERRA, PARA A REGIÃO DE PIRACICABA-SP, EM DOIS SOLOS COM DECLIVE DE 12% E 25 m DE COMPRIMENTO DE RAMPA. CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE QUEIMADA DA PALHADA

| CULTURA                            | ÉPOCA DE PLANTIO | t/ha.ano |       |
|------------------------------------|------------------|----------|-------|
|                                    |                  | LR       | PV    |
| Cana-de-açúcar (planta)            | outubro          | 39       | 108,6 |
| Cana-de-açúcar (planta + 5 cortes) | outubro          | 8,3      | 23,2  |
| Soja                               | outubro          | 22,6     | 63,0  |
| Milho                              | outubro          | 11,5     | 32,0  |
| Milho                              | dezembro         | 15,1     | 42,1  |
| Milho – plantio direto             | outubro          | 2,6      | 7,4   |
| Solo descoberto                    |                  | 122,3    | 340,8 |

LR= Latossolo Roxo; PV= Podzóliteo Vermelho  
 Fonte: De Maria; Dechen (1998)

FIGURA 1 | PROCESSAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR E BALANÇO DE MASSA NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS E PRODUTOS



Fonte: Cetesb, 2002.

## RESÍDUOS E SUBPRODUTOS

Devido às extensas áreas de produção, a geração de resíduos pela agroindústria sucroalcooleira atinge cifras muito grandes. Estima-se que a cana-de-açúcar seja responsável pela geração de 11% da produção mundial de resíduos agrícolas. A Figura 1 apresenta as fases do processamento em que ocorre a geração de resíduos e o balanço de massa, considerando situações médias (Cetesb, 2002).

Alguns resíduos produzidos pela agroindústria têm alto valor agregado e constituem-se em matérias-primas para outras atividades agrícolas e industriais. Por isso, são considerados subprodutos. Os seguintes resíduos são gerados no processamento da cana:

- Pontas de cana e palha – Ainda no campo, após a colheita da cana, restam as pontas de cana, que podem ser utilizadas para a alimentação animal.

A palhada resultante da colheita sem queima prévia pode ser aproveitada para geração de energia, no processo de queima nas caldeiras, juntamente com o bagaço, ou permanecer no solo como uma camada de matéria orgânica, com as vantagens da cobertura morta e da reciclagem de nutrientes. Estimativas indicam que são gerados no Brasil 87,7 milhões de toneladas de palha, para a produção de 4,8 milhões de hectares de área plantada, sendo que cerca de 39,4 milhões de toneladas são deixados na lavoura e 48,3 milhões são queimados.

- Água de lavagem da cana – A lavagem da cana antes da moagem é feita no sistema de cana inteira e queimada. O fogo acarreta perdas de sacarose por exsudação, causando aderência de terra e sujeira. Na cana sem despalha a fogo ou colhida mecanicamente em toletes, a lavagem é dispensada. Nas águas de lavagem existem teores consideráveis de sacarose, matéria vegetal e terra. As principais medidas que visam a minimizar o efeito poluente desse resíduo são reciclagem no processo de embebição e reciclagem no processo de lavagem, pelo qual é necessário o tratamento para remoção de sólidos e resíduos sedimentáveis e, eventualmente, para remoção de substâncias orgânicas solúveis.

- Água dos condensadores barométricos e água condensada nos evaporadores – São provenientes da concentração do caldo. Contêm também açúcares e podem ser recicladas no próprio processo de concentração do caldo ou na embebição da cana, na lavagem do mel após cristalização do açúcar, na geração de vapor, na lavagem de filtros e preparo da solução para caleagem, na clarificação.

- Bagaço – É composto basicamente por celulose, com 40 a 60% de umidade. Tem origem após a moagem da cana e extração do caldo. O bagaço tem muitas utilidades e, por isso, mui-

tos o consideram um subproduto, e não propriamente um resíduo. A principal utilização do bagaço é na queima em caldeiras para produção de energia para a própria indústria. Excedentes de bagaço podem ser utilizados para a co-geração de energia elétrica. O bagaço pode também ser utilizado na alimentação animal, na produção de aglomerados e compensados similares aos de madeira, na produção de celulose, na utilização como fertilizante, compostado ou não, e, mais recentemente, como matéria-prima para a produção de álcool, no processo DHR (Dedini Hidrólise Rápida), no qual as fibras representadas principalmente pela celulose do bagaço são hidrolisadas e, a seguir, é feita a fermentação alcoólica. Através do valor médio de produção de 260 kg de bagaço seco para cada tonelada de cana, estima-se que são produzidos mais de 70 milhões de toneladas de bagaço anualmente no Brasil. Cerca de 95% do bagaço gerado é queimado nas caldeiras para a produção de vapor.

- Torta de filtro – Resulta da filtração do lodo gerado na clarificação, apresenta fosfatos e um alto teor de matéria orgânica e umidade, que as tornam um resíduo de grande interesse para uso como fertilizante e condicionador do solo. Também pode ser utilizada na alimentação animal.
- Água de lavagem das dornas – É a água de lavagem dos recipientes de fermentação para obtenção de álcool. Com composição semelhante à vinhaça, é geralmente misturada a ela e utilizada como fertilizante.
- Vinhaça – É o resíduo da destilação do caldo de cana fermentado nas destilarias ou do melaço fermentado para produção do álcool, nas destilarias anexas às usinas de açúcar. Apresenta alta DBO e DQO e é utilizada como fertilizante, principalmente pelo alto teor de potássio. Para uma produção de 11,1 litros de vinhaça por litro de álcool

produzido, estima-se que sejam gerados anualmente mais de 143 milhões de m<sup>3</sup> de vinhaça. Em função do fornecimento de potássio, de nitrogênio e de água aplicados ao solo, estima-se que a vinhaça seja responsável por economizar cerca de US\$75 por hectare. Aplicações em locais de declive ou em solos muito rasos, com lençol freático alto, ou mesmo aplicações intensivas num mesmo local podem causar perdas por lixiviação de compostos nitrogenados, como os nitratos, causando contaminações dos recursos hídricos. A Cetesb iniciou ações para avaliar esse impacto e pretende elaborar um documento para gerar subsídios às políticas públicas de controle da poluição ambiental decorrente da aplicação de vinhaça e/ou produtos agrícolas, visando a evitar os impactos no solo e nas águas subterrâneas pelas atividades agroindustriais.

- Melaço – É gerado durante a fabricação do açúcar e praticamente todo utilizado na produção de álcool. A exemplo do bagaço, tem grande valor agregado, de maneira que é considerado como subproduto. Também pode ser utilizado para a fabricação de levedura ou na alimentação animal.
- Cinzas de caldeiras – Após a queima do bagaço, restam as cinzas, na proporção média de 6kg de cinzas por tonelada de cana. São gerados, portanto, cerca de 1,6 milhões de toneladas de cinzas, que são utilizadas como fertilizante potássico misturado com a torta de filtro ou à palhada, nas lavouras de cana.

## A QUEIMADA

A queima da palhada de cana para facilitar as operações de colheita é uma prática generalizada no país. A colheita mecanizada sem queima fica restrita às áreas mecanizáveis e gera grande pressão social, pois significa a redução de cerca de 90.000 empregos, apenas no Estado de São Paulo. Entretanto, do ponto de

vista ambiental, apresenta pontos positivos, como a redução de emissão de gases causadores do efeito estufa, a manutenção da camada de cobertura morta sobre o solo, com conseqüente maior controle de erosão, e todas as vantagens do aumento da matéria orgânica do solo. São relatadas, também, melhorias nas características tecnológicas com a diminuição das impurezas minerais.

As atividades humanas têm aumentado a emissão de gases causadores do efeito estufa. Esses gases – como o vapor de água, o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e os clorofluorcarbonos (CFC) – retêm o calor do sol na atmosfera. O CO<sub>2</sub> é o principal agente do aquecimento global e provém, principalmente, da queima dos combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo e o gás natural. As florestas, assim como as plantações de cana-de-açúcar, liberam grandes quantidades de CO<sub>2</sub>, quando ocorrem queimadas. Mas, através da fotossíntese, o carbono é fixado de tal forma que o balanço acaba sendo positivo. No caso da cana-de-açúcar, quantidades maiores de carbono são fixadas em relação às quantidades emitidas. Silva (1996) cita dados da literatura, estimando que a cana-de-açúcar pode absorver 15 t de CO<sub>2</sub>/ha.

De acordo com a Fiesp (2001), estima-se que a geração de resíduos de palha e bagaço de cana atinge cifras de 160 milhões de toneladas anuais, sendo 70,2 milhões de toneladas de bagaço e 87,7 milhões de toneladas de palha. Cerca de 95% do resíduo de bagaço são usados nas caldeiras e 48,8 milhões de toneladas de palha são em geral queimadas. A queimada da palhada libera, em quantidades estimadas, 48,8 milhões de toneladas de carbono, 1,27 milhões de toneladas de nitrogênio como N total, 6,83 milhões toneladas de carbono como CO, 0,32 milhões toneladas de carbono como CH<sub>4</sub>, 0,01 milhões de toneladas de nitrogênio como N<sub>2</sub>O e 0,52 milhões de toneladas de nitrogênio como NO<sub>x</sub>.

Ações das entidades ambientais originaram a Lei da Queima da Cana (Lei n. 11.241/2002), que trata da queima controlada da cana-de-açúcar para despalha e de sua gradual eliminação. Exige um planejamento entregue anualmente à Cetesb, adequando as áreas de produção ao plano de eliminação de queimadas. A legislação prevê planos diferenciados para áreas mecanizáveis (>150 ha e declividade<=12%). Nesse caso, o prazo prevê: 20% de redução imediata da área cortada; 30%, a partir de 2006; 50%, a partir de 2011; 80%, a partir de 2016; 100%, em 2021. As áreas não-mecanizáveis (<150 ha ou declividade>12%) e as com estruturas de solo (limitações ou obstáculos) que impeçam a mecanização, têm os seguintes prazos: 10% de redução, a partir de 2011; 20%, a partir de 2016; 30%, a partir de 2021; 50%, a partir de 2026; 100%, em 2031.

Estão proibidas as queimadas nas seguintes condições: 1km, a partir do perímetro urbano ou de reservas/áreas ocupadas por indígenas; 100m, a partir das áreas de domínio de subestação de energia elétrica; 50m, a partir de reserva e parques ecológicos e de unidades de conservação; 25m, a partir das áreas de domínio de estações de telecomunicação; 15m, a partir das faixas de segurança das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica; 15m, das áreas de domínio de rodovias e ferrovias.

## ACIDENTES E CONTAMINAÇÕES

A atividade sucroalcooleira é, atualmente, bastante segura. Acidentes ambientais, como os que ocorrem devido às atividades petrolíferas, têm sido muito raros. Recentemente, entretanto (em 29.9.2003), ocorreu um acidente de grandes proporções. O reservatório de melação de cerca de 8 milhões de litros da Usina da Pedra, em Serrana- SP, rompeu-se e ocorreu um vazamento, contido em parte por barreiras de bagaço colocadas pelos funcionários da usina. Entretanto, cerca de 100 mil litros de melação vaza-

ram para o Rio Pardo, que passa perto da usina, através de galerias pluviais.

A alta DBO do melação (cuja análise de amostra de água retirada próxima a Ribeirão Preto, cerca de 20 km da usina, acusou índice de 2.100 mg/l, quando o normal é aproximadamente 2 mg/l) causou grande mortalidade de peixes. O melação atingiu também o Rio Grande, à distância de mais de 150 km da usina. Apesar da fatalidade inerente ao fato, o acidente, que foi considerado como o maior dos últimos 20 anos, gerou uma multa de R\$10 milhões e a empresa se comprometeu ainda a repovoar o Rio Pardo, procurando sanar o problema causado.

Ao que pese o monocultivo e seus efeitos negativos, a cana-de-açúcar destaca-se positivamente na preservação ambiental global. Os resultados do setor são relevantes: utiliza baixo índice de defensivos químicos; tem o maior programa de controle biológico de pragas instalado; apresenta o mais baixo índice de erosão do solo da agricultura brasileira; utiliza racionalmente todos os resíduos gerados pela agroindústria em sua própria cadeia de produção; contribui para o descarte e a melhor disposição de vários resíduos urbanos e industriais; não interfere na qualidade dos recursos hídricos; como cultura isolada, apresenta a maior área de produção orgânica do nosso país; participa da matriz energética com combustíveis limpos e renováveis; através do uso do álcool nos veículos, o setor é responsável pela maior contribuição ambiental em nível mundial à qualidade do ar das cidades; contribui também para a melhoria do efeito estufa, através da retirada de CO<sub>2</sub> do ar durante o processo de fotossíntese; a cana-de-açúcar é atividade geradora de muitos empregos rurais, apresentando o maior índice de carteiras de trabalho assinadas de toda a agricultura brasileira.

Apesar de todos os êxitos, novos caminhos indicam a necessidade de se manter o monitoramento e um controle cada vez maior dos processos agrícolas

e industriais, a fim de se minimizarem perdas, otimizar as relações da cultura com o ambiente e promover maior qualidade de vida, quer pela manutenção e geração de mais empregos e renda, quer pela melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

---

**\*Raffaella Rossetto** é pesquisadora, APTA – Pólo Regional Centro-Sul, Piracicaba-SP (rossetto@merconet.com.br).

## BIBLIOGRAFIA

- ARRIGONI, E. B. Broca da cana-de-açúcar: importância econômica e situação atual. In: PRAGAS da cana-de-açúcar, Stab. CDRom, 2002.
- CETESB. A Produção mais limpa (P+L) no setor Sucroalcooleiro. In: Câmara Ambiental do Setor Sucroalcooleiro. *GT de P+L: Mudanças tecnológicas – Procedimentos*. Disponível em: <www.cetesb.org.br>. Acesso em: 2002.
- DE MARIA, I. C.; DECHEN, S. Perdas por erosão em cana-de-açúcar. *STAB – Açúcar, álcool e subprodutos*. v. 17, n. 2, p. 20-21, 1998.
- DINARDO MIRANDA, L. L. *Cigarrinhas das raízes em cana-de-açúcar*. Campinas: Instituto Agrônomo (IAC), 2003. 70p.
- EMBRAPA. *Agroecologia da cana-de-açúcar*. 2003. Disponível em: <www.cana.cnpm.ebrapa.br>. Acesso em: novembro 2003.
- IDEA. *Indicadores do setor sucroalcooleiro*. 2004.
- OSTERROHT, M. Açúcar mascavo de Jaboti: 10 anos de persistência e evolução. *Agroecologia Hoje*, Botucatu, SP, Agroecológica, n. 3, p. 16-19, 2000.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura. *Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1974. v. 1.
- SILVA, L. L. da. Painel: Etanol e Gasolina: Impactos ambientais e na saúde – Produção e uso. In: *O álcool e a nova ordem econômica mundial*. Brasília: Segmento; Câmara dos Deputados, 1996. p. 60-63.
- SZWARC, A. Painel: Etanol e Gasolina: Impactos ambientais e na saúde – produção e uso. In: *O álcool e a nova ordem econômica mundial*. Brasília: Segmento Câmara dos Deputados, 1996. p. 72-77.

## O sistema de cultivo orgânico



Vista de canavial; Piracicaba, SP; 1998

Apesar da recente corrida à produção de açúcar orgânico por usinas do Estado de São Paulo, agricultores do Paraná produzem, na cidade de Jaboti, há 10 anos, açúcar mascavo orgânico. O açúcar é produzido para o mercado interno e para exportação, movimentando a economia da pequena cidade e garantindo o rendimento das famílias de pequenos agricultores. O processo de cultivo seguiu o sistema desenvolvido nas Filipinas pelo ecologista Alrik Copijn (apud Osterroht, 2000). Nesse processo, a cana é plantada em sulcos duplos distantes 1 m entre si e 3 m entre a próxima linha de sulcos duplos. Esse plantio permite que sejam plantadas culturas alimentícias como milho, feijão, mandioca, gergelim e adubos verdes. O manejo é alternado de tal forma que, no primeiro ano, nas ruas 1, 3, 5 etc. deixam-se a palhada, os resíduos e os adubos verdes, enquanto que, nas linhas 2, 4, 6 etc. plantam-se culturas anuais, como milho, feijões e mandioca. No ano seguinte, o manejo das linhas ímpares é trocado pelo manejo das linhas pares, e

assim sucessivamente.

Esse sistema teve como premissas a manutenção da biodiversidade (incentivadora da geração de inimigos naturais) e a capacidade da cana de compensar o espaçamento duplo, sem perda da produtividade. A colheita é feita sem queima e os restos vegetais, folhas secas e ponteiros são deixados sobre o solo. O bagaço que sobra da geração de energia retorna ao solo. São utilizados também como fertilizantes os estercos animais, biofertilizantes, fosfatos de rocha e cinzas. A produtividade atinge 90 t/ha, e a variedade NA56 79 (há muito ultrapassada pela sua susceptibilidade ao carvão) ainda é usada, por apresentar vantagens quanto à cor do açúcar mascavo, segundo acreditam os produtores. Várias cooperativas e associações de produtores também estão certificadas para comercializar o açúcar mascavo e a cachaça orgânicos. Uma listagem pode ser obtida no *site* [www.planetaorganico.com.br](http://www.planetaorganico.com.br).

A agricultura orgânica é uma atividade em expansão. Vários países produzem

açúcar orgânico, entre eles o Brasil, Índia, EUA, Paraguai e Austrália. No Brasil, a Usina São Francisco- SP é pioneira no desenvolvimento do sistema de produção de cana e açúcar orgânico. Cultiva 13.500 ha de canaviais, certificados desde 1997 para a produção orgânica. Atualmente, produz 22.000 t de açúcar orgânico por ano, cuja maior parte é exportada. Outras unidades também dividem esse mercado, a exemplo da Univalem -SP, que produz cerca de 10.000 t de açúcar orgânico. As principais certificadoras que atuam no setor canavieiro são a Imafloira e o Instituto Biodinâmico (IBD). Também certificam açúcar orgânico o Farm Verified Organic (FVO) e o CMO; no caso da aguardente, o Minas Orgânico. Dependendo da certificadora, existem padrões a serem seguidos para a produção de cana orgânica. Em geral exigem:

- Período inicial – O local onde será implantado o sistema orgânico deve ser preparado e ter alguns anos (pelo menos 4) sem uso de pesticidas, produtos químicos e, principalmente, sem queimadas. Deve estar definido um plano de manejo da paisagem, de tal forma que o uso da terra promova a integração da atividade produtiva com a manutenção dos ecossistemas, prevendo a implantação de corredores florestais e/ou ilhas de diversidade na área cultivada.
- Solo e o cultivo da cana – Deve ser feito com o mínimo de impacto na estruturação do solo, e devem ser adotadas práticas de conservação do solo e dos recursos hídricos. O manejo da cana deve prever a recuperação e a manutenção da fertilidade do solo. A atividade agrícola deve promover a conservação dos ecossistemas, a conservação da biodiversidade e sua recuperação.
- Variedade de cana – Não pode ser transgênica.
- Defensivos – Devem ser utilizados métodos de controle integrado, prio-

rizando o controle biológico de pragas. Em casos extremos, algumas certificadoras aceitam a utilização de produtos menos agressivos, desde que haja um plano de uso de produtos e dosagens menos agressivas e uma total proteção ao trabalhador. O mato é controlado principalmente pela manutenção da palhada de cana do cultivo anterior. Capinas manuais são também necessárias, em áreas onde a infestação é alta. O controle do mato pode ser um dos gargalos do processo de produção da cana orgânica, uma vez que exige grande mão-de-obra e onera o processo. Existem tentativas de plantar misturas de adubos verdes na entrelinha da cana, porém ainda não é uma prática bem definida.

- Fertilizantes e corretivos – Os fertilizantes permitidos são de origem orgânica ou minerais de baixa solubilidade, como os fosfatos naturais, calcário ou rochas moídas. A vinhaça e a torta de filtro são permitidas e fornecem praticamente todo o potássio e fósforo necessários, além de parte do nitrogênio. Os compostos também são utilizados, assim como os esterco animais. Deve-se realizar a rotação de culturas e adubação verde nas áreas de reforma do canavial com leguminosas, para fixação biológica do nitrogênio, e com gramíneas, para a melhoria da estrutura física do solo. Cobertura morta promovida pela manutenção da palhada de cana é altamente indicada.
- Colheita – Apenas é permitida a colheita sem queima, mecanizada ou não. A colheita mecânica com cana queimada é terminantemente proibida.
- Na fase industrial, existem também algumas restrições. As indústrias devem ser auto-sustentáveis do ponto de vista energético. Devem promover o descarte adequado de todos os resíduos e observar toda a legislação existente para as emissões de poluentes no am-

biente. Não poderá utilizar substâncias químicas durante o processamento do açúcar e do álcool. É permitido apenas o uso de alguns floclantes durante o processo de clarificação. Produtos como cal ou calcário e polímeros naturais, como os obtidos a partir de acácia negra, são permitidos como agentes clarificantes.

- Relações com os trabalhadores – A empresa deverá cumprir toda a legislação trabalhista e promover o bem-estar socioeconômico dos trabalhadores. Conforme a certificadora, existem exigências na área social, a exemplo de contratos fixos de trabalho, treinamento e capacitação, transporte com veículos apropriados e direitos de organização em entidades de representação.
- Monitoramento – É feito periodicamente, em geral anualmente, pela equipe das certificadoras. Permite revisão e correção de rumos.

Como cultura isolada, a cana-de-açúcar é, atualmente, considerada a cultura com maior área de produção orgânica. Nos dados estatísticos, perde apenas para a fruticultura, devido às explorações de frutas nativas, como caju ou cu-

puaçu, nas quais não há praticamente qualquer manejo. Discute-se sobre a produtividade da cana nos sistemas orgânicos. A Usina São Francisco-SP, relata aumento de produtividade da ordem de 10%, embora os custos de produção sejam de 50 a 60% maiores que o sistema convencional. Teme-se também a presença de pragas que poderiam restringir a produtividade.

Na usina São Francisco-SP, problemas como nematóides são controlados com o plantio de crotalaria, na época de reforma dos talhões. Cupins, cigarrinhas e formigas são apenas monitoradas e espera-se que os inimigos naturais, também favorecidos pelo sistema orgânico de cultivo, façam a sua parte. Em relação aos ganhos ambientais, a Usina São Francisco também anuncia que, em resposta à ausência de defensivos químicos, queimadas e pelas áreas reflorestadas de mata em regeneração natural, 127 espécies de aves, 26 de mamíferos e várias espécies de serpentes vivem em meio aos canaviais. A Usina mantém um convênio com universidades e a Embrapa para o levantamento e o monitoramento da fauna em suas propriedades. 

RAFFAELLA ROSSETTO



Soqueiras de cana com diferentes épocas de corte e brotação na Estação Experimental de Piracicaba (CTEP-CTC); Piracicaba, SP; 1985

*Produtividade*

# A cana-de-açúcar como matéria-prima

Jorge Horii \*



*Alimentação de moendas para produção de açúcar na Usina Andrade/Companhia Energética São José; Ribeirão Preto, SP; 2003*

ERNESTO RODRIGUES/AE

A cana-de-açúcar como matéria-prima ganha importância econômica a cada dia, com novas descobertas, novos posicionamentos empresariais e novos fatores sócio-econômicos, políticos e ambientais. Em função do tipo de empreendimento e do patamar tecnológico, a cana como matéria-prima deve ser considerada em toda a sua parte aérea, excluindo-se apenas raízes e rizoma – já que a cultura é considerada semipereene, com sucessivos ciclos, socas ou folhas. Em verdade, colmo, folhas e flores interessam como componentes ou produtos tecnológicos pelos sólidos solúveis – açúcares ou não-açúcares – que irão gerar, após industrialização. Os açúcares são gerados sob as mais diversas formas: VHP (*Very High Polarization*), VVHP, cristal branco, açúcar líquido e açúcar invertido; e sob as mais diversas denominações, em função das formas de obtenção (de orgânico a natural), de purificação (de mascavo a refinado) e de concentração (de xarope, melado ao subproduto melado). Os álcoois vão de hidratado a anidro carburante, de álcool industrial (para a alcoquímica), a álcool neutro ou extraneutro (usado na fabricação de bebidas, perfumaria e fármacos).

É considerado ainda o potencial da cana para geração de fertilizantes, proteínas unicelulares, ração animal e produção de biogás. Os lignocelulósicos (celulose, hemicelulose, lignina, outros orgânicos e cinzas) podem ser utilizados como combustíveis para a geração de vapor e energia elétrica. A produção de excedentes continua na comercialização do bagaço, hoje um *commodity*, como energia elétrica; na geração de hidrolisado para ração animal; na geração de xarope do hidrolisado resultante; na produção de etanol; na geração de fertilizantes, com muitos outros subprodutos e resíduos; na obtenção de celulose,

lignina e hemicelulose e produtos derivados de seu processamento – papéis; aglomerados e similares para indústria moveleira; diversos produtos químicos; materiais de construção, como blocos mais leves; substrato para cultivo de cogumelos; e substrato orgânico para muitas culturas.

Os componentes orgânicos e inorgânicos da cana, macro e micro, devem ser considerados sob dois aspectos: intrínsecos ou genéticos – que expressam todo seu potencial genômico; e extrínsecos ou ambientais – que refletem todas as condições edafoclimáticas e nutricionais envolvidas no ciclo fenológico, da formação de biomassa, até a maturação. As variabilidades genéticas que caracterizam cada espécie e os fatores ambientais influem na obtenção da massa vegetal e determinam os teores dos diversos componentes da cana, de cujo equilíbrio dependem as várias etapas da industrialização.

As grandes metas de produção e produtividade das unidades industriais são baseadas na qualidade da matéria-prima que, no caso da cana-de-açúcar, representa cerca de 65 a 72% do custo dos produtos finais. Contribui para tal a elevação do custo da terra, particularmente em São Paulo. Como a expansão da produção nem sempre é possível em muitas regiões, uma grande preocupação do canavicultor é o implemento de tecnologias para aumento da produtividade, com redução de custo. Isso os produtores vêm conseguindo obter ao longo das últimas décadas, desde o início dos anos setenta, através da Copersucar, do IAC e do Planalsucar, e ainda com o estímulo do Proálcool. Foram criadas variedades que aumentaram a produtividade e tecnologias que impulsionaram a indústria, num salto formidável, que levou o país ao pódio como maior produtor de açúcar do mundo, com o menor custo.

A composição química e tecnológica da cana-de-açúcar varia em função de fatores como: variedade, espaçamento e perfilhamento; idade e corte; estágio de maturação, época de colheita, clima ao longo do ciclo; solo e fertilidade; adubação, compactação do solo, irrigação (água ou vinhaça), tratos culturais e fechamento; sanidade dos cultivares, brotação da soqueira, florescimento e chochamento, entre outros.

As variedades comerciais – híbridos interespecíficos – têm ciclos de cultivo bem definidos, após os quais começam a dar sinais típicos de declínio ou senescência, com a perda significativa e gradativa da produtividade agrícola, o que exige substituição por novos materiais genéticos, superiores e estáveis. Vários fatores de pressão – principalmente a adversidade ambiental – são ainda apontados como causadores de declínio, uma vez que as variedades não sofrem, por si só, alterações de caráter genético pelo tipo de propagação. Sendo limitada a vida produtiva de uma variedade, há necessidade constante de se criarem novos híbridos capazes de enfrentar os permanentes desafios representados pelas novas doenças e modificações ambientais produzidas pela expansão da cultura e pela implantação de novas tecnologias, cujos efeitos não são todos bem conhecidos.

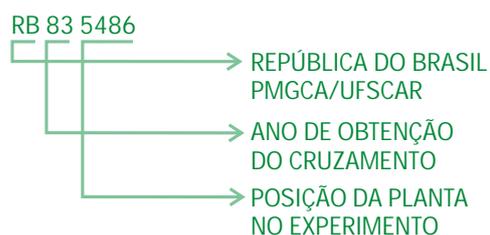
Acredita-se, entretanto, que não devam mais acontecer expansões descontroladas da fronteira agrícola da cana, como aconteceu com o Proálcool, no início da década de oitenta, quando a variedade Na 56 79 ocupou quase 50% da área cultivada, sendo logo em seguida substituída, da mesma forma, pela SP 70 1143. Hoje, com a existência de novas variedades criadas pelas principais instituições da área (RB – República do Brasil, PMG-CA/UFSCAR; SP – São Paulo, Copersucar; IAC – Instituto Agrônomo de Campinas) houve um aumento da oferta da cultura

e as usinas do Centro-Sul passaram a substituir as antigas variedades – e mesmo as não tão antigas – de modo que talvez seja o caso de se procurar uma metodologia que permita comparar as variedades mais eficientes, evitando descartes prematuros. Também essa ampla oferta de variedades e de novas combinações genéticas, conjugadas às novas tecnologias de cultivo, tem sido responsável pelo aumento da produtividade agrícola e industrial, mesmo ressalvado o período crítico enfrentado pela desregulamentação dos preços da cana-de-açúcar e seus produtos, ocorrido em 1998.

*\*Jorge Horii é Professor do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição; USP/ESALQ (jhorii@esalq.usp.br).*

## COMO IDENTIFICAR AS VARIEDADES?

POR SIGLAS E NÚMEROS, CONFORME O EXEMPLO SEGUINTE:



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI, V.; MANIERO, M. A.; MATSUOKA, S. O florescimento da cana-de-açúcar e suas implicações no manejo agrícola. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3., 1984, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 1984. p. 273-276.
- DELLEN, E. *Standard fabrication practices for cane sugar mills*. Amsterdam: Elsevier, 1981.
- FAUCONNIER, R. *La canne à sucre*. Paris: Maisonneuve et Larose, 1991.
- FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. *La caña de azúcar*. Barcelona: Blume, 1975.
- LUCCHESI, A. A. *Processos fisiológicos da cultura da cana-de-açúcar (Saceharum spp)*. Piracicaba: ESALQ, 1995. (Boletim Técnico n. 7).
- ROSENFELD, V.; LEME, E. J. A. Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por aspersão – Estudo de épocas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3., 1984, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 1984. p. 79-84.
- SILVA, F. C. da; CESAR, M. A. A.; CHAVES, J. B. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PEQUENAS indústrias rurais de cana-de-açúcar. Brasília: Embrapa, 2003. (Embrapa Inf. Técn.).
- STUPIELLO, J. P. A cana como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas, Fund. Cargill, 1987. v. 2, p. 761-804.



Produção de açúcar na Usina da Barra; Barra Bonita, SP; novembro 2001

# A qualidade da matéria-prima, na visão industrial

Até aqui, foram comentados alguns fatores de variação da composição da cana-de-açúcar relacionados às variáveis agrícolas. A essas devem ser somadas as variáveis referentes ao tipo de colheita, queima, carregamento, transporte e, ainda, aquelas que a indústria interpreta como “qualidade tecnológica desejável”, quais sejam, teor de fibra, pH do caldo, teor de cinzas, gomas, amido, polissacarídeos, dextrana.

## TIPOS DE COLHEITA E QUEIMA

De maneira geral, a legislação de proteção ambiental tende a excluir a operação de queima prévia do canavial. Está prevista a redução gradual das áreas de queima, ao longo de quase três décadas. Desse modo, há inúmeras óticas e razões, dependendo da empresa, do planejamento de expansão, tecnificação, recuperação, reestruturação e implantação, e percentual do tipo de colheita a ser adotado a cada ano.

O corte mecanizado de cana crua cresce em função de várias razões técnicas, em função das metas estabelecidas, como: co-gerar; vender bagaço para terceiros; usar todo o palhiço como cobertura; recolher parcialmente a palhada para substituir o bagaço, com vantagem pelo maior poder calorífico, em função da menor umidade (15-20%); utilizar uma colhedeira para cada 100.000 toneladas de cana/safra; aumentar velocidade e colher mais em função do alto valor da colhedeira; colher menos e preservar mais a máquina, em função do mesmo alto custo; colher para preservar mais a rebrota e reduzir a matéria estranha; melhorar o monitoramento das colhedei- ras, do transbordo e do transporte e, portanto, de toda a logística, do campo à indústria.

Se a opção for pela colheita mecanizada de cana queimada, perde-se o palhi-



*Lavagem de cana-de-açúcar na alimentação de esteira na Usina da Barra; Barra Bonita, SP: 2001*

ço e todas as vantagens da matéria orgânica que seria incorporada ao solo, mas pode-se ter algum ganho na produtividade do corte, no transporte de cana mais limpa, na operacionalidade do corte, na eliminação de animais e pragas (como broca e cigarrinha) e do mato invasor. Mas é certo que a colheita mecanizada ainda não está ao alcance de fornecedores pequenos e médios, que ocupam uma considerável proporção dos produtores de cana-de-açúcar.

Considerando-se a queima para colheita manual ainda uma grande parcela, nota-se que é uma das maiores responsáveis pela alteração da composição química e tecnológica da cana-de-açúcar, não pelo efeito da combustão da palha em si, mas pelo efeito combinado dos fenômenos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos que se sucedem, até a entrada do caldo no processo. O tempo de espera entre a queima e o início de processamento é tão importante que merece desconto no pagamento da cana, após 72 horas da queima, no início da safra (até 31 de agosto), e de 60 horas,

a partir de setembro até o final da safra; após 120 horas corridas da queima, é banida do sistema de pagamento.

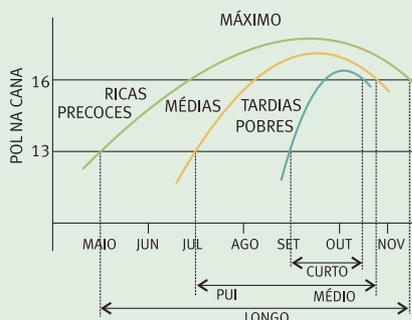
É conhecido que canas colhidas queimadas inteiras resistem, de modo geral, por tempos bem superiores à cana cortada em toletes, que necessitam entrar em processamento em 6 horas, preferencialmente. Frequentemente, conceitos sobre tempos máximos e temperatura mínimas levam a resultados muitas vezes inexplicáveis, quando não desastrosos. Com frequência, ouve-se no meio sucroalcooleiro que a entrada no processamento em tempo médio de 48 horas após a colheita não traz problemas para a indústria.

## MATURAÇÃO E QUALIDADE

O comportamento das variedades em função do clima, na região Centro-Sul, pode ser agrupado, quanto ao início de safra, de acordo com a riqueza em açúcar e em relação ao Período Útil de Industrialização (PUI), seguindo os conceitos clássicos mostrados na Figura 1.

Observando-se as curvas de maturação de diversas variedades, verifica-se

FIGURA 1 | MATURAÇÃO DAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR



que a maturação ou o acúmulo máximo em açúcar tende a se localizar no fim do inverno e no início da primavera, normalmente um trimestre de grande estiagem ou com rara ocorrência de chuvas, com temperatura amena, lento desenvolvimento vegetativo, mas suficientemente favorável ao acúmulo de açúcares — até que a chegada das chuvas e a elevação de temperatura voltem a estimular o rápido desenvolvimento vegetativo, com consumo de energia, reduzindo as reservas acumuladas. Embora seja essa a tendência das variedades — geneticamente, em função da característica varietal, seleção e todas as variações ambientais já comentadas para início de safra —, em função do teor de açúcar alcançado no início de maio, as variedades têm sido agrupadas ou classificadas como precoces. As que atingem a maturação a partir de julho são chamadas médias, e as que só atingem a maturação após o pico das médias (agosto e setembro) são chamadas tardias.

Em relação à riqueza em açúcar, as variedades são agrupadas como ricas (Pol > 14 e Pureza > 85%), médias (Pol 12,5 a 14 e Pi > 82) e pobres (Pol > 12,5 e Pi > 82). Também em relação ao PUI, elas se denominam: PUI curto (< 120 dias), médio (120 a 150 dias) e longo (> 150 dias). Esses crité-

rios e nomenclaturas são usuais desde a década de sessenta, quando propostos por Brieger e Segalla, sendo também adotados por Fauconnier e Bassereau (1975) e Stupiello (1987). Como não se aconselha a utilização de mais de 12% de uma única variedade e são muitos os condicionantes — como clima, solo, nutrição, adubação, fitossanidade, matocompetição e outros —, o manejo varietal acaba determinando o ATR médio final.

### MATÉRIA ESTRANHA

Matéria estranha, impureza ou *trash* são substâncias vegetais ou minerais que acompanham os colmos inteiros ou em toletes, nas fases de corte e carregamento. Os componentes vegetais são formados por pontas, folhas verdes e secas, chupões, rizomas, raízes arrancadas e plantas invasoras, que chegam a atingir até 8% da matéria-prima total. São componentes minerais o solo aderido às raízes e ao colmo, poeira, areia, pedras e pedaços de metais, que chegam a atingir até 10%, na dependência de clima chuvoso, muito seco, solo e textura, e ainda do tipo de queima e colheita, equipamentos e operação de colheita e carregamento.

O teor de matéria estranha representa algo entre 3 e 12% da matéria-prima. A redução de parte dessa matéria estranha é realizada na indústria, através da lavagem dos colmos, com água ou a seco (ventilação). A lavagem com água só é realizada em colmos inteiros, com perdas de açúcar de até 2%, além de implicar na necessidade de 5 a 10 m<sup>3</sup> de água por tonelada de cana. Essa água deve ser tratada com cal, até pH 9-10, através de um sistema em circuito fechado, com retirada de lodo — reposição de água e insumos se fazem necessários. Mesmo com a lavagem da cana, ainda restará um certo teor de impurezas minerais, além da água remanescente, de cerca de 3%.

Em relação à matéria vegetal não-colmo, sua participação se dá fornecendo clorofila, pigmentos, taninos e outros componentes que alteram a composição

e a reatividade do caldo e que podem contribuir para o aumento da cor do açúcar. Por outro lado, por se tratar de um material com baixo volume de líquido (caso das folhas), acaba por avolumar fibra, portanto bagaço, e retirar fração do caldo, o que significa perda de açúcar, embora percentualmente insignificante, já que moléculas e difusores alcançam, respectivamente, mais de 96 e de 98% de extração hoje em dia, comparados aos 93% de duas décadas passadas.

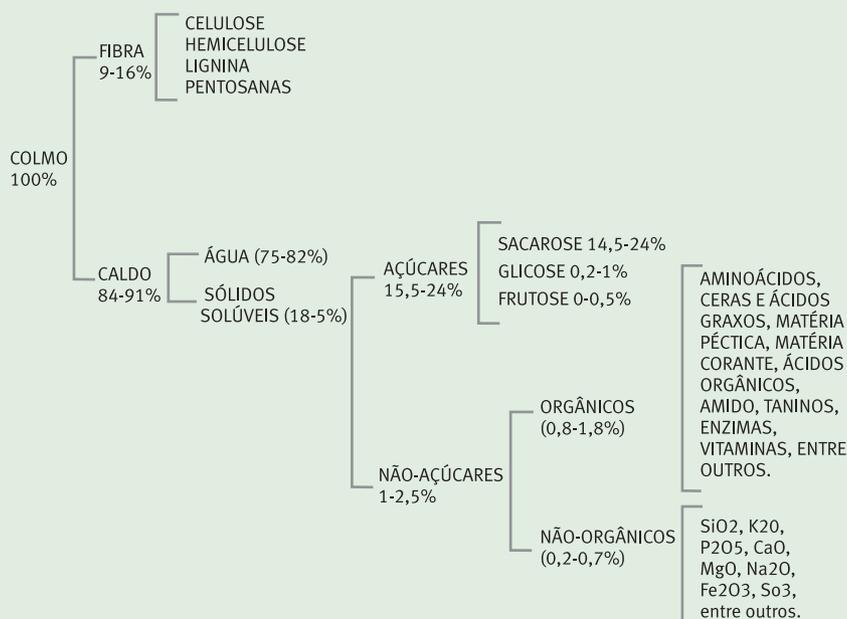
### ALTERAÇÕES NA MATÉRIA-PRIMA POR PRESSÕES AMBIENTAIS FISIOLÓGICAS

Um colmo cortado, inteiro ou em toletes, mantém a respiração, que é um processo oxidativo para obtenção de energia, a custo, inicialmente, de açúcar e de componentes de reserva na formação de tecido e raízes, dependendo do período em que permanece cortado e das demais condições ambientais predominantes. Assim, num colmo cortado e deitado, o comportamento é similar ao de muda, com ativação de invertase e conseqüente aumento de açúcares redutores, os quais serão consumidos em parte por oxidação para produção de energia e também como elemento de composição de novos tecidos, junto com os demais elementos minerais, em processo de síntese. Há entumescimento das gemas, ativação de hormônios ou auxinas e, portanto, modificações internas que se exteriorizam ao longo do tempo, proporcionalmente ao período armazenado.

Ocorre também, concomitantemente, o ressecamento ou a transpiração do colmo, que é caracteristicamente perda de água e, portanto, de peso (cerca de 10 a 15%), em torno de 7 a 10 dias. Abstraindo-se que a cana é um complexo biótico, a perda de água simultânea à respiração traz, como conseqüência, o aumento relativo do teor de fibra, sólidos solúveis (°Brix) e redução no teor de sacarose e da pureza, entre outros aspectos.

As alterações fisiológicas obviamente

FIGURA 2 | COMPONENTES QUÍMICOS E TECNOLÓGICOS DA CANA-DE-AÇÚCAR



influem na composição química da cana e, por conseqüência, nos parâmetros tecnológicos (Figura 2). Existem outros fatores causadores de alterações fisiológicas e tecnológicas, que já foram comentadas, como a intensidade de florescimento, de chochamento, a ocorrência de geada com morte de meristema apical e conseqüente brotação lateral, ano ou local extremamente chuvoso ou com estiagem anormal, que refletem na mesma ou na safra seguinte, provocando alterações nos parâmetros fisiológicos e tecnológicos: aumento ou redução de açúcares redutores, fibra, ATR e todos os fatores inter-relacionados.

### ALTERAÇÕES NA MATÉRIA-PRIMA POR PRESSÕES AMBIENTAIS E DE NATUREZA MICROBIOLÓGICA

A esse tipo de alteração na composição físico-química da cana-de-açúcar, excetuando-se as de natureza fitopatológica, denominamos deterioração. Assim, a deterioração é um processo de alteração das propriedades e componentes físico-químicos, pela ação de microrganismos

e/ou de suas enzimas. Conforme já comentamos, a cana-de-açúcar, como planta sadia, possui em seu interior e no exterior microrganismos que a beneficiam, produzindo ou transformando componentes úteis ao seu metabolismo ou, ainda, produzindo toxinas que a defendem de invasores. Tais microrganismos são predominantemente bactérias e assemelhados que, uma vez cortada a rota vital de fornecimento de nutrientes e seu ambiente (como pela queima da cana), passam a deteriorar o próprio colmo, possivelmente numa luta pela sobrevivência, em competição com os microrganismos deterioradores e putrefativos de matéria orgânica existentes no próprio solo.

No cartucho das bainhas das folhas, região do palmito, o ambiente externo favorece o desenvolvimento de microrganismos, como bactérias, entre os quais mais de 10% são de espécies de *Lactobacillus*, principal gênero contaminante no processamento de açúcar e álcool, principalmente no último, em que mais de 60% das bactérias na fer-

mentação pertencem a esse gênero e causam um dos maiores problemas do processo fermentativo, pela indução de floculação do fermento.

Outras bactérias freqüentemente citadas pertencem aos gêneros *Bacillus*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Leuconostoc*, *Aerobactere* são tidas como bactérias de solo, mas que ainda não foram totalmente levantadas quanto ao *habitat*. De qualquer forma, esses microrganismos são capazes de produzir profundas alterações na composição da cana, pela inversão e consumo de açúcar, formação de produtos diversos – principalmente ácidos orgânicos, como etanol, gomas, enzimas e outros –, e não há outra solução para evitar ou reduzir essa ação senão o rápido processamento. Em condições de campo, queimadas, praticamente mortas e invadidas pelos microrganismos, não há condição que retarde sua deterioração, pois, no início da safra, há muita umidade ainda e a temperatura não é limitante. Na estiagem, uma vez o colmo invadido, as condições para deterioração são quase ótimas.

A deterioração da cana traz como conseqüência a constante contaminação das moendas e de todo o processo produtivo, por recontaminações. Promove a alteração da viscosidade do caldo, a redução da velocidade de cristalização, a alteração da granulometria do açúcar e, ainda, perdas, incrustações, formação de metabólitos e a redução de atividade do fermento, provocada pelas toxinas e metabólitos das bactérias, pela formação de gomas dextrana e levana, pela perda de viabilidade do fermento e, principalmente, pela floculação, que é uma conjunção de perdas materiais e operacionais da destilaria. ☹

JORGE HORII

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. *La caña de azucar*. Barcelona: Blume, 1975.
- STUPIELLO, J. P. A cana como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas, Fund. Cargill, 1987. v. 2, p. 761-804.

## Planejamento

# A cadeia produtiva da cana, em mercado desregulamentado

Márcia Azanha  
Ferraz Dias de Moraes \*



SILVIO FERREIRA/JUNCA

O agronegócio da cana-de-açúcar no Brasil distingue-se dos demais países por produzir, em escala industrial, tanto açúcar quanto álcool. Esse aproveitamento múltiplo torna bastante complexo o planejamento e funcionamento dessa cadeia produtiva, em ambiente de livre mercado – sem interferência do governo –, exigindo ampla organização e coordenação de todos os elos que a compõem. Nem sempre foi assim. No passado, o setor já foi um dos mais controlados pelo Estado. Desde o início da década de 1990, porém, o Poder Público foi gradualmente se afastando da cadeia sucroalcooleira. Sem interferências no que se refere à comercialização dos produtos, os preços cana-de-açúcar são atualmente formados pela interação entre a quantidade ofertada e a demandada, ou seja, são resultado do mercado.

Enquanto o governo ditou os preços para a cana-de-açúcar e demais produtos da agroindústria canavieira, os efeitos do excesso de oferta ficaram amenizados. Na verdade, os preços fixados pelo governo até incentivaram a expansão dos canaviais, mesmo em cenário de queda

*Empacotamento de açúcar na Usina da Barra; Barra Bonita, SP; novembro 2001*

de demanda da cana-de-açúcar, decorrente da redução do uso do álcool hidratado, conforme verificado em meados da década de 1990. Ainda durante a década de 1990, em várias safras houve excesso de matéria-prima, conforme ilustra a Figura 1.

Quando, a partir de 1998, se intensificou o processo de afastamento do Estado do setor, os impactos negativos desses excessos de oferta fizeram-se sentir em toda a cadeia produtiva, com reduções importantes nos preços do álcool, do açúcar (incluindo os preços do mercado internacional de açúcar) e do próprio mercado da cana-de-açúcar.

Conforme verificado na supersafra 1998/1999, os preços de mercado chegaram a ser menores, inclusive, do que os custos de produção, instalando uma grave crise no setor, com conseqüente redução do número de unidades industriais<sup>1</sup>, de fornecedores de cana-de-açúcar e de empregos gerados pelo setor. Porém, diversas peculiaridades dessa cadeia produtiva dificultam que o equilíbrio entre oferta e demanda, em ambiente de livre mercado, seja atingido, reforçando a necessidade do desenvolvimento de um novo modelo de gestão (ver Dias et al., 2002) capaz de associar ações públicas e privadas, assegurando a estabilidade dos preços e da oferta dos seus principais produtos.

A primeira característica dessa cadeia produtiva – que não pode ser negligenciada, já que interfere na quantidade e qualidade de matéria-prima – é que seu principal insumo, a cana-de-açúcar, é de origem agrícola. Como tal, está sujeito aos riscos climáticos, fitossanitários e à sazonalidade da produção, que podem

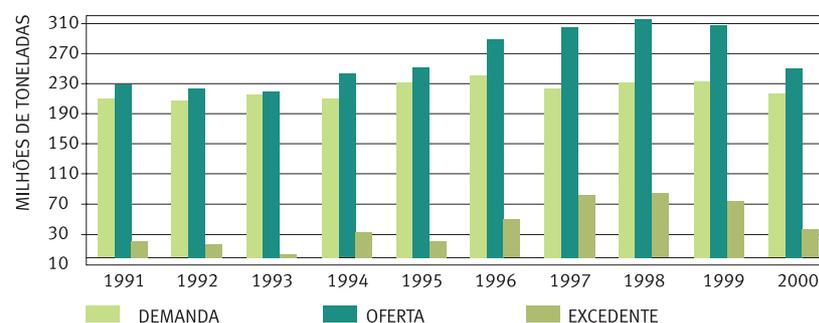
impor fortes impactos sobre a quantidade ofertada e sobre a renda dos produtores, ao longo do ano safra. É importante observar que, dado o tamanho da produção brasileira, o impacto sobre os preços decorrentes de uma variação da safra nacional faz-se sentir também no mercado internacional, já que o Brasil é o maior exportador mundial de açúcar. Uma variação de 5% na safra nacional representa, aproximadamente, 17 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Ou seja, pequenas alterações na safra brasileira repercutem fortemente no mercado mundial de açúcar.

Portanto, variações não planejadas da oferta de cana-de-açúcar têm impacto importante nos preços de todos os produtos e podem comprometer o abastecimento dos produtos finais, principalmente o do álcool combustível. O açúcar, por ser uma *commodity* internacional, está disponível no mercado mundial em quantidades suficientes para regular o abastecimento, em caso de falta do produto. O mesmo não acontece com o álcool combustível: o Brasil ainda é o único país

produtor de açúcar que também produz álcool combustível em escala industrial<sup>2</sup>, não havendo, no momento, possibilidade de importação em larga escala, em caso de escassez de produto<sup>3</sup>. Além dos riscos envolvidos na produção agrícola, a cana-de-açúcar é uma cultura de ciclo longo (são necessários no mínimo cinco cortes para que o canavial se torne economicamente viável), o que requer planejamento de plantio de longo prazo para variações de demanda de curto prazo. Isso pode, da mesma forma, dificultar sua oferta adequada, mais um fator que impõe a necessidade de intensa coordenação de toda a cadeia produtiva.

Outra característica que a diferencia das demais cadeias agrícolas e que torna bastante complexo o seu funcionamento, sem qualquer interferência do governo, é a flexibilidade de gerar produtos ligados a mercados tão distintos quando o do açúcar, do álcool e da energia elétrica – embora esse último possa ser considerado um subproduto, cuja matéria-prima (bagaço e palha de cana) é originada da produção de álcool ou de

FIGURA 1 | BALANÇO ENTRE OFERTA E DEMANDA DE CANA-DE-AÇÚCAR



Fonte: União da Agroindústria Canavieira (Unica).

- 1 Na safra 1997/1998, existiam no Brasil 338 unidades industriais, sendo que, na safra 1999/2000, esse número havia se reduzido para 318 unidades, conforme os Boletins de Produção do Ministério da Agricultura/Plano de Safra.
- 2 Outros países já estão iniciando pesquisas para o uso do álcool combustível, como Colômbia, México, Tailândia, Índia e Austrália. O desenvolvimento do uso de álcool combustível em outros países não somente abriria mercado para o produto nacional, como criaria um mercado internacional de álcool, o que seria importante para garantir o suprimento nos diversos países.
- 3 A formação de estoques reguladores de álcool é um mecanismo importante para garantir o abastecimento e reduzir oscilações de preços, em períodos de safra e entressafra.

açúcar. Essa interligação faz com que o equilíbrio simultâneo dos mercados de álcool (com fortes relações com o mercado de combustíveis), de açúcar e de cana dificilmente ocorra em ambiente de livre mercado – como veremos a seguir.

A escolha entre produzir álcool anidro, álcool hidratado ou açúcar, que anteriormente era estabelecida pelo governo, através dos Planos de Safra, atualmente é uma decisão tomada pelo setor privado, que, de forma geral, considera como variável de decisão os preços relativos dos produtos. Embora exista uma limitação individual dessa flexibilidade, dada pela capacidade instalada de produção de cada um dos produtos, a possibilidade de escolha entre eles torna a decisão sobre a oferta bastante complexa, ao envolver diversos mercados que interagem simultaneamente e funcionam como um sistema de vasos comunicantes. Iniciando-se a análise com o mercado da cana-de-açúcar, nota-se que a oferta de cana depende das expectativas sobre seu preço e o das outras culturas (por exemplo, a da laranja, o que pode causar o redirecionamento do plantio em favor de um ou outro produto), além das condições climáticas ao longo da safra. Em relação à demanda da cana, ela deriva das demandas do açúcar e do álcool.

Por sua vez, o equilíbrio do mercado de açúcar depende da adequação da oferta à demanda do produto. Simplificadamente, pode-se dizer que a oferta depende dos preços relativos do açúcar (mercado interno e externo) e do álcool. Por sua vez, a demanda depende da renda da população, da existência de procura por produtos substitutos (outros adoçantes naturais e sintéticos) e das políticas protecionistas dos países

importadores. Alterações em qualquer uma dessas variáveis deslocam a oferta e/ou demanda de açúcar, com conseqüentes alterações nos equilíbrios dos outros mercados (de álcool e cana-de-açúcar).

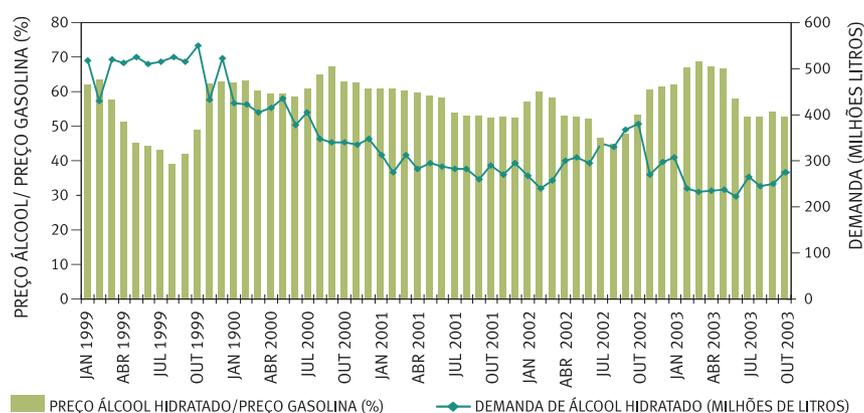
O funcionamento do mercado de álcool, além das ligações com o mercado de cana-de-açúcar e de açúcar, está também vinculado ao mercado de combustíveis, que o torna bastante complexo. Da mesma forma que o mercado de açúcar, a escolha de produção entre os dois produtos dependerá de seus preços relativos: preços maiores para o álcool direcionam a cana para esse produto. Em sentido inverso, aumenta-se a produção de açúcar, em detrimento da produção de álcool. A decisão de produção entre álcool hidratado ou anidro também depende dos seus preços relativos. Por sua vez, a demanda pelo álcool hidratado depende do preço do álcool, em relação à gasolina, cujos preços, atualmente, são fixados a partir das taxas de câmbio em vigor e dos preços internacionais de petróleo – que sofrem grande influência

das políticas de preços dos principais países produtores (cartel da Opep) e dos conflitos políticos nas principais regiões produtoras.

No mercado interno, os consumidores são extremamente sensíveis ao diferencial de preços entre gasolina e álcool hidratado. Migram de um produto para outro rapidamente, com impactos sobre a demanda do álcool. Observa-se que, quando o preço do álcool é menor que 70%, aumenta a demanda pelo álcool hidratado<sup>4</sup>, conforme ilustra a Figura 2. Nos períodos em que a razão entre os preços do álcool e da gasolina é baixa, a demanda pelo álcool aumenta consideravelmente, conforme verificado no ano de 1999, sendo reduzida na situação inversa. Portanto, se a intenção for preservar o mercado doméstico de álcool hidratado, é importante que a relação de preços entre os dois combustíveis seja atrativa para o consumidor.

Além disso, o consumo do álcool hidratado depende também da frota movida a álcool que, até 2002, estava se reduzindo acentuadamente, devido ao

FIGURA 2 | PARIDADE ENTRE PREÇOS DE ÁLCOOL E GASOLINA E VENDAS DE ÁLCOOL HIDRATADO



Fonte: Elaborado a partir de dados da ANP e Fipe

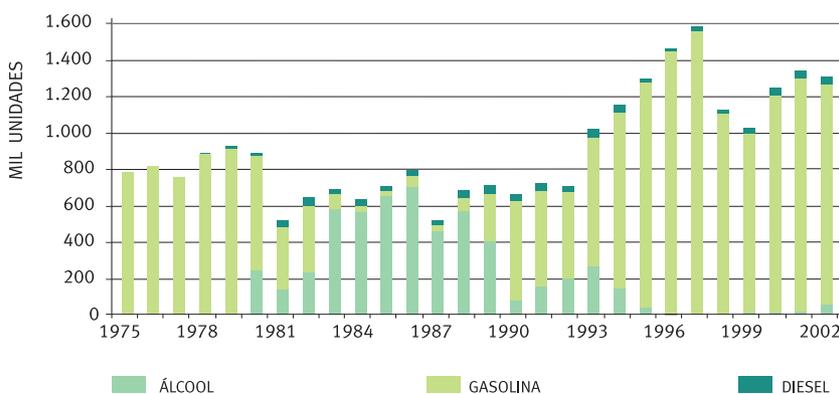
4 Quando o preço do álcool hidratado está baixo em relação ao da gasolina, além do crescimento das vendas de carros a álcool, cresce a mistura “rabo de galo”, que consiste no abastecimento de veículos a gasolina com uma mistura de gasolina e álcool hidratado. Nesse caso, a demanda “extra” também dificulta o planejamento da oferta, pois é uma demanda informal.

sucateamento e à não-renovação da frota existente. A partir de meados de 2003, como a relação de preços entre gasolina e álcool mostrou-se favorável ao último, e com a maior disponibilidade de carros a álcool nas revendas de automóveis, ocorreu uma reversão dessa tendência, com o aumento das vendas de carros a álcool. Segundo estimativas da Associação Nacional de Veículos Automotores (Anfavea), em 2003, as vendas de carros a álcool devem alcançar o montante de 75.000 unidades, um aumento de 34% em relação ao ano anterior, quando foram vendidas 56 mil unidades.

Percebe-se portanto que, devido às questões anteriormente levantadas – matéria-prima agrícola, flexibilidade de produção, interligação com mercados distintos – o planejamento adequado da oferta, determinante para o equilíbrio do mercado interno, requer uma intensa articulação setorial que atenda à demanda, evite excedentes ou falta de cada um dos produtos – cana-de-açúcar, açúcar e álcool –, em função da expectativa das demandas em prazos curto, médio e longo. Contudo, deve ser salientada a magnitude do esforço envolvido na gestão da cadeia produtiva, quando se considera a existência de mais de 300 produtores, com estruturas e custos totalmente diferenciados, com necessidades de capital distintas e, ainda, localizados em diferentes regiões (Norte-Nordeste e Centro-Sul), mais ou menos distantes dos centros de consumo, implicando diferentes custos de transporte.

Além disso, diverge também a forma de aquisição de matéria-prima: desde cana própria da usina, arrendamentos e cana comprada de fornecedores, o que é mais um elemento a dificultar o planejamento da oferta. O novo modelo de gestão da cadeia canavieira que vem sendo delineado deve ser de intervenção mínima e de adesão voluntária, para ser condizente com o ambiente institucional estabelecido, de forma a não

FIGURA 3 | VENDAS DE AUTOMÓVEIS E COMERCIAIS LEVES, POR TIPO DE COMBUSTÍVEL



Fonte: Anfavea (2003)

sofrer questionamentos, tanto da sociedade, quanto de agentes do próprio setor que se sintam prejudicados por intervenções do Estado, em desacordo com a Constituição Federal de 1988.

### PLANEJAMENTO DA OFERTA

Considerando-se a formação dos preços em livre mercado, é necessário identificar as tendências da demanda pelos produtos finais dessa cadeia produtiva, para o adequado planejamento da oferta dos mesmos e, também, da matéria-prima. Neste artigo, analisam-se algumas tendências para o mercado de álcool combustível. A expansão da capacidade produtiva de álcool estimulada pelo Proálcool defrontou-se com uma acentuada queda da demanda pelo álcool hidratado, nos anos recentes, devido ao sucateamento da frota de veículos a álcool e às vendas irrisórias de carros movidos com esse combustível, até 2001. A Figura 3 mostra a proporção das vendas de veículos leves no mercado brasileiro, entre 1975 e 2002, por tipo de combustível: álcool hidratado, diesel ou gasolina C.

Verifica-se que, no auge do Proálcool (entre 1983 e 1988), as vendas de carros a álcool chegaram a representar 95% das vendas totais. A partir de 1988, quando houve a escassez desse produto e queda

no preço da gasolina, as vendas de carro a álcool começaram a declinar e, no final da década de 1990, elas representavam menos de 1% das vendas totais. Pelo fato de a gasolina C conter uma mistura que pode oscilar entre 20% e 25% de álcool anidro, as vendas totais de álcool (anidro e hidratado) não caíram na mesma proporção da redução da demanda pelo carro a álcool, o que é ilustrado na Figura 4, na página a seguir.

Nota-se que ocorreu uma substituição das vendas de álcool hidratado por álcool anidro, ao longo da década de 1990, sendo que o consumo total de álcool oscilou, entre 1986 e 2003, entre 10 e 14 bilhões de litros anuais. Apesar do crescimento da frota de veículos a gasolina e o conseqüente aumento de demanda pelo álcool anidro, as projeções existentes indicam que são necessários esforços significativos para reverter a tendência de queda de demanda de cana-de-açúcar – cuja oferta cresceu, a despeito das estimativas de redução da demanda pelo álcool hidratado –, considerando que aproximadamente 25% da cana-de-açúcar moída destinam-se à fabricação do mesmo.

Inicialmente, sem considerar as perspectivas existentes de exportação de álcool para os países desenvolvidos

(dentre eles o Japão), nem tampouco o lançamento dos carros bicombustíveis, nota-se que a oferta de cana-de-açúcar atual seria suficiente para atender ao mercado até o ano de 2010, segundo as projeções da MB Associados/Fipe (2001). Esse estudo focaliza a necessidade de cana-de-açúcar para a fabricação de álcool e de açúcar até 2010, considerando algumas hipóteses sobre crescimento da população e da renda, depreciação da frota de veículos existente etc. Embora as projeções possam mudar conforme as hipóteses de crescimento feitas, e também, segundo alterações na demanda, elas são bons indicadores para as necessidades futuras de cana-de-açúcar e reforçam a necessidade de se desenvolverem novos mercados para o álcool: o internacional e a reativação do mercado interno.

O estudo considera três cenários para as vendas de carros a álcool: 2.000 unidades por ano, 100.000 unidades por ano e 200.000 unidades por ano, tendo sido calculada para cada um a evolução do consumo de álcool hidratado. Para a demanda de álcool anidro, considera a

tendência de crescimento da frota movida a gasolina que, combinada com a anterior, permite a estimativa da necessidade futura de cana-de-açúcar para a fabricação de álcool total. Em relação à oferta de cana-de-açúcar necessária para a fabricação de açúcar, o estudo leva em conta o crescimento da renda (ponderado pela elasticidade renda dos distintos produtos, industrializados e *in natura*), alterações na distribuição da renda, crescimento populacional e exportações.

Os resultados obtidos apontam que, sem considerar os ganhos de eficiência produtiva até 2010, as necessidades de cana-de-açúcar para atender à demanda de açúcar e de álcool (anidro e hidratado), para os três cenários, são as seguintes: 299 milhões de toneladas de cana no cenário 1; 317 milhões de toneladas no cenário 2; e, no terceiro cenário, 335 milhões de toneladas de cana. Portanto, mantidas essas condições de demanda de álcool, percebe-se um excesso de oferta de matéria-prima, o que reforça a necessidade de se fortalecer o mercado interno e conquistar novos

mercados para o álcool. Nesse sentido, o carro bicombustível e o uso do álcool como combustível em outros países podem significar mudanças importantes no mercado desse produto.

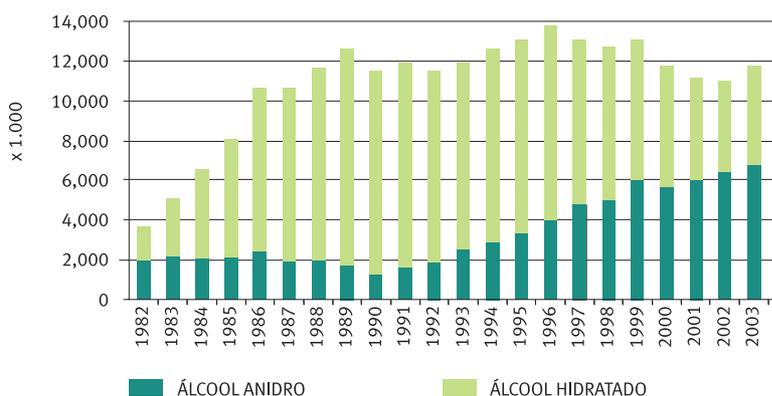
### O CARRO BICOMBUSTÍVEL

Em 2002, ocorreram duas importantes alterações no agronegócio da cana-de-açúcar que podem alterar as perspectivas de demanda pelo álcool combustível, no médio prazo: a primeira foi o lançamento do carro bicombustível<sup>5</sup> (*flex-fuel*) e a segunda foi o desenvolvimento do mercado externo para o álcool. O carro bicombustível é um veículo cujo motor admite a utilização de álcool hidratado ou de gasolina, em qualquer proporção: desde 100% álcool, até 100% gasolina, sendo que o consumidor pode fazer a escolha em função dos preços relativos entre os dois produtos, ou conforme a disponibilidade dos mesmos.

As vendas desses veículos iniciaram-se em março de 2003 e aumentaram, continuamente, ao longo do ano. Segundo dados da Anfavea, entre março e novembro de 2003 já tinham sido vendidos aproximadamente 35 mil veículos bicombustíveis. É importante observar que esse veículo dá ao consumidor o direito de escolher o combustível que quer utilizar, considerando-se questões de eficiência (potência, consumo) e de preços relativos, ou seja, quando a relação do preço do álcool em relação ao da gasolina for menor que 70%, provavelmente a opção será pelo uso do álcool hidratado.

O impacto do lançamento desse produto deve ser analisado sob dois aspectos: o primeiro, já mencionado, é o da autonomia do consumidor, que pode contribuir para afastar a preocupação com o risco do desabastecimento (já que, na falta de álcool hidratado, pode

FIGURA 4 | CONSUMO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL (1982-2003), EM MILHÕES DE LITROS



Fonte: Nastari (2003)

5 A primeira montadora a lançar o carro bicombustível foi a Volkswagen, com o Gol. A seguir, vieram o Chevrolet Corsa, VW Parati e Saveiro, Chevrolet Montana, VW Fox, Fiat Palio e Chevrolet Meriva.



abastecer com gasolina) e com a alta de preços do álcool hidratado. Imagina-se que, num cenário desfavorável ao uso do álcool hidratado, devido à relação de preços com a gasolina, os consumidores tendem a migrar para esse combustível, desaquecendo o mercado do álcool, com conseqüente redução de preços, tornando novamente atrativo seu uso. O segundo aspecto é a demanda adicional por álcool hidratado, advinda das vendas dos carros bicomcombustíveis, num cenário de preços favorável para esse combustível. Nessa situação, pode-se imaginar que todo comprador de carro bicomcombustível é um consumidor potencial do álcool hidratado, e a demanda por esse produto tende a crescer proporcionalmente às vendas desses veículos.

Quanto ao mercado internacional de álcool, é uma oportunidade excelente para o país, considerando-se as vantagens comparativas que temos na produção desse produto e ao fato de o álcool ser menos poluente que a gasolina, além de ser um combustível renovável. Desde a assinatura do Protocolo de Kyoto, diversos países desenvolvidos estão procurando alternativas menos poluentes que o petróleo, de forma a reduzirem suas emissões de CO<sub>2</sub>, o que abre excelentes oportunidades para o álcool combustível.

Contudo, o mercado internacional de álcool, embora concreto, deve ser encarado como de médio a longo prazos, porque diversas barreiras têm que ser vencidas, desde as protecionistas, impostas por alguns países desenvolvidos, até as culturais, já que poucos países conhecem o uso do álcool combustível em

larga escala. Além disso, os países que já demonstraram interesse concreto no uso do álcool anidro para mistura na gasolina, como o Japão, precisam de uma garantia de abastecimento a preços condizentes, pois não querem correr o risco de preços decorrentes da existência de apenas um fornecedor mundial do produto – no caso, o Brasil.

Dessa forma, o aumento da oferta dos canaviais para atender a esse novo mercado deve estar sintonizada com o surgimento da demanda. Caso contrário, o crescimento antecipado da oferta de cana-de-açúcar pode significar excedentes, com efeitos negativos sobre os preços, iniciando outro ciclo de preços baixos e penalizando toda a cadeia produtiva. Nesse caso, na ausência de planejamento da oferta, os preços do mercado se encarregam de fazer o ajuste entre oferta e demanda, expulsando os menos competitivos do mercado. Como diria Adam Smith, a mão invisível do mercado alocando os recursos, da forma mais eficiente possível.

A mudança no modo de atuação do Estado na economia brasileira impõe grandes mudanças a toda a sociedade, em particular àqueles setores que viveram sob forte intervenção, durante boa parte de sua existência – como é o caso do setor sucroalcooleiro. Se, por um lado, a redução da intervenção da forma anteriormente exercida – controle de preços, quantidades, comercialização dos produtos – aumenta a eficiência do sistema produtivo, por outro lado impõe desafios importantes ao setor privado, sendo um dos mais importantes o planejamento da oferta de cana-de-açúcar.

Para tanto, dadas as características dessa cadeia produtiva, fica evidenciada a necessidade de organização setorial e de um novo modelo de gestão, o que exige esforço de todos os agentes envolvidos, considerando-se o número de produtores e a diversidade existentes. Por outro lado, algumas oportunidades – como o carro bicomcombustível, a criação do mercado internacional de álcool, as questões ambientais, o mercado de carbono, dentre outras – são excelentes para o setor, podendo representar um novo ciclo de crescimento para o agronegócio da cana-de-açúcar. 

---

*\* Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes é Professora do Departamento Economia, Administração e Sociologia da USP/ESALQ (mafdmora@esalq.usp.br).*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAS, G. L. S.; BARROS, J. R. M.; BAROS, A. L. M. Modelo de intervenção mínima para o setor sucroalcooleiro. In: MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P. F. A. *Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios*. São Paulo: Atlas, 2002. cap. 2, p. 43-68.
- MB ASSOCIADOS/FIPE. *Cenários para o setor de açúcar e álcool*. São Paulo: abr. 2001.
- MORAES, M. A. F. D. *A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil*. Americana: Caminho Editorial, 2000. 238p.
- MORAES, M. A. F. D. Desregulamentação da agroindústria canavieira: novas formas de atuação do Estado e desafios do setor privado. In: MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P. F. A. *Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios*. São Paulo: Atlas, 2002. cap. 1, p. 21-42.
- NASTARI, P. M. Projeções de demanda de açúcar e álcool no Brasil no médio e longo prazos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DATAGRO SOBRE AÇÚCAR E ÁLCOOL, 3., out. 2003. São Paulo: 2003.

*Desempenho*

# A variabilidade dos preços do açúcar e do álcool em São Paulo

Mirian Rumenos Piedade Bacchi \*



*Usina Equipav; Promissão, SP; novembro 2001*

O setor sucroalcooleiro tem grande importância no cenário socioeconômico brasileiro, tanto no que diz respeito à geração de renda, quanto no que se refere à geração de divisas. Não se pode deixar de mencionar, também, sua importância na geração de emprego, especialmente no caso da mão-de-obra menos qualificada. Apesar da sazonalidade desse emprego, em função do ciclo produtivo da cana-de-açúcar, a atividade é intensiva no uso desse fator de produção, quando comparada a outras atividades agrícolas desenvolvidas no âmbito doméstico, e tem, por isso, um importante papel a desempenhar no contexto social. A cadeia produtiva da agroindústria canavieira e suas interações geram 1,2 milhão de empregos diretos no país. A cana-de-açúcar contribui, para a indústria no Estado de São Paulo, com 370 mil equivalentes homem/ano (EHA), o que representa 46% do total empregado na agropecuária paulista (Orplana – Organização dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo).

O Produto Interno Bruto do setor sucroalcooleiro representa 8% do Produto Interno Bruto agrícola nacional. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e o Estado de São Paulo ocupa posição de destaque nessa atividade agrícola, respondendo, no ano-safra de 2002/2003, por aproximadamente 60% da produção nacional e por 72% da produção da região Centro-Sul. Esse Estado é também o maior produtor brasileiro de açúcar e álcool. Diferentemente de outros grandes produtores de cana-de-açúcar, os brasileiros contam com uma grande flexibilidade na escolha dos produtos para os quais direcionam a matéria-prima, podendo produzir tanto açúcar – importante alimento energético na dieta da população brasileira (especialmente daqueles que têm baixo poder aquisitivo) – quanto álcool, que é considerado uma fonte de combustível renovável e menos poluente, em relação às fósseis. Atualmente o

álcool – anidro e hidratado – tem grande importância na matriz energética nacional, quando se trata de combustíveis automotivos.

No Brasil, o número de fornecedores de cana-de-açúcar é estimado em 60.000, sendo a maior parte formada por pequenos produtores rurais, que têm na atividade canavieira uma de suas principais fontes de renda. No Estado de São Paulo, aproximadamente 80% dos fornecedores entregam até 4.000 t de cana por safra, e apenas 8% fornecem mais de 10.000 t, podendo ser considerados grandes produtores (Orplana). Nos outros Estados, o número de pequenos fornecedores é também grande. As condições de mercado dos produtos finais do setor sucroalcooleiro afetam a rentabilidade desses fornecedores, uma vez que o sistema de pagamento da cana-de-açúcar, predominante nos Estados que têm importância no cenário produtivo nacional, utiliza o Sistema Consecana, que estabelece uma relação entre o preço recebido pela cana e os preços do açúcar e do álcool (Burnquist et al., 2002).

Em 1995, o Brasil passou a ser o maior exportador de açúcar do mundo, posição que vem conseguindo manter até os dias de hoje. No ano-safra 2002/2003, o Brasil exportou 13,4 milhões de toneladas de açúcar, o que representa 35% do volume comercializado no mercado internacional. Nas últimas safras, mais da metade da nossa produção de açúcar foi exportada. Esse produto tem tido uma importância crescente na pauta das exportações agrícolas brasileiras. Segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento e da Indústria e Comércio (Secex), as exportações de café em grão, soja, suco de laranja, açúcar (bruto e refinado), celulose e as carnes *in natura* de suínos, bovinos e frangos responderam por cerca de 23% das receitas totais obtidas com exportação pelo Brasil em 2002. Considerando o valor das exportações desse

conjunto de produtos, a soja respondeu por 43%, seguida pelo açúcar, responsável por 15%, e pela carne de frango, responsável por 9,6%.

Nos últimos dois anos, dentre os produtos primários exportados, o açúcar gerou a terceira maior receita, sendo precedida pela da soja e do “complexo carnes”. O Brasil exportou, entre 1996 e 2002, um total de 39,6 milhões de toneladas de açúcar bruto e 23,6 milhões de toneladas de açúcar refinado que, juntos, perfizeram a receita de US\$ 11,7 bilhões. Esse valor corresponde a 3,1% do total da receita obtida pelo país, no período, com exportações. As exportações brasileiras de álcool ainda têm sido pouco representativas mas, diante da necessidade de os países manterem uma matriz energética baseada em recursos renováveis e pouco poluentes, e considerando as propriedades ambientais do álcool, o mercado internacional desse produto tem um grande potencial de crescimento. Considerando, ainda, que nossos custos de produção são os menores do mundo, espera-se que o álcool brasileiro seja altamente competitivo.

Dada a mencionada importância do setor sucroalcooleiro na economia nacional, no que diz respeito à geração de renda, de emprego e divisas, considera-se pertinente uma análise dos movimentos dos preços desses produtos, nos últimos anos. Sabe-se que eles são determinantes da rentabilidade do setor, o que, por sua vez, afeta a produção e o emprego. A seguir, serão discutidos alguns aspectos considerados relevantes em relação aos preços, e mencionados também os desafios que o setor deve enfrentar para continuar crescendo às taxas que vinham ocorrendo no passado recente.

## EVOLUÇÃO DOS PREÇOS

Quando se trata de preços no setor sucroalcooleiro, um primeiro aspecto a ser considerado diz respeito à grande variabilidade verificada ao longo do tempo.

Essa variabilidade refere-se não só aos diferentes níveis observados em anos-safras consecutivos, mas também a variações entre os diferentes meses do ano-safra. Os diferentes níveis de preços no mercado doméstico de açúcar e álcool, observados em anos-safras consecutivos, estão diretamente relacionados aos montantes de cana-de-açúcar produzidos e à alocação dessa matéria-prima entre o açúcar e o álcool. Nesse contexto, observam-se níveis médios de preços reais (valores de novembro de 2003) bastante diferenciados ao longo do tempo, como pode ser visualizado nas Figuras 1 e 2, para os preços de açúcar e álcool, respectivamente. No caso do açúcar, o preço médio do ano-safra 2002/2003 é aproximadamente 40% maior que o do ano-safra 1998/1999, no qual se observou o menor preço médio dos últimos seis anos-safras. No caso do álcool, o diferencial máximo de preço é de aproximadamente 55%, e ele ocorre quando se considera o ano-safra 2000/2001 relativamente ao 1998/1999.

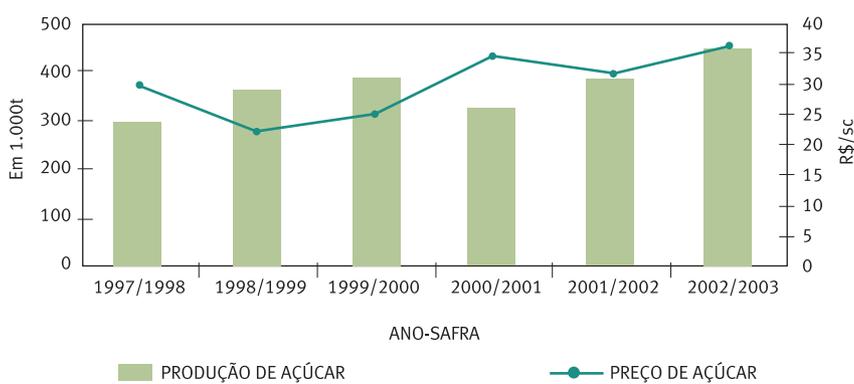
A teoria econômica e os conhecimentos empíricos apontam que, para uma dada demanda de mercado, quanto maior for a produção de um bem, menor será o seu preço no mercado. Se a demanda desse bem for inelástica, o deslocamento da curva de oferta, propiciando maior volume a ser comercializado, deve resultar não só na queda do preço do produto, mas também na queda da receita bruta setorial obtida no processo de venda. Nas Figuras 1 e 2, podem ser observadas as relações negativas entre produção e preços, tanto no caso do açúcar quanto no do álcool. Observa-se, no entanto, que, apesar de os preços médios serem, no geral, maiores em anos-safras de menor produção e vice-versa, no ano-safra 2002/2003 ocorreu aumento dos preços médios do açúcar e do álcool, apesar de a produção desses bens ter sido superior, comparativamente ao ano-safra anterior. Alguns fatores conjunturais explicam essa

relação atípica entre produção e preço, podendo-se citar, como os mais importantes, a desvalorização da moeda nacional, que induziu a um aumento da rentabilidade obtida com o açúcar exportado, que é uma referência para o preço interno, e a relação favorável do preço do álcool, comparativamente ao de combustíveis fósseis, o que motivou um aumento expressivo do consumo de álco-

ol hidratado, que passou a ser utilizado em mistura com gasolina C.

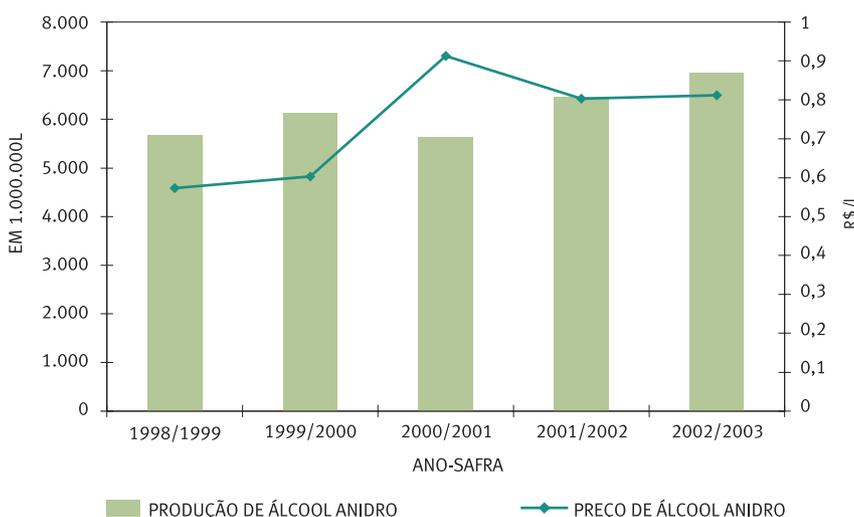
Também no ano de 1999/2000 ocorreu aumento do preço, apesar de a produção ser maior que a do ano anterior. Não se pode deixar de mencionar, nesse caso, como determinante dessa relação atípica entre produção e preço, o uso de práticas comerciais inovadoras pelos agentes do mercado, relacionadas a uma

FIGURA 1 | EVOLUÇÃO DO PREÇO REAL (INDICADOR CEPEA/ESALQ) E PRODUÇÃO DE AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL.



Fonte: CEPEA/ESALQ e UNICA

FIGURA 2 | EVOLUÇÃO DE PREÇO REAL DO ÁLCOOL ANIDRO NO ESTADO DE SÃO PAULO (INDICADOR CEPEA/ESALQ) E PRODUÇÃO DE ÁLCOOL ANIDRO NA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL



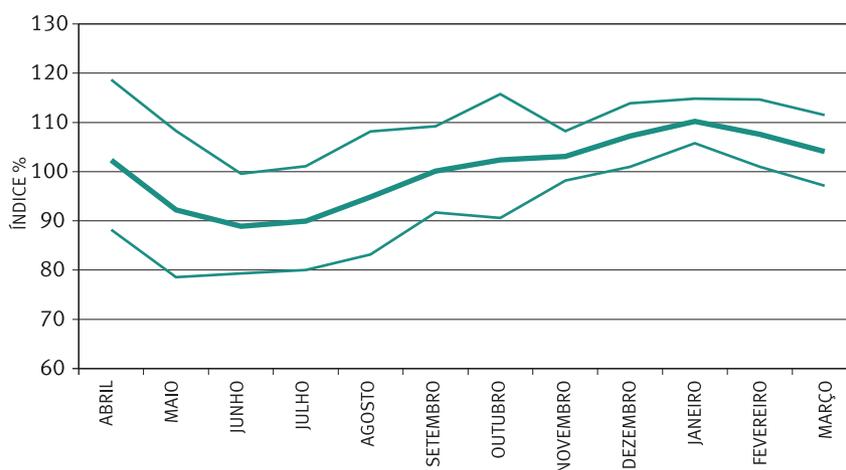
Fonte: CEPEA/ESALQ e UNICA

\_melhor distribuição da oferta dos produtos ao longo do ano-safra, o que vem dando, em alguns momentos, sustentação aos preços internos. Apesar das oscilações de produção e preços em anos consecutivos, tanto no caso de açúcar como no de álcool, conforme foi discutido, observa-se uma tendência crescente, tanto de preços como de produção, ao se considerar o período como um todo (1997/1998 a 2002/2003, no caso do açúcar, e 1998/1999 a 2002/2003, no caso do álcool), especialmente em função dos movimentos verificados em 2002/2003 (Figuras 1 e 2).

No presente ano-safra 2003/2004, considerando os preços reais médios do período de maio a novembro, observa-se queda em relação aos vigentes nesse mesmo período, nos três anos anteriores, tanto no caso do açúcar quanto no do álcool. Em termos percentuais, a queda observada entre maio e novembro no atual ano-safra foi, no caso do açúcar, a maior verificada desde o início do período de abrangência dessa análise (1997/1998 a 2002/2003), representando uma variação negativa de 35%. Para o álcool anidro, a queda foi de aproximadamente 27%, a segunda maior do período compreendido entre os anos-safras 1998/1999 e 2001/2002.

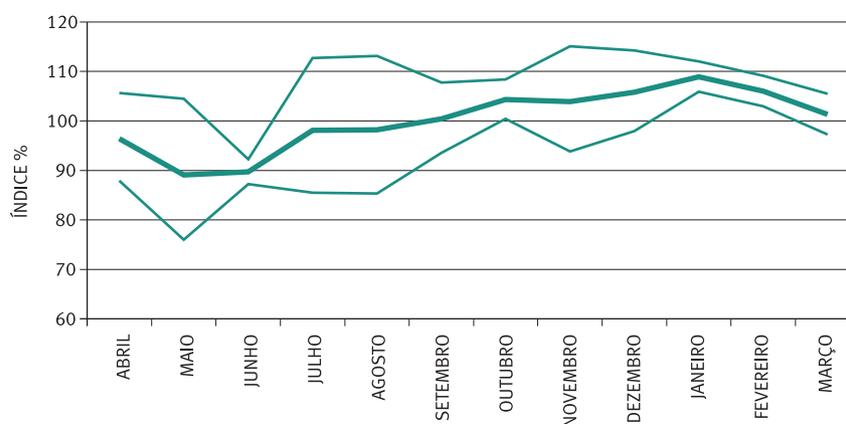
Além das variações expressivas nos preços de açúcar e álcool observadas entre diferentes anos-safras, verificam-se também variações expressivas desses preços ao longo dos meses do ano, conforme já mencionado. Essas variações estão relacionadas ao ciclo produtivo da cana-de-açúcar. Nos meses de safra (abril/maio a novembro/dezembro), as necessidades de recursos financeiros das unidades produtoras de açúcar e álcool são grandes, o que motiva maior competição entre elas e queda nos preços desses produtos, comparativamente aos meses de entressafra. Nas Figuras 3 e 4, pode ser observado o padrão da variação estacional dos preços de açúcar cristal e álcool anidro, respectivamente.

FIGURA 3 | VARIAÇÃO ESTACIONAL DO PREÇO DE AÇÚCAR CRISTAL NO ESTADO DE SÃO PAULO



Fonte: Bacchi e Marjotta-Maistro (2003).

FIGURA 4 | VARIAÇÃO ESTACIONAL DO PREÇO DE ÁLCOOL ANIDRO NO ESTADO DE SÃO PAULO



Fonte: Bacchi e Marjotta-Maistro (2003).



Posto anuncia preços para álcool e gasolina; Curitiba, PR; 22 de janeiro de 2003 (no fechamento desta edição, em maio de 2004, o preço do álcool estava por volta de R\$ 0,80 e o da gasolina em cerca de R\$ 1,90)

Para o açúcar, o preço em fevereiro é, em média, aproximadamente 24% maior que o de junho. A maior variação de preço, no caso do álcool anidro, ocorre entre os meses de janeiro (início da entressafra) e maio (início da safra), sendo essa variação de aproximadamente 22%.

Cumpra chamar a atenção para o fato de que esses índices de preços referem-se aos valores médios para cada mês do ano-safra, mas a dispersão desses preços em cada mês, em anos-safras consecutivos, pode ser avaliada através da amplitude do intervalo de confiança, representado pelas linhas externas, nas Figuras 3 e 4. Verifica-se que os preços do álcool e do açúcar são mais previsíveis quando eles estão em nível mais elevado, quando o intervalo de confiança se estreita. A correlação entre os preços de álcool anidro e álcool hidratado é bastante elevada, de forma que as inferências feitas para o primeiro, quanto à variabilidade entre e intra anos-safras, podem ser estendidas ao segundo. Da mesma maneira, sabe-se que existe uma correlação expressiva entre o preço do

açúcar cristal industrial e o preço do açúcar cristal empacotado e refinado, o que permite, também nesse caso, uma certa generalização dos resultados encontrados na análise do padrão de variação do preço do açúcar cristal industrial.

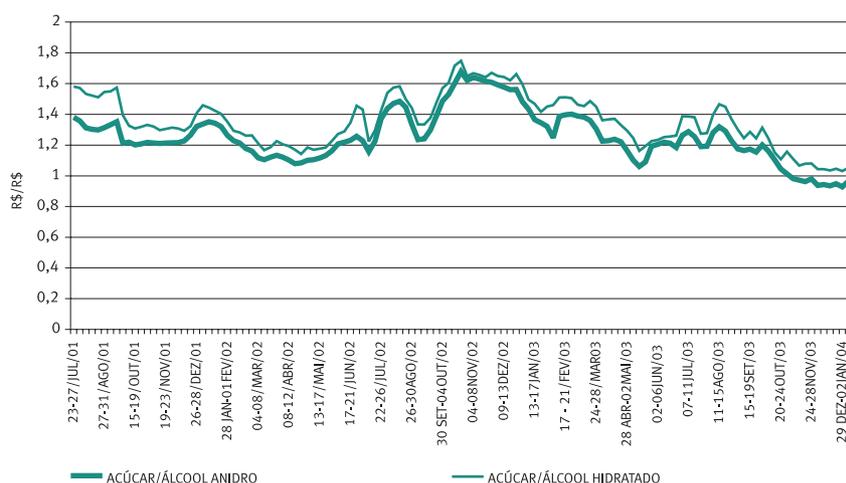
Um importante aspecto a ser considerado, quando se trata da variabilidade do preço doméstico de açúcar, diz respeito ao relacionamento entre esse preço e o do mercado internacional. Esse relacionamento tem se apresentado bastante forte no período da safra da cana-de-açúcar da região Centro-Sul. Na entressafra dessa região, no entanto, verifica-se, com frequência, uma menor relação entre eles, podendo-se observar até movimentos contrários, em alguns anos específicos, como são os casos dos anos-safras 1998/1999 e 2000/2001. Apesar disso, estudos feitos no âmbito acadêmico, utilizando métodos quantitativos, têm mostrado que o preço do mercado internacional é uma variável importante a ser considerada, quando se trata do processo de formação de preço do açúcar.

Na agroindústria canavieira brasileira, conforme já mencionado, os agentes têm, na sua grande maioria, possibilidade de alocar a cana-de-açúcar para a produção de açúcar ou de álcool, dependendo das condições de mercado desses produtos. Dessa forma, seria de se esperar que a relação entre os preços equivalentes do açúcar e do álcool se apresentasse próxima da unidade<sup>1</sup>. Embora as variações das médias anuais dos preços do açúcar e do álcool ocorram sempre no mesmo sentido (Figuras 1 e 2), observa-se, na Figura 5, que, ao longo do período compreendido entre os meses de julho de 2001 e janeiro de 2004, eles não apresentaram uma relação tão forte quanto a esperada, uma vez que somente em alguns momentos desse período analisado a relação desses preços é próxima da unidade. Forças de mercado e compromissos dos agentes do setor com o governo, para a manutenção dos preços de álcool em níveis condizentes com a política antiinflacionária, têm feito com que a relação entre os preços equivalentes do açúcar e do álcool alterem-se bastante, ao longo do ano-safra. Na Figura 5, pode-se observar que, ao longo do período compreendido entre os meses de julho de 2001 e novembro de 2003, o açúcar chegou a remunerar 70% mais que o álcool hidratado e, em novembro de 2003, 60% mais que o álcool anidro. Em poucos momentos desse período os preços desses produtos foram equivalentes.

### FALTA DE REGULAMENTAÇÃO

Fica claro que uma elevada organização setorial se faz necessária para vencer os desafios de um mercado com regulamentação praticamente inexistente. Como é reconhecido por alguns participantes do setor, a auto-regulação deve ser utilizada, agora, como um instru-

FIGURA 5 | RELAÇÃO ENTRE PREÇOS EQUIVALENTES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO MERCADO DOMÉSTICO



Fonte: CEPÊA

1 Os preços equivalentes são calculados com base em quantidades de Açúcar Total Recuperável (ATR) utilizadas na produção de açúcar e álcool e em diferenciais de custos industriais desses dois produtos.

mento que garanta a estabilidade de preços em níveis condizentes com os custos de produção. Nesse sentido, torna-se necessário desenvolver mecanismos que possibilitem compatibilizar a oferta e a demanda tanto do açúcar quanto do álcool. Torna-se premente, então, o fortalecimento das instituições que representam os agentes desse setor, visando a implementar estratégias de médio e longo prazos e reivindicar algum suporte governamental à atividade de comercialização dos produtos do setor. Por exemplo, financiamento para estocagem de álcool, visando a uma maior estabilidade de preços e receita.

O desenvolvimento de outros mecanismos de mercado como, por exemplo, os contratos futuros, opções e Cédulas de Produto Rural (CPR) são também importantes, no sentido de propiciar melhores condições para a comercialização dos produtos. A grande variabilidade dos preços de açúcar e álcool, que está relacionada às condições de oferta e demanda desses produtos, indicam que a continuidade do crescimento do setor

sucroalcooleiro no Brasil exige que se garanta o acesso de seus produtos a novos mercados. No caso do açúcar, esse maior acesso estaria vinculado a condições favoráveis no mercado internacional, uma vez que o mercado doméstico tende a crescer pouco, observando-se até mesmo uma estagnação, nos últimos anos. Nesse sentido, são importantes ações contra o protecionismo, especialmente o existente na União Européia, que pode vir a se estender a outros países que adotam políticas dessa natureza, conforme mencionado por Burnquist e Bacchi (2002).

No caso do álcool, as ações devem buscar um deslocamento da demanda interna e externa. No contexto interno, o incentivo ao carro flexível, a adição do álcool no diesel, a ampliação das frotas cativas e a utilização desse produto como fonte de energia, em equipamentos nos quais seu uso ainda não é habitual (como na aviação, caldeiras etc.) poderiam incrementar seu consumo. No âmbito externo, deve-se dar continuidade às ações que visam a transformar o ál-

cool em *commodity*, incentivando a utilização desse produto, em função das suas propriedades ambientais. 

**\* Mirian Rumenos Piedade Bacchi é**  
Professora do Departamento de Economia,  
Administração e Sociologia da USP/ESALQ  
(mrpbacch@esalq.usp.br).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCHI, M. R. P.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C. Análise do padrão sazonal e das relações de preços do açúcar e álcool no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2003, Juiz de Fora, MG. *Anais...*. Brasília: Associação Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2003.
- BURNQUIST, H. L.; BACCHI, M. R. P.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C. Análise da comercialização dos produtos do setor sucroalcooleiro brasileiro: evolução, contexto institucional e desempenho. In: MORAES, M. A. F. D. de; SHIKIDA, P. F. A. (Orgs.). *Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios*. São Paulo: Atlas, 2002.
- BURNQUIST, H. L.; BACCHI, M. R. P. Análise de barreiras protecionistas? no mercado de açúcar. In: MORAES, M. A. F. D. de; SHIKIDA, P. F. A. (Orgs.). *Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios*. São Paulo: Atlas, 2002.



Produção de álcool na Usina da Barra; Barra Bonita, SP; novembro 2001

SILVIO FERREIRA UNICA

# FUTURO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL: COMO OS PRODUTORES UTILIZAM ESSE CONTRATO?

O mercado futuro, além de permitir proteção contra as oscilações adversas nos preços de uma *commodity*, desempenha outro papel muito importante: o da descoberta dos preços futuros. O mercado futuro de açúcar e álcool proporciona ao setor sucroalcooleiro um planejamento melhor da atividade, bem como a sinalização dos preços que vigorarão no futuro.

## Evolução dos Contratos Futuros de Açúcar e Álcool na BM&F

Os contratos futuros de açúcar e álcool possuem grande importância para o setor sucroalcooleiro, diante da volatilidade dos preços e o risco que representa para usinas, processadores de açúcar e distribuidores de álcool.

Os dados de 2003 e 2004 mostram o crescimento desses mercados. No ano de 2003, foram transacionadas aproximadamente 554 mil toneladas de açúcar cristal especial, totalizando US\$ 87,64 milhões. No ano de 2004, houve aumento significativo, registrando no primeiro trimestre aumento de 93% em relação ao mesmo período do ano anterior. O mercado futuro de álcool anidro em 2003 foi responsável pela negociação de 1.474 mil m<sup>3</sup>, representando 17,1% da produção nacional e um volume financeiro de pouco mais de US\$ 385 milhões.

## Como um produtor pode realizar o hedge de sua produção de açúcar e álcool, buscando proteção contra as oscilações adversas nos preços de seus produtos?

n

### Proteção (*hedge*) de Venda de Açúcar Cristal Especial

Suponha-se que uma usina queira garantir antecipadamente a margem de lucro de 6.750 toneladas de açúcar para setembro, quando terá o compromisso de fornecer esse volume para uma indústria de alimentos.

Para tanto a usina vende, no dia 03 de maio, 500 contratos de açúcar cristal para o venci-

mento setembro, por US\$7,75/saca, assumindo uma posição vendida (*short*) no mercado futuro.

Ao entrar no mercado futuro da BM&F, o agente deve pagar as taxas operacionais devidas e depositar US\$110 mil como margem de garantia (lembre-se de que, para o *hedger*, a margem de um contrato de açúcar cristal é igual a US\$220,00). Caso não ocorram problemas de inadimplência em relação ao paga-

mento de ajustes diários, o montante relativo à margem (de US\$110 mil) será devolvido no final da operação.

Por hipótese, do início da operação (03/05) até o vencimento de setembro pode-se desenharmos dois cenários: queda ou elevação dos preços futuros do açúcar. Suponha-se que (I) aconteça uma queda de US\$1,00/sc no preço do açúcar e (II) elevação de US\$1,00/sc no preço do contrato futuro de açúcar.

Tabela 1: Resultado no mercado futuro <sup>1</sup>

| A. Ganho Bruto no Mercado Futuro                                     |                         |                 |              |
|--|-------------------------|-----------------|--------------|
| Cotação Entrada (US\$/sc)  | Cotação Saída (US\$/sc) | Nº de Contratos | Total (US\$) |
| 7,75   | 6,75                    | 500             | 135.000,00   |
| US\$135.000,00 = (US\$7,75/sc - US\$6,75/sc) x 270sc x 500 contratos |                         |                 |              |
| B. Emolumentos   |                         |                 |              |
| Valor por Contrato (US\$)  | Nº de Contratos         | Total (US\$)    |              |
| -0,68  | 500                     | -680,00         |              |
| US\$680,00 = US\$0,68 x 500 contratos x 2 (entrada e saída)          |                         |                 |              |
| Resultado (A - B)  |                         |                 |              |
| A  | B                       | Resultado       |              |
| 135.000,00   | -680,00                 | 134.320,00      |              |

<sup>1</sup> Não foram considerados os custos de oportunidade relativos à margem de garantia e aos ajustes diários, assim como as taxas operacionais básicas (TOB).

Tabela 2: Resultado Total da Operação de Hedge

| A. Mercado Físico                     |                    |                  |
|---------------------------------------|--------------------|------------------|
| Quantidade de Sacas                   | Preço no dia 01/09 | Total (US\$)     |
| 135.000                               | 6,75               | 911.250,00       |
| US\$911.250,00 = (US\$6,75 x 135.000) |                    |                  |
| B. Ganho no Mercado Futuro            |                    |                  |
| 134.320,00                            |                    |                  |
| Resultado (A + B)                     |                    |                  |
| A                                     | B                  | Resultado (US\$) |
| 911.250,00                            | 134.320,00         | 1.045.570,00     |
| Resultado por Saca (US\$)             |                    | 7,745            |

**Tabela 3: Resultado no mercado futuro <sup>1</sup>**

| A. Perda Bruta no Mercado Futuro                                      |                         |                    |                    |
|---|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Cotação Entrada (US\$/sc)   | Cotação Saída (US\$/sc) | Nº de Contratos    | Total (US\$)       |
| 7,75  | 8,75                    | 500                | <b>-135.000,00</b> |
| -US\$135.000,00 = (US\$7,75/sc - US\$8,75/sc) x 270sc x 500 contratos |                         |                    |                    |
| B. Emolumentos  |                         |                    |                    |
| Valor por Contrato (US\$)   | Nº de Contratos         | Total (US\$)       |                    |
| -0,68   | 500                     | <b>-680,00</b>     |                    |
| US\$680,00 = US\$0,68 x 500 contratos x 2 (entrada e saída)           |                         |                    |                    |
| Resultado (A - B)   |                         |                    |                    |
| A   | B                       | Resultado          |                    |
| -135.000,00   | -680,00                 | <b>-135.680,00</b> |                    |

<sup>1</sup> Não foram considerados os custos de oportunidade relativos à margem de garantia e aos ajustes diários, assim como as taxas operacionais básicas (TOB).

**Tabela 4: Resultado Total da Operação de Hedge**

| A. Mercado Físico                       |                    |                     |
|---|--------------------|---------------------|
| Quantidade de Sacas                     | Preço no dia 01/09 | Total (US\$)        |
| 135.000                                 | 8,75               | <b>1.181.250,00</b> |
| US\$1.181.250,00 = (US\$8,75 x 135.000) |                    |                     |
| B. Resultado no Mercado Futuro          |                    |                     |
| <b>(135.680,00)</b>                     |                    |                     |
| Resultado (A + B)                       |                    |                     |
| A                                       | B                  | Resultado (US\$)    |
| 1.181.250,00                            | -135.680,00        | <b>1.045.570,00</b> |
| <b>Resultado por Saca (US\$)</b>        | <b>7,745</b>       |                     |

## I. Queda no preço do açúcar

No dia 1º de setembro, a usina decide liquidar sua posição de venda, efetuada em 03/05, revertendo sua posição na BM&F através da compra de 500 contratos do vencimento setembro pelo preço de US\$6,75/sc. Ao realizar essa operação, a usina paga as respectivas taxas operacionais. Vale mencionar que esse agente poderia optar por liquidar sua posição na Bolsa via entrega física, porém decidiu não utilizar essa alternativa. Caso fosse de seu interesse, a usina ficaria posicionada e emitiria um Aviso de Entrega (demonstrando sua intenção de efetuar a entrega física) à Bolsa no período entre o 1º e o 5º dia útil do mês de vencimento (setembro).

Observe-se que com os preços futuros em queda, a usina receberá US\$135.000,00 =

[(US\$7,75/sc – US\$6,75/sc) x 270 sacas x 500 contratos], relativos aos ajustes diários no período em questão (maio de 2004 a setembro de 2004). Na tabela 1, mostra-se que, após descontados os emolumentos o agente terá um ganho de US\$134.320,00 no mercado futuro.

Suponha-se ainda que no mesmo dia, 1º de setembro, seja realizada a venda das 6.750 toneladas (500 contratos) de açúcar no mercado físico por US\$6,75/sc. Considerando-se o ganho no mercado futuro, a usina receberá, em termos líquidos, US\$7,745/sc, como demonstrado na tabela 2.

Conclui-se que a queda no preço futuro e no mercado a vista foi compensada pelo ganho na Bolsa, cumprindo-se, assim, o papel do *hedge*.

## II. Elevação do preço do açúcar

Suponha-se que, ao invés dos preços caírem, haja um aumento no preço do açúcar por ocasião da liquidação dos contratos, elevando-se para US\$8,75/sc, no dia 1º de setembro (tabelas 3 e 4).

Conclui-se, portanto, que a perda nos mercados futuros é compensada pela alta das cotações no mercado físico. O resultado para o produtor foi exatamente o mesmo que ele objetivava no início da operação, obtendo um preço que remunera seus custos e lhe garante uma margem de lucro.

## n

### Hedge de Venda de Alcool Anidro

Suponha-se que uma usina comercialize álcool anidro com distribuidoras de combustíveis e para proteger-se de oscilações de preços, garantindo, assim um melhor retorno com a venda, decide vender contratos futuros de álcool na BM&F referentes a 600 m<sup>3</sup>. A usina pretende entregar o álcool em setembro.

Para se proteger de eventuais oscilações de preços no período da safra, a usina vende, no dia 03 de maio, 20 contratos de álcool anidro (600 m<sup>3</sup>) para o vencimento setembro, pelo preço de R\$575,00/m<sup>3</sup>. Ao realizar a operação, a usina assume uma posição vendida no mercado futuro.

Operações no mercado futuro da BM&F implicam no pagamento de algumas taxas e cumprimento de alguns requisitos. A usina deve depositar R\$28.800,00 como margem de garantia (é importante destacar que, para o *hedge*, a margem de garantia de um contrato de álcool anidro é igual a R\$1.920,00).

Duas situações podem ser consideradas após a usina ter se posicionado no mercado futuro: queda ou aumento dos preços do álcool. Suponhamos que (I) aconteça uma queda de R\$50,00/m<sup>3</sup> no preço futuro do álcool e (II) aumento de R\$50,00/m<sup>3</sup> no preço do contrato futuro de álcool.

**Tabela 5: Resultado no Mercado Futuro <sup>1</sup>**

| A. Ganho Bruto no Mercado Futuro      |                                     |                 |                  |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|
| Cotação Entrada (R\$/m <sup>3</sup> ) | Cotação Saída (R\$/m <sup>3</sup> ) | Nº de Contratos | Total (R\$)      |
| 575,00                                | 525,00                              | 20              | <b>30.000,00</b> |

$R\$30.000,00 = (R\$575,00/m^3 - R\$525,00/m^3) \times 20 \text{ contratos} \times 30 \text{ m}^3$

**B. Emolumentos**

| Valor por Contrato (R\$) | Nº de Contratos | Total (R\$)    |
|--------------------------|-----------------|----------------|
| -3,84                    | 20              | <b>-153,60</b> |

$R\$153,60 = R\$3,84 \times 20 \text{ contratos} \times 2 \text{ (entrada e saída)}$

**Resultado (A - B)**

| A         | B       | Resultado        |
|-----------|---------|------------------|
| 30.000,00 | -153,60 | <b>29.846,40</b> |

<sup>1</sup> Não foram considerados os custos de oportunidade relativos à margem de garantia e aos ajustes diários, assim como as taxas operacionais básicas (TOB).

**Tabela 6: Resultado Total da Operação de Hedge**

| A. Mercado Físico            |        |                    |                   |
|------------------------------|--------|--------------------|-------------------|
| Quantidade de Metros Cúbicos |        | Preço no dia 01/09 | Total (R\$)       |
| 600                          | 525,00 |                    | <b>315.000,00</b> |

$R\$315.000,00 = 600m^3 \times R\$525,00/m^3$

**B. Ganho no Mercado Futuro**

**29.846,40**

**Resultado (A + B)**

| A          | B         | Resultado (R\$)   |
|------------|-----------|-------------------|
| 315.000,00 | 29.846,40 | <b>344.846,40</b> |

**Resultado por Metro Cúbico (R\$)**

**574,744**

**Tabela 7: Resultado no mercado futuro <sup>1</sup>**

| A. Perda Bruta no Mercado Futuro      |                                     |                 |                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Cotação Entrada (R\$/m <sup>3</sup> ) | Cotação Saída (R\$/m <sup>3</sup> ) | Nº de Contratos | Total (R\$)       |
| 575,00                                | 625,00                              | 20              | <b>-30.000,00</b> |

$-R\$30.000,00 = (R\$575,00/m^3 - R\$625,00/m^3) \times 30m^3 \times 20 \text{ contratos}$

**B. Emolumentos**

| Valor por Contrato (R\$) | Nº de Contratos | Total (R\$)    |
|--------------------------|-----------------|----------------|
| -3,84                    | 20              | <b>-153,60</b> |

$R\$153,60 = R\$3,84 \times 20 \text{ contratos} \times 2 \text{ (entrada e saída)}$

**Resultado (A - B)**

| A          | B       | Resultado         |
|------------|---------|-------------------|
| -30.000,00 | -153,60 | <b>-30.153,60</b> |

<sup>1</sup> Não foram considerados os custos de oportunidade relativos à margem de garantia e aos ajustes diários, assim como as taxas operacionais básicas (TOB).

**Tabela 8: Resultado Total da Operação de Hedge**

| A. Mercado Físico            |        |                    |                   |
|------------------------------|--------|--------------------|-------------------|
| Quantidade de Metros Cúbicos |        | Preço no dia 01/09 | Total (R\$)       |
| 600                          | 625,00 |                    | <b>375.000,00</b> |

$R\$375.000,00 = 600m^3 \times R\$625,00/m^3$

**B. Resultado no Mercado Futuro**

**-30.153,60**

**Resultado (A + B)**

| A          | B          | Resultado (R\$)   |
|------------|------------|-------------------|
| 375.000,00 | -30.153,60 | <b>344.846,40</b> |

**Resultado por Metro Cúbico (R\$)**

**574,744**

**I. Queda no preço do álcool**

Considere-se que no dia 1º de setembro, a usina decidiu liquidar sua posição por reversão na BM&F, comprando a mesma quantidade de contratos com vencimento em setembro ou seja, 20 contratos. O preço futuro no dia 1º de setembro é R\$525,00/m<sup>3</sup>. Ao realizar essa operação, paga as respectivas taxas operacionais. A usina poderia optar por liquidar sua posição na Bolsa via entrega física, bastando manifestar sua intenção de entregar para a BM&F (apresentando o aviso de entrega) entre o 1º e o 5º dias úteis do mês de vencimento.

Com a queda do preço do vencimento de setembro a usina irá receber R\$30.000,00 =  $(R\$575,00/m^3 - R\$525,00/m^3) \times 30 \text{ m}^3 \times 20 \text{ contratos}$ , relativos aos ajustes diários no período em questão (maio a setembro de 2004). Veja tabela 5.

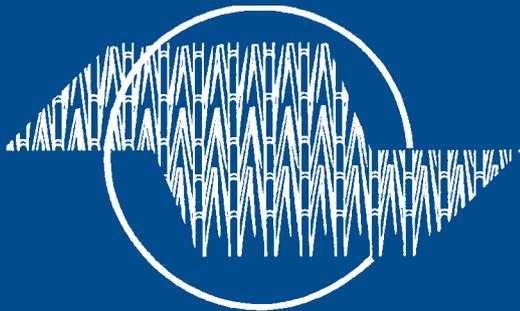
Suponha-se ainda que no mesmo dia, 1º de setembro, a usina venda os 600.000 litros (600m<sup>3</sup>), o equivalente a 20 contratos futuros de álcool, no mercado físico pelo preço de R\$525,00/m<sup>3</sup>. Considerando-se o ganho no mercado futuro, a usina receberá, em termos líquidos, R\$574,75/m<sup>3</sup>, como demonstrado a seguir (tabela 6).

Portanto, é possível concluir que a queda do preço do álcool anidro foi compensada pelo ganho na Bolsa (Mercado Futuro), recuperando o montante perdido com a comercialização do produto por um preço inferior no mercado à vista. Dessa forma o objetivo inicial da usina em garantir uma margem de lucro foi atendida pela operação de *hedge*.

**II. Elevação do preço do álcool**

A situação a seguir considera um aumento dos preços do álcool em setembro. Suponha-se que os preços tenham se elevado para R\$625,00/m<sup>3</sup>, no dia 1º de setembro. A tabela abaixo mostra o resultado da operação do *hedge* de venda de álcool, primeiramente no mercado futuro (tabela 7 e 8).

O resultado da operação, nesta situação (II) revela que o *hedge* na BM&F funciona como um instrumento de trava do preço. A usina, ao ingressar no mercado futuro, vendendo contratos futuros de álcool, a R\$575,00/m<sup>3</sup>, fixa suas vendas de setembro nesse patamar, ou seja, em setembro poderá negociar sua produção de álcool anidro ao preço de R\$575,00/m<sup>3</sup>.



**ORPLANA**

Organização de Plantadores de Cana  
do Estado de São Paulo

ORPLANA

Av. Dona Maria Elisa, 275 | Piracicaba  
13405 125 SP | Brasil | (19) 3423-3690  
orplana@orplana.com.br | www.orplana.com.br

Este é  
o nosso  
negócio

---

Produzir cana

---

Gerar empregos

---

Riqueza para o Brasil

---

# REVISTA **SCIENTIA AGRICOLA**

## ASSINATURA

Assinatura anual: R\$ 80,00

Nº Avulso: R\$ 30,00

## PERIODICIDADE

Seis números por ano.

## CUSTO PARA PUBLICAÇÃO

Se o 1º autor ou o autor correspondente for assinante:

- R\$ 15,00 por página impressa no formato final, até 6 páginas.
- R\$ 50,00 por página adicional.

Se o 1º autor e/ou autor correspondente não for assinante:

- R\$ 30,00 por página impressa no formato final, até 6 páginas.
- R\$ 100,00 por página adicional.

## COMO ASSINAR

1. Depósito em conta bancária:

Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz  
Banespa (033) • Agência 0041 • Conta 13.50077-2 ou  
Banco do Brasil • Agência 3384-7 • Conta: 4008-8

2. Enviar para o endereço abaixo o **comprovante de depósito** (Via Fax ou Carta) juntamente com os **dados pessoais**:

- nome
- instituição
- endereço completo
- telefone
- email

USP/ESALO/SCIENTIA AGRICOLA / COMISSÃO DE PUBLICAÇÕES

Av. Pádua Dias, 11 • CP 9 • 13418-900 • Piracicaba, SP • Brasil  
Tel/Fax: (19) 3429-4401 • e-mail: scientia@esalq.usp.br  
www.esalq.usp.br/scientia • www.scielo.br/sa



## Cana vai gerar plástico biodegradável

A cana-de-açúcar tem gerado produtos ecológicos, a exemplo do plástico biodegradável originário do açúcar, de rápida decomposição, quando descartado em aterros sanitários, pela ação de microrganismos. O primeiro projeto no mundo para produzi-lo foi implantado em Serrana-SP. Uma associação entre as usinas Biagi e Balbo gerou a empresa PHB Industrial, que instalou uma planta-piloto industrial, com tecnologia 100% nacional, desenvolvida por pesquisa conjunta do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP e Copersucar. O emprego do plástico da cana é vasto, mas há grande interesse na geração de produtos hospitalares, cuja degradação ocorreria em tempo menor.

### Mais informações

Raffaella Rossetto, Apta – Pólo Regional de Desenvolvimento do Centro Sul (rossetto@merconet.com.br).



## Tecnologias controlam cupim e cigarrinha-da-raiz

Novas tecnologias vêm contribuir para o controle de pragas que afetam diretamente a cana-de-açúcar. Uma delas é a isca/armadilha para monitoramento de cupins subterrâneos, que captura o inseto em suas diferentes castas (ninfas, operários, soldados e indivíduos sexuais), após o vôo, quando buscam local para novas colônias. É especialmente atrativa para *Heterotermes tenuis*, o cupim mais daninho para a cana. Através do monitoramento, é possível reali-

zar o controle químico convencional da praga; um novo método baseado no comportamento dos cupins está em teste-piloto. Outra inovação é o inseticida biológico que controla a cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar. O produto, que tem como ingrediente ativo o fungo *Metarhizium anisopliae*, pode ser encontrado nas formulações pó molhável e suspensão oleosa emulsionável. A população de cigarrinha-da-raiz foi mantida sob controle, em cerca de 500 mil hec-

tares tratados com o fungo, num sistema que garante sustentabilidade ao agroecossistema. A isca/armadilha para cupins foi desenvolvida em colaboração com a USFCar, e o controle de cigarrinha em parceria com a Itaforte BioProdutos.

### Mais informações

Professor Sérgio Batista Alves, Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, USP/ESALQ, (sebalves@esalq.usp.br).



## Silagem da cana facilita alimentação animal

A colheita diária da cana-de-açúcar e o fornecimento imediato ao rebanho não é mais a única alternativa de uso para essa forragem na alimentação animal. A ensilagem poderá associar eficiência técnica no processo de conservação e promover desempenhos satisfatórios dos animais, revelando uma estratégia interessante, com maior conforto operacional e melhor manejo do canavial. Es-

tudos recentes mostraram a efetiva ação de aditivos químicos e microbianos na conservação da cana, reduzindo a produção de etanol a teores considerados aceitáveis, diminuindo as perdas e garantindo boa estabilidade das silagens, após a abertura dos silos. O destaque esteve para o inoculante bacteriano da cepa *Lactobacillus buchneri* 40788 e dos químicos benzoato de sódio e uréia. Na

média dos experimentos, o consumo das rações contendo silagem de cana aditivada aumentou em 15%, e o ganho de peso dos animais em cerca de 35%, em relação às silagens sem aditivo.

### Mais informações

Professor Luiz Gustavo Nussio, Departamento de Zootecnia, USP/ESALQ (nussio@esalq.usp.br).

## Qualidades das novas variedades Copersucar

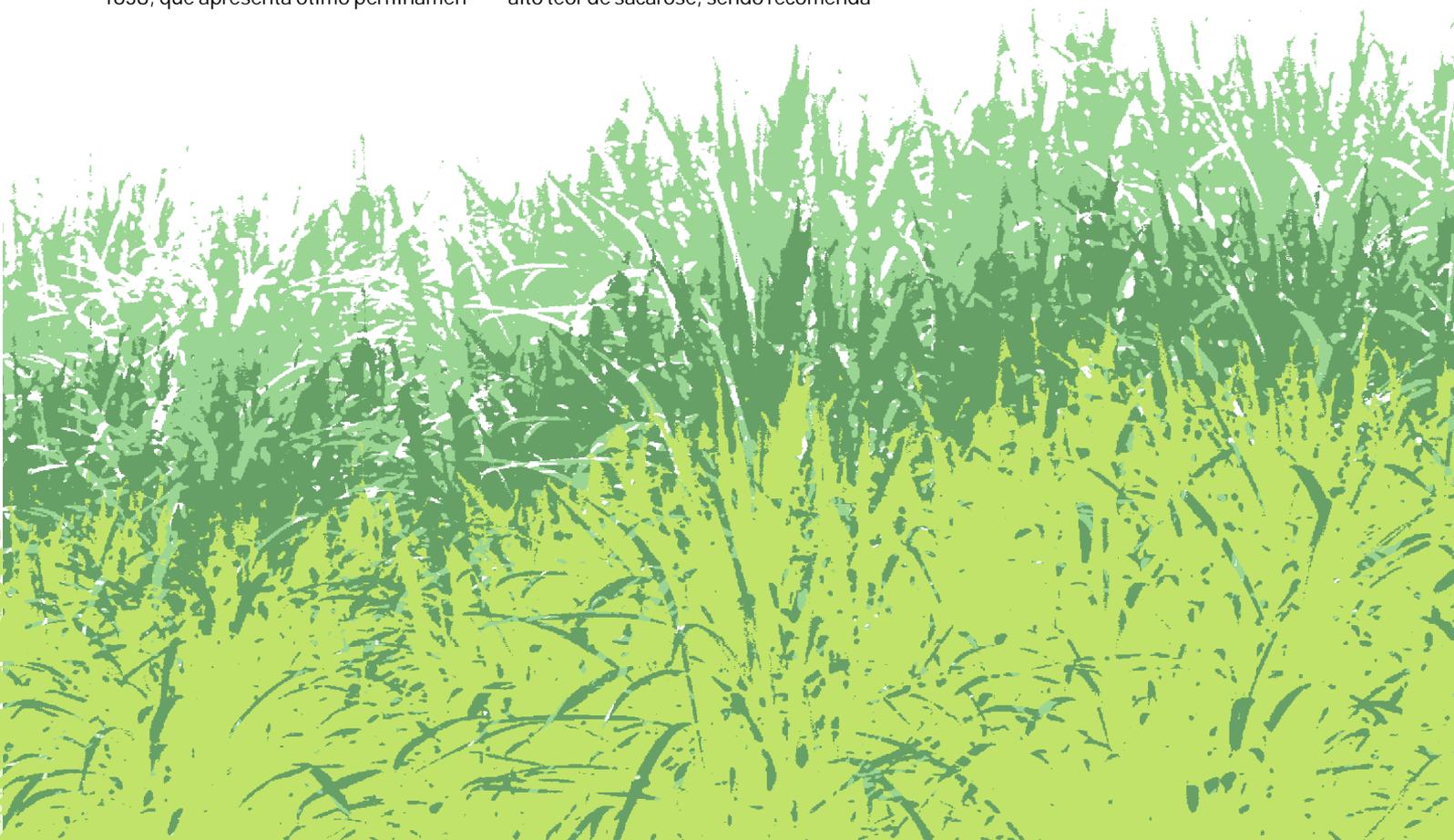
Recentemente, foram apresentadas quatro novas variedades de cana-de-açúcar obtidas pela Copersucar: SP 89-1115, que se destaca pela precocidade e alta produtividade, com recomendação para colheita até o meio da safra e resistência às principais doenças; SP 90-1638, que apresenta ótimo perfilhamen-

to e brotação de soqueira, sendo recomendada para colheita do meio para o final da safra; SP 90-3414, com a mesma recomendação de colheita que a anterior, apresenta porte ereto e ausência de florescimento, além da baixa isoporização; e SP 91-1049, precoce e com alto teor de sacarose, sendo recomenda-

da para colheita no início da safra. As variedades melhoradas contribuem para o incremento da produtividade.

### Mais informações

William Lee Burnquist, Copersucar (william@copersucar.com.br).



# *Visão Agrícola soma conteúdo técnico com qualidade editorial*

A cada nova edição estaremos abordando, em profundidade, um tema relevante da agricultura brasileira. Visão Agrícola traz a marca de uma instituição pioneira, com mais de cem anos de ensino, pesquisa e extensão reconhecidos no Brasil e no exterior. O tema do próximo número será “A cadeia produtiva do citros: fitossanidade”;  
***não perca!***

## *Assine e colecion*

Número avulso, R\$ 15,00;  
assinatura anual (dois volumes), R\$ 20,00  
(inclui postagem para território nacional).

## *Anuncie em Visão Agrícola*

Com tiragem de sete mil exemplares, este é um veículo com grande potencial para levar sua mensagem publicitária a um público dirigido, formado por profissionais da área de ciências agrárias. Além de anúncios nas páginas da revista, teremos a partir do próximo número espaço reservado para “Classificados”. Informe-se e anuncie!

Contatos: Assessoria de Comunicação da USP ESALQ  
Tel.: (19) 3429.4477/4485; tel./fax.:(19) 3429.4109  
e-mail: visaoagricola@esalq.usp.br

## Cartas do leitor

A opinião do leitor é da maior importância para a auto-avaliação e desenvolvimento de toda publicação. Escreva-nos – pelo Correio, por fax ou por e-mail – comentando nosso primeiro número ou sugerindo temas para as próximas edições. A partir do número dois, Visão Agrícola trará a seção “Cartas do leitor”, espaço aberto para a palavra de quem mais importa para qualquer publicação.

Visão Agrícola  
e-mail visaoagricola@esalq.usp.br  
Av. Pádua Dias, n. 11 CP 09  
Piracicaba, SP, CEP 13418-900  
Fax.:(19) 3429.4109



**Você pode colocar álcool pelas vantagens.**

**Você pode colocar gasolina pela tradição.**

**Você pode colocar o seu carro atual à venda  
e comprar um Total Flex.**

A tecnologia Total Flex da Volkswagen permite que você abasteça com álcool, gasolina ou até misture os dois no mesmo tanque. Assim é possível aproveitar o melhor de cada combustível.

Com o álcool, você obtém maior performance, não polui o ar e está utilizando uma fonte de energia renovável. A gasolina é o combustível automotivo mais



tradicional que você conhece. Então, não é necessário esperar que o tanque esvazie para se beneficiar das vantagens de um ou outro combustível. Pode misturar os dois, porque a

tecnologia Volkswagen faz o motor se adaptar em milésimos de segundo, para trabalhar nas condições ideais, com o melhor rendimento. Tudo automaticamente, sem precisar ligar nenhuma chave ou dispositivo.

Com a tecnologia Total Flex da Volkswagen, em vez de decidir que combustível usar na hora de comprar o carro, você só decide na hora de abastecer.



**UNICA**  
União da Agricultura  
Brasileira  
www.unica.com.br

**Total Flex. A primeira tecnologia a álcool e gasolina do Brasil.**





USP / ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

# Quem planta saber colhe desenvolvimento

Criada em 1901, a ESALQ é uma das primeiras escolas de agronomia do Brasil. Sua trajetória é marcada pelo pioneirismo e excelência em ensino, pesquisa e extensão em ciências agrárias, ambientais e sociais aplicadas. Contribuindo para o desenvolvimento do país, já formou mais de 10 mil alunos em graduação e soma 40 anos de tradição em um amplo programa de pós-graduação. Através de cursos de extensão e serviços que oferece, agiliza a transferência de conhecimento para a sociedade.

## Cursos de Graduação

- Engenharia Agrônoma
- Engenharia Florestal
- Ciências Econômicas
- Ciências dos Alimentos
- Gestão Ambiental
- Ciências Biológicas

[www.esalq.usp.br/graduacao](http://www.esalq.usp.br/graduacao)  
(19) 3429.4158



## Programas de Pós-Graduação

[www.esalq.usp.br/pg](http://www.esalq.usp.br/pg)  
(19) 3429.4156

## Cursos de Extensão Universitária, Atualização e Especialização

[www.esalq.usp.br/sveex/cursos.php](http://www.esalq.usp.br/sveex/cursos.php)  
(19) 3429.4433

## Catálogo de Publicações

<http://dibd.esalq.usp.br/catalogo.htm#SP>  
(19) 3429.4140

## Scientia Agricola

[www.esalq.usp.br/scientia](http://www.esalq.usp.br/scientia)  
(19) 3429.4401

AV. PÁDUA DIAS, Nº 11 CP 9 PIRACICABA SP 13418-900  
PABX: (19) 3429.4100 FAX: (19)3429.4468  
WWW.ESALQ.USP.BR