

O SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES VARIETAIS E SEUS DESAFIOS TECNOLÓGICOS¹

Silvia Angélica Domingues de Carvalho²

André Tosi Furtado³

RESUMO: O crescimento da demanda por etanol expandiu significativamente a produção de cana-de-açúcar no Brasil. Na última década, mudanças afetaram a estrutura de produção do setor e, com isso, o rendimento da cana-de-açúcar sofreu flutuações importantes. Este artigo discute as condições varietais dos canaviais brasileiros e os desafios tecnológicos para elevar o rendimento da produção da cana-de-açúcar, resgatando os elementos que definiram a expansão do setor no período. O estudo está pautado em informações primárias obtidas por meio de entrevistas com os coordenadores dos programas de melhoramento genético de cana no país e participação em eventos técnicos com produtores, dados secundários obtidos em bases como União das Indústrias de Cana-de-açúcar, Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária e da Companhia Nacional de Abastecimento, além de revisão bibliográfica. Evidenciou-se que o aumento do rendimento produtivo no setor está atrelado à mudanças no padrão de produção de cana-de-açúcar no país pela superação de desafios tecnológicos como a desconcentração varietal da lavoura, a adequação das variedades às novas regiões de produção e a atualização tecnológica das plantações por meio da renovação com novas variedades, mais produtivas e adequadas ao uso de tecnologias, como a mecanização e a irrigação. Aliadas ao manejo rigoroso da cultura, tais medidas deverão promover o aumento do rendimento da cultura, no campo e na indústria.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, tecnologia, melhoramento genético, inovação.

BRAZIL'S SUGAR-ENERGY INDUSTRY: AN ANALYSIS OF VARIETAL CONDITIONS AND THEIR TECHNOLOGICAL CHALLENGES

ABSTRACT: The growth in demand for ethanol significantly expanded sugarcane production in Brazil. In the last decade, changes have affected the sector's production structure and, therefore, sugarcane yield has experienced considerable fluctuations. This article discusses the varietal conditions of Brazilian sugarcane fields and the technological challenges to increasing sugarcane production, rescuing the elements that defined the sector's expansion in the period. The study is guided by primary data obtained through interviews with the coordinators of the sugarcane breeding programs in the country, as well as participation in technical events with producers. Secondary data came from databases such as Brazil's Sugarcane Industry Union, Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, and the National Supply Company, as well as a literature review. Our results evidenced that the increase in the sector's higher production yield is related to changes made to the sugarcane production pattern in order to overcome technological challenges - such as crop varietal deconcentration, suitability of varieties for new production regions, and plantation technological upgrading - by introducing more productive varieties, especially those responsive to mechanization and irrigation. Allied to strict crop management, these measures should promote increased crop yield on the field and in the industry.

Key-words: sugarcane, technology, breeding, innovation.

JEL classification: O33, Q16, Q21, Q41.

¹Registrado no CCTC, REA-11/2014.

²Economista, Doutora, Instituto de Geociência da UNICAMP, Campinas, SP, Brasil (e-mail: silviacarvalho@gmail.com).

³Economista, Doutor, Instituto de Geociência da UNICAMP, Campinas, SP, Brasil (e-mail: furtado@ige.unicamp.br).

1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte do projeto Pesquisa e Desenvolvimento para a Produção de Álcool e as mudanças Climáticas Globais⁴ que integra o temático Geração de Cenários de Produção de Álcool como Apoio para a Formulação de Políticas Públicas Aplicadas à Adaptação do Setor Sucroalcooleiro Nacional às Mudanças Climáticas (ALCSCENS)⁵, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que promove o Programa de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PPMCG).

Um dos objetivos do projeto ALCSCENS é avaliar o impacto das políticas de inovação para o atendimento das demandas futuras do etanol e na adaptação da agricultura brasileira às mudanças climáticas. Entende-se que o dinamismo do sistema setorial de inovação, constituído em torno da agroindústria do açúcar e do etanol, será decisivo para garantir as metas de expansão da produção dentro de um contexto de adaptação às mudanças climáticas globais. Assim, entre os grandes desafios do ALCSCENS, está a expansão da cultura da cana para as regiões Central e Norte do país e, neste sentido, políticas deverão ser empreendidas para garantir os resultados almejados em termos de produtividade.

Considerando que o aumento de produtividade perpassa pela capacidade dos programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar oferecer variedades adequadas ao setor, o projeto Pesquisa e Desenvolvimento para a Produção de Álcool e as Mudanças Climáticas Globais mapeou os principais programas de melhoramento de variedades de cana-de-açúcar no Brasil na busca por identificar as atuais necessidades tecnológicas da cultura nesta área. Este artigo surgiu em meio a tal investigação.

A retomada do crescimento da demanda por etanol, a partir de 2003, estimulou uma expansão significativa da produção de cana-de-açúcar no Bra-

sil. O setor, ainda sob o impacto da desregulamentação, expandiu para regiões com condições de solo e clima menos propícias e foi afetado por mudanças - como a mecanização da colheita - que impactaram a estrutura de produção. Com isso, a produção de cana-de-açúcar sofreu flutuações importantes no rendimento, as quais foram agravadas por condições climáticas desfavoráveis.

A partir desse quadro, o objetivo do artigo é discutir os desafios tecnológicos para a retomada do crescimento do rendimento na produção de cana-de-açúcar nacional, resgatando os elementos que definiram a expansão do setor sucroenergético nacional nos últimos anos, e também discutir as condições tecnológicas da sua expansão futura, tendo como foco as variedades nacionais de cana-de-açúcar.

Considera-se que o crescimento do setor sucroalcooleiro deverá passar por uma mudança tecnológica significativa, com a introdução de tecnologias de produção que contribuam para o aumento do rendimento produtivo da cana-de-açúcar no campo, em toneladas por hectare, e na indústria, em quilogramas de açúcar total recuperável (ATR) por tonelada. Assim, para que o rendimento da produção nacional de cana-de-açúcar volte a aumentar, será necessário acelerar a difusão tecnológica das novas variedades de cana-de-açúcar desenvolvidas pelos programas de melhoramento, mais adequadas às atuais condições setoriais.

O artigo foi organizado nas seguintes sessões: 2) a metodologia da pesquisa; 3) as condições atuais do setor sucroenergético brasileiro; 4) as alternativas tecnológicas para a produção de cana-de-açúcar; 5) as condições varietais das plantações de cana-de-açúcar no país; 6) as perspectivas tecnológicas para a produção de cana; e 7) considerações finais.

2 - METODOLOGIA

Este artigo está pautado em um estudo empírico e exploratório. As informações primárias, coletadas em visitas aos programas de melhoramento e entrevistas com perguntas abertas aos pesquisadores

⁴Processo FAPESP n. 2011/12583-5. Para maiores informações sobre O ALCSCENS, GRUPO DE PESQUISA EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS DA UNICAMP - CPA. Banco de dados. Campinas: CPA. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/alcscens/>>. Acesso em: jul. 2014.

⁵Processo FAPESP n. 2008/58160-5.

responsáveis pelos programas, possibilitaram qualificar a situação tecnológica atual do melhoramento de cana-de-açúcar nacional e entender a estrutura tecnológica sobre a qual os programas desenvolvem suas variedades. O questionário foi aplicado *in loco* no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), Centro de Cana do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), na Universidade Federal do Paraná (UFPR) e na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), universidades que compõem a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA).

As informações secundárias pautaram as análises sobre o crescimento da produção nacional de cana-de-açúcar, evolução das áreas plantadas e colhidas, rendimento em toneladas por hectare e em quilogramas de ATR por hectare, e foram obtidas por meio de publicações de cooperativas e associações de produtores e consultorias, como a União dos Produtores de Bioenergia (UDOP), da União das Indústrias de Cana-de-açúcar (UNICA), o Grupo Idea e a Nova Cana, também das séries históricas das bases de dados do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). As informações sobre as variedades de cana-de-açúcar plantadas e cultivadas têm como fonte os Censos Varietais da RIDESA e do CTC. Participações em eventos técnicos, como a reunião para apresentação de novas variedades do Centro de Tecnologia Canavieira, em dezembro de 2012, o Grande Encontro sobre Variedades de Cana-de-açúcar nos anos de 2012 e 2014 e o Irrigacana também ocorrido em 2014, foram importantes para o contato direto com os produtores.

A revisão bibliográfica envolveu a literatura da área agrônoma sobre solo, clima, fisiologia e melhoramento genético de cana e os estudos sobre o setor sucroenergético que deram suporte à caracterização e contextualização da pesquisa. Essa literatura foi importante na compreensão das etapas envolvidas no melhoramento genético das variedades e das tecnologias utilizadas e, aliada à revisão bibliográfica setorial, auxiliou a entender as necessidades de inovação na área, contribuindo então para a análise das

informações obtidas na pesquisa de campo.

Os três principais programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar no Brasil foram estudados e estão brevemente descritos abaixo, tendo localização apontada na figura 1.

- A Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), que herdou a estrutura da PLANALSUCARE, atualmente, é composta por dez universidades federais espalhadas pelo Brasil. Os entrevistados foram os coordenadores dos programas de quatro universidades federais que compõem a rede (UFPR e UFSCar, presencial; UFPI e UFV, por Skype).
- O Centro de Cana do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que integra a Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA), é o mais antigo e tradicional programa de melhoramento de cana-de-açúcar brasileiro, suas atividades foram iniciadas na década de 1930. O entrevistado para a pesquisa foi o coordenador geral da área de melhoramento genético de cana.
- O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) teve origem em 1969 por iniciativa da Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR), portanto, e também possui tradição no melhoramento de cana. Na primeira década de 2000, sofreu uma importante reestruturação de suas atividades e consagrou-se como o segundo maior programa brasileiro. Os entrevistados, neste caso, foram o gerente comercial de variedades e o gerente de biotecnologia⁶.

Atualmente, a RIDESA possui a maior participação de variedades em áreas de produção de cana-de-açúcar no Brasil, 62%. O CTC possui a segunda maior área (com as siglas CTC e SP, variedades da antiga COOPERSUCAR) com cerca de 33%, seguido do IAC com, aproximadamente, 1% de área plantada com suas variedades (Tabela 1). Estes programas representam 99% de toda a área cultivada com cana-de-açúcar no país.

⁶O gerente da área de melhoramento genético, por motivos de agenda, indicou os gerentes citados que atenderam adequadamente aos objetivos da pesquisa.

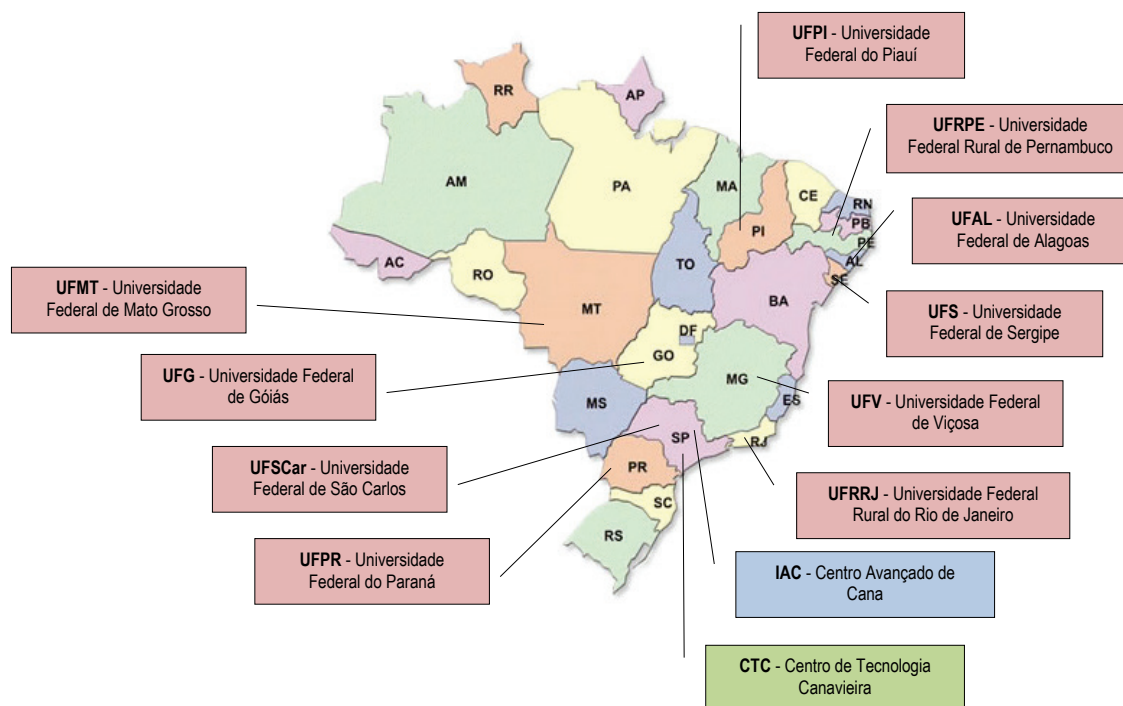


Figura 1 - Localização dos Programas de Melhoramento de Cana-de-açúcar no Brasil (IAC, CTC e as Dez Universidades Federais que Compõem a RIDESA).

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 1 - Variedades de Cana-de-Açúcar Mais Plantadas e Cultivadas no Brasil, Safra 2012

Variedade/sigla	Área (ha)	%
RB - RIDESA	3.970.657	62,0
SP - Coopersucar, hoje CTC	1.836.713	28,7
CTC	330.559	5,2
IAC	56.222	0,9
CV - CanaVialis (Monsanto)	778	0,0
PO - Cosan	23.283	0,4
Outras	187.931	2,9
Total	6.406.143	100,0
Área cultivada (ha)	8.485.000	-
Área amostrada (%)	75,5	-

Fonte: RIDESA (2013).

3 - O SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO NA ÚLTIMA DÉCADA

A área plantada com cana-de-açúcar no Brasil quintuplicou no período de 1975 a 2012 e o rendi-

mento da produção passou de 46,8 toneladas por hectare (t/ha) para 69,4 t/ha, respectivamente⁷.

A partir de 1975, os aumentos constantes de produção foram resultantes do esforço governamental para alavancar o setor por meio do Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), cujos benefícios estenderam-se pela década de 1980 (Figura 2). Nos anos 1990, instabilidades de demanda e incertezas arrefeceram o crescimento da produção. Mas, com a desregulamentação, novas expectativas foram criadas e os atores privados passaram a dispor de liberdade para traçar suas estratégias empresariais (FIGUEIRA; PEROSA; BELIK, 2013). Os produtores tiveram que se adaptar ao livre mercado sem os incentivos, subsídios e a coordenação do Estado (MEURER; SHIKIDA, 2014).

⁷Cálculos realizados a partir de informações do UNICA (2014).

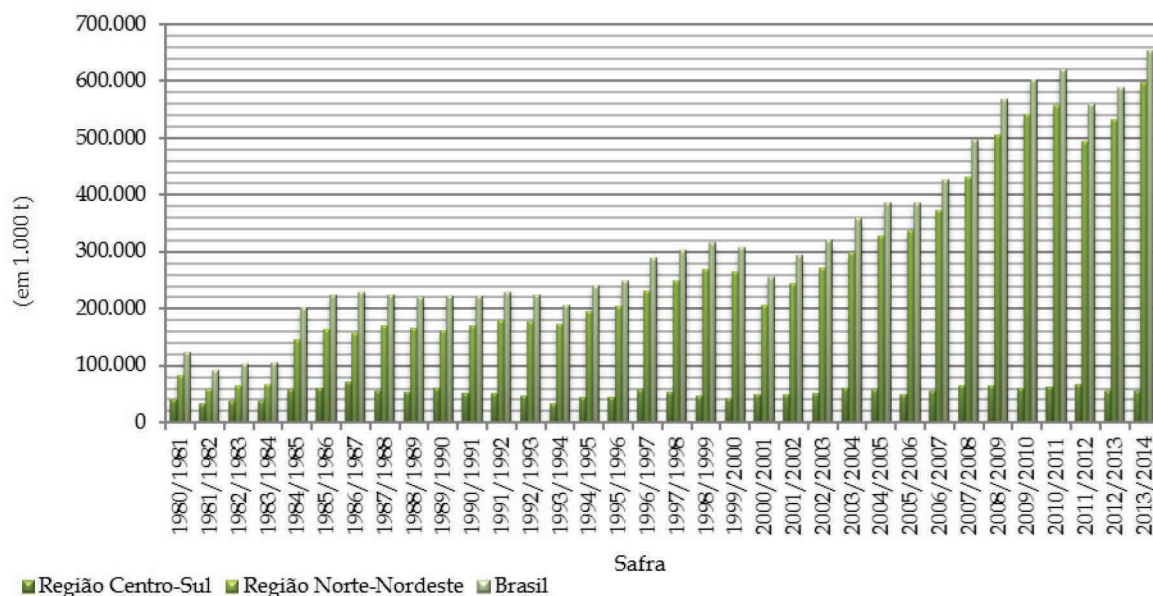


Figura 2 - Evolução da Produção de Cana-de-açúcar, Brasil, Safras 1980/81 a 2013/14.
Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da UNICA (2014).

A produção de cana-de-açúcar intensificou-se novamente a partir da safra de 2002/03, com o crescimento da demanda pelo etanol em função do desenvolvimento da tecnologia de automóveis *flexfuel*. Após 2005, a expansão da produção de cana-de-açúcar continuou sendo alimentada pela demanda crescente por tais automóveis, estimulada pelo aumento da renda nacional, isenção de impostos à indústria automobilística e concessão de crédito ao consumidor. Também as perspectivas de exportação de etanol estimularam a ampliação das áreas de produção de cana.

A partir de 2007, contudo, o crescimento da área plantada não é acompanhado pela área colhida, que apresenta queda e aponta o menor rendimento da cultura. A área de cana colhida só voltou a aumentar no início de 2011 (Figura 3). No triênio 2008-2010, a incerteza no mercado interno de combustíveis e os preços elevados do açúcar no mercado internacional direcionaram a cana colhida para a produção de açúcar. Variações climáticas inesperadas também afetaram a produção de cana no período (Tabela 2) e, com a demanda crescente, o Brasil teve que importar etanol, atingindo o volume de 1.150 mil m³ em 2011 (UNICA, 2014).

O rendimento da cana também foi influenciado

do pelo Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro Paulista, acordo firmado entre o Estado de São Paulo e as associações paulistas de produtores de cana-de-açúcar em 2007, que antecipou de 2017 para 2014 o prazo estipulado pela Lei Estadual n. 11.241/2002 para o fim da colheita de cana queimada. Aos poucos, o protocolo foi sendo adotado também pelos produtores do Centro-Oeste e Sul.

A mecanização acelerada aumentou as perdas no campo por diversos motivos: inadequação das variedades de cana cultivadas ao processo de colheita por máquinas; maior quantidade de impurezas que passaram a ser carregadas com a cana; falta de mão de obra qualificada ou insuficientemente treinada para operar a colhedora; aumento da compactação do solo; entre outros motivos⁸.

O incremento no rendimento (em toneladas por hectare) da cana-de-açúcar foi, em média, de 1,6% ao ano, entre 1975 e 2000, representando um crescimento de 44% em 25 anos. Nas condições atuais, o rendimento tem crescido em torno de 1% ao ano, considerando o período de 2001 a 2013. Já o cres-

⁸Estes argumentos foram colocados pelos produtores nos eventos técnicos "Grande Encontro sobre Variedades de Cana-de-açúcar", ocorrido em setembro de 2014, e "Irrigacana" ocorrido em outubro de 2014.

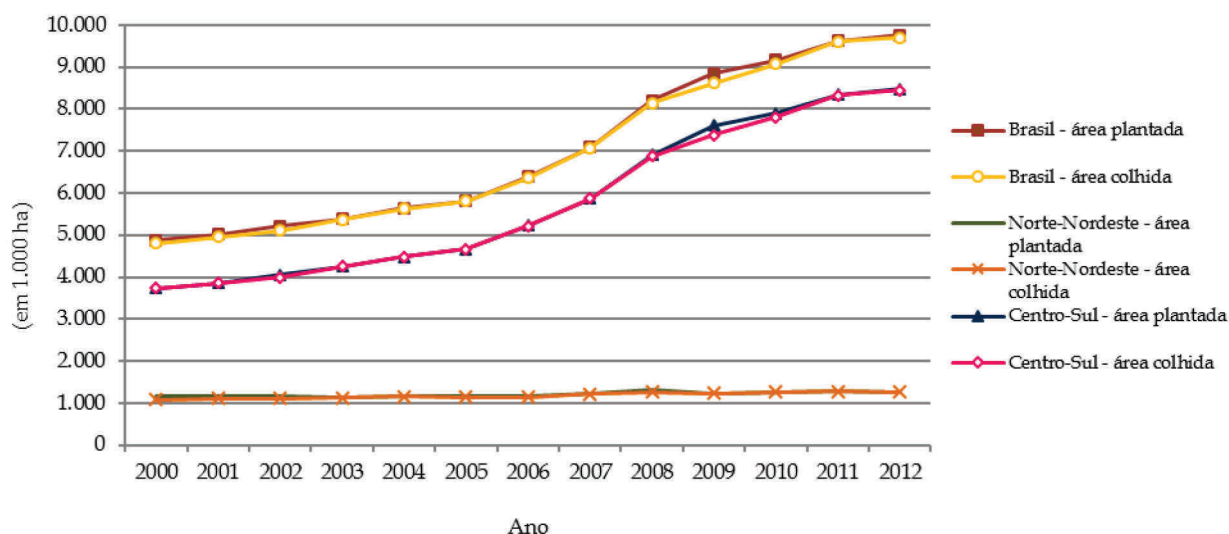


Figura 3 - Evolução da Área Plantada e Área Colhida, Brasil, 2000 a 2012.
Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da UNICA (2014).

Tabela 2 - Indicadores de Produção de Cana-de-açúcar, Brasil, Safras 2010/11 e 2011/12

Item	Safra 2010/11	Safra 2011/12	Var. %
Área plantada (mil ha)	8.056,0	8.981,5	11,49
Produtividade (t/ha)	77,45	68,29	-11,82
Produção (mil t)	623.905,3	571.471,0	-8,4%
Produção de açúcar (mil t)	38.168,4	36.882,0	-3,37
Produção de álcool (mil m ³)	27.595,5	22.857,6	-17,17

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados do Brasil (2013) e UNICA (2014).

cimento médio na área plantada foi de 4% ao ano no período de 1975 a 2000, e de 7% ao ano entre 2001 e 2012, portanto, a queda do rendimento está sendo compensada pelo aumento de área plantada com cana⁹.

Correa e Belik (2013) calcularam o peso que o aumento da área plantada tem representado para a produção de cana-de-açúcar nacional. Segundo os autores, a contribuição da área para a expansão de cana-de-açúcar no Brasil, entre 1990 e 2009, foi de 66% e a contribuição de rendimento de 34%. Já na região Centro-Oeste, principal área de expansão da

⁹Estes indicadores foram calculados a partir de dados da UNICA, UDOP e MAPA.

cultura, a contribuição de área foi de, aproximadamente, 77%, e a de rendimento foi de 23%. Assim, afirmam que o perfil de produção da cana-de-açúcar no Centro-Oeste é marcado pelo sistema extensivo, provavelmente por serem terras de pastagens degradadas, com baixa qualidade e com baixo preço. Portanto, uma produção apoiada em expansão de área e não de rendimento.

Com a falta de políticas específicas para o setor sucroenergético e o subsídio governamental à gasolina com vistas à diminuir a pressão sobre a inflação, o governo federal acentuou os impasses relativos ao etanol.

Dessa forma, o padrão de produção agrícola de cana-de-açúcar nacional deverá ser modificado com enfoque no rendimento e na redução na demanda por áreas, como será visto a seguir.

4 - ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

A agricultura é um setor totalmente suscetível às alterações climáticas, intempéries, pragas e doenças. De acordo com Smithers e Blay-Palmer (2001), inovações tecnológicas surgiram para melhor aco-

modar os produtores às variações espaciais destes atributos do clima. Simplificadamente, tais inovações podem ser subdivididas em dois tipos básicos: tecnologias mecânicas e tecnologias biológicas.

As mecânicas são mais limitadas e estão relacionadas às tecnologias de irrigação, como os sistemas de gotejamento, que têm facilitado a agricultura intensiva e um amplo conjunto de atividades que as condições locais antes não permitiam, e às tecnologias voltadas ao plantio direto, que possuem benefícios relacionados à manutenção da umidade do solo, associando tecnologias de plantio e colheita, e que facilitaram o amplo uso de sistemas diretos reduzidos. Também o desenvolvimento de sistemas integrados de drenagem capacitaram os produtores a lidar com o excesso de umidade nos períodos de crescimento da cultura e, especialmente, no período de colheita (SMITHERS; BLAY-PALMER, 2001).

As tecnologias mecânicas, associadas aos avanços na área de agroquímicos, ajudam a anular ou a minimizar as variações no rendimento, oferecendo suporte ao produtor frente aos eventos climáticos, pragas e doenças, diminuindo as perdas. Também podem ser adicionadas a este grupo as tecnologias de gestão, diretamente relacionadas às tecnologias da informação, envolvendo *softwares* e instrumentos de agricultura de precisão, sistemas de previsão e monitoramento climático.

O setor sucroenergético brasileiro vem sofrendo mudanças importantes provocadas pela introdução de tecnologias mecânicas no campo. O plantio e a colheita por máquinas, equipamentos de fertirrigação e de agricultura de precisão, dependendo da capacidade financeira do produtor e das condições climáticas da região onde a propriedade se localiza, estão cada vez mais presentes no campo. Até mesmo a irrigação com água em determinadas regiões do Estado de São Paulo está sendo analisada por grandes grupos produtores, pois há estudos apontando que a irrigação promove um aumento de 30% no rendimento da cultura, em toneladas por hectare.

No segundo grupo de tecnologias definidas por Smithers e Blay-Palmer (2001) está a contribui-

ção da pesquisa no campo das ciências biológicas, que alteram as exigências climáticas das plantas cultivadas, promovem a adaptação dos sistemas de cultivo para uma ampla gama de regiões climáticas e de condições adequadas para o período de crescimento. Entre essas tecnologias encontra-se o melhoramento genético de variedades, no modelo convencional ou na biotecnologia.

Na linha argumentativa dos autores, é essencial que a produção de cana-de-açúcar brasileira tenha, no campo, as variedades que sejam adequadas ao solo e ao clima e também à mecanização e à irrigação, tecnologias que estão sendo crescentemente utilizadas no setor. A interação entre as tecnologias mecânicas e biológicas, por meio de um manejo rigoroso do canavial, deve ocorrer de forma a promover o aumento no rendimento da produção nacional de cana-de-açúcar.

Também para Braunbeck e Magalhães (2010), o aumento da produção de etanol deveria passar por dois processos: o agrícola e o industrial, de modo a viabilizar o aproveitamento integral da cana-de-açúcar. Segundo eles, o modelo atual de produção precisa ser reformulado para que o rendimento cresça de forma sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental, sendo necessário definir estratégias de manejo para um melhor aproveitamento dos recursos.

Há uma margem significativa para o aumento do rendimento da produção de cana-de-açúcar no Brasil, tornando desejável a reformulação no padrão de produção. Estudos científicos indicam que o potencial biológico de produção da cana é de aproximadamente 350 t/ha (LANDELL; BRESSIANI, 2010). Atualmente, o rendimento da cultura no país equivale a, aproximadamente, 25% desse potencial biológico da cultura. A média do Estado de São Paulo, região mais produtiva do país, esteve próxima de 82 t/ha na safra 2013/14.

Desta forma, afinar a relação entre as variedades de cana-de-açúcar e as tecnologias mecânicas presentes nas plantações será cada vez mais essencial para o aumento do rendimento produtivo.

5 - CONDIÇÕES VARIETAIS DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL¹⁰

A análise das variedades de cana-de-açúcar cultivadas na última década aponta a grande necessidade de acelerar a difusão dessas tecnologias, pois há elevada concentração da produção em determinadas variedades e baixo índice de renovação dos canaviais, com conseqüente diminuição da sanidade e envelhecimento das plantações (com relatos de casos específicos que chegaram ao décimo corte).

O Brasil apresenta mais de 40% da área plantada com cana-de-açúcar concentrada em três variedades (Tabela 3), contribuindo para manter o rendimento médio da produção estável. Estas variedades são as mais cultivadas e plantadas no país há oito anos, segundo informações do censo varietal do CTC (CTC, 2014). O percentual de concentração já foi maior, três variedades já atingiram 70% da área plantada na década de 1980, diminuiu para menos de 35% em 2006, mas, desde 2007, a concentração voltou a aumentar (CTC, 2014).

Em 2012, 26,4% da área cultivada com cana correspondia à variedade RB867515. A tendência desta concentração é permanecer ao menos por cinco anos (ciclo de cinco cortes da cultura), pois as duas variedades mais cultivadas continuam sendo as mais plantadas.

Segundo os especialistas na área, a elevada concentração varietal da produção de cana-de-açúcar aumenta a suscetibilidade do canavial às variações do clima e às pragas e doenças, impedindo o incremento no rendimento da produção. Outro aspecto relevante é que as variedades que configuram a concentração estão ultrapassadas tecnologicamente, ou seja, são plantas selecionadas na década de 1980¹¹ quando as necessidades do setor eram

outras e, conseqüentemente, quando as características procuradas pelos programas de melhoramento nas variedades eram distintas das atuais. Assim, mais da metade da produção atual de cana-de-açúcar brasileira baseia-se em variedades defasadas, ou seja, tecnologias superadas por outras mais produtivas.

A falta de rigor na alocação de variedades adequadas ao ambiente edafoclimático em questão é outra característica dos canaviais brasileiros. As novas áreas de produção de cana-de-açúcar, no oeste paulista e no Centro-Oeste do Brasil, receberam as mesmas variedades utilizadas nas tradicionais áreas de produção do Estado de São Paulo e Paraná, ou seja, as mesmas variedades foram plantadas em condições de solo e clima bem diferentes.

Na figura 4, observa-se que as variedades mais cultivadas nos Estados de São Paulo e Paraná são as mesmas mais cultivadas nos Estados de Mato Grosso do Sul e Goiás. Segundo um dos melhoristas entrevistados, quando houve o *boom* da produção de cana-de-açúcar, em meados dos anos 2000, houve falta de mudas de algumas variedades de cana e os produtores plantaram as disponíveis. Desta forma, não houve aumento do rendimento médio nacional por hectare com a ampliação da área de produção para tais regiões.

De acordo com Landell e Bressiani (2010), as cultivares são desenvolvidas a partir de seleções regionais e devem atender às condições edafoclimáticas da região, promovendo ganhos significativos para nichos específicos de produção, uma vez que o objetivo principal dos programas de melhoramento da cana-de-açúcar é prover novas cultivares que ampliem a produtividade de energia (açúcar, álcool e fibra).

Segundo estes autores, no Brasil, algumas regiões cultivadas com a cana-de-açúcar apresentam deficiências hídricas anuais próximas de 250 mm, associadas à temperaturas médias acima de 24° C. É o caso da região de Goianésia no nordeste de Goiás. Condições similares ocorrem no sul do Tocantins e do Maranhão, regiões de expansão da canavicultura. As

¹⁰Nesta seção, a discussão estará pautada em resultados primários, baseados na pesquisa de campo, e em dados secundários das fontes indicadas.

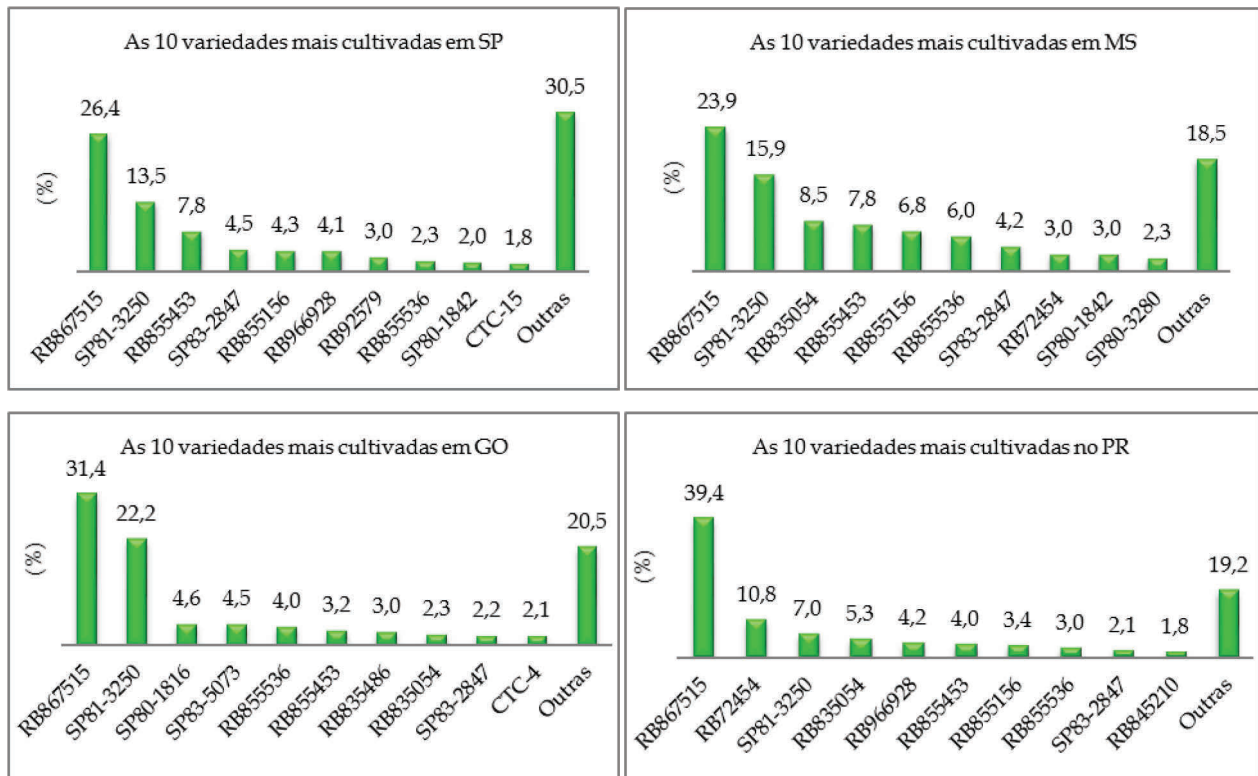
¹¹Os primeiros dois dígitos da sigla da variedade referem-se ao ano em que iniciou-se o seu desenvolvimento. Por exemplo, a seleção da variedade SP81-3250 foi iniciada em 1981. Em geral, a variedade estará habilitada para a comercialização entre 12 e 15 anos após o início do processo e, segundo os melhoristas, o

ideal é que ela permaneça em campo por no máximo mais 15 anos.

Tabela 3 - Censo Varietal da Cana-de-açúcar no Brasil, Safra 2012/13

Variedade	Plantio		Variedade	Cultivo	
	Área (ha)	%		Área (ha)	%
1 RB867515	283.668	28,9	1 RB867515	1.690.951	26,4
2 SP81-3250	110.078	11,2	2 SP81-3250	823.776	12,9
3 RB92579	75.909	7,7	3 RB855453	357.563	5,6
4 RB966928	70.389	7,2	4 RB92579	322.549	5,0
5 RB855453	51.460	5,3	5 RB855536	240.578	3,8
6 RB855156	38.835	4,0	6 RB855156	210.832	3,3
7 CTC-15	23.108	2,4	7 SP83-2847	210.403	3,3
8 SP83-2847	21.694	2,2	8 RB966928	163.870	2,6
9 CTC-9	19.062	1,9	9 RB72454	163.377	2,6
10 RB835054	17.681	1,8	10 RB835054	138.503	2,2
Outras	268.138	27,4	Outras	2.083.741	32,5
Total	980.022	100,0	Total	6.406.143	100,0

Fonte: RIDESA (2013).

**Figura 4 - Variedades de Cana-de-açúcar mais Cultivadas, Estados do Brasil Selecionados, Safra 2012/13.**

Fonte: RIDESA (2013).

cultivares a serem utilizadas nessas regiões caracterizam-se pela grande capacidade de suportar este período crítico, sem perda exacerbada de perfilhos e pela elevada capacidade de acumular biomassa no período que compreende o final da primavera e do verão.

É essencial, portanto, que a variedade plantada esteja adequada às características regionais e que a renovação do canavial seja feita de forma equilibrada, não promovendo a concentração varietal e com a menor defasagem tecnológica possível, ou seja, utilizando as novas tecnologias em variedades disponíveis no mercado.

Paralelamente ao baixo rendimento da produção de cana-de-açúcar em toneladas por hectare, a concentração do ATR, medido em quilogramas por tonelada de cana (kg/t), também tem oscilado muito nos últimos anos (Figura 5).

Para a produção de sacarose, a planta precisa encontrar condições de temperatura do ar e umidade no solo que permitam o desenvolvimento suficiente durante a fase vegetativa seguido de um período com restrição hídrica e/ou térmica para induzir o repouso vegetativo e o enriquecimento em sacarose na época de corte (BRUNINI, 2010). Desta forma, a cana precisa de um tempo seco antes da colheita para que o acúmulo de sacarose seja elevado, quando chove no período próximo à colheita, como ocorreu em 2009 e 2010, a planta absorve água e acumula menos sacarose, impactando a produtividade industrial de açúcar e etanol.

A expansão da área de produção tem ampliado a distância entre a usina e a plantação. Essa especificidade locacional, segundo Figueira, Perosa e Belik (2013), é agravada por uma especificidade temporal, dado que, após a colheita, a cana-de-açúcar deve ser processada o mais rapidamente possível (no máximo em 48 horas), sob o risco de comprometer seriamente seu rendimento industrial na produção de açúcar e álcool. Em outras palavras, por não poder ser armazenada, deve haver grande sincronismo temporal entre a colheita e o processamento industrial da cana-de-açúcar. O comprometimento da produção industrial de açúcar e álcool a que os autores se referiram corresponde ao processo

conhecido como inversão de sacarose¹² que diminui a concentração de ATR na cana colhida.

Segundo os especialistas, a mecanização da colheita também afetou o rendimento industrial, pois aumenta a área de exposição da cana ao ambiente, uma vez que a máquina colhedora corta a cana em uma quantidade maior de pedaços, acelerando a inversão de sacarose e exigindo uma coordenação ainda maior entre colheita e industrialização.

A interferência científica nesse processo de inversão da sacarose, bem como o aumento da concentração de ATR nas variedades de cana-de-açúcar, tem encontrado barreiras na complexidade genética da planta (GAZAFFI et al., 2010). Dessa forma, há limitações ao aumento de produtividade da cana que são inerentes ao processo de melhoramento: a) por se tratar de uma variedade híbrida, a identificação das marcas genéticas de interesse é muito laboriosa e demorada; b) dificuldades para obtenção e liberação de variedades produtivas e adaptadas a ambientes brasileiros diversos; e c) barreiras biológicas: a reprodução sexuada, no caso das plantas, a floração e o equilíbrio celular que garantem a sinalização correta entre as partes do organismo e seu funcionamento como um todo (SOUZA; SLUYS, 2010).

Assim, os esforços tecnológicos que os programas de melhoramento realizam no desenvolvimento de variedades que atendam às necessidades atuais do setor e as perspectivas tecnológicas colocadas para o setor nos próximos anos deverão ser coordenadas para levar ao aumento do rendimento da produção nacional de cana-de-açúcar, ou seja, deve-se promover a difusão das novas variedades e a interação entre as diversas tecnologias envolvidas no processo produtivo da cana-de-açúcar.

6 - PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS PARA A CANA-DE-AÇÚCAR

O transbordamento da produção de cana-de-açúcar para regiões com condições edafoclimáticas

¹²Para maiores detalhes, ver Brunini (2010).

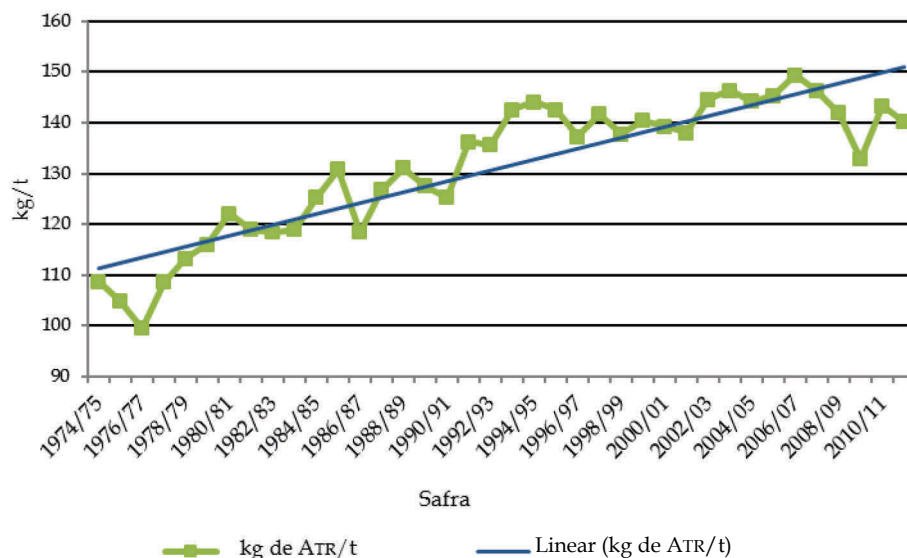


Figura 5 - Rendimento de ATR, Brasil, Safra 1974/75 a 2010/11.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da UDOP (2014) e da UNICA (2014).

diferentes das regiões tradicionais e os baixos rendimentos de produção estão exigindo variedades mais adaptadas às especificidades regionais. Observou-se que os programas de melhoramento genético de cana estão intensificando as pesquisas e o desenvolvimento de variedades nesta direção, deixando evidente que o conceito de variedade eclética, que é cultivada de norte a sul do país, está cada vez mais enfraquecido.

O Centro de Cana APTA-IAC, desde 1995, possui experimentos regionalizados. Em Goiás, possui parcerias com produtores e usinas locais para o desenvolvimento de variedades adequadas às condições edafoclimáticas da região Centro-Oeste. Esses experimentos foram intensificados desde 2001 e a orientação e o acompanhamento do Instituto têm levado, recentemente, algumas usinas a uma produção média superior a 120 toneladas de cana por hectare.

O CTC criou o Programa de Melhoramento Acelerado, uma proposta de desenvolvimento varietal que visa colocar novas variedades no mercado num período de 8 anos (convencionalmente esse tempo gira em torno de 15 anos). Como consequência, o custo de desenvolvimento de uma variedade deverá ser reduzido em 50%. Atrelado à esta propos-

ta, está o processo de regionalização no desenvolvimento das variedades de cana-de-açúcar, que as condiciona, desde a fase inicial (*seedlings*), ao ambiente edafoclimático da região em foco. Em dezembro de 2012, o CTC lançou o primeiro conjunto de variedades desenvolvidas especificamente para as condições do Cerrado, a série 9.000, com três variedades que prometem suprir parte da carência de cultivares para solo e clima naturalmente pouco propícios à cultura.

Outras tecnologias surgiram para acelerar o oferecimento, aos produtores, de mudas para a renovação de canaviais e a expansão das áreas de produção. O sistema de mudas pré-brotadas (MPB) do IAC é uma tecnologia de multiplicação que visa a produção rápida de mudas e o aumento do padrão de fitossanidade das mesmas. No lugar dos colmos entram as MPBs produzidas a partir de cortes de cana chamados minirrebolos, onde estão as gemas. Segundo Gomes (2013), o MPB restaura a técnica de formação de viveiros, que foi esquecida na rápida expansão do setor.

A biofábrica do CTC atua na mesma linha do MPB, visando oferecer mudas saudáveis em grandes quantidades. O centro também anunciou investi-

mentos em laboratórios de “sementes artificiais” de cana, mais uma tecnologia que visa quebrar o paradigma de plantio com “toletes”, reduzindo custos e aumentando a produtividade (BATISTA, 2014)

O Plene da Syngenta, uma tecnologia de mudas de até três centímetros de altura, também se aproxima do conceito de “semente” de cana. A partir de novas variedades promissoras do IAC, CTC e da RIDESA, as mudas são tratadas e vão direto dos viveiros para o plantio, feito por um maquinário leve, desenvolvido especialmente para o plantio do Plene (UDOP, 2014). As novas versões desta tecnologia, o Plene PB e o Plene Evolve que deverão ser comercializadas na safra de 2015, são direcionadas para a formação de viveiros e prometem um ganho de rendimento de 15% a 20% sobre os canaviais em cultivo.

Dos programas estudados, o CTC é o que mais tem investido na área de biotecnologia. Anunciou a ampliação e modernização de laboratórios, a contratação de novos pesquisadores e planeja lançar a primeira variedade transgênica de cana-de-açúcar, com resistência a praga, em 2018. E em 2023, está previsto o lançamento de uma variedade transgênica resistente ao estresse hídrico.

Outras tecnologias, como os marcadores moleculares, representam novo suporte ao melhoramento genético da cana e deverão acelerar o desenvolvimento das variedades. Também iniciativas como os Projetos Genoma-Cana (SUCEST-FAPESP) e o Bioen (FAPESP), com diversas linhas de pesquisas relacionadas à produção de cana-de-açúcar, biotecnologia e tecnologias para etanol de primeira e de segunda gerações, vêm atuando como uma fonte importante de informações ao setor.

A chamada “cana-energia”, com maior composição de biomassa e produtividade estimada acima de 200 t/ha, configura uma planta “mais rústica” e apta para condições de solo e clima desfavoráveis. Espera-se que estas variedades possam ocupar locais com temperaturas mais elevadas, maior estresse hídrico e solos onde as variedades atuais não conseguem ser produtivas. Os programas do IAC, CTC e RIDESA, e empresas como a Ceres e GranBio, tem anunciado experimentos com variedades desse tipo.

Neste caso, o foco está diretamente associado à produção de etanol de segunda geração.

Vale salientar, contudo, que a transferência e a difusão destas tecnologias representam um aspecto chave na mudança do padrão de produção de cana-de-açúcar no Brasil. A tomada de decisão ao nível da propriedade agrícola, o processo de adoção da inovação, o papel do conhecimento do agricultor em absorver e “adaptar” tecnologias às condições locais, e a necessidade de *feedback* como insumo para o planejamento e aprimoramento da inovação são elementos críticos e representam um grande desafio (SMITHERS; BLAY-PALMER, 2001).

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão da produção de cana-de-açúcar no Brasil, principalmente a partir de 2003, foi estimulada pelo aumento da demanda por etanol e ocorreu em direção à regiões onde as condições de produção são menos propícias à cultura. Paralelamente, mudanças estruturais importantes (como a mecanização da colheita) e alterações climáticas inesperadas impactaram o rendimento produtivo da cultura.

A queda no rendimento e a necessidade de planejamento futuro da produção chamaram a atenção para as condições varietais das plantações, cuja análise apontou a necessidade de superação de desafios tecnológicos importantes. Adequar as variedades de cana aos novos ambientes de produção, diminuir a concentração varietal das lavouras, promovendo a substituição de antigas variedades, e acelerar a difusão das novas tecnologias desenvolvidas pelos programas de melhoramento estão entre as medidas consideradas mais urgentes. Nas condições atuais, os canaviais brasileiros estão mais vulneráveis a eventos climáticos, pragas e doenças. Além disso, para um aumento significativo no rendimento produtivo, as novas variedades também devem estar adequadas ao uso de tecnologias como mecanização e à irrigação.

Os programas de melhoramento genético de cana vêm empreendendo esforços tecnológicos sig-

nificativos, reforçando a capacitação firmada nesta área desde o PROÁLCOOL. Contudo, estes esforços deverão ser intensificados por meio de políticas específicas (principalmente nos casos dos programas de melhoramento que são predominantemente públicos - RIDESA e Centro de Cana-IAC) que, além de ampliar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de cana, deverão propiciar meios para acelerar a absorção e difusão destas tecnologias pelos produtores.

Assim, para um crescimento produtivo sustentável, o setor sucroalcooleiro deverá passar por uma mudança tecnológica significativa, com a introdução de tecnologias de produção que contribuam para o aumento do rendimento da cana-de-açúcar no campo, em toneladas por hectare, e na indústria, em quilogramas de ATR por tonelada. Neste âmbito, será primordial promover: a) a difusão tecnológica das novas variedades de cana-de-açúcar desenvolvidas pelos programas de melhoramento, mais adequadas às necessidades atuais do setor; e b) a interação das tecnologias mecânicas (colheita, plantio e irrigação) e biológicas, de forma a mudar o padrão tecnológico da produção de cana no Brasil.

As perspectivas tecnológicas para essa mudança na produção de cana-de-açúcar brasileira são promissoras; contudo, é uma tarefa conjunta com a intensificação dos esforços de inovação pelos programas de melhoramento, a implementação de políticas setoriais específicas pelo governo, estimulando e promovendo a difusão tecnológica, e o compromisso de investimento dos produtores no manejo profissional e rigoroso das lavouras.

LITERATURA CITADA

- BATISTA, F. CTC investe R\$40 milhões em laboratórios. **Jornal Valor Econômico**, São Paulo, 24 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/agro/3440616/ctc-investe-r-40-milhoes-em-laboratorios>>. Acesso em: 7 ago. 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário estatístico de agroenergia 2012**: statistical yearbook of agrienergy. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 284 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroener-gia/anuario_agroenergia_web_2012.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2014.
- BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P. S. G. Avaliação tecnológica da mecanização da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 12, p. 451-464.
- BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L.; MACHADO DE VASCONCELOS, A. C.; LANDELL, M. G. A. (Eds.). **Cana-de-açúcar**. 1. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. cap. 8, 882 p.
- CORREA, V. H. C.; BELIK, W. A expansão recente e a ocupação de novas áreas pelas produções de soja, cana-de-açúcar e pecuária bovina no centro-oeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 51., 2013, Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: SOBER, 2013. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/congresso2013/>>. Acesso em: 7 jul. 2014.
- CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC. **Censo varietal e de produtividade em 2012**. São Paulo: CTC. Disponível em: <<http://www.ctcanavieira.com.br/downloads/Censo2012.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2014.
- CHAPOLA, R. G. et al. (Orgs.). **Censo varietal 2012**. Araras: RIDESA/CCA-UFSCAR, 2013. 55 p.
- FIGUEIRA, S. R. F.; PEROSA, B. B.; BELIK, W. Expansão do setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo: evidências sobre a escala de moagem das usinas na década de 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 51., 2013, Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: SOBER, 2013. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/congresso2013/>>. Acesso em: 7 jul. 2014.
- GAZAFFI, R. et al. Melhoramento Genético e mapeamento da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 3, p. 333-344.
- GOMES, C. Sistema muda conceito de plantio. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, n. 696, p. 38-39, 2013.
- LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L.; MACHADO DE VASCONCELOS, A. C.; LANDELL, M. G. A. (Eds.). **Cana-de-açúcar**. 1. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. cap 8, 882 p.
- MEURER, A. P. S.; SHIKIDA, P. F. A. **Análise da Agroindústria canavieira nos estados do Centro-Oeste do Brasil a partir da matriz de capacidades tecnológicas**. Curitiba: LedZe, 2014. 104 p.
- REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO - RIDESA. **Censo varietal**. Goiás:

RIDESA, 2013. Disponível em: <<https://ridesa.agro.ufg.br/n/44741-confira-o-censo-varietal-brasil-2012>>. Acesso em: 2 dez. 2013.

SMITHERS, J.; BLAY-PALMER, A. Technology innovation as a strategy for climate adaptation in agriculture. **Applied Geography**, Amsterdam, Vol. 21, Issue 2, pp. 175-197, 2001.

SOUZA, G. M.; SLUYS, M. V. Genômica e biotecnologia da cana-de-açúcar: estado da arte, desafios e ações. In CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher,

2010. cap. 2, p. 325-332.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP. **Syngenta lança plene evolve e plene PB em parceria com IAC, CTC e RIDESA**. Araçatuba: UDOP. Disponível em: <http://www.udop.com.br/tv/index.php?nome_flv=24_2724_mt&codigo=2764>. Acesso em: 7 ago. 2014.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **Banco de dados**. São Paulo: UNICA. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

Recebido em 12/08/2014. Liberado para publicação em 03/03/2015.