

PANORAMA SETORIAL 2015-2018
SUCROENERGÉTICO

Artur Yabe Milanez
Diego Nyko*

*Respectivamente, gerente e economista do Departamento
de Biocombustíveis da Área Industrial do BNDES.

Introdução

Atualmente, o setor sucroenergético ainda enfrenta os efeitos negativos da crise financeira do fim da última década. Ao endividamento elevado, somaram-se safras de clima adverso, aumento estrutural dos custos e, consequentemente, achatamento da faixa de rentabilidade das empresas. Hoje, o Brasil conta com quase 400 usinas de açúcar e etanol, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Contudo, nas últimas três safras, segundo informações da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), 36 usinas deixaram de operar, enquanto apenas sete entraram em operação.

Nesse contexto de instabilidade e incerteza, estão represados os investimentos em ampliação de capacidade produtiva do setor. Pontualmente, alguns grupos que dispõem de recursos investem em fatores que podem trazer ganhos de produtividade às empresas, como a inovação tecnológica.

Ademais, a cogeração de energia a partir da biomassa da cana ressurgiu no horizonte como importante fonte de receita. Com a estiagem verificada na safra atual e, consequentemente, com a redução da capacidade de geração das hidrelétricas pelo Brasil, a cogeração de biomassa voltou a ganhar força. No início do ano, o preço da energia no mercado livre atingiu R\$ 822,83 por megawatt-hora (MWh), o teto estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Apesar de ligeira redução em relação ao patamar do início do ano, os preços do mercado livre devem continuar elevados até o fim de 2014.

No mercado regulado, a perspectiva também é positiva. No leilão A-5, ocorrido em novembro de 2014, foram adotados preços de referência diferentes para cada tipo de fonte. As termelétricas (gás, biomassa e carvão) tiveram preço de referência de R\$ 209 por MWh, ao passo que, para as fontes solar e eólica, o valor foi de R\$ 137 por MWh, o que estimulou a contratação de seis projetos de energia do setor sucroenergético.

Para os próximos anos, portanto, a busca pela eficiência energética, por maiores níveis de sustentabilidade e pela inovação tecnológica deverá pautar a agenda dos investimentos do setor. O retorno da competitividade setorial é condição necessária para a retomada dos investimentos em ampliação da capacidade produtiva, visto que os fundamentos principais que moldam o futuro do setor persistem e continuarão a persistir no horizonte aqui considerado. Entre esses fundamentos, destacam-se:

- Crescimento da frota de veículos *flex*, que hoje já representam mais de 60% da frota total de veículos leves do Brasil e aproximadamente 90% das vendas totais desses veículos. Significa dizer que a demanda potencial por etanol combustível cresce na medida do crescimento da frota *flex*; e

- Pressões ambientais tendem a aumentar, forçando os governos a adotar medidas que mitiguem os efeitos negativos das atividades econômicas baseadas no petróleo.

Forças, fraquezas e padrão de concorrência

Aqueles dois fatores podem contribuir para o crescimento sustentado da demanda potencial por etanol. Contudo, ainda há um longo caminho a ser percorrido. Atualmente, a forte pressão altista sobre os custos de produção é a principal fragilidade do setor. Diversos fatores conjunturais podem explicar essa tendência, como a baixa renovação de canaviais e as adversidades climáticas verificadas nos últimos anos. Contudo, quando se analisa a curva de produtividade de longo prazo, verifica-se uma clara redução dos incrementos ao longo dos anos, sugerindo a influência de fatores de caráter estrutural. Destacam-se o ritmo lento e os níveis aquém dos desejados dos investimentos em desenvolvimento tecnológico agrícola e industrial.

Apesar de suas fragilidades, o setor conta com forças que podem contribuir para devolver sua competitividade. Seu ativo mais estratégico é a própria cana-de-açúcar, planta com elevado potencial de geração de biomassa em ciclos curtos de produção. Isso faz com que as usinas de cana sejam receptoras naturais das novas tecnologias de conversão de biomassa em outros produtos, como outros biocombustíveis e químicos renováveis.

Nesse contexto, é incerta a apropriação dos potenciais ganhos pelas empresas do setor. Existe grande heterogeneidade entre os grupos econômicos que processam cana-de-açúcar no Brasil. As diferenças variam segundo a natureza e o tamanho desses grupos.

Hoje, convivem no setor empresas petrolíferas, de energia, *tradings* e familiares. Algumas delas apresentam altos índices de endividamento. Soma-se a isso o crescimento consistente dos custos de produção do açúcar e do etanol, cujos preços de venda não vêm remunerando suficientemente os fatores de produção.

Nesse setor, não há significativa diferenciação de produto ou de marca por parte das usinas, que são tomadoras de preços. A competitividade setorial reflete o vetor de custos das empresas, fundamentado basicamente na esfera agrícola da produção. Nesse sentido, a concorrência se dá principalmente na busca por matéria-prima de qualidade a baixo custo. Para tanto, as empresas adotam estratégias de formação de *clusters* regionais como forma de demarcação territorial. Além de garantir o suprimento de cana-de-açúcar, os *clusters* também funcionam como barreiras à entrada, já que são obstáculos à expansão geográfica da produção.

Evidentemente, essas considerações estão mais adequadas à realidade de grupos econômicos de maior porte, que têm condições de rejeitar propostas de fusões e

aquisições (F&A) por parte de seus concorrentes e de novos entrantes. Nesses casos, *clusters* regionais funcionam efetivamente como barreiras à entrada. Contudo, para grupos menores, especialmente para aqueles que atravessam dificuldades financeiras, as operações de F&A tornam-se soluções mais recorrentes para seus problemas. Desse modo, por meio de compras de grupos já estabelecidos, novos entrantes conseguem se inserir competitivamente no setor, aliando a estratégia de formação de *clusters* à estratégia de bloqueio do avanço regional de seus concorrentes.

A busca pelo aumento da competitividade setorial também gera concorrência no plano da inovação. Grandes grupos econômicos vêm investindo em novas tecnologias de produção, como o etanol de segunda geração, bem como em novos produtos feitos a partir da cana, como o diesel e o querosene de aviação. Além dos biocombustíveis, os produtos químicos produzidos a partir da biomassa da cana também vêm sendo alvo de P&D no setor sucroenergético.

É importante destacar que o surgimento de novos produtos e processos de conversão faz parte do novo conceito de biorrefinaria, ou seja, numa mesma planta, será possível produzir diversos produtos, como vários combustíveis (etanol, butanol, diesel etc.), alimentos (açúcar) e muitas outras especialidades químicas. Como argumentado, a competitividade não está no produto produzido, mas sim na matéria-prima usada para produzi-lo (cana-de-açúcar). Portanto, os produtos futuros serão agregados à planta de produção de etanol e, do ponto de vista da usina, serão complementares à produção corrente.

Desafios para o aumento dos investimentos

A retração dos investimentos no setor sucroenergético reflete diversos fatores, entre os quais se destacam: (i) aumento da percepção de risco dos investidores concomitantemente à deterioração de suas perspectivas de retorno para investimentos em ampliação da capacidade produtiva; e (ii) endividamento ainda elevado em boa parte dos grupos econômicos do setor.

Como já observado, grupos capitalizados não investem em aumento de capacidade por não vislumbrarem suficientes retornos ajustados ao risco do negócio. Alguns grupos em dificuldades financeiras, por sua vez, estão até mesmo encerrando suas atividades produtivas, o que, no futuro, pode induzir a uma nova rodada de fusões e aquisições.

Como resultado das adversidades financeiras, mesmo os gastos correntes, como os investimentos em renovação e expansão do canavial, sofreram oscilações. O nível de utilização da capacidade instalada, por seu turno, variou no período. Na safra 2010-2011, estima-se que esse nível tenha atingido 70%, seu patamar mais baixo dos últimos anos [Milanez et al. (2012)].

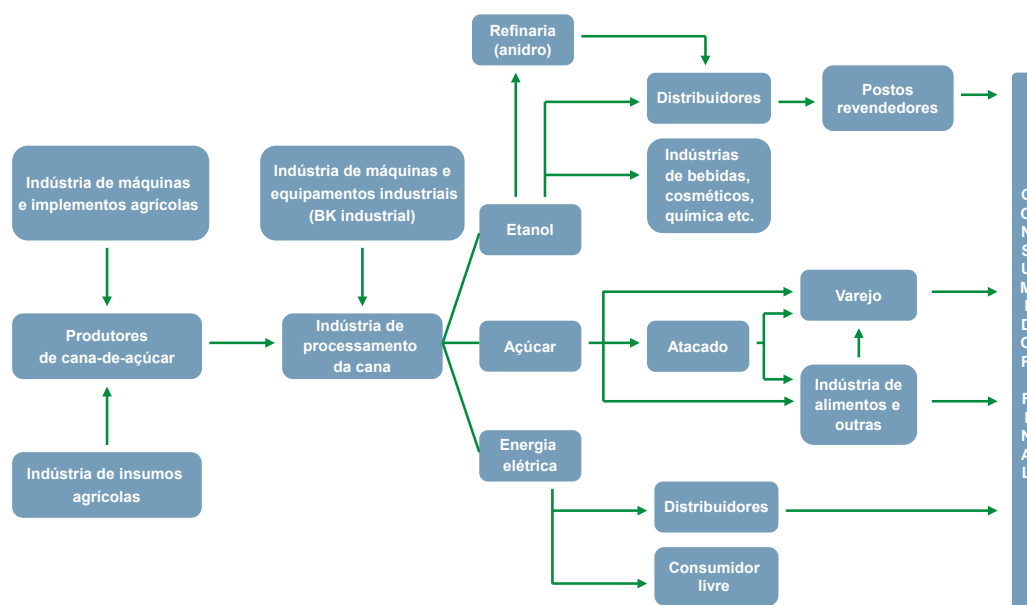
A fim de estimular a retomada dos níveis de produtividade da lavoura brasileira de cana-de-açúcar, foi lançado o BNDES Prorenova, programa voltado ao financiamento da expansão e da renovação de canaviais. Como resultado, foi possível notar a redução significativa da ociosidade industrial da produção de açúcar e etanol na safra 2013-2014, sobre as quais estimativas indicaram elevação do nível de utilização da capacidade instalada para patamar próximo a 95% [Milanez e Nyko (2013)].

Fatores estruturais e cadeias produtivas

O setor sucroenergético notabilizou-se recentemente por sua capacidade de produzir energia limpa em larga escala. O etanol de cana-de-açúcar e a bioeletricidade gerada com base no bagaço de cana foram os grandes determinantes das decisões de investimento do setor na última década. Desse modo, as tradicionais unidades processadoras de cana, além de produzirem açúcar, passaram também a produzir etanol e bioeletricidade.

Essa diversificação de produtos trouxe mudanças importantes para o setor sucroenergético. Açúcar, etanol e bioeletricidade fazem parte de mercados essencialmente distintos entre si. Por conseguinte, foram agregados novos elos à cadeia produtiva da cana-de-açúcar, notadamente a jusante das usinas. De maneira simplificada, a Figura 1 esboça a cadeia produtiva da cana-de-açúcar.

Figura 1: A cadeia produtiva da cana-de-açúcar



Fonte: Adaptado de Neves, Trombin e Consoli (2010).

Todos os elos a montante da usina de cana vertem direta ou indiretamente para ela, ou seja, a usina é o núcleo que concentra a utilização dos insumos produzidos pelos elos anteriores [Valente *et al.* (2013)].

Neves e Trombin (2014) fazem uma tentativa de mapear essa cadeia produtiva e quantificar sua grandeza econômica, bem como de seus elos. Segundo os autores, o produto interno bruto (PIB) gerado pela cadeia sucroenergética foi de US\$ 43,36 bilhões na safra 2013-2014. Esse valor equivaleu a aproximadamente 2% do PIB brasileiro de 2013. Já a somatória de todas as vendas pelos diversos elos da cadeia sucroenergética e dos serviços pelos agentes facilitadores atingiu US\$ 107,72 bilhões no mesmo período.

Do total do faturamento da cadeia, as usinas e destilarias assomam como o elo mais importante. No total, o faturamento bruto foi de US\$ 38,45 bilhões, dos quais US\$ 20,84 bilhões provenientes da venda de etanol, US\$ 16,66 bilhões da venda de açúcar e US\$ 894,05 milhões da venda de bioeletricidade.

Ainda segundo os autores, o faturamento bruto com a venda de bens de capital para a cadeia sucroenergética, que conta com máquinas e implementos agrícolas e equipamentos industriais, foi de US\$ 4,6 bilhões na safra 2013-2014. É importante ressaltar que quase a totalidade desses equipamentos é feita no Brasil, ou seja, a participação de produtos importados ainda é restrita.¹

Os projetos de inovação tecnológica, como as novas plantas de etanol de segunda geração, vêm apresentando maior participação de alguns equipamentos e insumos importados. Todavia, essa participação deve diminuir à medida que surjam mais novas plantas com essas tecnologias, incentivando a criação de mercado com escala que justifique a produção local desses equipamentos e insumos. Portanto, o crescimento da produção de etanol celulósico é fundamental para o adensamento dessa cadeia no Brasil.

Portanto, em razão do seu elevado grau de adensamento produtivo, o investimento na ampliação de novas usinas gera aumento correspondente não apenas da oferta de equipamentos e máquinas, mas também de serviços de montagens e instalações, plantio, colheita e transporte da cana-de-açúcar, entre outros efeitos.

Segundo Scaramucci e Cunha (2008), o processamento de um milhão de toneladas de cana em etanol gerava um aumento de R\$ 171 milhões na economia e 5,6 mil novos empregos, desde que considerados os efeitos diretos, indiretos e induzidos.

Em termos de empregos gerados, os números da cadeia sucroenergética são expressivos. Na safra 2013-2014, Neves e Trombin (2014) estimam que a cadeia empregou

¹ Tendo como referência o período entre 1996 e 2006, Varrichio (2012) demonstra que o valor adicionado localmente por essa cadeia produtiva foi muito maior do que o da aeronáutica, maior do que o da petroquímica e da mesma magnitude do da automobilística. Para verificar o valor adicionado pela cadeia sucroenergética, a autora utiliza como indicador o valor de transformação industrial disponível na Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE. Para se ter uma ideia dos valores envolvidos, em 2006 a cadeia sucroenergética apresentou VTI de R\$ 18,18 bilhões; a aeronáutica, R\$ 3,42 bilhões; a petroquímica, R\$ 12,32 bilhões; e a automobilística, R\$ 18,46 bilhões.

diretamente 613 mil pessoas, ou 1,3% dos empregos formais do Brasil. Quando são contabilizados os empregos sazonais durante a safra, esse número chega a 988 mil pessoas. Somando ainda os empregos informais e indiretos, o número de trabalhadores empregados pela cadeia sucroenergética chega a 3,56 milhões. A massa salarial correspondente atingiu US\$ 4,13 bilhões.

Em razão da distribuição geográfica dessa cadeia produtiva, sua capacidade de geração de empregos e renda gera algumas importantes externalidades sociais positivas, levando o desenvolvimento ao interior do Brasil. Ainda de acordo com os autores, o setor esteve presente em 1.140 municípios em 2013.

O setor também gera outras externalidades positivas internacionalmente reconhecidas. O etanol combustível, por exemplo, tem potencial de mitigar sobremaneira a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Segundo a Environmental Protection Agency (EPA), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, o etanol de cana-de-açúcar reduz as emissões de GEE em 61% em relação ao substituto de origem fóssil, o que o caracteriza como biocombustível avançado.

Em termos energéticos, o etanol de cana-de-açúcar pode gerar até nove unidades de energia para cada unidade de energia fóssil usada em sua produção [BNDES e CGEE (2008); Macedo, Seabra e Silva (2008); Wang *et al.* (2012)]. Parte dessa vantagem reside na transformação, por meio de caldeiras de alta pressão, do bagaço da cana em bioeletricidade.

Por fim, também merece destaque a importância do etanol e da bioeletricidade para a segurança energética nacional e para o equilíbrio da balança comercial brasileira. O consumo de etanol combustível substitui o consumo de gasolina, o que diminui a dependência energética e economiza divisas. A bioeletricidade da cana, por sua vez, se apresenta como fonte complementar ao parque hidroelétrico brasileiro, conferindo maior capacidade de geração de energia justamente no período de menor oferta hídrica.²

Fatores sistêmicos

Por ser *commodity* global, o açúcar tem seu preço estabelecido internacionalmente. Nos últimos anos, as vendas de açúcar brasileiro para o mercado externo corresponderam a mais de 60% de nossas vendas totais. Por sua vez, o etanol é majoritariamente comercializado no mercado doméstico. Os preços do etanol tendem a seguir os preços da gasolina, refletindo o conteúdo energético em ambos os produtos. Portanto, o preço da gasolina determina o preço-teto para o etanol, ou seja, quando o preço do

² A safra de cana-de-açúcar na Região Centro-Sul ocorre entre os meses de abril e novembro, coincidindo com o período seco naquela região, onde estão localizados 70% da capacidade dos reservatórios brasileiros.

etanol é superior a 70% do preço da gasolina, não há incentivo à compra do produto pelos consumidores.

Nesse arranjo de mercado, quando os preços internacionais do açúcar caem, altera-se a remuneração relativa entre os dois produtos. À medida que os preços do etanol tornam-se mais remuneradores, as empresas do setor desviam gradativamente sua produção para o etanol, alterando o *mix* de produção da usina. Movimento contrário ocorre quando os preços do açúcar se elevam, tornando-se mais remuneradores que os preços do etanol. Assim, a conjuntura mundial, na medida em que gera impactos sobre os preços do petróleo e do açúcar, gera impactos relevantes sobre o setor sucroenergético.

Diante de suas dificuldades recentes, os grupos econômicos atuantes no setor argumentam que a política de preços de combustíveis gera distorções no mercado brasileiro, o que resulta em aumento da incerteza e, portanto, na falta de confiança para a realização de novos investimentos. Visando ao controle da inflação, o preço do etanol é contido pelo preço da gasolina, que, por sua vez, é controlado pelo governo. Isso faz com que o setor como um todo não consiga repassar o aumento de custos, ficando com as margens mais comprimidas.

Nesse contexto, vale mencionar dois programas setoriais que auxiliam as usinas a enfrentar, ainda que parcialmente, suas dificuldades: o BNDES Prorenova e o BNDES PASS. Enquanto o primeiro destina-se à renovação e à ampliação dos canaviais, o segundo financia a estocagem do etanol de modo a garantir o abastecimento do país na entressafra.³

Tendências tecnológicas

No futuro, espera-se que novas tecnologias viabilizem não apenas o processamento integral da biomassa da cana (caldo, bagaço e palha) em diversos produtos, como outros biocombustíveis (diesel, querosene de aviação) e químicos renováveis, mas também novas biomassas, como a cana-energia e o sorgo. Desse modo, são esperados efeitos positivos tanto na competitividade desses setores, que poderão fabricar produtos de maior valor agregado e de maior interesse social, como na sociedade em geral, visto que os impactos ambientais são patentes.

Vale ressaltar que os setores de bioenergia e de química verde são setores em estruturação, cujas estratégias de inovação, por definição, são caracterizadas por

³ A edição 2013 do BNDES Prorenova teve desempenho aproximadamente 90% superior ao de 2012, alcançando uma carteira total de R\$ 2,7 bilhões em financiamento. Esse apoio foi responsável pela renovação de 431 mil ha de cana (37% superior a 2012) e pela ampliação da área plantada em 207 mil ha (138% superior a 2012). O BNDES PASS, por sua vez, teve desempenho bem acima das edições anteriores. Com orçamento total de R\$ 1 bilhão, esse programa contratou cerca de R\$ 970 milhões em 2013, ou 97% do total disponível. Na edição de 2012, por exemplo, enquanto o orçamento do programa foi de R\$ 2,5 bilhões, sua carteira atingiu apenas R\$ 135 milhões.

elevado nível de incerteza. As opções de rotas tecnológicas se multiplicam tanto no nível das matérias-primas quanto no das tecnologias de conversão e dos produtos. O processo de evolução e consolidação da indústria deve levar em conta a escolha de rotas vencedoras entre as alternativas hoje colocadas. Nesse ponto, a biotecnologia industrial aparece como base incontornável no futuro da indústria dos renováveis.

O Brasil dispõe atualmente de uma excepcional janela de oportunidade para o desenvolvimento e a consolidação, em nível mundial, da indústria nacional de bioenergias e química verde, as quais possuem relevante componente biotecnológico. A evolução conjunta desses dois setores se dá pela sua relação indissociável no que se refere aos insumos, processos produtivos e tecnológicos.

A biotecnologia está se tornando um poderoso vetor de dinamismo da economia mundial, como base da inovação no século XXI (como já é realidade no complexo industrial da saúde). A evolução dos conhecimentos em biotecnologia contribui para maior utilização das biomassas, seja na preparação e produção de matérias-primas, seja no desenvolvimento de novas tecnologias de conversão da biomassa em outros produtos. Novos conhecimentos baseados em engenharia genética, biologia de sistemas e novos processos fermentativos e enzimáticos estarão cada vez mais disponíveis. Além da otimização e da evolução de processos já conhecidos, a chamada biologia sintética surge como uma poderosa ferramenta que pode permitir o desenho de rotas metabólicas inovadoras.

Além disso, para a biologia/biotecnologia se desenvolver nos setores de bioenergia e química verde, também serão necessários serviços tecnológicos especiais, como a bioinformática e os serviços de mapeamento genético, muitos dos quais ainda não estão disponíveis.

Nesse contexto, a biotecnologia será mais fortemente empregada na produção do etanol feito de celulose, cuja fonte tenderá a ser a própria cana-de-açúcar, mas também poderá incorporar outros resíduos agrícolas, florestas dedicadas, lixo municipal etc.

Nesse processo produtivo, ao menos duas etapas biológicas são essenciais: a hidrólise enzimática e a fermentação de pentoses (açúcares de cinco carbonos). A primeira é responsável pela “quebra” da celulose em açúcares fermentescíveis e a segunda converte os açúcares que atualmente não são aproveitados no processo.

Se bem-sucedida do ponto de vista técnico e econômico, a tecnologia de produção de etanol celulósico poderá aumentar a produtividade do setor sucroenergético em torno de 45%. Além disso, outros setores poderiam se aproveitar dessa tecnologia, incorporando outras fontes de biomassa ao processo. Ademais, no processo contínuo de P&D, podem ser desenvolvidas novas enzimas e novos microrganismos com diferentes

especialidades funcionais. Portanto, o potencial das externalidades econômicas, ambientais e sociais positivas da biotecnologia é elevado.

No tocante à biotecnologia aplicada a plantas, o potencial também é expressivo. A cana-de-açúcar é uma cultura agrícola que ainda não entrou na era da transgenia, tal como já ocorre na maior parte dos grãos (milho, soja etc.). A transgenia tem potencial para aumentar significativamente a produtividade da cana. Cálculos teóricos apontam para um potencial cerca de quatro vezes superior à média da produtividade hoje alcançada.

É importante ressaltar que, quando comparado a países desenvolvidos e a alguns dos principais emergentes, o Brasil ainda se encontra bastante defasado no que se refere à ciência básica que dá suporte ao desenvolvimento e à aplicação da biotecnologia. O Brasil também carece de empresas que façam pesquisas e desenvolvam seus produtos utilizando a biotecnologia. Contudo, o desenvolvimento e a inserção dessas tecnologias nos complexos industriais dos países desenvolvidos não estão plenamente consolidados, o que permitiria a inserção da indústria nacional, em condições de liderança, com custos de oportunidade muito inferiores ao de um *catch up* tradicional. A liderança nos setores de bioenergia e de química verde (nicho) pode funcionar como plataforma pioneira a partir da qual a biotecnologia seja incorporada, desenvolvida e aplicada por uma infinidade de novos setores.

Portanto, se, por um lado, o uso industrial em larga escala da biotecnologia traz desafios complexos, como o próprio escalonamento dos processos, por outro, essas tecnologias têm potencial para gerar rupturas radicais com o atual paradigma tecnológico, baseado no uso do petróleo. E o Brasil tem alguns dos pré-requisitos essenciais para liderar esse processo de transformação e se aproveitar dos benefícios econômicos, sociais e ambientais que podem advir de tal conquista.

Referências

- BNDES; CGEE – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (Org.). Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy*, v. 32, p. 582-595, 2008.
- MILANEZ, A. Y. *et al.* O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política. *BNDES Setorial*, n. 35, p. 277-302, BNDES, mar. 2012.
- MILANEZ, A. Y.; NYKO, D. O BNDES e o setor sucroenergético em 2012: a inovação como prioridade. *Informe Setorial*, n. 25, BNDES, jun. 2013.
- NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. (2014). A dimensão do setor sucroenergético: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEA-RP/USP, jun. 2014.

SCARAMUCCI, A. J.; CUNHA, M. P. Aspectos socioeconômicos do uso energético da biomassa da cana-de-açúcar. In: Cortez, I. A. B.; Iora, E. E. S. Tecnologias de conversão energética da biomassa. 3ª ed. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008.

VALENTE, M. S. *et al.* Bens de capital para o setor sucroenergético: a indústria está preparada para atender adequadamente a novo ciclo de investimentos em usinas de cana-de-açúcar? *BNDES Setorial*, n. 36, p. 119-178, BNDES, set. 2012.

VARRICHIO, P. C. Uma análise dos condicionantes e oportunidades em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais: o caso do setor sucroalcooleiro no Brasil. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

WANG, M. *et al.* Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use. *Environmental Research Letters*, v. 7, p. 1-13, 2012. (doi: 10.1088/1748-9326/7/4/045905).