

**ST 4 - Inovação em setores intensivos em recursos naturais: agricultura, energia e mineração****AGRICULTURA CIENTÍFICA GLOBALIZADA,  
INTERNACIONALIZAÇÃO DO CAPITAL E INOVAÇÕES  
TECNOLÓGICAS RECENTES NA AGROINDÚSTRIA  
SUCROENERGÉTICA BRASILEIRA**Henrique Faria dos Santos<sup>1</sup>

*RESUMO – O objetivo do presente artigo é discutir a internacionalização do capital e a gradativa difusão de inovações tecnológicas agrícolas na agroindústria sucroenergética à luz da consolidação da agricultura científica globalizada no Brasil. Em vista desse novo paradigma produtivo da economia agropecuária ser predominantemente pautado na lógica global de commodities, os agentes e lugares produtivos ligados ao setor sucroenergético buscaram aumentar a sua competitividade para se adequarem aos parâmetros internacionais de qualidade e custos e, assim, se manterem no mercado. Para tanto, realizaram grandes investimentos em PD&I e adoção de inovações tecnológicas nos processos produtivos, especialmente no segmento agrícola, o que proporcionou expansão geográfica do cultivo da cana-de-açúcar e aumento da produção de açúcar, etanol e bioeletricidade. A metodologia adotada na pesquisa consistiu no levantamento e revisão bibliográfica, levantamento e sistematização estatístico-documental e trabalhos de campo que permitiram compreender o processo de modernização da agroindústria sucroenergética brasileira.*

**Palavras-Chave** – agricultura científica globalizada; internacionalização do capital; setor sucroenergético; inovações tecnológicas.

*ABSTRACT – This article aims to discuss the internationalization of capital and the gradual diffusion of agricultural technological innovations in the sugarcane industry to the light of the consolidation of globalized scientific agriculture in Brazil. In view that this new productive paradigm of the agricultural economy is predominantly based on the commodities global logic, the productive agents and places linked to the sugarcane industry pursued to increase their competitiveness to fit to the international quality and costs parameters and, thus, to maintain in the market. For this, they made great investments in RD&I and adoption of technological innovations in the productive processes, especially in the agriculture segment, which resulted geographical expansion of sugarcane cultivation and increase of production of sugar, ethanol and bioelectricity. The methodology used in this research was the bibliographic survey and review, survey and statistical-documentary systematization*

---

<sup>1</sup> Doutorando em Geografia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). E-mail: [livehenriquefariasantos@hotmail.com](mailto:livehenriquefariasantos@hotmail.com)



*and fieldwork that allowed to understand the modernization process of the Brazilian sugarcane industry.*

**Key-Words** – globalized scientific agriculture; internationalization of capital; sugarcane industry; technological innovations.

## 1. Introdução

A partir da década de 1990 um novo modelo de economia rural emergiu no Brasil, denominado por Milton Santos (2000) de *agricultura científica globalizada*. Esse paradigma produtivo de referência internacional caracteriza-se por intensas transformações de ordem técnica e organizacional que responderam pela reestruturação dos processos de produção, processamento, logística e comercialização dos produtos agropecuários. O setor sucroenergético foi imensamente influenciado por esse novo momento da agricultura brasileira, através dos processos de internacionalização do capital e modernização de suas operações, mediante difusão de inovações científico-tecnológicas nas várias etapas do circuito espacial produtivo.

A desregulamentação estatal e as perspectivas de crescimento e rentabilidade no setor sucroenergético (aumento do preço do açúcar, demanda internacional por etanol e sua possível *commoditização*, ascensão da bioeletricidade) atraiu o interesse de diversas corporações transnacionais e fundos de investimentos estrangeiros que fizeram fusões, aquisições e associações (*joint-ventures*), marcando um intenso processo de internacionalização e reestruturação produtiva (PINTO, 2011; MACÊDO, 2011; FAÇANHA, 2012; PITTA et al., 2014; BUNDE, 2017). Os muitos investimentos em modernização técnica e de gestão realizados pelos novos agentes resultou no aprimoramento dos processos agrícolas, agroindustriais e logísticos, com a incorporação de sofisticadas inovações tecnológicas derivadas de pesquisas científicas nas áreas da biotecnologia, química, mecânica, eletrônica e geotecnologia. O uso de variedades melhoradas de cana, agricultura de precisão, mecanização do plantio e da colheita, reaproveitamento de rejeitos agroindustriais (bagaço, vinhaça, torta de filtro), automação e informatização industrial, monitoramento integrado lavoura-indústria-logística, entre outros, foram algumas dessas inovações (CGEE, 2008; 2009; CORTEZ, 2010; NEVES; CONEJERO, 2010; FURTADO; SCANDIFFIO; CORTEZ, 2011; CAMELINI, 2013; MARJOTTA-MAISTRO, 2013; NYKO et al., 2013; OLIVEIRA; GIANONI, 2015).

Portanto, o objetivo do presente artigo é discutir a internacionalização do capital e a gradativa difusão de inovações tecnológicas agrícolas na agroindústria sucroenergética à luz da consolidação da agricultura científica globalizada no Brasil. Em vista desse novo paradigma produtivo da economia agropecuária ser predominantemente pautado na lógica global de *commodities*, os agentes e lugares produtivos ligados ao setor sucroenergético brasileiro buscaram aumentar a sua competitividade para se adequarem aos parâmetros internacionais de qualidade e custos e, assim, se manterem no mercado. A metodologia adotada na pesquisa que originou este trabalho consistiu na interlocução de três etapas: 1) *levantamento e revisão bibliográfica* (livros, artigos, teses, dissertações, reportagens) sobre a agricultura científica globalizada, o processo de internacionalização do capital e a difusão das recentes inovações tecnológicas agrícolas na agroindústria sucroenergética; 2) *pesquisa e sistematização estatístico-documental* sobre as operações de fusões e aquisições no setor sucroenergético, participação do capital estrangeiro na produção do setor e os principais grupos sucroenergéticos; 3) *trabalhos de campo* com visitas às usinas e produtores rurais de cana-de-açúcar, objetivando conhecer as recentes inovações tecnológicas agrícolas empregadas na agroindústria sucroenergética.

## 2. Agricultura científica globalizada no brasil

A partir de 1980 novas mudanças de ordem técnica e normativa atingiram o setor agropecuário brasileiro, em decorrência da crise fiscal (elevada dívida pública interna e externa e poupança pública negativa) e monetária (inflação, desvalorização cambial) vivenciada pelo Estado, bem como da crise econômica internacional (associada aos transtornos provocados pelo “choque do petróleo”). Essas mudanças estão ligadas à redução do aparato estatal no processo de modernização do campo (retração na oferta do crédito e nos investimentos em infraestrutura), à gradativa centralização dos investimentos e regulação do comércio pelas grandes empresas, e à reestruturação tecnológica e organizacional (MAZZALI, 2000; DELGADO, 2012; VIEIRA FILHO, 2014).

Frederico (2013), a partir de Mazzali (2000), explica que com essas mudanças, um novo padrão de organização do agronegócio emergiu no Brasil a partir da década de 1990: a *agricultura científica globalizada* (SANTOS, 2000). De acordo com o autor, este modelo



diferencia-se do padrão anterior (Complexos Agroindustriais – CAIs) graças a três aspectos básicos: a) aperfeiçoamento e, em certa medida, a superação do padrão tecnológico difundido pelo paradigma da Revolução Verde, com a adoção das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTICs), como a informática, a microeletrônica, a biotecnologia, a engenharia genética e a formação e transmissão de bancos de dados<sup>2</sup>; b) o aumento das exportações de produtos primários (soja, milho, açúcar, café em grão, carnes, etc., de baixo valor agregado) em detrimento dos produtos processados; c) e a menor atuação do Estado como principal regulador da agricultura, com a privatização e/ou sucateamento da maioria das empresas e instituições públicas responsáveis pelos diferentes aspectos da produção agrícola (extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA e Instituto Brasileiro do Café – IBC, por exemplo). Assim:

Juntamente com a “desregulamentação” dos mercados e a maior abertura comercial houve também uma maior internacionalização dos circuitos espaciais produtivos agrícolas. O padrão agrícola pautado nos complexos agroindustriais e na centralidade do Estado cede lugar a uma agricultura científica globalizada organizada em rede (Mazzali, 2000), cuja produção tem uma referência mundial – sobretudo, por meio da especialização na produção de *commodities* -, regulada pelas grandes corporações e refém das oscilações das cotações das principais bolsas de valores (FREDERICO, 2013, p. 4).

Segundo Mazzali (2000), houve a complexificação das relações e organizações dos agentes que conformam as cadeias agroindustriais (SAES; SILVEIRA, 2014). No novo padrão de modernização, além da economia agropecuária passar a ter uma regulamentação proeminentemente privada, “as relações entre as empresas não conhecem qualquer tipo de fronteira – geográfica, setorial ou empresarial. Nesse sentido, ao quebrar limites geográficos, a organização ‘em rede’ consegue captar o movimento recente de globalização” (MAZZALI, 2000, p. 156-157).

Isto porque tornou-se muito comum que uma única corporação, grupo empresarial ou instituição financeira<sup>3</sup> atue tanto em diversos ramos agrícolas e/ou agroindustriais (grãos, carnes, café, sucroenergético, algodão, sucos, etc.) quanto em vários elos da cadeia (produção

---

<sup>2</sup> Segundo Mazzali (2000), as NTICs provocaram profunda reorganização das formas de produção, logística, comercialização e do relacionamento entre agentes (empresas, Estado, consumidores, instituições financeiras e PD&I etc.), tornando mais flexíveis as várias etapas de produção e circulação de produtos conforme demandas e ofertas do mercado. Também contribuíram para o aumento das possibilidades de padronização, diversificação de produtos e processos, agregação de valor, ganho de tempo e redução de custos.

<sup>3</sup> Exemplos desses agentes são as *tradings* Bunge, Cargill, Archer Daniels Midland (ADM), Louis Dreyfus Company (LDC), Tereos International e Cofco.

e distribuição de bens de produção e capital agrícola, financiamento, PD&I, produção da matéria-prima, processamento, logística, comercialização) e, portanto, em muitos lugares produtivos, através da expansão das redes verticais e horizontais do agronegócio<sup>4</sup> (MAZZALI, 2000). Dessa forma, modificou-se completamente a antiga linearidade dos esquemas dos Complexos Agroindustriais, em que cada elo e ramo específico era comandado por agentes distintos (modelo desverticalizado).

Embora o Estado tenha reduzido drasticamente a sua regulação na economia agropecuária, algumas de suas competências ainda são fundamentais para o seu desenvolvimento, como a realização de parte das pesquisas agrônômicas e formação de mão de obra; o fornecimento de parte do crédito para custeio, investimento e comercialização, sobretudo para construção e ampliação/modernização de sistemas logísticos (ferrovias, rodovias, hidrovias, portos); a fiscalização do mercado (via agências reguladoras); a concessão de incentivos fiscais e econômicos; a promoção das exportações etc. (GRAZIANO DA SILVA, 1998; FREDERICO, 2010; DELGADO, 2012; BUAINAIN et al., 2014). Estas ações estabeleceram um pacto pela economia política do agronegócio (DELGADO, 2012) e viabilizaram a fluidez dos circuitos espaciais produtivos de *commodities* agrícolas. Essa nova atuação do Estado brasileiro converge, assim, ao modelo intrínseco da economia política do neoliberalismo (HARVEY, 2005; DARDOT; LAVAL, 2016), cuja função estatal passa a ser o de criar e manter um ambiente favorável aos negócios<sup>5</sup> e assegurar os direitos individuais à propriedade privada, à promoção da riqueza e ao livre mercado.

Por sua vez, com a maior participação de agentes privados altamente capitalizados e financeirizados no agronegócio, houve além do controle seletivo das etapas de produção e circulação de mercadorias (FREDERICO, 2010), o aumento significativo dos investimentos em ampliação e modernização dos segmentos agrícola, agroindustrial, logístico e Pesquisa,

---

<sup>4</sup> De acordo com Mazzali (2000), a partir de Guillon (1992), as redes verticais são organizadas em torno de uma empresa principal (uma *holding*, por exemplo) e seus diversos agentes complementares (produtores, fornecedores, distribuidores etc.) dotados de competências técnicas específicas dentro de cada cadeia produtiva. Já as redes horizontais se formam a partir das alianças ou cooperações estratégicas entre corporações concorrentes (inclusive de cadeias produtivas diferentes), objetivando assegurar acesso a novos conhecimentos e/ou a entrada em novos mercados, aproveitando economias de escala e escopo.

<sup>5</sup> Conforme discute Harvey (2011, p. 12), na ideologia neoliberal o papel do Estado é o de criar e preservar uma estrutura institucional apropriada às práticas de liberdade econômica, como: garantir a qualidade e a integridade do dinheiro, estabelecer as estruturas e funções militares e meios legais requeridos para garantir direitos individuais da propriedade privada, bem como assegurar, se necessário pela força, o funcionamento apropriado dos mercados.



Desenvolvimento e Inovação (PD&I). No que concerne à PD&I, a busca pelo aumento da produtividade, pela redução de custos, pelo ganho de eficiência e pela maximização dos lucros das grandes firmas motivou a difusão de diversas inovações científico-tecnológicas nas etapas de produção e circulação do agronegócio nos últimos anos (SILVEIRA, 2014; BUAINAIN et al., 2014). Segundo Elias (2003), a aplicação de procedimentos e métodos científicos nas várias etapas da produção agropecuária e agroindustrial marca uma nova racionalidade técnica no campo, consolidando uma verdadeira *agricultura científica*. Os principais resultados deste novo padrão agrícola foram: o maior controle sobre as condições naturais, o relativo aumento da produtividade (trabalho e terra), redução dos custos de produção, o encurtamento do ciclo vegetativo e a constituição de uma logística mais eficiente (ELIAS, 2003; 2007; 2013). Isto favoreceu a ampliação dos lucros e o retorno mais rápido dos investimentos realizados pelas grandes empresas.

Para Santos (2000), esse tipo de agricultura é exigente em ciência, tecnologia e informação e demanda uma enorme racionalidade externa, como o uso de modernos bens de capital e produção (insumos físico-químicos, mecânicos e biológicos) e a padronização dos procedimentos (preparação do terreno, plantio, tratamentos culturais, colheita, armazenamento, transporte, beneficiamento e comercialização). De acordo com Castillo (2011), a crescente adoção de parâmetros internacionais de qualidade e custos, em prol da maior eficiência produtiva e da competitividade, tem resultado numa nova divisão territorial do trabalho, cujo controle técnico e principalmente político (regulação) passa a ser desempenhado por agentes situados em lugares distantes da produção. Como observa Santos (2000, p. 88-89),

Podemos agora falar de uma agricultura científica globalizada. Quando a produção agrícola tem uma referência planetária, ela recebe influência daquelas mesmas leis que regem os outros aspectos da produção econômica. Assim, a competitividade, característica das atividades de caráter planetário, leva a um aprofundamento da tendência à instalação de uma agricultura científica. Esta, como vimos, é exigente de ciência, técnica e informação, levando ao aumento exponencial das quantidades produzidas em relação às superfícies plantadas. Por sua natureza global, conduz a uma demanda extrema de comércio. O dinheiro passa a ser uma “informação” indispensável.

Em termos geográficos, a realização da agricultura científica globalizada está presente sobretudo em áreas de produção e circulação de *commodities* agrícolas, pois essas regiões recebem maciços investimentos públicos e privados para inserirem produtos nos mercados internacionais de forma competitiva (CASTILLO, 2011). Nessas frações do território



SIGCI

evidencia-se a exacerbação da especialização regional produtiva agrícola, em função do imperativo das exportações e da “commoditização do território”, conforme defende Frederico (2013).

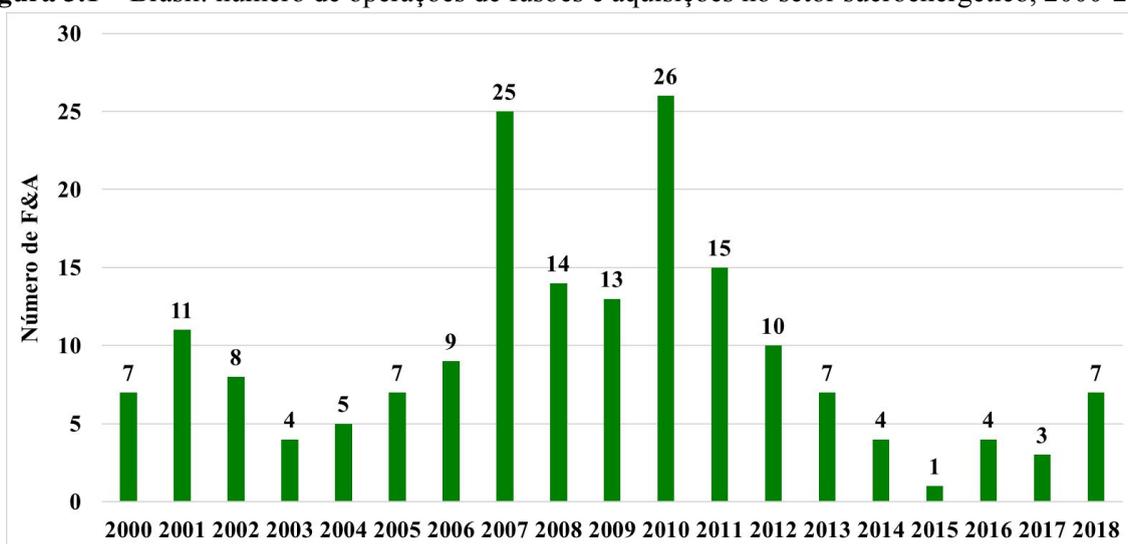
Em suma, apreendemos com base nos recentes estudos (CASTILLO, 2008; 2011; ARACRI, 2012; FREDERICO, 2013; STEDILE, 2013; OLIVEIRA, 2016; ELIAS, 2003; 2007; 2011) que o paradigma da agricultura científica globalizada (SANTOS, 2000) conforma-se nas seguintes características: i) difusão das Novas Tecnologias de Informação e da Comunicação (NTICs) nas etapas da produção e logística; ii) política estatal de viés neoliberal na economia agropecuária; iii) internacionalização dos circuitos espaciais produtivos e círculos de cooperação agrícolas e/ou agroindustriais; iv) hegemonia do capital financeiro (mercado futuro de *commodities*, creditização da produção, derivativos, formas de remuneração dos acionistas, *Land Grabbing*) nas decisões e estratégias corporativas de grandes empresas do agronegócio; v) concentração e centralização do capital nos vários segmentos do agronegócio (insumos químicos, biológicos, maquinários, produção e processamento de matéria-prima, distribuição e comercialização); vi) especialização regional e territorial produtiva de *commodities* agrícolas.

### 3. Internacionalização do capital no setor sucroenergético

Em função da consolidação da agricultura científica globalizada no Brasil, nas últimas décadas o setor sucroenergético vem passando por um processo expressivo de internacionalização dos agentes produtivos e do próprio mercado. Várias transnacionais financeirizadas do ramo do agronegócio, petróleo, *trading*, química, financeiro, etc., realizaram F&A com empresas brasileiras do setor, como: Royal Dutch Shell e British Petroleum (Reino Unido); Bunge, Cargill, Brasken e Infinity Bioenergy (EUA); Tereos International, Louis Dreyfus Company (LDC), Sucden e Béghin-Say (França); Abengoa (Espanha); Glencore (Suíça); Umo Bioenergy (Noruega); Shree Renuka (Índia); Olam e Wilmar (Cingapura); Indofood (Indonésia); Mitsui, Itochu e Sojitz (Japão); Noble Group (Hong Kong); Cofco (China); Adecoagro e Los Grobo (Argentina) (PINTO, 2011; MACÊDO, 2011; FAÇANHA, 2012; PITTA et al., 2014; BUNDE, 2017).

Segundo dados da KPMG (2019), entre os anos 2000 e 2018 foram registradas 180 operações de F&A no setor sucroenergético, sendo que mais da metade (104 operações) ocorreram a partir de 2008 (Figura 3.1), com a busca de novos investimentos de corporações estrangeiras após a crise econômica e financeira internacional de 2007-2008 (HARVEY, 2011). De acordo com Macêdo (2011), só entre 2008 e 2011, 59,8% das principais operações de F&A feitas no setor foram comandadas por estas corporações, o que significou um volume negociado de 104,5 milhões de toneladas de capacidade de moagem, com participação de empresas da Europa, EUA, China e Índia.

**Figura 3.1** – Brasil: número de operações de fusões e aquisições no setor sucroenergético, 2000-2018



Fonte: Pesquisa de Fusões e Aquisições (KPMG, 2019). Organização: SANTOS, Henrique

Vencovsky (2013, p. 52) afirma que “os novos participantes desse setor já possuem operações em quase todas as regiões do país, compreendendo fábricas de insumos, indústrias esmagadoras, terminais aquaviários, ferroviários e portuários, usinas de açúcar e etanol, dutos, ferrovias, e empresas transportadoras, além de propriedades agrícolas”. Para Pitta et al. (2014), as empresas que se envolveram no setor buscavam, a todo tempo, aumentar o tamanho do capital via diversificação e valorização de seus ativos, através da aquisição de máquinas, terras, unidades de produção agroindustrial, terminais logísticos, entre outros; obtendo assim maiores remessas de crédito junto às instituições financeiras para realizarem novos investimentos e, de novo, concentrarem mais capital. Isto é fundamental, pois “a capacidade de uma empresa adquirir novas dívidas para continuar a investir em montantes

mais elevados está atrelada ao seu tamanho, ou seja, aos valores dos seus ativos” (PITTA et al., 2014, p. 6).

As associações em forma de *joint-ventures* foram, contudo, as operações mais comuns no setor sucroenergético, consolidando alianças estratégicas sobretudo entre as grandes empresas. De acordo com Façanha (2012), além de compartilhar investimentos, riscos e lucros com a produção de açúcar, etanol e bioeletricidade, as empresas envolvidas em *joint-ventures* também tem como objetivo a cooperação em áreas específicas, especialmente na logística, comercialização e tecnologia.

Investimentos de corporações transnacionais contribuíram, portanto, para a formação dos maiores grupos sucroenergéticos, que atualmente são: Raízen, Biosev, Atvos (ex-Odebrecht Agroindustrial), São Martinho, Bunge, Tereos, Santa Terezinha, Coruripe, Lincon Junqueira e Cofco (Infocana, 2019). Dentre os 15 maiores grupos, 6 possuem capital majoritariamente estrangeiro. Além disso, segundo reportagem do JornalCana<sup>6</sup>, a participação das empresas transnacionais no total da moagem nacional de cana-de-açúcar subiu de 16% na safra 2009/2010 para 24% na safra 2014/2015. Uma outra reportagem do Jornal O Globo<sup>7</sup> afirma que a participação estrangeira na produção brasileira de açúcar e etanol aumentou de 3% em 2006 para 33% em 2013. Já reportagem do jornal O Estado de São Paulo<sup>8</sup> aponta que essa participação esteve em torno de 30% em 2017, mesmo com a crise que afeta o setor. Na safra 2015/2016, os 6 maiores grupos estrangeiros (Raízen, Biosev, Bunge, Tereos, CofcoAgri e Renuka) representaram, por sua vez, 23% da moagem de cana, 17,2% da produção de etanol e 29,8% da produção de açúcar no país (Tabela 3.1).

Não obstante, Lemos et al. (2016) destacam que a internacionalização do setor não ocorreu apenas no sistema produtivo, mas também na distribuição e PD&I.

Uma das características que diferenciam o perfil recente do setor do seu padrão histórico é justamente a relativa internacionalização da estrutura de capital das empresas, com fusões e aquisições de organizações e plantas que não atingem apenas o sistema produtivo, mas também o de distribuição e P&D, revelando novos negócios e novas redes de inovação resultantes da associação entre empresas dos

---

<sup>6</sup> JornalCana (27/05/2015): **Cresce fatia estrangeira na moagem de cana**. Disponível em: <https://goo.gl/JbbZkV>. Acesso em: fev./2019.

<sup>7</sup> Jornal O Globo (29/04/2013): **Estrangeiros são a nova geração de usineiros**. Disponível em: <https://goo.gl/3XrPEo>. Acesso em: fev./2019.

<sup>8</sup> O Estado de São Paulo (12/01/2017): **Após ‘boom’ de investimentos, setor sucroalcooleiro continua fora do radar das multinacionais**. Disponível em: <https://bit.ly/2VfO7jQ>. Acesso em: set./2018.

vários elos da cadeia, acompanhada por uma participação de capitais industriais e financeiros globais (LEMOS et al., 2015, p. 17).

#### **4. Recentes inovações tecnológicas agrícolas na agroindústria sucroenergética**

Um dos resultados da maior presença de agentes fortemente capitalizados e financeirizados no setor sucroenergético foi o aumento significativo dos investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e implementação de inovações tecnológicas, especialmente nos processos agrícolas. A modernização da agroindústria sucroenergética pautada nos parâmetros produtivos da agricultura científica globalizada possibilitou a ampliação geográfica das lavouras de cana-de-açúcar e de sua produtividade, a otimização dos processos industriais e operações logísticas e o aprimoramento das formas de gestão e atividades comerciais. Tais mudanças elevaram a competitividade dos grandes grupos do setor sucroenergético, internacionalizando ainda mais as suas operações. Para Oliveira; Gianoni (2015), investimentos em PD&I e novas práticas de gestão foram essenciais para que as empresas enfrentassem com bastante solidez os novos desafios impostos pelo mercado, sobretudo pós 2008.

Apenas as empresas que investiram (e investem) em inovação ao longo da cadeia – que passa pelo emprego de novas variedades adaptadas à mecanização; adoção de novas práticas no processo industrial; participação efetiva nas decisões de reorientação da infraestrutura logística junto ao Poder Público; além da adoção de novas práticas de gestão – conseguiram obter sucesso em um mercado competitivo e em uma situação de compressão de preços devido ao atrelamento do preço do etanol ao da gasolina (OLIVEIRA; GIANONI, 2015, p. 141-142).

No segmento agrícola, os principais avanços científico-tecnológicos ocorridos no setor sucroenergético (muitos derivados da agricultura de precisão), de acordo com alguns trabalhos (CGEE, 2008; 2009; CORTEZ, 2010; NEVES; CONEJERO, 2010; FURTADO; SCANDIFFIO; CORTEZ, 2011; CAMELINI, 2013; MARJOTTA-MAISTRO, 2013; NYKO et al., 2013; OLIVEIRA; GIANONI, 2015), foram:

- i) o desenvolvimento e a introdução de variedades de mudas de cana-de-açúcar geneticamente melhoradas (inclusive transgênicas, recentemente desenvolvidas pelo



Centro de Tecnologia Canavieira - CTC<sup>9</sup>), ou seja, fisiologicamente adequadas à colheita mecanizada, mais adaptadas às condições edafoclimáticas específicas (LANDELL et al., 2010), resistentes a determinadas pragas e doenças, tolerantes a estresse hídrico, mais produtivas em termos de biomassa vertical (cana-energia<sup>10</sup>) e com maior capacidade de armazenamento de açúcares, o que condiciona a um manejo varietal de acordo com as características físico-químicas e biológicas de cada talhão<sup>11</sup> ou ambiente de produção agrícola (PRADO, 2011);

- ii) o uso de Mudas Pré-Brotadas (MPB), isto é, mudas de cana devidamente selecionadas e com alta qualidade (livres de doenças e pragas) cultivadas em viveiros, garantindo uma taxa de multiplicação maior da lavoura e redução de toletes plantados;
- iii) o mapeamento georreferenciado da produtividade, da infestação de pragas e doenças, da erosão e das deficiências hídricas<sup>12</sup> (através de colhedoras, imagens aéreas e, recentemente, com drones/VANTS – Veículos Aéreos Não Tripulados), e análise amostral de solos, com o objetivo de preparar a terra para o plantio e realizar o manejo da lavoura de acordo com especificidades agrônômicas de cada local (variabilidade espacial) (Figura 1);
- iv) o uso de sistemas automatizados (máquinas e implementos com estrutura eletrônica e GPS/RTK a bordo) para aplicação racional (a taxas variadas) de insumos químico-biológicos (fertilizantes, corretivos, defensivos químicos, maturadores,

---

<sup>9</sup> UNICA (08/06/2017): **Cana geneticamente modificada desenvolvida pelo CTC é aprovada na CTNBio**, disponível em: <https://goo.gl/5fXqLF>; Pesquisa FAPESP (ed. 258/2017): **Canaviais mais resistentes: Variedade de cana-de-açúcar transgênica desenvolvida por empresa de Piracicaba é aprovada para plantio**, disponível em: <https://bit.ly/2MCsPSz>, ambas com acesso em: out./2018.

<sup>10</sup> A cana-energia é uma variedade de cana-de-açúcar com elevado teor de fibra, apropriada para a geração de bioeletricidade (gera maior quantidade de bagaço) e para a produção de etanol celulósico (2º geração), além de permitirem mais cortes (até 15) durante o ciclo vegetativo e poderem ser cultivadas em ambientes de baixa aptidão agrícola (reduzida fertilidade do solo e grande estresse hídrico), viabilizando a exploração de novas regiões produtivas naturalmente desfavoráveis. Ver Novacana (20/10/2015): **Cana-energia, a revolução sucroenergética está começando**. Disponível em: <https://bit.ly/2JeXp2B>. Acesso em: out./2018.

<sup>11</sup> Talhão é uma área proveniente da subdivisão do terreno para cultivo da cana-de-açúcar, cujo processo define porções delimitadas por carregadores principais e secundários (vias de circulação de máquinas e veículos) que variam, em média, entre dez e vinte hectares. A análise (bem como o mapeamento), planejamento e sistematização da preparação do solo, plantio, manejo cultural e colheita é feita conforme condições e necessidades de cada talhão, permitindo uma intervenção técnica mais localizada e precisa na agricultura.

<sup>12</sup> Segundo o CGEE (2009) e Grego et. al. (2014), embora ainda existam dificuldades com relação ao aprimoramento de sensores ópticos para identificação de fatores ligados ao solo e à lavoura canavieira, bem como quantificar precisamente a produtividade localizada (adaptação de colhedoras), a técnica de mapeamento já é uma realidade e os recentes avanços permitem baratear os equipamentos e difundi-los em número cada vez maior de usuários.

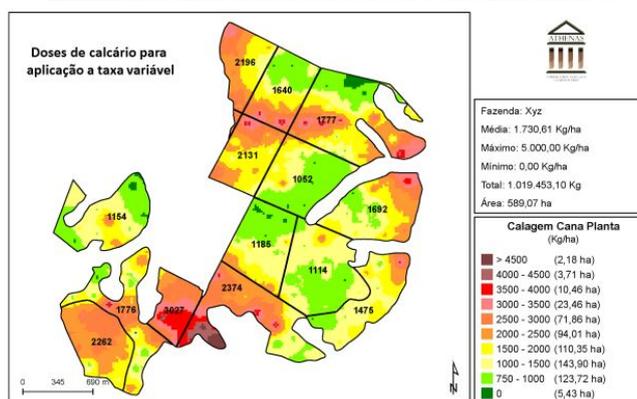
- inibidores de florescimento) e irrigação/fertirrigação<sup>13</sup>, permitindo a distribuição precisa dos produtos conforme necessidades de cada talhão;
- v) a adoção, sobretudo em cultivos de cana-de-açúcar orgânica, do controle biológico de pragas e doenças (predadores e defensivos naturais);
  - vi) o emprego do Plantio Direto<sup>14</sup> e da rotação de cultura na reforma do canavial (soja, amendoim, crotalária, girassol, milho)<sup>15</sup>;
  - vii) a mecanização e uso de sistemas com piloto automático na preparação do solo, no plantio, no manejo da lavoura (inclusive pulverização aérea) e na colheita (Figura 1), favorecendo: a diminuição dos custos com mão de obra, a redução do pisoteio e dos danos na soqueira da planta, a otimização da aplicação de agroquímicos e a eliminação da queimada da palha da cana-de-açúcar na colheita;
  - viii) o uso de sistemas integrados de informação e controle da logística da matéria-prima, permitindo a redução de tempo, custos (ex: combustível) e evitando perdas da quantidade e qualidade, em termos de massa colhida e ATR;
  - ix) a informatização do gerenciamento agrícola, através de softwares e sistemas automatizados que permitem a racionalização e otimização de todas as atividades no campo, via simuladores (planejamento do plantio, manejo e CTT – Corte, Transbordo e Transporte) e monitoramento das operações em tempo real (via Sistema de Informação Geográfica – SIG) no centro de controle das usinas, reduzindo assim o espaço/tempo e a quantidade de caminhões, tratores, colhedoras, implementos, insumos químico-biológicos, trabalhadores, etc.

---

<sup>13</sup> A fertirrigação é um sistema de irrigação da cana-de-açúcar feita através da aplicação de vinhaça (resíduo industrial da produção do etanol) e água residuária da UAS. De acordo com o CGEE (2009) a vinhaça (obtida em média de 12 a 15 litros por litro de etanol) é rica em fósforo, potássio, cálcio, nitrogênio e matéria orgânica e, portanto, sua aplicação repõe esses nutrientes no solo, contribuindo para a redução de uso de fertilizantes químicos.

<sup>14</sup> Conforme CGEE (2009), o Sistema de Plantio Direto é uma técnica de manejo do solo em que o palhicho e restos vegetais (folhas, colmos, raízes) são deixados na superfície do solo. O sistema já é largamente utilizado em áreas de colheita mecanizada e contribui para a melhoria das condições físicas e químicas do solo.

<sup>15</sup> De acordo com o CGEE (2009), o plantio de leguminosas, conhecidas como adubos verdes, como a soja, o amendoim, a crotalária *juncea*, o girassol e o milho durante o processo de reforma do canavial (descanso do solo e replantio da cana-de-açúcar) fixam o nitrogênio no solo e melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do mesmo, contribuindo com a redução dos custos com a preparação do terreno. Além disso, a rotação de cultura tornou-se uma prática muito rentável aos produtores de cana, na medida em que diminui a ociosidade da terra e custeia algumas despesas, como a reforma do canavial e o arrendamento de terras.



**Figura 1** – Colheita mecanizada da cana-de-açúcar da Usina Vale do Tijuco – CMAA (a esquerda) e mapa de aplicação de calcário a taxa variável na lavoura de cana (a direita)

**Fonte:** do autor (visita à UAS em julho/2016); Athenas (2018)

O uso da agricultura de precisão<sup>16</sup>, um conjunto de técnicas derivadas das NTICs (ARACRI, 2012), é uma prática cada vez mais recorrente no setor sucroenergético (CAMELINI, 2013; GREGO et al., 2014). O aumento dos custos com preparação do solo e aplicação de insumos químicos-biológicos, a degradação ambiental provocada pela distribuição homogênea e sem controle de agroquímicos, e o aperfeiçoamento das geotecnologias, máquinas e equipamentos com GPS/RTK a bordo; são fatores que têm estimulado a adoção dessa tecnologia de forma mais intensiva na canavieira.

<sup>16</sup> Para Inamasu; Bernardi (2014, p. 28), a Agricultura de Precisão compreende um sistema que leva em conta três etapas: 1) leitura (medição, imagem, contagem, identificação, amostragem, produtividade, sensoriamento) da área, consistindo no levantamento e obtenção de dados como solo, planta, umidade, doença, praga, temperatura, luz, vento, fauna e microfauna; 2) interpretação dos dados para o planejamento das operações no campo (SIG, topológica e de paisagem, geoestatística, agrônômica, histórica, processamento, ambiente externo); 3) atuação ou execução do planejamento da sementeira, adubação, quimificação, irrigação, correção e colheita seletiva. Segundo os autores, ao completar essas três etapas, reinicia-se o ciclo com operações que são aprimoradas através de um banco agregado e complexo de dados, que guardam um histórico de mapas georreferenciados. Estes, por sua vez, guiarão máquinas e equipamentos no campo dotados de computadores, sensores e GPS a bordo para a execução das operações geoestatisticamente programadas (plantio, aplicação de insumos, formas de colheita).

De acordo com Inamasu; Bernardi (2014, p. 25) a agricultura de precisão “pode ser entendida como uma forma de gestão da lavoura que leva em conta a variabilidade espacial”. Para os autores, cada hectare da propriedade rural possui condições diferentes de produtividade e infestação de doenças e pragas, necessitando de intervenção agrônômica segundo procedimentos (quantidade e qualidade) que varia no espaço e no tempo. Para Grego et al. (2014b, p. 459) essa variabilidade influencia diretamente nos rendimentos da cultura de cana-de-açúcar, devido às “diferenças naturais nas áreas de plantio quanto à fertilidade do solo, infiltração de água, nível de compactação e tipos de solo, e às superfícies geomorfológicas ou outros atributos relevantes.” Assim, cada área é mapeada sob uma grade amostral de solos e as informações coletadas são tratadas com técnicas de geoestatística para a execução do planejamento.

Camelini (2013, p. 8-9) complementa que a agricultura de precisão designa uma série de operações planejadas em escritório/laboratório que são executadas em campo com o auxílio de recursos computacionais e de geotecnologias. Nesse caso, é fundamental o uso de veículos com equipamentos dotados de sistemas de georreferenciamento integrado, permitindo “realizar reconhecimentos, identificações, análises e intervenções extremamente precisas e sistematizadas<sup>17</sup>, com o intuito de maximizar a produtividade e minimizar custos de produção agrícola, numa área específica”. O acesso e uso de tais técnicas (própria ou terceirizada) (figura 1.3) ainda se encontra restrita a agricultores altamente capitalizados, capazes de investir em aquisições de equipamentos e contratação de equipe especializada. Todavia, conforme aponta Camelini (2013), a agricultura de precisão vem se constituindo em uma nova filosofia de trabalho nas áreas rurais produtoras de cana-de-açúcar, especialmente em terras próprias e/ou arrendadas pelas UAS.

---

<sup>17</sup> Para Inamasu; Bernardi (2014, p. 28), a Agricultura de Precisão compreende um sistema que leva em conta três etapas: 1) leitura (medição, imagem, contagem, identificação, amostragem, produtividade, sensoriamento) da área, consistindo no levantamento e obtenção de dados como solo, planta, umidade, doença, praga, temperatura, luz, vento, fauna e microfauna; 2) interpretação dos dados para o planejamento das operações no campo (SIG, topológica e de paisagem, geoestatística, agrônômica, histórica, processamento, ambiente externo); 3) atuação ou execução do planejamento da semeadura, adubação, quimificação, irrigação, correção e colheita seletiva. Segundo os autores, ao completar essas três etapas, reinicia-se o ciclo com operações que são aprimoradas através de um banco agregado e complexo de dados, que guardam um histórico de mapas georreferenciados. Estes, por sua vez, guiarão máquinas e equipamentos no campo dotados de computadores, sensores e GPS a bordo para a execução das operações geoestatisticamente programadas (plantio, aplicação de insumos, formas de colheita).



**Figura 2 – Ciclo da Agricultura de Precisão**

**Fonte:** <http://fatecap.blogspot.com.br/2013/03/ciclo-da-agricultura-de-precisao.html>

Portanto, a agroindústria sucroenergética vem utilizando cada vez mais tecnologias derivadas das NTCs para aumentar a produtividade no campo e melhorar a rentabilidade geral do setor, já que o segmento agrícola representa em torno de 70% dos custos totais da produção sucroenergética (PACEGE, 2018).

## 5. Considerações finais

A consolidação da agricultura científica globalizada (SANTOS, 2000) no Brasil influenciou enormemente para as recentes mudanças do setor sucroenergético. Com a maior presença de corporações transnacionais com alto poder de investimento, houve avanços significativos na PD&I e na adoção de novas tecnologias no processo produtivo, especialmente no segmento agrícola. As recentes inovações tecnológicas derivadas de pesquisas científicas, como a consecução de novas variedades de mudas e agricultura de precisão, proporcionou grandes ganhos de produtividade e competitividade dos agentes da agroindústria sucroenergética, resultando em expansão geográfica da cana-de-açúcar (sobretudo em áreas a pouco tempo atrás inviáveis do ponto de vista edafoclimático), aumento



SIGCI

III Simpósio Internacional de Geografia do Conhecimento e da Inovação

06 a 08 de Novembro de 2019

Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP

da produção e processamento da matéria-prima e de seus principais derivados (açúcar, etanol e bioeletricidade).

No entanto, grande parte dessas tecnologias ainda possuem altos custos, o que faz com que apenas um seleto grupo de grupos sucroenergéticos capitalizados seja capaz de investir em sua adoção nos processos produtivos. Com isso, observa-se um grande aumento da heterogeneidade técnica entre os agentes e a dificuldade de grupos menores em se manter no mercado. A constante elevação dos custos de produção e as recorrentes oscilações desfavoráveis do preço do açúcar e do etanol têm criado uma situação de mercado que demanda aumento da produtividade e ganhos de escala, o que desafia os grupos menos competitivos.

## Referências

ARACRI, L. A. **Reestruturação produtiva, território e difusão de inovações no campo: a agricultura de precisão em Mato Grosso**. Rio de Janeiro: Arquimedes, 2012.

BUAINAIN, A. M. et al. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília/DF: Embrapa, 2014.

BUNDE, A. **Os impactos dos investimentos externos diretos (IEDs) sobre a (re)estruturação e estrangeirização do setor sucroenergético no Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia). 336f. Goiânia: IESA/UFG, 2017.

CAMELINI, J. H. Agricultura de precisão para cana-de-açúcar: expressão local de um processo global. In: XIV ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA. (Anais). Lima (Peru): EGAL, 2013.

CASTILLO, R. Agricultura globalizada e logística nos cerrados brasileiros. In: SILVEIRA, M. R. (org.). **Circulação, transportes e logística: diferentes perspectivas**. São Paulo: Outras Expressões, 2011.

CASTILLO, R. Agronegócio e Logística em Áreas de Cerrado: expressão da agricultura científica globalizada. **Revista da Anpege**, v. 3, p. 33-43, 2007.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Bioetanol de cana-de-açúcar: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília, DF: CGEE, 2009.

CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: CGEE/BNDES, 2008.

CORTEZ, L. A. B. (coord.) **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010.

DARDOT, P.; LAVAL, C. **A nova razão do mundo: ensaio sobre a sociedade neoliberal**. Trad. Mariana Echalar. São Paulo: Boitempo, 2016.

DELGADO, G. C. **Do capital financeiro na agricultura à economia do agronegócio: mudanças cíclicas em meio século (1965-2012)**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012.



SIGCI

III Simpósio Internacional de Geografia do Conhecimento e da Inovação

06 a 08 de Novembro de 2019

Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP

- ELIAS, D. Globalização, Agricultura e Urbanização no Brasil. **Revista ACTA Geográfica** (edição esp. Geografia Agrária). Boa Vista, p. 13-32, 2013.
- ELIAS, D. O meio técnico-científico-informacional e a reorganização do espaço agrário nacional. In: MARAFON, G. J.; RUA, J.; RIBEIRO, M. (orgs.) A. **Abordagens teórico-metodológicas em geografia agrária**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2007, p. 49-66.
- ELIAS, D. Agricultura científica no Brasil: impactos territoriais e sociais. In: SOUZA, M. A. A. de (org.). **Território brasileiro: usos e abusos**. Campinas: Territorial, 2003, p. 315-340.
- FAÇANHA, S. L. de O. **Aquisições, fusões e alianças estratégicas na cadeia sucroenergética brasileira**. Tese (Doutorado em Ciências) 339f. São Paulo: USP, 2012.
- FREDERICO, S. Agricultura científica globalizada e fronteira agrícola moderna no Brasil. **Revista Confins**. Paris, vol. 17, p. 1 - 17, 2013.
- FREDERICO, S. **O Novo Tempo do Cerrado: expansão dos fronts agrícolas e controle do sistema de armazenamento de grãos**. São Paulo: Annablume; FAPESP, 2010.
- FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M. I. G.; CORTEZ, L. A. B. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, v. 39, 2011, p. 156-166.
- GRAZIANO DA SILVA, J. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. 2º ed. São Paulo: UNICAMP, 1998.
- GREGO, C. R. et al. Agricultura de precisão em cana-de-açúcar. In: BERNARDI, A. C. de C., et al. (Ed. Téc.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: EMBRAPA, 2014, p. 442-457.
- HARVEY, D. **O enigma do capital: e as crises do capitalismo**. Trad. João Alexandre Peschanski. São Paulo: Boitempo, 2011.
- HARVEY, D. (2005). **O Neoliberalismo: história e implicações**. Trad. Adail Ubirajara Sobral, Maria Stela Gonçalves. 2 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2011.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C. Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. de C., et al. (Ed. Téc.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: EMBRAPA, 2014, p. 21-33.
- LANDELL, M. G. de A. et al. A estratégia de seleção regional no desenvolvimento de cultivares de cana-de-açúcar para bioenergia. In: CORTEZ, L. A. B. (coord.) **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010, p. 345-352.
- LEMOS, P. et al. Panorama e Desempenho Recente do Setor Sucroenergético: condições para um novo ciclo. **Futuros do bioetanol: o Brasil na liderança?** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, p. 9-33.
- MACÊDO, F. dos S. **A reestruturação do setor sucroenergético no Brasil: uma análise do período entre 2005 e 2011**. Dissertação (Mestrado em Agroenergia). 2011. 71f. São Paulo: EESP/FGV, 2011.
- MARJOTTA-MAINTRO, M. C. (Org.) **Desafios e perspectivas para o setor sucroenergético do Brasil**. São Carlos: EdUFSCar, 2011.
- MAZZALI, L. **O processo recente de reorganização agroindustrial: do complexo à organização "em rede"**. São Paulo: Editora Unesp, 2000.
- MILANEZ, A. Y. et al. A produção o de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDES**, n. 41, p. 147-208, jun/2014.



SIGCI

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2010.

NYKO, D. et al. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? **BNDES Setorial**, n. 37, mar. 2013, p. 399-442.

OLIVEIRA, A. U. **A Mundialização da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Iãnde Editorial, 2016.

OLIVEIRA, A. L. R.; GIANONI, C. B. Desafios de Inovação Segundo Empresas do Setor. In: SALLESFILHO, Sérgio (Org.). **Futuros do bioetanol: o Brasil na liderança?** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, p. 127-143.

PINTO, M. J. A. **Investimentos diretos estrangeiros no setor sucroenergético**. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações). 171f. Ribeirão Preto: FEAC/USP, 2011.

PRADO, H. do. **Pedologia fácil: aplicações**. 3 ed. Piracicaba: H. do Prado, 2011.

PRADO, H. do. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Encarte do Informações Agrônômicas**, n. 110, p. 12-17, 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/9vywG9>>. Acesso em: Julho/2016.

PITTA, F. T.; XAVIER, C. V.; NAVARRO, C.; MENDONÇA, M. L. **Empresas Transnacionais e Produção de Agrocombustíveis no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2014.

SAES, M. S. M.; SILVEIRA, R. L. F. Novas formas de organização das cadeias agrícolas brasileiras: tendências recentes. In: BUAINAIN, A. M. et al. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília/DF: Embrapa, 2014, p. 298-315.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. Rio de Janeiro: Record, 2000.

SILVEIRA, J. M. da. Agricultura brasileira: o papel da inovação tecnológica. In: BUAINAIN, A. M. et al. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília/DF: Embrapa, 2014, p. 374-394.

STEDILE, J. P. (Org.). **A questão agrária do Brasil: o debate na década de 2000**. São Paulo: Expressão Popular, 2013.

VENCOVSKY, V. P. Setor sucroenergético: a emergência de um novo período. In: BERNARDES, J. A.; SILVA, C. A.; ARRUIZZO, R. C. (Org.). **Espaço e energia: mudanças no paradigma sucroenergético**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2013, p. 51-62.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. In: BUAINAIN, A. M. et al. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília/DF: Embrapa, 2014, p. 396-421.