



## **SÉRIE TEXTOS DE DISCUSSÃO CEAG/UnB**

**6/13**

### **O INVESTIMENTO EM PD&I NO SETOR SUCROENERGÉTICO GERA O BENEFÍCIO DA MIGRAÇÃO LATERAL DA INOVAÇÃO?**

**Luciano Cunha de Sousa**

**Centro de Estudos Avançados de Governo e de Administração  
Pública - CEAG**

**Brasília  
2013**

Texto para Discussão (TD)

## **O INVESTIMENTO EM PD&I NO SETOR SUCROENERGÉTICO GERA O BENEFÍCIO DA MIGRAÇÃO LATERAL DA INOVAÇÃO?**

**Luciano Cunha de Sousa**

Laboratório de Análise de Políticas Públicas do CEAG (LAPP/CEAG)

O Laboratório de Análise de Políticas Públicas do CEAG (LAPP/CEAG) é formado por professores e alunos da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FACE/UnB), Instituto de Ciência Política (IPOL/UnB), Faculdade de Tecnologia (FT/UnB) e Faculdade UnB Planaltina (FUP/UnB). Seu objetivo é desenvolver atividades de pesquisa sobre temas relacionados à avaliação e análise de políticas econômicas e sociais. Com esse intuito, o grupo apoia o desenvolvimento de pesquisas fundamentadas em diferentes abordagens metodológicas; estimula a elaboração de artigos, de dissertações e de teses; promove encontros acadêmicos e incentiva a participação de seus pesquisadores em eventos científicos no Brasil e no exterior.

Editor: Prof. Dr. Luiz Guilherme de Oliveira  
Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos desenvolvidos por pesquisadores do CEAG da Universidade de Brasília (UnB).

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade de seus autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do CEAG/UnB.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

<http://www.ceag.unb.br/ceag/public/biblioteca/index/tema/padrao/tipo/TD>

# O INVESTIMENTO EM PD&I NO SETOR SUCROENERGÉTICO GERA O BENEFÍCIO DA MIGRAÇÃO LATERAL DA INOVAÇÃO?

Luciano Cunha de Sousa

## INTRODUÇÃO

Diferente da maioria dos setores industriais brasileiros, o setor sucroenergético possui uma indústria de base totalmente instalada no país, fornecendo de 90 à 100% dos equipamentos de uma usina (VARRICHIO, 2012). Há domínio completo da tecnologia utilizada e o país exporta tanto equipamentos, quanto serviços e tecnologia. Os investimentos realizados em Pesquisa e Desenvolvimento para o setor resultaram em inovação e durante décadas os ganhos de produtividades foram significativos.

Entretanto, o pensamento dominante na área econômica considera que a dependência de recursos naturais é um impedimento para o crescimento econômico sustentado. Para Sachs e Warner (1995, 2001) e Gylfason (2001) há uma clara associação entre o desenvolvimento a partir de indústrias de base natural e um desempenho econômico ruim. Porém, Iizuka e Soete (2011) ao analisarem o Panorama da inserção internacional da América Latina e Caribe (CEPAL, 2010) encontram uma realidade que eles consideram contraditória: os países com maior proporção de exportação baseadas em recursos naturais (países da América do Sul) demonstraram um desempenho econômico melhor que os países com uma proporção maior de exportação de bens manufaturados (países da América Central, particularmente o México), no período entre 2000 e 2010. O crescimento econômico não parece estar ligado ao desenvolvimento de indústrias de alta tecnologia: muitas economias com grandes setores de baixa ou média tecnologia também crescem (SMITH, 2008).

Bound (2008) tem uma visão bastante positiva a esse respeito, para autora

[...] há uma tendência a se considerar vantagem comparativa baseada em recursos naturais como indicativa de uma economia em um estágio de desenvolvimento imaturo, que deve ser superado para se alcançar e expandir as fronteiras das possibilidades tecnológicas. Sugere-se, aqui, que o caso brasileiro desafia essa visão linear de desenvolvimento. Na trajetória alternativa que o país oferece, a crescente capacidade científica e tecnológica não está separada nem se opõe a seus recursos naturais, mas é integralmente ligada a eles” (Bound, 2008: 12-13).

Ela considera que o país possui capacidades tecnológicas acumuladas a partir de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais e que existem indícios de que essas atividades seriam intensivas em conhecimento, caracterizando o Brasil como uma “economia natural do conhecimento”.

Iizuka e Soete (2011) ao revisarem estudos comparativos entre os países latino americanos e escandinavos consideram que as diferenças nos resultados do desenvolvimento

baseado em recursos naturais é devido às escolhas estratégicas dos países e que a América Latina está passando por uma nova janela de oportunidade com o boom das commodities. Também, relacionam diversos estudos que mostram que a exploração de recursos naturais evoluiu e que a incorporação de novas tecnologias como a biotecnologia, nanotecnologia e ciências ambientais traz a possibilidade de desenvolvimento em atividades intensivas em conhecimento. Lorentzen (2006) considera que a exploração de recursos naturais oferece a possibilidade de uso de tecnologia e conhecimento em outros setores, permitindo o que ele chama de "migração lateral".

O objetivo deste trabalho é avaliar se o investimento em inovação no setor sucroenergético gera o benefício da migração lateral da inovação. Ou seja, além dos benefícios para o próprio setor sucroenergético, os investimentos em PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) para o setor têm acarretado melhorias em outras indústrias?

## REVISÃO TEÓRICA

Lorentzen (2008) destaca no início de seu artigo, que a ampla disponibilidade de recursos naturais não garante o desenvolvimento econômico. “O que importa é a maneira pela qual a intensidade do recurso é explorado” (p. 2). Acemoglu e Robinson (2012); Nelson e Sampat (2001); Nelson (2007) e North (1990) têm raciocínio semelhante quando consideram que a diferença no desenvolvimento dos países está nas instituições que estes desenvolveram e possuem. Para Iizuka e Soete (2011, p.10):

as evidências sugerem que as atividades baseadas em recursos naturais nem sempre criam enclaves, mas podem estender as atividades tanto horizontalmente quanto verticalmente. Contudo, como diversos estudos mencionam, o tipo de instituição local parece ser a chave para resultados de sucesso nas atividades econômicas.

Lorentzen ressalta ainda que as capacidades inovativas nacionais, que considerar-se-ão neste trabalho como vinculadas ao Sistema Nacional de Inovação (SNI), foram essenciais para a industrialização de economias intensivas em recursos como a Suécia ou a Finlândia. Para o autor “Uma das ideias-chave da experiência escandinava é que a diversificação da economia não ocorreu **a parte**, mas **ao lado**, dos setores primários, como a silvicultura, que foram cruciais para a decolagem” (p.7).

Nas cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, a capacitação dos fornecedores é vista como uma oportunidade emergente (PÉREZ, 2010), que envolve a intensificação de conhecimento nestas atividades. Tal intensificação pode ocorrer de quatro maneiras (LORENTZEN, 2008): O melhoramento do processo produtivo pela incorporação de tecnologia; Aplicação de conhecimentos nos elos anteriores da cadeia produtiva; Integração da cadeia produtiva, nos elos para trás e para frente, a partir das inovações em produtos; e a “migração

lateral” que ocorre quando o conhecimento, bens de capital e setor de serviços de uma atividade baseada em recursos naturais são aplicados em áreas não conectadas com a exploração dos recursos. Nesta fase a acumulação de conhecimento na exploração de recursos naturais gera um *spillover* por meio da interação entre a base de conhecimento e os recursos existentes. A capacitação tecnológica refere-se às “habilidades, experiências e esforços que permite que as empresas de um país adquiram, utilizem, adaptem, aperfeiçoem e criem tecnologias com eficiência” (LALL, 2005, p.26).

A cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene, que uma vez plantada promove seis safras economicamente viáveis. É uma gramínea com características muito diversas e com uma área plantada mundialmente muito menor que outras culturas agrícolas de grande porte, representando 3,6% da área mundial plantada com cereais em 2011 (FAO, 2013). O Brasil é o maior produtor mundial, tendo, portanto que investir em PD&I no segmento agrícola da cana-de-açúcar (NYKO et al., 2013).

O setor sucroenergético, numa análise conforme proposto por Pavitt (1984), tem o seu processo inovativo “dominado pelos fornecedores” e é “intensivo em produção (em escala)”, ressaltando a importância da análise no segmento de bens de capital. Strachman e Avellar (2008) consideram que as inovações tecnológicas incrementais são parte da estratégia das empresas do segmento de bens de capital para aumentar sua competitividade, entretanto a adoção destas inovações depende das empresas compradoras de máquinas e equipamentos e o fluxo de reposição ou de novas instalações é essencial para a disseminação da nova tecnologia.

Lundvall (1985, 2004 e 2009) trata da dinâmica da interação usuário-produtor, na qual a inovação é vista como um processo dinâmico que pode gerar aprendizado partindo do relacionamento entre produtores e usuários. Há uma interdependência sistêmica entre os dois que causa o surgimento de um código de conduta que reduz os custos transacionais de capacitação tecnológica a partir da troca de produtos, da troca de informações e da cooperação direta. Ambos beneficiam-se da troca.

No processo de inovação a interação usuário-produtor tem um papel crítico: i) as inovações geradas conjuntamente tem potencial de aproveitamento pelos produtores; ii) as inovações solicitadas pelos usuários deverão exigir novos equipamentos ou engenharia de processo; iii) o *learning by using* poderá gerar novos produtos, caso haja a interação usuário-produtor; iv) os problemas identificados passam a ser vistos como oportunidades para produtos inovadores; e v) o produtor deve estar interessado em

monitorar as competências e aprendizado dos usuários para estimular a capacidade de adaptação a novos produtos (LUNDVALL, 2009).

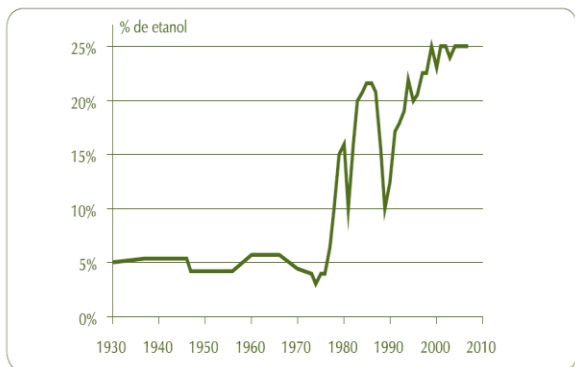
Na análise teórica sobre o desenvolvimento baseado em recursos naturais, há consenso dos autores que para este ocorrer é necessária a acumulação de competências científicas e tecnológicas. Sendo, portanto necessárias políticas públicas que rompam com a tendência perniciosa discutida pelos autores que tratam da “maldição dos recursos naturais”. Para Foray, David e Hall (2009) tanto as vantagens comparativas quanto as competências existentes são relevantes na priorização dos setores objeto de uma política industrial, gerando o que eles chamam de especialização inteligente”.

## **O setor sucroenergético**

A cana-de-açúcar, principal insumo do setor sucroenergético, foi introduzida no Brasil a partir de uma determinação do rei de Portugal D. Manuel em 1516 (UDOP, 2007), no início da colonização do país e sempre teve papel relevante na economia brasileira. Em 2012 representou 2% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, movimentando R\$ 60 bilhões e gerando 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos (PROCANA BRASIL, 2013). Em 1903, nas conclusões do I Congresso Nacional sobre Aplicações Industriais do Álcool, já se recomendava o uso de álcool como combustível automotivo no Brasil (GOLDEMBERG et al,1993). Em 1931, o Decreto n. 19.717 (1931) impôs uma mistura compulsória de, no mínimo, 5% de álcool anidro à gasolina importada. Desde o início do etanol como combustível veicular houve variações nos percentuais de mistura à gasolina, que se situaram em média, em 7,5% até 14 de novembro de 1975, quando o primeiro choque do petróleo levou a criação do Decreto-Lei nº 76.596 (1975), que colocou oficialmente em funcionamento o PROÁLCOOL. Hira e Oliveira (2009) estabelecem como principal meta do programa a substituição em larga escala do petróleo por derivados de álcool.

Desde o estabelecimento do PROÁLCOOL, houve crescente uso tanto de etanol anidro, que é misturado na gasolina, quanto do etanol hidratado utilizado para o abastecimento dos veículos a álcool ou *flexfuel*, conforme pode ser visto nas figuras 1 e 2. O uso recente de caldeiras mais eficientes também permitiu o uso do bagaço de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica em volumes crescentes, como pode ser visto na figura 3. Segundo o Balanço Energético Nacional, os *produtos da cana-de-açúcar* (BRASIL, 2012) representam 16,85% da produção de energia primária brasileira, sendo a 2ª maior fonte de energia do país, atrás apenas do petróleo e à frente da hidroeletricidade. Além do uso interno, a produção de etanol em larga escala e com custos competitivos permitiu que o país passasse a exportar este biocombustível, chegando a

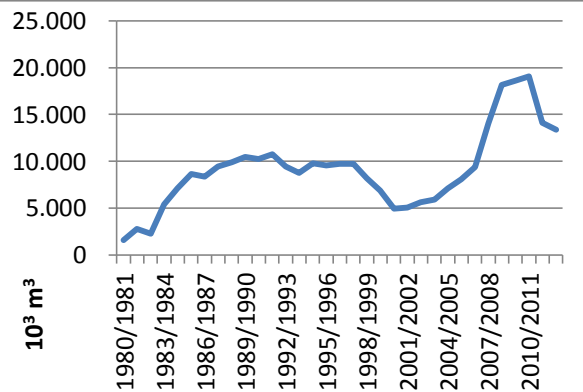
embarcar mais de 3,3 bilhões de litros para o exterior no ano de 2009 conforme pode ser visto na figura 4.



Fonte: MME (2008).

**Figura 1: Teor médio de etanol anidro na gasolina brasileira**

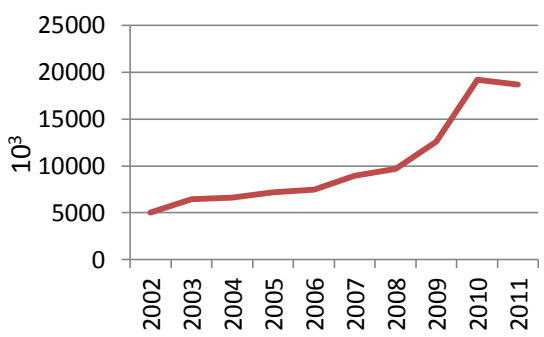
Fonte: MME (2008)



**Figura 2: Produção de Etanol Hidratado**

Fonte: (UNICA, 2013)

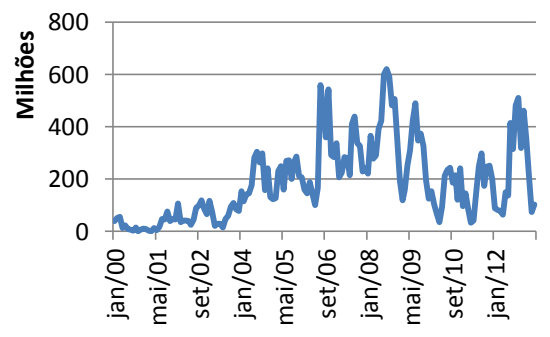
Elaboração Própria



**Figura 3: Uso de bagaço de cana-de-açúcar para produção de eletricidade.**

Fonte: BRASIL (2012)

Elaboração própria

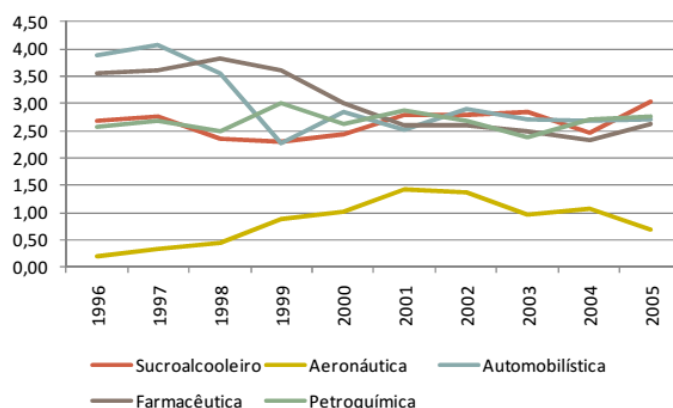


**Figura 4: Exportação de etanol**

Fonte: (BRASIL, 2013)

Elaboração própria

Varrichio (2012) ao analisar o Valor de Transformação Industrial (VTI) do setor sucroalcooleiro identificou que, em 2005, este foi o maior dentre setores selecionados, como o aeronáutico, automobilístico, farmacêutico e petroquímico, conforme pode ser visto na figura 5. Tal fato indica que o valor adicionado localmente pela cadeia produtiva sucroalcooleira é significativo e que o conteúdo local da cadeia produtiva é relevante.

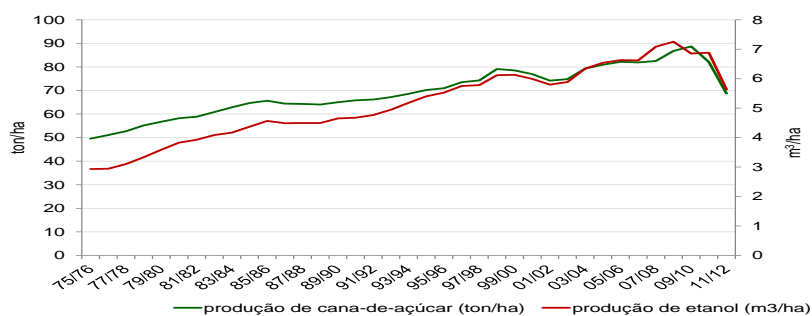


**Figura 5: VTI de setores selecionados**

Fonte: (VARRICHIO, 2012)

### Trajória da inovação tecnológica para o etanol no Brasil

Desde o estabelecimento do Proálcool e mesmo depois de sua extinção, a evolução tecnológica na produção do etanol de cana-de-açúcar deu-se de forma contínua, conforme pode ser visto na figura 5. A queda de produtividade nas safras recentes tem sido considerada por especialistas como causada por problemas conjunturais tais como eventos climáticos, baixa renovação dos canaviais e mecanização acelerada, porém, Nyko et al. (2013) consideram que os investimentos recentes em PD&I, principalmente na área agrícola da cana-de-açúcar, são insuficientes e que teríamos também um fator estrutural para redução de velocidade no ganho de produtividade.



**Figura 6: Produtividade da cana-de-açúcar e etanol**

Fonte: (UNICA, 2012)

Dentre os principais avanços tecnológicos do setor entre 1980 e 2000, Macedo (2007) destaca:

#### Entre 1980 e 1990:



- A introdução em larga escala de variedades de cana desenvolvidas no Brasil (principalmente pelos programas do CTC-Copersucar e do Planalsucar).
- O desenvolvimento do uso integral da vinhaça na ferti-irrigação.
- Controles biológicos na produção da cana.
- Desenvolvimento do sistema de moagem com quatro rolos.
- Tecnologia para operação de fermentações “abertas” de grande porte.
- Aumento na produção de energia elétrica na indústria (autossuficiência).
- Uso final: especificações do etanol; motores E-100; transporte, mistura e armazenamento do álcool.

#### **Entre 1990 e 2000:**

- Otimização do corte, carregamento e transporte da cana (CCT).
- Mapeamento do genoma da cana; transformações genéticas.
- Mecanização da colheita.
- Obtenção de excedentes de energia elétrica e venda para a concessionária.
- Avanços em automação industrial.
- Avanços no gerenciamento técnico (agrícola e industrial).
- A introdução dos motores flex-fuel.

Inicialmente a preocupação era aumentar a produção de forma acelerada, com preocupações centradas em aumento de produtividade de equipamentos e processos, mesmo que fosse com perda de eficiência (BRASIL, 2005), já que o governo garantia a compra. Em seguida os aumentos de eficiência se tornaram mais importantes já que não havia mais garantia de preços e por fim a preocupação foi com o avanço das técnicas gerenciais de produção, com grande redução de custos (MACEDO, 2007).

Parte significativa dos enormes ganhos de produtividade obtidos pelo setor e apresentados na figura 6 não foram fruto de adoção de novos paradigmas tecnológicos, mas sim de melhorias incrementais nas diversas etapas do processo, associadas à uma disseminação tecnológica, principalmente na região de São Paulo. Já em 1998 considerava-se o processo industrial de etanol antigo e conhecido, não sendo esperadas grandes melhorias tecnológicas (FARINA; ZYLBERSZTAJN, 1998). A grande mudança tecnológica do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar, segundo os autores era a incorporação de mecanização da colheita.

Os resultados obtidos indicam que o desenvolvimento tecnológico implementado na agroindústria da cana-de-açúcar aconteceu, principalmente, através das inovações provenientes de outros setores industriais, constituindo-se na década de noventa como um processo de inovação incremental, que ainda poderia ser qualificado como um processo de inovação fragmentada, na medida que não atingiu o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar em forma integral. (ABARCA, 1999, p. 1)

Os maiores ganhos de produtividade do etanol deram-se na etapa agrícola, em 2005 já existiam no Brasil mais de 500 variedades de cana-de-açúcar comerciais, produzidas principalmente pelo CTC e RIDESA (LEITE e CORTEZ, 2005). Porém, todas baseadas em cruzamento e seleção de novas combinações genéticas, que dão origem às novas variedades. Enquanto no Brasil, cerca de 85% das lavouras de soja, 70% do milho e ao redor de 30% do algodão são ocupadas por variedades transgênicas; não há uma única variedade de cana-de-açúcar transgênica autorizada comercialmente (CHABREGAS, 2012). Essa é uma situação em que apesar dos enormes avanços obtidos, o que se observa é o uso de técnicas de seleção e cruzamento já conhecidas há milênios, mas com os aperfeiçoamentos ocorridos recentemente. A quebra de paradigma tecnológico referente à transgenia ainda não está disponível comercialmente no país para a cana-de-açúcar.

Moore (2009) considera que o rendimento teórico da cana-de-açúcar é de 472 t/ha, enquanto atualmente a média brasileira é de 69,46 t/ha - cálculo a partir de dados do Procana Brasil (2013). Analisando os índices de produtividade, de atualização varietal (IAV) e de concentração varietal (ICV), Nyko et al. (2013) consideram que o uso da transgenia, associada com o desenvolvimento de maquinários agrícolas adequados é a maior fonte possível de ganhos para o etanol de primeira geração.

Na área industrial, temos p.ex. o difusor que extrai 98% do total da sacarose contida na cana, em comparação com 95% de uma moenda excelente (EID, 1996), que é o mecanismo tradicional utilizado. A Dedini, maior fornecedora de bens de capital para o setor fornece difusores com tecnologia da Bosch.

Liboni e Toneto Jr (2012) consideram que as atividades dos fornecedores são relevantes para geração de inovação no setor:

A usina, ou a planta industrial, é composta de um conjunto de equipamentos que compõem as etapas de extração, tratamento, fermentação e destilação, além de utilidades para a produção de energia, o transporte de matéria-prima, a obtenção e tratamento de água, entre outros. A produtividade na etapa industrial depende tanto do desenvolvimento do setor de bens de capital nas diferentes etapas do processo produtivo, como dos projetos de engenharia de integração dos diferentes componentes para a montagem da usina. (p.3)

As inovações geradas nas empresas fornecedoras de bens de capital foi um dos determinantes para os ganhos de produtividade no setor e para a consolidação da competitividade brasileira. Vale destacar uma importante característica do setor sucroalcooleiro, este possui fortes links com o setor industrial, tanto para trás como demandante de matérias-primas e, principalmente, equipamentos industriais e agrícolas, como para frente com os diferentes produtos gerados pelo setor que se direcionam para diversos tipos de indústria” (LIBONI; TONETO JR, 2008, p.2)

## Caracterização das atividades tecnológicas do setor sucroenergético

Varrichio (2012) em sua tese faz uma análise da caracterização das atividades tecnológicas do setor sucroenergético, na qual se baseia esta seção.

As inovações são incrementais, tanto nas usinas, quanto nos fornecedores de máquinas e equipamentos. Há pouco esforço em pesquisa básica e o relacionamento com as instituições de pesquisas é considerado pouco relevante, tornando a interação usuário-produtor crítica. Um dos motivos apontados pela autora é o fato do etanol de 1ª geração já ser considerado uma tecnologia madura sob o ponto de vista industrial, levando os engenheiros a aprenderem com suas experiências e proporem inovações relacionadas com o design dos equipamentos já existentes. As empresas de automação, intimamente ligadas com o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), são mais inovadoras, investindo mais em PD&I e com empresas de menor porte atuando em nichos específicos de mercado.

Para autora, as atividades de inovação por meio do *Doing, Using e Interacting* são predominantes, com a inovação originando-se geralmente de processos informais baseados na experiência dos agentes. O conhecimento tácito e localizado é elemento chave. Tal proposição é coerente com o proposto por Pavitt (1984) que considera que o setor metal mecânico é um setor que apresenta facilidade de cópia dos equipamentos e conseqüentemente baixa proteção patentária e acaba desenvolvendo-se localmente pela interação entre os profissionais. A concentração das indústrias de base nas cidades de Piracicaba e Sertãozinho no estado de São Paulo, formando *clusters* de fornecedores para o setor também confirmam a teoria de Pavitt de tendência ao desenvolvimento local baseado na interação entre profissionais.

Nas indústrias de baixa e média tecnologia, usualmente a inovação não é resultado de PD&I ou dos últimos desenvolvimentos científicos e tecnológicos; ela é mais frequentemente baseada na transformação do estoque geral de conhecimento em algo que gere resultados econômicos (BENDER; LAESTADIUS, 2005; SANTAMARÍA; NIETO; BARGE-GIL, 2009). Tal constatação é observada no setor de etanol, onde o grande desenvolvimento tecnológico, principalmente nas décadas de 70 e 80 deu-se com a adaptação de tecnologias oriundas de outros setores.

As grandes empresas de base do setor ofertam soluções completas denominadas “turn key” iniciando-se na especificação do projeto até o fornecimento completo dos equipamentos. Mas são poucas as empresa com esta capacidade, não só no Brasil como no Mundo. Sendo assim, a construção de uma usina completa, muitas vezes, passa pela

especificação de uma empresa de consultoria e a contratação de diversos fornecedores especializados. Varrichio (2012) destaca a importância crescente destas empresas na geração de conhecimento no setor:

Os processos de engenharia reversa e learning-by-imitation são importante fonte de conhecimento para as atividades tecnológicas do setor já que a assistência técnica a produtos dos concorrentes é frequente e o vazamento de informações entre empresas é constante. Em função disso, o processo de difusão das inovações tecnológicas é rápido, já que permite que uma inovação de caráter incremental se torne algo de domínio público rapidamente. (p.172)

## **METODOLOGIA**

A primeira abordagem do tema consistiu de análise qualitativa da literatura existente no tema com dados secundários e na coleta e exame de dados primários.

A pesquisa de campo consistiu de entrevistas a partir de um questionário semiestruturado com 10 empresas de diferentes portes e segmentos de produtos e serviços, realizada nas principais regiões produtoras de máquinas e equipamentos de São Paulo, nos municípios de Sertãozinho e Piracicaba. Também foram realizadas entrevistas com importantes centros de pesquisa para o setor, como o CTBE (Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol) localizado em Campinas e o CTC (Centro de Tecnologia Canavieira) localizado em Piracicaba. Representantes das principais associações do segmento de bens de capital para o setor também foram entrevistados: APLA (Arranjo Produtivo Local do Alcool) em Piracicaba e CEISE (Centro Nacional das Indústrias do Setor Sucroenergético e Biocombustíveis) em Sertãozinho. As entrevistas foram realizadas num contexto maior de avaliação da dinâmica de inovação do setor sucroenergético, para trabalho de conclusão de tese de doutorado, em curso pelo autor.

Também foi realizado acordo com os autores do artigo: A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? (NYKO et al., 2013) e a partir da autorização dos entrevistados, foi obtido acesso à 15 entrevistas gravadas.

## **RESULTADOS**

Quando se avalia o setor sucroenergético, constata-se que esse foi um dos setores que recebeu historicamente apoio significativo do governo para se desenvolver. Nas décadas de 70 e 80 o avanço foi bastante significativo e rápido e incluiu um significativo avanço tecnológico. É também um dos poucos setores no Brasil, no qual houve investimentos em PD&I realizados pela iniciativa privada, principalmente pelos associados da Coopersúcar, por meio do CTC. Além disso, verificou-se que majoritariamente os avanços tecnológicos ocorridos foram de caráter incremental.

Mas, se há muito sobre o quê discutir relativamente às necessidade de inovação para o setor sucroenergético e suas relações com o Sistema Nacional de Inovação, neste trabalho, pretende-se avaliar se, assim como suposto por Lorentzen (2006) a "migração lateral" está ocorrendo. Será que os vultuosos investimentos brasileiros na indústria de etanol e mais recentemente de geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar beneficiaram outros setores industriais?

Para investigar a possível "migração lateral" da tecnologia desenvolvida ou utilizada no setor sucroenergético, inicialmente avaliou-se a origem das tecnologias utilizadas no setor. Estas são em sua maioria de origem endógena ou são adaptadas de outros ramos industriais e campos de conhecimento?

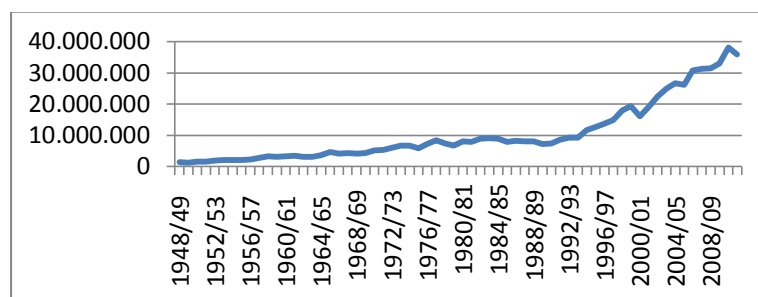
O setor sucroenergético beneficiou-se da difusão tecnológica do setor industrial originária dos países desenvolvidos, conforme proposto por Bell e Pavitt (1993). O esforço tecnológico (Dahlman e Westphal, 1982) para usar o conhecimento existente e combinação com outros recursos para transformar as tecnologias existentes em novas tecnologias ocorreu no setor sucroenergético em larga escala, principalmente na indústria metalomecânica.

A fermentação em grande escala, por exemplo, foi adaptada do setor de bebidas, com importação de tecnologia, principalmente francesa. Algumas das novas tecnologias de concentração de vinhaça têm origem no setor de sucos. Entre os entrevistados há consenso, principalmente entre aqueles com uma participação há mais tempo no setor, que o desenvolvimento tecnológico deu-se com base na importação de tecnologia de outros países e setores. A principal inovação brasileira deu-se no campo da engenharia, com a integração de tecnologias diversas e posterior melhoria das mesmas, baseada na inovação incremental, no *learning-by-doing* e no *learning-by-interacting*.

Os entrevistados da indústria metalomecânica e dos centros de pesquisa, quando questionados sobre o uso de tecnologias desenvolvidas no setor e usadas em outras áreas não consideraram que este processo ocorresse. É importante ressaltar que os entrevistados percebem a indústria de etanol e açúcar como uma mesma indústria. Tal fato deve-se à produção de açúcar e etanol no Brasil utilizarem-se da mesma matéria-prima e, em geral, serem produzidos na mesma usina. Contudo, os investimentos na produção e desenvolvimento tecnológico para o etanol, principalmente na época do Proálcool não tinham como objetivo desenvolver tecnologia para produção de açúcar.

Mas, conforme pode ser observado na figura 7, a produção de açúcar foi amplamente beneficiada pelos investimentos no setor. O desenvolvimento tecnológico tanto na área agrícola, quanto na parte de extração do caldo beneficiam simultaneamente a produção de etanol e de açúcar. Mas, os conhecimentos adquiridos ao se investir no etanol, possibilitaram simultaneamente melhorar a produção de açúcar e conforme pôde ser visto na figura 3, também houveram *spillovers* tecnológicos que resultaram na produção de energia elétrica com excedentes para inserção na rede.

Ainda que a indústria metalomecânica não reporte a migração lateral da inovação, observou-se que o aprendizado tecnológico das empresas atuantes no setor tem possibilitado que as indústrias de base desenvolvam equipamentos para outros setores. Existem empresas que passaram atuar no ramo de cervejarias ou de usinas para produção de biodiesel etc. Com a crescente demanda de equipamentos do Pré-Sal, o Ceise vem atuando para capacitar suas empresas associadas a atuar no ramo de petróleo e já se observam algumas empresas diversificando sua atuação.



**Figura 7: Produção brasileira de açúcar (toneladas)**

Elaboração própria  
Fonte: (BRASIL, 2013)

Diferente do setor metalomecânico, alguns outros setores reportam que o investimento em PD&I para o etanol gera tecnologias aproveitadas em outros segmentos. No ramo de automação foi reportado que o desenvolvimento tecnológico para atender ao setor sucroenergético possibilitou a empresa levar tecnologia para outros ramos de atuação inclusive em outros países. A Smar, líder em automação para o setor é um exemplo desta trajetória.

A biotecnologia, área que tem recebido mais investimentos em período recente, parece ser o segmento que mais tem potencial de gerar *spillovers* tecnológicos. Nas pesquisas recentes para produção de biocombustíveis de segunda geração, tem sido criados compostos com aplicação em outros setores como o de fármacos. Um exemplo é

o farneseno, produzido pela Amyris, a partir de leveduras em contato com o açúcar da cana, que pode ser usado como componente para a fabricação de pneus, plástico, sabão em pó, lubrificantes automotivos e até cosméticos. A Alsukkar, empresa incubada na Supera Incubadora de Empresas de Base Tecnológica, em Ribeirão Preto, desenvolveu um sistema automatizado de análise do caldo de cana e seus contaminantes e trabalha no desenvolvimento de antibióticos naturais, tem seu foco de atuação atual no segmento sucroenergético. Porém, a empresa já diagnosticou que sua tecnologia pode ser utilizada em outros setores e pretende investir na diversificação de sua área de atuação.

Na atualidade, o espraiamento da inovação pelo setor de etanol tem ocorrido principalmente nos elos para frente da cadeia produtiva. Várias empresas tem desenvolvido tecnologia para utilizar o etanol como matéria-prima para produção de plásticos ou de combustível de aviação. Os desenvolvedores destas tecnologias tem como motivador o uso de uma matéria-prima renovável, de baixo custo e com ampla disponibilidade e informam ter no etanol estes atributos. Alguns exemplos são a produção de polietileno pela Brasken com uso de etanol; a produção de bioquerosene de aviação pela Byogy Renewables a partir do etanol; o desenvolvimento pela GE de uma turbina de geração de energia elétrica “flex” permitindo a utilização de gás natural ou etanol; o desenvolvimento de um avião agrícola pela Embraer utilizando o etanol como combustível; o desenvolvimento de ônibus movidos à etanol pela Scania; caminhões flex diesel/etanol desenvolvidos pela MAN, Iveco e Volvo.

A ampla disponibilidade de etanol, com um custo baixo comparado com outras alternativas de produtos renováveis, parece ser o principal motivo para os investimentos em tecnologias nos elos para frente da cadeia produtiva. Já no segmento de biotecnologia, várias empresas têm sido motivadas não pela ampla disponibilidade de etanol, mas sim pela ampla disponibilidade de açúcares com baixos custos. Empresas de biotecnologia como a Amyris e a LS9, de origem estadunidense, optaram por desenvolver projetos tecnológicos no Brasil pela ampla disponibilidade de caldo de cana, uma fonte de açúcar de baixo custo e com uma indústria fornecedora já bem estabelecida.

## **CONCLUSÃO**

Nelson (2006) ao comparar os sistemas nacionais de inovação de 15 países, dentre eles, o Brasil, constatou que:

“Os países que possuem recursos naturais e boas terras cultiváveis enfrentam um diferente conjunto de oportunidades e de limitações em relação àqueles sem estas características... países com uma rica base de recursos naturais podem sustentar padrões de vida relativamente altos com produtos agrícolas e recursos naturais e

indústrias correlatas fornecendo as exportações necessárias para pagar os bens manufaturados importados. Os países que têm sido capazes de fazer isto – Dinamarca, Canadá e Austrália se sobressaem em nosso conjunto – desenvolveram programas de P&D governamental em apoio a estas indústrias... embora a agricultura praticada e exploração de recursos naturais requeiram P&D, esta, comparada com a das indústrias de alta tecnologia, é de baixa intensidade.... pelo menos até certo ponto, o sistema de inovações de um país tende a ser moldado por fatores como o tamanho e a dotação de recursos naturais que afetam as vantagens comparativas” (Nelson, 2006: 438-9).

Aproveitar adequadamente os recursos naturais, desenvolvendo tecnologia adequada é o desafio de países como o Brasil para elevar a sua prosperidade. O segmento de etanol é um exemplo de como investimentos governamentais com uma orientação clara podem gerar riqueza no país. Ainda que o segmento passe atualmente por uma crise que tem gerado paralisação de novos investimentos e redução do ganho de produtividade, cuja análise não foi o foco deste trabalho, verificou-se que o mesmo tem apresentado um espraiamento da inovação para outros setores.

O principal segmento fornecedor para o setor de etanol, o metalomecânico não gera o benefício da migração lateral da inovação. Porém, é necessário destacar que o aprendizado com o setor gerou outros benefícios para a indústria como a facilidade de inserção em outros mercados, como o de bebidas ou de petróleo e gás.

Os segmentos de automação e biotecnologia geram a migração lateral da inovação, principalmente o de biotecnologia. Mas, o principal movimento de difusão de inovação do setor de etanol dá-se nos elos para frente da cadeia produtiva, principalmente motivados pela ampla disponibilidade do etanol e do caldo de cana-de-açúcar, com uma logística de distribuição bem desenvolvida e com preços competitivos frente às alternativas renováveis.

## **BIBLIOGRAFIA**

ABARCA, C. D. G. **Inovações Tecnológicas na agroindústria da cana-de-açúcar** Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). **Anais...**Rio de Janeiro: 1999

ACEMOGLU, D.; ROBINSON, J. **Why Nations Fail? The Origins of Power, Prosperity and Poverty**. New York: Crown Business, 2012.

BENDER, G.; LAESTADIUS, S. **Non-science based innovativeness** Low-Tech as Misnomer: The Role of Non-Research-Intensive Industries in the Knowledge Economy. **Anais...**Brussels: 2005Disponível em: <<http://www.pilot-project.org/papers/bender.pdf>>

BOUND, K. **Brazil the natural knowledge economy**. London: Demos, 2008. p. 159



BRASIL. **Cadernos NAE. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.** Brasília: [s.n.].

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Aliceweb.** Disponível em: <<http://alicesweb2.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 31 maio. 2013.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2012.** Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário Estatístico da Agroenergia 2012.** Brasília: [s.n.]. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/anuario\\_agroenergia\\_web\\_2012.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia_web_2012.pdf)>.

CEPAL. **Panorama da inserção internacional da América Latina e Caribe.** [s.l: s.n.].

CHABREGAS, S. M. Variedades transgênicas de cana-de-açúcar. **Revista Opiniões**, p. 68, 2012.

EID, F. Progresso técnico na agroindústria sucroalcooleira. **Informações Econômicas**, v. 26, p. 29-38, 1996.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED. **Statistics.** Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html>>. Acesso em: 30 maio. 2013.

FARINA, E. M.M.Q. ZYLBERSZTAJN, D. **Competitividade no Agribusiness Brasileiro.** [s.l: s.n.].

FORAY, D.; DAVID, P. A.; HALL, B. Smart Specialisation – The Concept. **Knowledge Economists Policy Brief**, v. 9, n. June, p. 1-5, 2009.

HIRA, A.; OLIVEIRA, L. G. DE. No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry. **Energy Policy**, v. 37, p. 2450-2456, 2009.

IIZUKA, M.; SOETE, L. Catching up in the 21st century: Globalization, knowledge & capabilities in Latin America, a case for natural resource based activities. n. 31, 2011.

LALL, S. A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, L.; NELSON, R. R. (Eds.). **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente.** Campinas: Editora Unicamp, 2005. p. 25-100.

LEITE, R. C. DE C.; CORTEZ, L. A. B. **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo – Fase 1.** Campinas: [s.n.].

LIBONI, L. B.; TONETO JR, R. **A indústria de equipamentos no setor sucroalcooleiro** Workshop do Setor Sucroalcooleiro. **Anais...**Ribeirão Preto: 2008

LIBONI, L. B.; TONETO JR, R. **A INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS PARA O SETOR SUCROALCOOLEIRO**XIX Simpósio de Engenharia de Produção Simpep. **Anais...**Bauru: 2012Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais\\_simpep.php?e=7](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=7)>

LORENTZEN, J. Resource Based Industries Lateral Migration in Resource-Intensive Economies Technological Learning and Industrial Policy. **Human Science Research Council**, 2006.

LORENTZEN, J. Knowledge intensification in resource-based economies. In: LORENTZEN, J. (Ed.). **Resource intensity knowledge and development: insights from Africa and South America**. Cape Town: HSRC Press, 2008. p. 1-48.

LUNDVALL, B.-ÅKE. **Product Innovation and User-Producer Interaction**. Aalborg: Aalborg University Press, 1985. v. Industrial

LUNDVALL, B.-ÅKE. **Why the New Economy is a Learning Economy** DRUID Working Paper Aalborg, 2004. Disponível em: <<http://www3.druid.dk/wp/20040001.pdf>>

LUNDVALL, B.-ÅKE. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 8, n. 1, p. 9-34, 2009.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 157-165, abr. 2007.

MOORE, P. H. **Sugarcane Biology, Yield and Potential for Improvement** Workshop BIOEN sobre melhoramento de cana-de-açúcar. **Anais...** São Paulo: 2009 Disponível em: <[http://www.fapesp.br/pdf/bioen1803/Bioen\\_Moore.pdf](http://www.fapesp.br/pdf/bioen1803/Bioen_Moore.pdf)>

NELSON, R. R. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas: [s.n.]. p. 504

NELSON, R. R. Understanding economic growth as the central task of economic analysis. In: MALERBA, F.; BRUSONI, S. (Eds.). **Perspectives on Innovation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 27-41.

NELSON, R. R.; SAMPAT, B. N. Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 3, n. 44, p. 31-54, 2001.

NORTH, D. **Intitutions, Institutional Change and Economic Performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

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

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, p. 343-373, 1984.

PÉREZ, C. Dinamismo tecnológico e inclusão social en América Latina: uma estratégia de desarrollo productivo basada em los recursos naturales. **Revista CEPAL**, v. 100, p. 123-145, 2010.

PROCANA BRASIL. **Anuário da cana 2013**. [s.l.: s.n.].

SANTAMARÍA, L.; NIETO, M.; BARGE-GIL, A. Beyond formal R&D: Taking advantage of other sources of innovation in low-and medium-technology industries. **Research Policy**, v. 38, n. 3, p. 1-11, 2009.

SMITH, K. Medidas políticas para apoiar inovação: experiências internacionais. In: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (Ed.). **Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: Diálogo entre experiências internacionais e brasileiras**. Brasília: [s.n.]. p. 75-98.

STRACHMAN, E.; AVELLAR, A. P. M. Estratégias , desenvolvimento tecnológico e inovação no setor de bens de capital , no Brasil \* Palavras-chave. **Ensaio FEE**, v. 29, n. 1, p. 237-265, 2008.

UDOP. **Cana-de-açúcar: Linha do tempo**. Disponível em:  
<<http://www.udop.com.br/index.php?cod=75181&item=noticias#nc>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Produtividade da cana-de-açúcar e etanol** São Paulo, 2012.

UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Unicadata**. Disponível em:  
<[http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2&acao=visualizar&idTabela=1423&produto=etanol\\_hidratado&safraini=1980/1981&safraFim=2012/2013&estado=RS,SC,PR,SP,RJ,MG,ES,MS,MT,GO,DF,BA,SE,AL,PE,PB,RN,CE,PI,MA,TO,PA,AP,RO,AM,AC,RR](http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2&acao=visualizar&idTabela=1423&produto=etanol_hidratado&safraini=1980/1981&safraFim=2012/2013&estado=RS,SC,PR,SP,RJ,MG,ES,MS,MT,GO,DF,BA,SE,AL,PE,PB,RN,CE,PI,MA,TO,PA,AP,RO,AM,AC,RR)>. Acesso em: 31 maio. 2013.

VARRICHIO, P. DE C. **Uma análise dos condicionantes e oportunidades em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais : o caso do setor sucroalcooleiro no Brasil**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2012.