

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

TRANSIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E INOVAÇÃO SUCROALCOOLEIRO

PEDRO HENRIQUE VERGES

RIO DE JANEIRO

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TRANSIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E INOVAÇÃO SUCROALCOOLEIRO

Pedro Henrique Verges

Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de MESTRE em Economia da Indústria e da Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Edmar Luiz Fagundes de Almeida

Co-orientador: Prof. Dr. José Vitor Bomtempo Martins

RIO DE JANEIRO

2013

V496 Verges, Pedro Henrique.

Transição do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro / Pedro Henrique Verges.
– 2013.

105 f. ; 31 cm.

Orientador: Edmar Luiz Fagundes de Almeida.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia,
Programa de Pós-Graduação em Economia, 2013.

Bibliografia: f. 100-105.

1. Sistemas de inovação. 2. Biomassa. 3. Transição tecnológica. I. Almeida, Edmar Luiz Fagundes de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. III. Título.

CDD 338.9

TRANSIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E INOVAÇÃO SUCROALCOOLEIRO

Pedro Henrique Verges

Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de MESTRE em Economia da Indústria e da Tecnologia.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Edmar Luiz Fagundes de Almeida (IE-UFRJ) – Orientador

Prof. Dr. José Vitor Bomtempo Martins (EQ-UFRJ) – Co-orientador

Prof. Dr. Luiz Martins de Melo (IE-UFRJ)

Prof. Dr. Fabrício Brollo Dunham (BNDES)

Dezembro de 2013

RESUMO

VERGES, Pedro Henrique. **Transição do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro**. Rio de Janeiro. 2013. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Essa dissertação trata das mudanças recentes ocorridas dentro do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro (SPIS) no Brasil, principalmente a partir da década de 2000. A liberalização do setor, associada à mudança no paradigma tecnológica do mercado da biomassa leva a uma reestruturação dos agentes, reordenando a dinâmica competitiva e inovativa pré-existente.

Mudanças institucionais, regulatórias e competitivas vêm mudando a configuração do setor. Isso leva o SPIS a um processo de transição, nas quais os agentes são incentivados a acumular competências em áreas fora do escopo tradicional exigido pelas características do ramo sucroalcooleiro. Utilizando-se da abordagem schumpeteriana e dos conceitos de sistemas de inovação e funções do sistema de inovação, são explorados os principais eventos – ou motores – que revelam o momento de transição tecnológica e competitiva nesse mercado.

São identificados três motores, capazes de captar e explicar grande parte da mudança na base tecnológica, organização dos agentes e no arcabouço institucional do setor ao longo das últimas décadas: mudança no perfil das empresas, o programa de financiamento a inovação PAISS e a crise de produtividade agrícola do setor.

Os resultados mostram que esse conjunto de eventos tem a capacidade de alterar a matriz de incentivos dos agentes, melhorando os regimes de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade das inovações dentro do setor, corroborando a hipótese de transição do SPIS. A grande questão que fica é se a intensidade da mudança será suficiente para promover mudanças efetivas e de longo prazo, permitindo que o Brasil se mantenha na liderança tecnológica no mercado de biomassa.

Palavras-chave: Sistemas de Inovação. Biomassa. Transição tecnológica.

ABSTRACT

VERGES, Pedro Henrique. **Transition of sugar and ethanol production and innovation system**. Rio de Janeiro. 2013. Master in Economics – Economics Institute, Federal University of Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, 2013.

This master thesis assess the recent changes within the sugar and ethanol production and innovation system (SPIS) in Brazil, from the 2000's on. Sector liberalization, associated with changes on technological paradigms of biomass markets forces a restructuring of agents and changes the dynamics of competition and innovation.

Institutional, regulatory and competitive changes shape a "new" sector. This takes SPIS to a transition process, in which agents are incentivized to accumulate competences in areas outside the traditional scope of sector. Using Schumpeterian approach and the concepts of systems of innovation and functions of innovation, main events – so called engines – are analyzed, revealing the transitional moment of the industry.

Three engines are identified and used to explain major part of change on technological scope, organization and institutional arrangements during the last decades: change of companies profile, financing program PAISS and agricultural crisis.

The results of this work reveal that these events change the incentives matrix of agents, improving the opportunity, cumulativeness and appropriation on the innovation regime, confirming the transitional moment. These changes are essential to promote long term changes within the system, which could allow Brazil to keep its leadership on biomass markets.

Keywords: System of innovation, Biomass, Technological Transition.

AGRADECIMENTOS

É chegado o final de mais uma etapa. Agradeço à Petrobras, que através do PRH forneceu um importante subsídio financeiro, possibilitando a realização dessa dissertação, fomentando os estudos no setor energético.

Ao Instituto de Economia da UFRJ, que proveu toda infraestrutura, física e intelectual, para realização do mestrado no PPGE, oferecendo grande conhecimento e contribuindo para o pensamento crítico em economia.

Aos professores, em especial José Vitor Bomtempo e Edmar de Almeida, que me acolheram no Grupo de Economia da Energia, propiciando um ambiente estimulante ao debate acadêmico e que também contribuíram para a melhoria constante desse trabalho, com muita paciência, conhecimento e confiança. À professora Flávia Alves, pelos conselhos e acompanhamento. À Joseane, que sempre com muita disposição e bom humor me ajudou nessa caminhada.

Aos meus colegas, companheiros e amigos do PPGE, Praia Vermelha e de todo Rio de Janeiro, que tornaram a vivência carioca fácil e prazerosa.

Aos meus pais, que no papel de financiadores, orientadores e amigos, já estão agradecidos.

- Só o que muda, permanece.

Confúcio

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIE	Agência Internacional de Energia
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BIOEN	Programa Bioenergia FAPESP
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CGEE	Centro de Gestão de Estudos Estratégicos
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CTBE	Centro Nacional de Tecnologia do Bioetanol
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
DOE	Departamento de Energia (EUA)
ECD	Estrutura Conduta Desempenho
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency (EUA)
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESALQ	Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
EUA	Estados Unidos da América
F&A	Fusões e Aquisições
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FSI	Função do sistema de inovação
FUNTEC	Fundo Tecnológico BNDES
GEE	Gases de Efeito Estufa
IAA	Instituto de Açúcar e Alcool
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento

PAISS	Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico
PLANALSUCAR	Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar
PROALCOOL	Programa Nacional do Alcool
RFS	Renewable Fuel Standard (EUA)
RIDESA	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético
SI	Sistema de Inovação
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SPIS	Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro
SPRU	<i>Science and Technology Policy Research, University of Sussex</i>
SSI	Sistema Setorial de Inovação
TSIS	<i>Technology Specific Innovation System</i>
UDOP	União do Produtores de Bioenergia
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFMT	Universidade Federal do Mato Grosso
UFPI	Universidade Federal do Piauí
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UFSE	Universidade Federal de Sergipe
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USDA	Departamento de Agricultura (EUA)
ZAE	Zoneamento Agroecológico da Cana

ÍNDICE

Introdução	11
1. Revisão da literatura	15
1.1. Mercado e a dinâmica da concorrência	15
1.2. Sistemas de inovação	25
1.2.1. Sistemas setoriais de inovação	27
1.3. Dinâmica e funções dos sistemas de inovação	32
1.4. A estruturação do Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro (SPIS) no Brasil	37
1.5. Síntese da revisão bibliográfica	42
2. Metodologia	44
2.1. Identificação dos componentes do SPIS	46
3. Motores de inovação e a transição do SPIS	49
3.1. Motor empresas	50
3.1.1. Mudança do perfil das empresas no setor sucroalcooleiro	50
3.1.2. Análise da mudança do perfil das empresas	57
3.1.3. Impactos do motor no SPIS – Funções de Inovação	59
3.2. Motor PAISS	64
3.2.1. Contexto histórico e estrutura do PAISS	64
3.2.2. Análise do PAISS	69
3.2.3. O PAISS e a dinâmica do financiamento da inovação	71
3.3. Motor agrícola	76
3.3.1. A caracterização da crise agrícola no setor sucroalcooleiro	76
3.3.2. Análise da crise de produtividade do setor nos anos 2000	82
3.3.3. A superação da crise agrícola na abordagem das FSIs	86
3.4. A transição do Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro no Brasil	90
4. Conclusão	97
Bibliografia	100

INTRODUÇÃO

O etanol brasileiro – produzido a partir da cana de açúcar - é um conhecido caso de sucesso inovativo e produtivo em todo mundo. Ao longo do século XX o país estruturou um sistema de inovação eficiente, através de políticas de incentivo governamental e pela organização e interação dos agentes privados, capaz de superar crises, aumentar constantemente a produtividade e expandir sua produção, se estabelecendo como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis (Nyko *et al*, 2010).

A estruturação do Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro – SPIS – é fruto de uma construção histórica que levou quase um século e teve como principais resultados a transposição e adaptação das variedades de cana cultivadas do Nordeste para o Sudeste, o aumento do rendimento agrícola e industrial do setor, a geração de variedades mais resistentes a seca e doenças, a criação de novos mercado, como do etanol combustível, o que possibilitou a ampliação da produção de açúcar e etanol, os dois mercados alvos do SPIS. (Dunham, 2009)

Hoje o etanol de cana apresenta um balanço energético altamente favorável (9 unidades de energia produzidas para cada 1 consumida no processo produtivo), custos competitivos em determinados mercados e razoável grau de substituição em relação a gasolina, especialmente no Brasil que possui ampla rede de ativos complementares. Ademais, pode ser utilizado como um aditivo ou puro em carros com tecnologia *flex-fuel*, o que o coloca como “estado da arte” dos biocombustíveis de primeira geração (Goldemberg, 2009). Entretanto, desde que o país alcançou a condição de liderança, o mercado da biomassa se alterou significativamente, tanto na dimensão doméstica como internacional, impondo novos desafios para os agentes.

Na dimensão externa, é dada a largada a uma corrida tecnológica em busca de gerações avançadas dos biocombustíveis. O estabelecimento do *Renewable Fuel Standards* (RFS) nos Estados Unidos em 2005 incentiva o desenvolvimento de tecnologias de conversão inovadoras da biomassa, buscando utilizar a matéria prima de forma integral, reduzindo a quantidade de resíduos e aumentando o rendimento da produção. Nesse novo paradigma proposto, a biomassa serve como plataforma de conversão para diversos produtos, que vão além dos tradicionais etanol e açúcar, abrangendo outros químicos, biocombustíveis e matérias primas diversas.

Devido a sua maior diversidade e complexidade, as novas tecnologias impõem um novo desafio para os Sistemas de Inovação direcionados para biomassa em todo planeta, especialmente para o Brasil que já produz o que se poderia classificar como um

“biocombustível avançado”¹. Essa peculiaridade coloca em xeque os *policy makers* brasileiros e o próprio sistema de inovação e produção estabelecido, que devem decidir, em alguma medida, entre reforçar a produção nacional na primeira geração e/ou avançar para as gerações avançadas – objetivos não necessariamente excludentes.

Na dimensão interna, o setor sucroalcooleiro sofre profundas modificações no tangente à sua dinâmica produtiva e concorrencial, o que leva os agentes a se reorganizarem em busca de uma maior competitividade. A desregulamentação promovida na década de 1990 leva a uma concentração da indústria e à entrada de novas firmas oriundas de outros ramos de atividades, modificando significativamente o perfil das empresas no setor (Baccarin, Gebara, & Factore, 2009).

Também há o movimento de expansão do setor em direção à fronteira agrícola, que impõe novos desafios, como a geração de variedades mais adaptadas às características edafoclimáticas do Centro-oeste brasileiro, o estabelecimento de novas rotas logísticas eficientes e o desenvolvimento de modelos de negócios mais rentáveis e adaptados à localização dessa nova indústria. Nos anos 2000, novos protocolos ambientais e trabalhistas foram estabelecidos, levando a uma rápida mecanização do campo, não necessariamente de forma eficiente. Toda essa conjuntura de fatores leva a uma sensível queda nos ganhos de produtividade do setor ao final da década (Nyko et al, 2013).

Nesse contexto, o Brasil perde o posto de maior produtor de etanol do planeta, com queda na produtividade agrícola, redução no ritmo de inovações, e não parece ter capacitações para enfrentar os novos desafios dos biocombustíveis. O sistema de inovações estabelecido no Brasil começa a dar sinais de esgotamento (Furtado et al, 2010; João, Porto e Galina, 2012).

Desafiado pelo novo paradigma do mercado de biomassa, na conjuntura interna e externa, o SPIS é incentivado a realizar uma transição que agregue as competências necessárias para a superação de gargalos técnicos e econômicos impostos por essa nova dinâmica tecnológica e concorrencial, agregando fatores de competitividade ao sistema.

Diferentes empresas com maior capacidade financeira, organizacional e tecnológica passam a atuar no setor, modificando estruturalmente a indústria sucroalcooleira, seu Sistema de Inovação e sua dinâmica concorrencial.

¹ Isso porque, apesar do já estabelecido e tradicional processo de produção via fermentação, o etanol brasileiro apresenta elevada redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE) em relação aos fósseis e balanço energético altamente positivo, podendo ser classificado como um “biocombustível avançado. Essa denominação é utilizada pelo DOE/USA, que considera como biocombustíveis avançados os que apresentam redução superior a 50% nos GEEs em comparação com os combustíveis fósseis. (TAKAES, 2013)

Um novo modelo de financiamento à inovação, o PAISS, é criado pelo BNDES e FINEP em 2011, buscando atrair empresas com uma maior intensidade tecnológica para o país, que permita a construção de uma trajetória em direção aos biocombustíveis avançados. Há a reordenação dos institutos e redes de pesquisa, que passam a atuar fora da região tradicional de cultivo da cana, passando a integrar o cerrado brasileiro, visando à criação de novas variedades mais adaptadas ao solo e clima local. A mecanização da lavoura é outra barreira a ser superada dentro do novo panorama do setor.

Partindo da hipótese de que existe uma transição no SPIS, no qual os agentes precisam reordenar e reforçar suas competências, esse trabalho irá buscar entender como, e se, as modificações recentes ocorridas no setor sucroalcooleiro são capazes de alterar a dinâmica competitiva e inovativa pré-existente.

Para tal, será utilizada a abordagem das funções de inovação buscando identificar e analisar os principais eventos que modificam o SPIS brasileiro. Espera-se que essa metodologia permita compreender como os agentes, instituições e políticas se articulam no cenário nacional em vias de promover a mudança do sistema de inovação.

Uma transformação que parte de um SPIS estabelecido para a tecnologia de primeira geração, que tem como objetivo a produção de *commodities*, açúcar e etanol, utilizando tecnologias amplamente dominadas e eficientes, em direção a um sistema muito mais complexo, com diversos produtos alvo e utilizando processos com alta intensidade tecnológica.

Para o adequado mapeamento dos eventos, foram feitas entrevistas com agentes do setor, envolvendo empresas, centro de pesquisas e instituições de financiamento, buscou-se na literatura recente as principais modificações observadas. Ademais, foram coletados dados em revistas, anuários, jornais e sites da internet. Utilizando-se do arcabouço teórico da economia evolucionária, que compreende a categoria dos sistemas de inovação, procurou-se extrair desse material as principais informações que poderiam ser úteis no desenvolvimento do trabalho.

Assim, essa dissertação será dividida em quatro capítulos, além dessa breve introdução. A primeira seção terá como objetivo expor a revisão bibliográfica que sustenta a argumentação, explorando aspectos teóricos relativos à dinâmica da concorrência e sistemas de inovação. Também serão apresentados o quadro analítico utilizado, os motores e funções de inovação, além do histórico do setor, e a construção do sistema de inovação sucroalcooleiro brasileiro ao longo do tempo.

O segundo capítulo terá por objetivo apresentar a metodologia utilizada, definindo as fontes de dados, recorte espacial e setorial do estudo, delimitando as fronteiras do sistema e os passos seguidos na análise. O terceiro capítulo constitui o núcleo duro da dissertação, pois apresenta os principais eventos – motores – que modificam o sistema de inovações no período demarcado, identificando quais as funções de inovação ativadas durante o processo. O quarto, e último, capítulo trará as conclusões do estudo.

1. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura desse trabalho será dividida em quatro partes. A primeira parte explora os conceitos de mercado e dinâmica da concorrência que fundam a corrente evolucionária, ou schumpeteriana, buscando expor os principais conceitos que orientam a construção desse arcabouço, como novos modelos de concorrência, a geração e difusão de variedade na economia, as trajetórias tecnológicas, as taxonomias setoriais, entre outros.

A segunda seção parte da base criada por essa abordagem e entra no conceito de sistemas de inovação. Esse recorte busca compreender como os agentes podem formar arranjos locais que favoreçam a geração de inovações e o aumento da competitividade de suas empresas pela criação de um ambiente favorável a isso. Apesar de muito frutífera em termos teóricos, os sistemas de inovação oferecem poucas ferramentas analíticas.

Assim, a terceira seção apresentará o ferramental das funções do sistema de inovação (FSIs) e dos motores de inovação, que permitirá analisar os eventos ocorridos dentro do sistema de forma sistemática e uniforme, melhorando a qualidade dos resultados observados no trabalho.

Finalmente, a quarta parte trará um breve histórico da estruturação do SPIS no Brasil, com os principais fatores formadores do setor ao longo do século XX. Dessa maneira, acredita-se que a apresentação dos eventos que modificam o sistema e seus resultados, presente no terceiro capítulo, estará bem estruturada e fundamentada.

1.1. Mercado e a dinâmica da concorrência

A ideia da inovação como a principal força motriz do capitalismo remonta o início do século XX, quando Schumpeter (1961), em contraposição à teoria clássica, reconhece a inovação como uma variável endógena do sistema econômico. Assim, a “tecnologia” não era mais apenas um dado externo que indicaria um “nível de produtividade”, mas sim o próprio fruto do desenvolvimento das forças produtivas no capitalismo. Ademais, para o autor, as inovações não seriam importantes somente no desenvolvimento econômico, mas também centrais nas mudanças do paradigma sócio cultural e no padrão de acumulação capitalista (Schumpeter, 1911).

*O capitalismo é, por natureza, uma forma ou método de transformação econômica e não, apenas, reveste caráter estacionário, pois jamais poderia tê-lo. Não se deve esse **caráter evolutivo do processo capitalista** apenas ao fato de que a vida econômica transcorre em um meio natural e social que se modifica e que, em virtude dessa mesma transformação, altera a situação econômica. [...] **O impulso fundamental que põe e mantém em funcionamento a máquina capitalista procede dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista.** (Schumpeter, 1961, p.110)*

Nota-se a posição dissonante de Schumpeter em relação à teoria clássica quando ele reconhece que os impulsos para o desenvolvimento propostos por essa teoria existem, mas não passam de forças intermitentes ou com pouco poder de gerar mudança dentro do sistema. A verdadeira força que impulsionaria a evolução do sistema capitalista seria a inovação, seja ela de produto, de processo, organizacional ou comercial.

É importante notar que a noção de concorrência para Schumpeter é, também, totalmente diversa da abordagem clássica. Nessa teoria, a concorrência se daria através de preços em um mercado perfeitamente competitivo, onde a firma que ofertasse o produto – homogêneo – ao menor preço conseguiria capturar grande parte dos consumidores, havendo poucas formas de diferenciação de produtos. Para Schumpeter, entretanto, a concorrência por preços era quase insignificante, ainda mais se comparada com a concorrência por novos produtos, novas técnicas, novas fontes de suprimentos, entre outras. Essas novas formas de concorrência, derivadas de inovações, seriam muito mais poderosas tanto na captura de consumidores como na capacidade de geração de lucros.

“Tal tipo de concorrência [via inovação] é muito mais eficaz do que o outro [via preços], da mesma maneira que é mais eficiente bombardear uma porta do que arrombá-la.”
(Schumpeter, 1961, p.112)

Portanto, a pressão competitiva exercida pelo sistema capitalista sobre os empresários os levariam a promover inovações, criando uma trajetória de constante “mutação industrial” que revolucionaria as forças produtivas, em um processo que o autor chama de “destruição criadora”. A compreensão desse processo de perene revolução do sistema capitalista por parte dos empresários é fundamental, pois é sob essa égide que eles terão que concorrer no mercado.

Assim, a natureza dinâmica do processo capitalista afeta a compreensão do problema de duas maneiras distintas, segundo Schumpeter. Primeiramente, devido a essa característica intrínseca a ele, um sistema qualquer deve ser estudado ao longo do tempo, pois somente em um período mais extenso pode-se observar e comparar o desempenho de sistemas equivalentes. Em segundo lugar, essas relações quase orgânicas entre os agentes no capitalismo ensejam uma melhor compreensão da função de cada agente dentro do sistema onde estão inseridos.

Portanto, a análise pautada na estática comparativa, onde há uma hipótese de “calmaria perene” subentendida é enganosa, pois é preciso compreender como se comporta e qual o papel de cada agente ao longo do tempo. Ademais, a concorrência pode ser exercida não só por aqueles agentes estabelecidos no mercado, mas também pelos potenciais entrantes, que

ameaçam posições dominantes. Dessa maneira, a capacidade de uma firma manter lucros econômicos extraordinários sem revolucionar suas forças produtivas é, senão improvável, no máximo temporária.

A incorporação dessa gama de novos conceitos – modos alternativos de concorrência, inovação endógena, dinâmica capitalista, destruição criadora – leva ao abandono de conceitos outrora fundamentais para a estruturação da teoria econômica clássica. Entre esses pressupostos pode-se citar a noção de “tendência ao equilíbrio”. Agora a tendência existente é a do desequilíbrio, constantemente gerado pela “*tempestade eterna da destruição criadora*”.

Ademais, a “racionalidade substantiva” também é suprida em favor da “racionalidade limitada” ou “racionalidade procedural” (Simon, 1976). Devida à extrema complexidade encontrada no mundo real os agentes não poderiam ter uma racionalidade perfeita. Ela seria limitada ao conhecimento que possuem, às rotinas que praticam. Limitada à incerteza.

Os principais traços dessa teoria são a constante busca por diferenciação, visando à obtenção de vantagens de monopólio, ainda que temporárias; a introdução da concorrência em sua dimensão ativa, que pressupõe a busca por novos espaços lucrativos, gerando endogenamente a diversidade no sistema; a introdução de outros conceitos de concorrência, além da de preços, como a diferenciação de produtos, inclusive por qualidade; a inovação em um sentido amplo, que envolve toda nova forma de criação de lucro, podendo ser categorizada em novos produtos, processos, organizacional, locacional, de acesso a mercados ou matérias primas; e, finalmente, a multiplicidade de estratégias e a diversidade tecnológica, o que aponta para o viés evolucionário da teoria. (Possas, 1999)

Utilizando uma analogia biológica, pode-se dizer que o processo evolutivo do sistema capitalista se baseia em quatro pressupostos básicos: a) Geração endógena de variedade; b) Mecanismos de seleção das variedades; c) Transmissão de caracteres; d) Adaptabilidade ao meio ambiente. Primeiramente as inovações seriam geradas de forma não espontânea dentro das firmas, através de pesquisas e busca de novidades. Essas inovações podem ser tanto “aos saltos”, como propõe Schumpeter, ou marginalmente, *a la* Marshall. Uma vez realizadas, as inovações são levadas ao mercado e expostas aos mecanismos de seleção, como a concorrência com outras empresas, podendo sobreviver ou não a esse processo, sendo implícito o conceito de rivalidade entre as firmas e tecnologias. Predomina a tecnologia que melhor se adaptar ao meio que está inserida, segundo seus fatores de competitividade (Nelson & Winter, 1982).

Caso a inovação obtenha sucesso no mercado, a transmissão de informação se dá de diversas maneiras, dentro ou fora da firma. Isso acontece via padronização, imitação, elaboração de rotinas, aprendizado. Finalmente a adaptação pode ocorrer com ajustes marginais, reorganização da estrutura produtiva e através da difusão na sociedade (Nelson & Winter, 1982).

O processo de concorrência capitalista, ao contrário dos neoclássicos, não gera um “equilíbrio de mercado”, isso porque suas variáveis são estocásticas, sem uma distribuição de probabilidades conhecida, não havendo nenhuma tendência a estabilização. Portanto, nenhuma escolha é boa *a priori*, devendo ela ser testada e avaliada no mercado por seu desempenho (Possas, 1999). Num mundo onde a racionalidade substantiva foi abandonada, as empresas precisam criar rotinas para gerir a produção e estimular a inovação.

Uma das principais estratégias é a busca via Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). As firmas decidem alocar seus recursos em P&D de acordo com seu tamanho, rentabilidade esperada, viabilidade técnica e conhecimento já dominado internamente.

Entretanto, o componente mais interessante da busca por P&D é sua dinâmica. Por se tratar de um processo estocástico, o esforço inovativo tem que se dar ao longo do tempo, com a construção de uma trajetória cumulativa de conhecimento técnico, que irá gerar retornos crescentes. Esses retornos estão associados, ao processo de aprendizado inerente à mudança tecnológica, que é obtido pela tentativa e erro. Assim, cada tecnologia ou regime tecnológico é construído a partir de uma base que se desenvolve em trajetórias diversas (Nelson & Winter, 1982).

A seleção, por sua vez, se dá essencialmente no mercado – em oposição à busca, que ocorre na firma. A variável básica de ajuste nesse caso é a lucratividade, que tende a ser alta no início, devido ao poder de monopólio assegurado ao inventor, e declina à medida que a tecnologia se difunde.

Durante o processo de seleção, a difusão se dá basicamente de duas maneiras: pela intensidade de adoção por parte dos consumidores, e pela imitação por parte dos concorrentes. Determinando a velocidade que esses fenômenos ocorrem estão a lucratividade, o retorno sobre a expansão da produção por parte do inovador, o mecanismo regulatório do mercado em questão e a capacidade dos concorrentes aprenderem e imitarem a tecnologia desenvolvida. Também tem papel importante na difusão tecnológica os centros de pesquisa, consumidores, agências públicas e financiadores dos esforços de P&D (Possas, 1999).

Essa abordagem implica retirar o foco dos ajustamentos de preços que levam ao equilíbrio, comum na abordagem tradicional, colocando-o sobre as inovações tecnológicas e no processo competitivo. A geração de assimetrias é endógena e constante. Monopólios e oligopólios coexistem nesse processo. Entretanto a origem dessas estruturas de mercado é que difere da teoria clássica.

A existência de oligopólios se dá por três tipos básicos de assimetrias: as técnicas ou de desempenho; a variedade tecnológica; e a diversidade estratégica das empresas. Assim, a concorrência pela inovação se sustenta nos pilares da oportunidade tecnológica, cumulatividade tecnológica, apropriabilidade e capacitação tecnológica.

Aqui se tenta entender como a estrutura de mercado influi e é influenciada pelo comportamento dos agentes e por sua configuração. Na abordagem tradicional, o modelo Estrutura-Condução-Desempenho (ECD) tenta compreender como as estruturas de mercado condicionam o comportamento dos agentes. Entretanto, o modelo ECD não leva em conta uma série de possibilidades examinadas na abordagem schumpeteriana, pois negligencia a “via de mão dupla” na qual as estratégias das empresas condicionam endogenamente as estruturas de mercado.

Em um nível microeconômico há a substituição de uma série de preceitos, o comportamento racional não leva mais à maximização dos lucros, mas sim à criação de rotinas; a firma representativa é substituída pela compreensão de que as firmas são heterogêneas e estão se diferenciando constantemente; as barreiras à entrada são perenemente contestadas, criadas e reforçadas, favorecendo a formação de oligopólios; e as economias de escala e outras vantagens cumulativas são transformadas em lucros econômicos, também incentivando a formação e manutenção dos oligopólios. O mercado competitivo em equilíbrio passa a ser um objeto distante dessa teoria (Dosi, 1984).

Portanto, na abordagem schumpeteriana, estrutura e condução não apresentam uma prevalência teórica uma sobre a outra, havendo forte interação entre elas, sendo a diversidade o fator comum predominante. Dessa maneira, as vantagens competitivas se dariam tanto nos mercados como firmas. Uma lista de fatores de competitividade foi sugerida por Possas (1993) e engloba vantagens absolutas de custo, economias de escala, economias de escopo, capacidade de financiamento, patentes, licenciamento de tecnologias, relação com fornecedores, organização da produção, métodos administrativos e capacitação produtiva e tecnológica.

Com isso as firmas buscam gerar ativos específicos e recursos especializados que as permitam obter vantagens competitivas sobre as outras firmas. Pode-se dizer que as empresas estão constantemente reforçando o processo de aprendizagem em seu núcleo de competências, acumulando conhecimento e desenvolvendo sua estratégia competitiva em torno desse eixo. O sucesso ou não da estratégia será influenciado pelos fatores estruturais, institucionais e geográficos, que delimitam as vantagens competitivas das firmas.

As estratégias podem se dividir em (i) ofensivas, onde o papel dos gastos em P&D é, geralmente, importante e as empresas buscam assumir um papel de liderança no mercado; (ii) defensivas, na qual a imitação é crucial, mas ainda há um componente significativo de desenvolvimento da tecnologia existente; (iii) imitativas, onde há pouco investimento em P&D, com foco na simples imitação do produto com alguma defasagem temporal (Possas, 1999).

Importante notar que nessa nova abordagem, como já exposto, o conceito de equilíbrio pela eliminação gradual das diferenças é rejeitado. Então, ao que leva o processo concorrencial senão a esse estado? A resposta a essa pergunta não é trivial.

Uma das principais contribuições que ajuda a compreender como a economia se desenvolve nesse novo arcabouço teórico é a noção de paradigma tecnológico. Giovanni Dosi, inspirado por T. Kuhn, que desenvolve a ideia de paradigma científico, apresenta o conceito de paradigma tecnológico.

Utilizando o conceito amplo de tecnologia, que embarca conhecimento (prático e teórico), *know-how*, métodos, procedimentos e também materiais e equipamentos, Dosi (1984) define “paradigma tecnológico” como: “*a model and a pattern of solution of selected technological problems, based on selected principles derived from natural sciences and on selected material technologies*” (Dosi, 1984). Ou seja, é um padrão de solução de problemas em torno do qual se desenvolvem as tecnologias “nucleares” (*cluster of technologies*) ou centrais do paradigma.

Inseridas no paradigma, as trajetórias tecnológicas – envolvendo firmas, instituições, mercados, tecnologias – seriam determinadas pela soma do conjunto de decisões tomadas pelos agentes ao longo do tempo num cenário de incerteza, quando expostas aos mecanismos de seleção do mercado. São elas, as trajetórias, que determinam as direções prováveis do progresso tecnológico num processo que é ao mesmo tempo includente e excludente, pois a cada passo novas oportunidades são abertas ao mesmo tempo em que outras são fechadas.

O sucesso na geração e difusão das tecnologias se dá através de um *trade-off* técnico econômico que define a eficiência, ou *performance*, da inovação gerada. Assim, um produto

pode conseguir entrar no mercado mesmo não sendo o mais barato e eficiente desde que atenda melhor as necessidades do consumidor.

Portanto, a seleção e prevalência de cada trajetória só podem ser verificadas no mercado, que seleciona cada tecnologia de acordo com sua adequação às necessidades daquele momento, em um processo de acerto e erro. Reafirma-se que em um sistema capitalista o fator determinante para a seleção de uma tecnologia é o lucro, apesar de haver outros fatores institucionais influenciando a seleção (Dosi, 1982).

	(i) Dominados pelos fornecedores	(ii) Intensivos em escala	(iii) Intensivos em informação	(iv) Baseados em ciência	(v) Fornecedor especializado
Setores típicos	Agrícolas, serviços privados, construção, manufatura tradicional	Intermediários de uso amplo (aço, vidro); duráveis de consumo (automóveis)	Financeiro, comércio varejista, turismo, editorial	Eletro-eletrônica, química	Bens de Capital, instrumentação científica, <i>software</i>
Foco	Redução de custos	Misto (preço, qualidade, especificações)	Misto	Misto	Aperfeiçoamento de produtos
Fonte	Fornecedor, aprendizado, serviços técnicos	Engenharia de produção, aprendizado próprio, fornecedores, <i>design</i> .	Software, engenharia de sistema, fornecedor de equipamentos e software	P&D interno, pesquisa básica, engenharia de produção e <i>design</i>	Projeto e desenvolvimento de produtos, usuários avançados
Direção tecnológica	Tecnologia de processos e equipamentos; à montante	Tecnologia de processo e equipamentos; à montante	Tecnologia de processo e software relacionado; à montante e jusante	Produtos tecnologicamente relacionados; concêntrica	Aperfeiçoamento de produtos, concêntrica
Canais de transferência	Aquisição de equipamentos	Aquisição de equipamentos, licenciamento, treinamento, engenharia reversa	Aquisição de equipamentos e <i>software</i> , engenharia reversa	Engenharia reversa, P&D, contratação de especialistas	Engenharia reversa, aprendizado com usuários
Proteção	Não técnica (<i>marketing</i> , marcas)	Segredo de processo, <i>Know-how</i> de projeto, operação	<i>copyright</i> , <i>know-how</i> de projeto e operação	<i>Know-how</i> de P&D, de projeto e operação, patentes	<i>know-how</i> de projetos, patentes, conhecimento de necessidade dos usuários
Tamanho da Firma	Pequena	Grande	Grande	Grande	Pequena
Tipo de usuário	Sensível a preço	Misto	Misto	Misto	Sensível a <i>performance</i>

Tabela 1.1: Taxonomia setorial dos padrões de inovação

Fonte: Elaboração própria a partir de Pavitt (1984)

Constatado que as trajetórias tecnológicas têm um forte componente setorial e histórico, se desenvolvendo a partir de um núcleo comum e a partir daí se expandindo, criando espaços de exploração econômica e sendo selecionadas no mercado, foi criada por Pavitt (1984) uma taxonomia, hoje clássica, para a classificação dos setores na indústria e suas relações com a inovação.

Utilizando a base de dados sobre inovação na Grã-Bretanha da *SPRU - Science and Technology Policy Research* da Universidade de *Sussex*, o autor identificou cinco padrões setoriais² de geração e difusão de tecnologias dentro da indústria. As principais variáveis analisadas foram as fontes de tecnologia, necessidades dos usuários (demanda) e meio de apropriação dos lucros. A tabela 1.1 é apresenta resumidamente a taxonomia proposta pelo autor.

Pavitt é capaz de analisar, com sua taxonomia, grande parte dos setores da economia, identificando as principais semelhanças e diferenças entre eles, principalmente no tocante à geração e difusão das inovações. Entretanto, a simples classificação dos setores segundo os critérios adotados excluiu o componente dinâmico da análise, pois o torna, de certa maneira, determinístico, como no modelo ECD.

Buscando retomar o viés dinâmico da análise, Dosi (1988) propõe a análise dos setores apresentados nessa taxonomia de acordo com a oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade de cada um deles³:

- (i) Dominados pelos fornecedores; Baixa cumulatividade e apropriabilidade das inovações, visto que a maioria tem fonte no processo, sendo de difícil proteção;
- (ii) Intensivos em escala; esse setor apresenta maior grau de cumulatividade, o que dificulta a imitação dos resultados das inovações, gerando uma maior apropriabilidade das tecnologias do setor;
- (iii) Intensivos em informação; apresenta baixa apropriabilidade e cumulatividade, visto que a maior parte da fonte de inovações é externa, tornando difícil a contenção da difusão das tecnologias no setor;
- (iv) Baseados em ciência; criam novos paradigmas tecnológicos e científicos, tornando-o um setor de elevada oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade, cenário ideal para o surgimento das inovações;
- (v) Fornecedores especializados; por serem fonte de inovação para outros setores, usualmente há alta oportunidade associada a alta capacidade de se apropriar dos resultados da inovação.

Mas isso não é suficiente para que a análise se torne dinâmica, pois ainda não faz com que a estrutura e a estratégia da firma interajam dinamicamente dentro do setor. Assim, faz-se necessária a introdução de uma análise da variedade tecnológica e diversidade comportamental dos agentes presentes no setor para que se entenda como a estrutura e estratégia podem interagir de maneira a redesenhar o setor em questão.

² Inicialmente o autor havia identificado 4 setores, sendo que o setor (iii) Intensivos em informação foi adicionado posteriormente à lista. (Pavitt, 1984)

³ Dosi realiza os comentários em relação aos setores antes da revisão realizada por Pavitt, portanto não há um comentário sobre o setor (iii) intensivo em informação. Não obstante, essa análise é adicionada à lista de setores.

A ideia é que a diversidade técnica e econômica, conjuntamente com a distribuição desigual das capacitações competitivas das empresas no contexto inovativo, interaja ao longo da trajetória que constitui os padrões setoriais. Ou seja, diferentes capacitações das empresas dentro do setor levariam a diferentes trajetórias para um mesmo setor e inovação gerada.

É preciso que se estenda a análise, observando como a *variedade tecnológica* influencia as inovações, reforçando ou retardando sua difusão; de que maneira a *diversidade comportamental*, seja ela ofensiva ou defensiva, afeta a adoção da tecnologia na indústria e como as *assimetrias iniciais* da indústria influenciam o desenvolvimento da trajetória tecnológica.

Assim, o papel da *estratégia inovativa* das empresas passa a ter um caráter central no sucesso delas dentro do paradigma técnico-econômico, afinal não é mais apenas a estrutura de mercado, senão a sua própria atitude diante dela, criando capacitações, que faz com que seja bem sucedida ou não. O foco, então, recai sobre como a empresa deve atuar de maneira a garantir seu espaço dentro do mercado.

Um dos principais fatores estratégicos presentes no nível das empresas é certamente o P&D. Coombs *et al.* (1987) analisam algumas questões teóricas relacionadas ao investimento estratégico da firma. Afirmam que é de suma importância, quando da elaboração da estratégia inovativa da firma, a definição de quais os mercados e produtos relevantes para seu planejamento estratégico, estabelecendo quais são os potenciais nichos a serem explorados e quais possíveis ameaças a firma poderá enfrentar.

Dentro da empresa é preciso que se usem rotinas estabelecidas para determinar a quantidade de investimentos em P&D, suas áreas e atividades priorizadas, bem com a definição de objetivos claros para a firma, estabelecendo focos de desenvolvimento tecnológico. Para tal é essencial que sejam identificados gargalos técnicos, ineficiências gerenciais e potenciais dos mercados a serem explorados. Todas essas medidas visam alavancar os resultados do esforço inovativo num cenário de incerteza permanente.

A coesão entre as atividades da firma emerge como outro fator crucial para seu sucesso. A definição de prioridades entre divisões, a coordenação de fluxos de informação entre áreas funcionais e a definição do grau de centralização do P&D é de suma importância para eliminação de ineficiências no processo produtivo e inovativo. Também é preciso que se criem mecanismos de monitoramento das atividades, visando melhorar ainda mais o fluxo organizacional dentro da empresa, num movimento de constante *feedback* entre P&D e planejamento (Richardson, 1972).

Uma das principais decisões que a firma enfrenta é relativa à internalização ou não da P&D. As vantagens típicas do P&D interno são o aproveitamento de economias de escala e especialização tecnológica e eliminação de custos de transação de natureza contratual, pois há dificuldades na elaboração de umnexo contratual completo entre as partes, o que pode gerar comportamentos oportunistas nos agentes como *moral hazard* e dependência do fornecedor.

Assim, muitas empresas preferem o desenvolvimento de P&D *in house*, visando eliminar tais problemas contratuais, mas também explorar e reforçar as capacitações já acumuladas internamente, presentes em seu *core competence*.

Essas competências nucleares seriam áreas nas quais a firma já promoveu um acúmulo de conhecimento ao longo do desenvolvimento da sua trajetória de desenvolvimento. É em torno desse núcleo que a empresa, provavelmente, irá desenvolver suas próximas inovações, esse fenômeno é chamado de *path dependence* (Prahalad & Hamel, 1990).

Importante notar o alto grau de cumulatividade envolvido nesse processo, visto que o desenvolvimento futuro é fortemente dependente do conhecimento já acumulado. Caso esse processo seja levado ao seu extremo, é possível a formação de um *lock-in* tecnológico, ou seja, a empresa se vê presa em sua própria rota tecnológica, sem capacitações para atuar fora dela. É, portanto, essencial que as competências sejam praticadas e recriadas, também por meio de rotinas, permitindo reforçar a capacidade inovativa e competitiva das firmas.

Essas capacidades não são somente tecnológicas, podendo ser relacionadas ao mercado, como estrutura de distribuição, carteira de clientes, conjunto de fornecedores. Isso permite à firma explorar economias de escopo e melhorar a estrutura logística. Ademais, no aspecto técnico, o desenvolvimento de tecnologias de amplo espectro de uso, pode permitir à empresa entrar em mercados diversificados, até mesmo fora de seu *core business* anterior (Teece, 1986).

Até agora foram explorados os aspectos mais gerais do mercado e da dinâmica concorrencial, colocando a inovação como aspecto central da mesma. Assim, foi possível estender a análise aos padrões de desenvolvimento tecnológico da economia, substituindo conceitos neoclássicos por uma abordagem mais dinâmica, inspirada por Schumpeter. Foram introduzidos conceitos como trajetórias tecnológicas e seus determinantes, a estrutura do mercado foi tornada endógena, fazendo com que a estratégia das firmas também assumisse um papel preponderante na determinação da estrutura industrial e no sucesso da empresa no mercado.

Assim, as formas de organização e a coordenação de atividades dentro da firma passam a assumir lugar estratégico na formulação de políticas internas às firmas para o sucesso

inovativo e comercial. Importante notar que com essa análise o foco recaiu, até agora, sobre o comportamento microeconômico dos agentes, ou seja, pretendia-se compreender quais são os principais determinantes envolvidos na decisão individual da firma no momento da inovação. A seção seguinte irá explorar aspectos sistêmicos da competitividade, introduzindo o conceito de sistemas de inovação, e quais as implicações desse novo conceito para a geração e difusão tecnológica na economia.

1.2. Sistemas de Inovação

Focando no processo de concorrência como variável central da análise, a abordagem schumpeteriana dá ênfase ao desempenho das firmas como a principal força motriz de alteração no sistema capitalista, sendo a competitividade o fator determinante no sucesso ou não dos agentes. Esse enfoque reconhece a dimensão *ex-post* do processo concorrencial, mas não pode deixar de considerar importantes as políticas *ex-ante*, que têm papel na criação de um ambiente favorável às inovações, incentivando a capacitação das firmas.

O *locus* da competitividade é o mesmo da concorrência: o mercado, pois é nesse meio ambiente que haverá, efetivamente, o processo concorrencial. A definição de mercado que interessa a cada análise é específica do objetivo que se deseja alcançar, ou seja, interessa saber qual é o mercado em termos de *espaço estratégico* no qual o agente atua. Assim, esse pode estar em qualquer nível de agregação, do local ao global, desde que represente um recorte relevante (Possas, 1996).

Há um conjunto de fatores que determinam o “grau” de competitividade de um dado mercado, e ele pode ser agrupado em três níveis de abrangência: (i) Firma, pode ter como fonte de competitividade seus produtos diferenciados, estratégias de comercialização e *marketing*, capacitação tecnológica, capacidade financeira e outros; (ii) Setorial, que abrange um grupo de indústrias correlatas, sendo fontes de competitividade externalidades do tipo acesso a insumos, energia, mão-de-obra e outros. Também se incluem nesse rol políticas de fomento via incentivos fiscais e de crédito, bem como políticas de demanda, *e.g.* compras governamentais.

Por último, há também o (iii) nível sistêmico, que diz respeito espectro mais amplo de análise, sendo que as principais fontes de competitividade nesse recorte são: (a) externalidades gerais da indústria, que envolvem infraestrutura (energia, transporte, insumos, informação) e tecnologia (Institutos de Ciência e Tecnologia – ICTs; universidades, centros de P&D); (b) fatores político-institucional, que envolvem estrutura tributária, política fiscal, compras governamentais; (c) ambiente regulatório, incluindo práticas relativas à propriedade

intelectual, marco anti-truste, legislação ambiental, e mobilidade de capitais; (d) fatores globais, pautados pela forma de inserção do país no comércio global, com políticas de exportações e importações sendo centrais para determinação do grau de abertura daquele mercado; (e) macroeconômico, juros, câmbio, transferência de renda, crédito; e (f) social, baseadas nas políticas educacionais, de treinamento profissional, relações de trabalho (Possas, 1996).

É principalmente sobre o terceiro nível de agregação, o sistêmico, que a abordagem dos sistemas de inovação pretende se inserir, buscando entender como as relações entre os agentes da economia influenciam o surgimento e difusão da inovação dentro dos regimes tecnológicos. A interação e organização entre esse conjunto de fatores técnicos, institucionais e políticos é capaz de gerar maior ou menor sinergia entre os agentes, sendo que a articulação entre eles é que irá determinar o grau de competição no *ambiente seletivo* daquele mercado, seja ele nacional, regional ou setorial.

Buscando compreender a formação de arranjos produtivos e inovativos eficientes, que permitiram países – principalmente através de suas empresas – obter sucesso no mercado, Freeman (1987) desenvolve o conceito de Sistema Nacional de Inovação. Segundo ele, o SNI seria “*the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify, and diffuse new technologies.*” (Freeman, 1995).

O autor parte de evidências empíricas da economia japonesa, mostrando como instituições nacionais foram importantes para o sucesso do *catch-up* tecnológico do país após a II Guerra Mundial, criando um sistema educacional de qualidade e uma cultura logística eficiente, o *just-in-time*. Assim, a compreensão da mudança de regimes tecnológicos passa pelo contexto sócio econômico, político e cultural do arranjo estudado, reforçando o caráter sistêmico da inovação.

Lundvall (1988) também contribuiu na formação do conceito, colocando maior ênfase nas interações entre firmas, fornecedores e produtores, como agentes promotores da inovação. Todos esses agentes dependem de fluxos financeiros, produtivos e de conhecimento de seus parceiros para manter sua estrutura industrial. Dessa maneira, quanto mais próxima e aberta, a relação tende a ser mais efetiva na geração de inovações. O autor acredita que devido às similaridades culturais, a troca de conhecimento dentro dos limites nacionais é favorecida.

Assim, a inovação seria um processo interativo, onde as firmas não inovam sozinhas, mas sim coletivamente. Essa interação ocorre entre organizações empresariais e não empresariais, como universidades, centros de pesquisa, agências governamentais, instituições financeiras e

outras, num processo moldado pelas instituições existentes no mercado. (Lundvall, 1993; Carlsson, 2002; Edquist, 2001)

Nessa abordagem há muita ênfase na compreensão do processo histórico, do qual se extraem as evidências empíricas para a construção da teoria. Ademais, a visão de sistemas de inovação, como é característica da economia evolucionária, dá ao *conhecimento* e *aprendizado* um papel chave na geração de inovações e desenvolvimento econômico.

Entretanto, o recorte nacional não é o único que pode ser utilizado na análise dos sistemas de inovação. O enfoque setorial também pode render bons frutos, por reduzir o escopo da análise a apenas um setor, permitindo uma melhor identificação dos agentes, tecnologias e interações entre eles. Publicado por Malerba em 2002, o artigo *Sectoral Systems of Innovation: Basic Concepts*, apresenta as peculiaridades desse recorte, que busca diversificar a forma como se abordam os sistemas de inovação.

1.2.1. Sistemas Setoriais de Inovação

Malerba (2002) acredita que seu conceito de SSI, apresentado a seguir, seja complementar a outras teorias, como dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) proposto por Freeman (1987), Lundvall (1993) e outros, também tendo convergências com as ideias de Sistemas Regionais e Locais de Inovação (Cooke *et al.*, 1997) e ainda sistemas tecnológicos e de difusão da inovação (Carlsson and Stankiewicz, 1995; Hughes, 1990;), que fundam a ideia de sistemas de inovação na abordagem evolucionária, utilizando a noção do processo inovativo como cumulativo, iterativo e específico.

O conceito de SSI tenta captar as diversas maneiras que os setores se organizam para inovar, buscando as semelhanças e diferenças entre eles:

"It is proposed that a sectoral system of innovation and production is a set of new and established products for specific uses and the set of agents carrying out market and non-market interactions for the creation, production and sale of those products. Sectoral systems have a knowledge base, technologies, inputs and demand. The agents are individuals and organizations at various levels of aggregation, with specific learning processes, competencies, organizational structure, beliefs, objectives and behaviors. They interact through processes of communication, exchange, co-operation, competition and command, and their interactions are shaped by institutions. A sectoral system undergoes processes of change and transformation through the co-evolution of its various elements."
(Malerba, 2002, p.248)

Nessa definição o autor cita as principais variáveis de análise sobre as quais a análise deve focar sua atenção. A partir dela pode-se extrair os três principais “*buiding blocks*” dos sistemas setoriais de inovação:

- **Conhecimento e tecnologia;** pois é a base técnica sobre a qual se constrói o setor; dará as possibilidades de diferentes rotas e modo como o desenvolvimento tecnológico acontece, de acordo com as suas características;
- **Agentes e redes;** são centrais na análise evolucionária, que dá uma clara ênfase nos agentes e na maneira como eles interagem, concorrendo, cooperando e evoluindo;
- **Instituições;** pois são elas que irão moldar o ambiente onde estão ocorrendo essas interações e as inovações.

A vantagem de se fazer um recorte setorial dos sistemas de inovação é compreender melhor suas especificidades, como os limites tecnológicos, as interações entre os agentes, os processos específicos de aprendizado e geração de conhecimento, a sua transformação ao longo do tempo. Também facilita a comparação entre os diferentes países nesses setores, possibilitando a identificação de fatores de inovatividade e competitividade.

Conhecimento e Tecnologia

Para entender como se configura o setor é essencial entender suas especificidades em termos de conhecimento e tecnologia, principalmente no tocante à sua apropriabilidade, oportunidade e cumulatividade.

Quanto menor a *apropriabilidade* da tecnologia dentro do setor, menor é a capacidade da firma se apropriar das vantagens da inovação; o mesmo acontece quando a fonte de inovação é externa ao setor, facilitando a cópia e utilização da tecnologia por diferentes competidores, e mesmo pelo acesso ao capital humano disponível no mercado.

As *oportunidades* de desenvolvimento tecnológico também são importantes para configuração do cenário inovativo setorial, pois cada setor possui um padrão diferente, com maior ou menor grau de oportunidade. Originada internamente, *e.g.* através do investimento em P&D *in house*, ou externamente à firma, quando promovidas por um rearranjo do mercado, a oportunidade pode vir de uma ruptura ou de uma melhoria marginal do processo.

Ainda é importante notar o caractere *cumulativo* específico do regime, que é a necessidade de desenvolvimento contínuo do processo inovativo e irá variar de acordo com a estrutura organizacional do setor, da capacidade cognitiva de seus agentes e da iteração entre as diversas esferas produtoras e consumidoras.

Essas três características irão conformar o que a literatura chama de *technological and learning regimes*, que é o ambiente onde as firmas promoverão suas inovações. Os incentivos para as empresas investirem em inovação em cada setor são tanto maiores quanto maiores as *oportunidades* e chances de se *apropriarem* dos resultados das pesquisas, ou seja, quanto mais fortes os mecanismos de proteção das invenções, *ceteris paribus*, maior é o incentivo a esse tipo de investimento. A *cumulatividade* também será importante para determinar o padrão do setor, isso porque quanto mais cumulativo for o processo inovativo, mais difícil de copiar os resultados dele, sendo esperada uma maior estabilidade da configuração setorial.

Pode-se ilustrar a situação tomando como exemplo Schumpeter, que no início de sua carreira (*Schumpeter Mark I*) acreditava no processo da contínua destruição criativa, onde teríamos um cenário com alta oportunidade, baixa cumulatividade e pouca apropriabilidade das invenções, criando um cenário muito instável, com constantes trocas de liderança no setor e inovações radicais substituindo o antigo padrão.

Já Schumpeter *Mark II* adota uma configuração de "*creative accumulation*", onde grandes firmas tenderiam a ter vantagens na inovação, pois seriam capazes de promover sistematicamente um processo inovativo, que iria culminar numa liderança tecnológica, e consequente estabilidade no setor.

Importante notar que a configuração setorial é dinâmica, ou seja, um setor pode transitar de um cenário para outro ao longo do tempo, pois novas descobertas e rupturas tecnológicas podem causar uma turbulência ou estabilidade antes não presentes no setor, isso porque muda os padrões de cumulatividade, oportunidade, apropriabilidade e/ou acessibilidade.

Agentes e Redes

Os principais agentes dos SSI são as firmas. São elas que empenham a maior parte dos projetos e realizam as inovações em busca do lucro. Incluem-se entre os agentes os fornecedores e consumidores, que têm papel fundamental no sucesso inovativo. O papel dos usuários é importante, pois são eles que apresentam um *feedback* para as firmas melhorarem seus produtos e processos, expondo o caráter interativo da inovação.

Já os fornecedores podem ser importantes fontes inovativas, fornecendo novas máquinas e componentes que permitam à firma otimizar seus processos e criar novos produtos, aumentando a competitividade *downstream* (cadeia a jusante) no setor. Portanto, entender a forma como as firmas interagem com esses agentes é fundamental para compreensão do padrão de inovação no setor.

As firmas, nesse modelo, são vistas como um conjunto heterogêneo de agentes, com diferentes competências, bases tecnológicas, capacidades organizacionais, estratégias e comportamentos, que irão gerar diferentes padrões de inovação dentro de um mesmo setor. São elas as principais responsáveis – e alvos – dos processos de mutação, geração de variedade, imitação e seleção, criando um ambiente onde cada firma tem seu conjunto de capacitações e há diversidade nas trajetórias tecnológicas.

Outros agentes centrais para o SSI são as *non-firms organizations*, como universidades, financiadores, agências governamentais, autoridades locais, laboratórios de pesquisa e outros. Essas organizações dão suporte às firmas, gerando conhecimento, rompendo barreiras tecnológicas, difundindo inovações e mesmo ajudando na produção (Malerba, 2002).

Contudo, nem sempre a melhor unidade de análise é a firma. Muitas vezes é preciso separar ou agregar as unidades, como quando se formam consórcios e *joint ventures* com propósitos específicos para inovação. Os agentes são heterogêneos e assim devem ser analisados, bem como suas interações, que não seguem padrões pré-estabelecidos.

Essas interações, dependendo do seu grau e eficiência, podem disponibilizar importantes complementaridades entre ativos, gerando ganhos de competitividade, facilitando a identificação de oportunidades e superação de gargalos técnicos do setor como um todo.

Instituições

Instituições são normas, rotinas, práticas, regras, leis, regulação e outros padrões que moldam a capacidade cognitiva e ativa dos agentes, interferindo também na maneira como ocorrem as interações entre eles. Pode-se dizer que são as instituições que delimitam o raio de ação dos agentes e ditam seu comportamento. Elas podem ser de origem formal ou informal e estão sujeitas a constantes alterações, ainda mais quando são tácitas (Malerba, 2002).

Mesmo quando o foco é colocado na análise dos sistemas setoriais de inovação, não se pode esquecer as instituições em nível nacional, que afetam os setores, beneficiando alguns em detrimento de outros, sejam elas políticas deliberadas ou mero fruto da interação dos agentes e evolução do arcabouço institucional. É importante notar que esse é um caminho de mão dupla, com as instituições moldando o setor, e o setor moldando as instituições.

Demanda

Na abordagem evolucionária, com grande foco na iteratividade e nos agentes, não se pode esquecer do papel da demanda no incentivo – ou restrição – à inovação. Demanda e

tecnologia irão definir os “problemas” a serem solucionados e os novos produtos que deverão ser desenvolvidos pelas companhias.

É importante ressaltar o papel da demanda pública no incentivo a inovação, pois essa se constitui como um “colchão de amortecimento” contra a incerteza do processo inovativo, garantindo que a produção será comprada assim que o desenvolvimento for realizado, ainda que não tenham preços competitivos necessariamente. Essa garantia visa permitir a acumulação do conhecimento nos processos inovativos, quase sempre ineficientes no início de seu desenvolvimento.

Dinâmica e transformação do SSI

A dinâmica de transformação do SSI, que tem como base a geração e seleção de variedades, é outro fator central para compreensão do desenvolvimento dos setores. O processo de geração envolve a criação de produtos, tecnologias, rotinas, com a participação de laboratórios, universidades, empresas e centros de tecnologia, tendendo a aumentar a heterogeneidade dentro do sistema.

Já o processo de seleção, que envolve fatores de mercado e não mercado, se dá basicamente dentro de toda estrutura do sistema, dentro das firmas, nas linhas de produtos, nos mercados e tem um papel importante na redução da variedade, selecionando as trajetórias vencedoras. Esses processos podem variar em intensidade e ritmo, sendo setores específicos e variáveis ao longo do tempo, num processo de constante *feedback*, onde os regimes de seleção afetam e são afetados pelo ambiente.

Assim, a evolução do sistema deve resultar em padrões diferentes de acumulação, podendo gerar trajetórias de mudança radical, com aumento da diversidade varietal ou em direção a um *design* dominante, criando um cenário de maior estabilidade em termos de agentes, redes e tecnologias. Para compreender qual é o padrão de mudança setorial, deve-se ficar atento à fatores como taxa de entrada de novos atores, tipo de agentes envolvidos e quais são os fatores determinantes para sua entrada (Utterback & Abernathy, 1975).

Novos paradigmas podem exigir novos tipos de capacitações dos agentes em termos de tecnologias, organização e estratégias competitivas, atuando como uma forte força seletiva dentro do sistema. Da mesma maneira, as interações entre os agentes são influenciadas por mudanças nas configurações dos SSIs, variando em intensidade e diversidade, gerando padrões de acumulação diversos.

Assim, a dinâmica da mudança dentro do SSI depende de diversos fatores, como tecnologia, demanda, base de conhecimentos, processos de aprendizado, relacionamento entre firmas e

organizações não-firmas e instituições, num processo de co-evolução que é específico de cada setor (*path dependence*), podendo eventualmente gerar processos de *lock-in* tecnológico (Dosi, 1982).

1.3. Dinâmica e funções dos sistemas de inovação

O desenvolvimento da abordagem teórica dos sistemas de inovação permitiu uma melhor compreensão sobre o processo de criação e difusão da inovação, apresentando uma visão mais abrangente e sistêmica do processo. Incluindo em seu núcleo considerações sobre agentes, tecnologias, instituições, e tentando fazer isso de maneira dinâmica, esse arcabouço teórico cria ferramentas mais completas e precisas para a análise da economia⁴. Todavia, Hekkert (2007) ainda vê alguns problemas para a utilização desses modelos na análise dos sistemas de inovação, pois muitas vezes não é colocada a devida ênfase sobre o processo de inovação, o que o autor considera fundamental.

The use of the innovation system framework to understand technological change, has two shortcomings. First, even though this framework is based on theories such as interactive learning and evolutionary economics, most analyses of innovation systems are quasi-static in character. There is a focus on comparing the social structure of different innovation systems (actors, their relations, and institutions) and, thereby, explaining the differences in performance. Less emphasis is put on the analysis of the dynamics of innovation systems. Second, the explanatory power of the framework lies mainly in the part of institutions (macro level), and less on the actions of the entrepreneur (micro level), even though an often quoted rationale behind the concept of innovation systems is that innovation is both an individual and a collective act. (HEKKERT, 2007b, p. 414)

Como a citação acima mostra, o autor acredita que a maior parte das análises de sistema de inovação apresentam dois problemas centrais: i) a comparação estática entre diferentes arcabouços institucionais é incapaz de captar a dinâmica do processo existente dentro dos sistemas de inovação; ii) o foco da análise recai num nível macroeconômico, enquanto o comportamento dos agentes, no nível microeconômico, central para a discussão de inovação e captação da dinâmica do processo, é relegado a um segundo plano. Dessa maneira, é necessária a criação de uma abordagem dinâmica para a compreensão da mudança tecnológica que minimize esses problemas.

As funções do sistema de inovação (FSIs) se apresentam como uma abordagem inovadora e útil para captar a dinâmica do sistema. As funções são atividades essenciais para o sucesso do

⁴ Para comparação entre os modelos de análise utilizados pela literatura de sistema de inovações, veja os modelos de inovação linear, modelo interativo, modelo ECD.

sistema de inovação, como a geração de atividades empreendedoras, geração e difusão de tecnologias, criação de mercados e outros, e estão relacionadas às ações dos agentes e instituições envolvidas no SI.

Para se verificar quais funções estão sendo ativadas ou não dentro do sistema é preciso realizar um mapeamento extensivo dos eventos que estão ocorrendo dentro do SI e alterando sua configuração. Como exemplos estão eventos comerciais, inauguração de plantas produtivas, criação de nichos de mercados através de políticas tarifárias entre outros. Esse tipo de mapeamento ataca os dois principais problemas identificados pelo autor, pois identifica em um nível micro a movimentação dos agentes dentro do SI, verificando como eles estão empenhando seus esforços inovativos e comerciais, além de compreender como suas ações modificam a dinâmica do sistema, influenciando mutuamente os agentes dentro do SI.

O recorte do sistema originalmente utilizado pelo autor é o *Technology Specific Innovation System* (TSIS). Esse nível de agregação visa abarcar todos os agentes e tecnologias que são específicos da tecnologia estudada. O recorte envolve agentes de diferentes países, com sistemas nacionais de inovação próprios, inclui sistemas setoriais diversos dependendo da tecnologia utilizada. Dessa maneira, reduz-se o número de agentes e relações se comparado com os sistemas nacionais, muito mais amplos e complexos de se mapear. Como o recorte busca compreender as especificidades da tecnologia, é possível melhor delinear as fronteiras do sistema, tanto em termos de agentes, tecnologias e conexões entre eles⁵.

Assim, o autor busca na literatura quais são as principais atividades relacionadas ao sucesso dos sistemas de inovação e como eles podem ser traduzidos em funções de inovação. O aprendizado certamente está entre as funções mais importantes dentro do SI. Essa função está intimamente ligada ao processo de geração, seleção e replicação de variedades, já explorado nesse capítulo e central na teoria evolucionária. Também é central para o SI a formação de redes onde os agentes possam intercambiar informações, formar expectativas e se reunirem para buscar a coordenação de suas atividades.

Pesquisa básica, políticas de comercialização e atendimento ao usuário, educação, incentivos governamentais, políticas setoriais, criação de mercado e muitos outros fatores são analisados pelo autor, que busca criar uma lista de funções centrais para o SI. O autor acredita que a criação dessa lista de funções será de grande valia para a utilização em trabalhos empíricos, e

⁵ É importante ressaltar que apesar de o recorte proposto ser o TSIS, outros recortes, como o Sistema Setorial de Inovação (SSI), ou os Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), são compatíveis com a metodologia proposta por Hekkert. A única ressalva, ainda segundo o autor, é a dificuldade de se mapear extensivamente sistemas muito amplos, pois nesses sistemas o volume de informações a ser analisado aumenta significativamente.

o desenvolvimento dessa abordagem é um passo fundamental na direção de tornar a análise de sistemas de inovação mais dinâmica e precisa. Ademais, a lista de funções tenta abarcar todos os aspectos na criação de competências, não só da firma, mas num sentido mais amplo, abrangendo todo o SI.

A lista com as definições, a ser apresentada a seguir, foi desenvolvida por um grupo de estudos das universidades de *Utrecht* (Holanda) e *Chalmers* (Suécia) e não é definitiva. Ela foi elaborada de acordo com os tópicos mais comumente encontrados na literatura e devem ser capazes de descrever e explicar as mudanças no sistema de inovações:

Função 1: Atividades empreendedoras - “*There is no such thing as an innovation system without entrepreneurs*” (Hekkert, 2007). Os empresários são os responsáveis por transformar todo conhecimento gerado dentro do SI em ações. Se utilizando das redes e mercados criados por suas inovações eles vão à busca das oportunidades de negócios relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, sempre visando obter lucro e promover a difusão da tecnologia pelo mercado. Podem ser novos no mercado, entrantes, ou estarem já estabelecidos, diversificando sua atividade.

A existência de empresários e atividade empreendedora é um dos principais indicadores de desempenho do sistema de inovação. Se não há muito deles, provavelmente algo está errado com as outras seis funções. Número de empresas entrantes, diversificação das atividades, lançamento de novos produtos, e experiências com outros produtos são bons indicadores dessa função.

Função 2: Desenvolvimento de conhecimento – Essa função está intimamente relacionada com o processo de aprendizagem dentro do SI. Lundvall (1992) defende que “o recurso mais fundamental da economia moderna é o conhecimento e, portanto, o processo mais importante é o aprendizado”. Os indicadores mais comuns para essa função estão associados ao desempenho dos projetos de P&D, requerimento de patentes e investimentos em centros de pesquisa. Outros conceitos comumente associados a essa função são o *learning-by-doing* e *learning-by-searching*.

Função 3: Difusão de conhecimento através de redes – O objetivo dessa função é identificar como os fluxos de conhecimento se movimentam dentro do SI. Essa função pode ser observada através de eventos como workshops, conferências, exposições e feiras específicas do setor ou da tecnologia. É importante que haja coordenação entre as agendas de pesquisa de entidades públicas e privadas, facilitando a inovação e difusão de tecnologias. A regulação

também é importante para a difusão do conhecimento, pois estabelece regras para a troca e uso das mesmas.

Função 4: Orientação da pesquisa (busca) – A gestão eficiente dos recursos é um dos pontos centrais no sucesso de um SI. Quando da decisão entre diversas trajetórias tecnológicas, os *policy makers* devem ser capazes de identificar os projetos mais promissores e criarem mecanismos de promoção deles. Entre as políticas de fomento podem estar fundos específicos de financiamento, reserva de mercado, subsídios, compra garantida e outros. É importante ressaltar que a escolha das tecnologias deve levar em conta aspectos técnicos, ambientais, sociais e o interesse público.

Essa função mostra que a mudança tecnológica não é autônoma, pois a decisão de quais tecnologias devem ser desenvolvidas é um assunto de política pública. Objetivos específicos determinados pelo governo, regulação, publicação de artigos são aspectos a serem observados quando analisando essa função.

Função 5: Formação de Mercado – Novas tecnologias, geralmente, são menos competitivas que tecnologias estabelecidas. Visando proporcionar um ambiente favorável à emergência de novas tecnologias, o SI deve prover algum tipo de proteção ou incentivo para que novas tecnologias sejam desenvolvidas e posteriormente introduzidas no mercado. Protegidas da concorrência com produtos estabelecidos, elas podem desenvolver suas potencialidades, “caminhar” ao longo da curva de aprendizado e se tornarem competitivas. A criação de nichos de mercado, a demanda governamental e regimes tarifários especiais são instrumentos comuns utilizados pelos gestores de políticas para favorecer o desenvolvimento de novas tecnologias.

Função 6: Mobilização de recursos – Tanto capital financeiro como humano são essenciais para o desenvolvimento dos sistemas de inovação. Políticas de P&D de longo prazo, centros universitários de excelência em tópicos específicos, financiamentos, criação de infraestrutura são indicadores de mobilização de recursos. Esses recursos podem – e devem – ser tanto de origem privada como pública e devem se complementar, visando ampliar as sinergias entre eles. O perfil de cada tecnologia deverá determinar o mecanismo de mobilização de recursos, seja ele de curto prazo, longo prazo, associado a metas de desenvolvimento ou outros.

Função 7: Criação de legitimidade/Diminuição da resistência a mudança – Para uma tecnologia se desenvolver ela deve se tornar parte do regime vigente (Geels, 2004). Não seria sem dificuldade que ela conseguiria fazer isso, afinal muitos interesses estabelecidos tenderiam a se opor às mudanças no *status quo*. Assim, medidas específicas devem ser levadas a cabo

pelos formuladores de política a fim de diminuir essa resistência. Se elas forem bem sucedidas, as novas tecnologias tenderão a integrar ou mesmo substituir o regime tecnológico corrente. Para captar essa função é preciso observar como os grupos de interesses e *lobbies* estão se articulando dentro do SI. Coalizões entre agentes estabelecidos e entrantes é um bom indicador dessa função.

Importante ressaltar que essa não é uma lista definitiva e fechada, como afirma o próprio Hekkert (2007), e deve ser alterada de acordo com as necessidades observadas no estudo dos setores em particular. Nesse trabalho, será incluída uma oitava função, como sugerido por Dunham (2009), que capta uma especificidade do setor sucroalcooleiro no Brasil:

Função 8: Relacionamento com fornecedores – De acordo com Pavitt (1984) alguns setores têm em seus fornecedores uma importante fonte de inovação. A mudança de máquinas e equipamentos pode ter um efeito significativo sobre a produtividade de alguns setores, mesmo sendo desenvolvidos externamente à firma. No caso sucroalcooleiro esse fato se mostra relevante⁶, com importantes inovações vindo da indústria de capital, aumentando a eficiência do processo, reduzindo a energia gasta, e maximizando a produção.

Desta forma, está completa a lista de funções que será utilizada nesse trabalho. Essas funções influenciam umas às outras, criando efeitos em cadeia. Assim, é esperada a criação de um modelo não linear, com múltiplas interações entre as funções, que devem afetar positiva e negativamente a ativação de outras. Essa característica do modelo reforça o vetor sistêmico do processo inovativo, com processos de interação entre os agentes, criando sinergias que favoreçam ou ameacem o desenvolvimento tecnológico do sistema.

Entretanto, ainda resta saber como serão organizadas as funções dentro do sistema. Para isso, é preciso introduzir um último conceito; os *motores de inovação*. Os motores são eventos que acontecem dentro ou fora do sistema que impactam sobre sua dinâmica, ativando funções e promovendo o processo de transição dos sistemas.

Esse é o ponto inicial da análise, uma vez que quando os eventos acontecem, eles deflagram um movimento em cadeia que ativa as funções, direta ou indiretamente, podendo acelerar, reduzir, modificar de direção a criação e difusão das tecnologias. Como os motores podem ativar diversas funções ao mesmo tempo, eles podem gerar ciclos virtuosos – ou viciosos – dentro do sistema.

⁶ Especialmente no sistema de inovação do setor sucroalcooleiro no Brasil, um fornecedor de máquinas e equipamentos é relevante. A indústria Dedini foi e é uma importante fonte de inovação para o setor, num processo co-evolutivo, onde firma e setor crescem juntos, um dependendo fortemente do outro. (Dunham, 2009).

1.4. A estruturação do Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro (SPIS) no Brasil

A cana de açúcar é a primeira cultura agrícola explorada comercialmente no Brasil, ainda uma colônia. Desde a introdução da cultura no século XVI, o país vem acumulando conhecimento e aumentando sua produtividade no setor, se tornando hoje o maior exportador de açúcar e segundo maior produtor de etanol do mundo. O século XX é chave para compreender como o Brasil pode alcançar essa posição. Assim, essa seção irá explorar quais foram os principais eventos que constituíram o SPIS, identificando a criação de instituições, mercados e inovações que contribuíram para a expansão da cana de açúcar e seus derivados, colocando o Brasil como um dos líderes nesses mercados (Dunham, 2009).

Pode-se dizer que o Programa Nacional do álcool (Proálcool) instituído em 1975 é o principal divisor de águas no desenvolvimento do mercado de biocombustíveis no Brasil, em especial para o etanol de cana. Esse programa visou à substituição de combustíveis de fontes fósseis por renováveis, face à crise do petróleo que assolava o mundo na década de 70. O Proálcool forneceu incentivos à produção de etanol derivado de qualquer fonte renovável, cedendo créditos com juros negativos, para a modernização, ampliação e construção de novas usinas e também para plantação de novas lavouras. Apesar de ter sido planejado o uso de outras fontes de biomassa, a cana-de-açúcar foi rapidamente escolhida como *matéria prima vencedora*, devido a sua alta produtividade e facilidade de processamento.

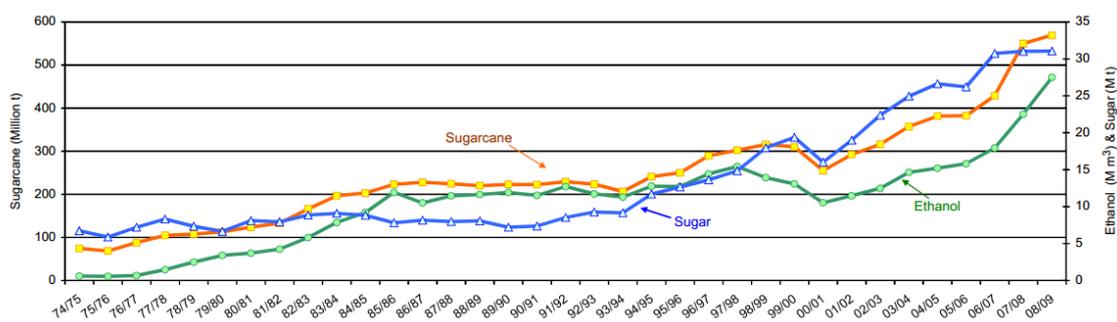


Figura 1.4.1: Evolução da produção de cana, etanol e açúcar no Brasil (1974/75-2008/09)

Fonte: Furtado et al., 2010.

Em poucos anos os resultados do Proálcool puderam ser sentidos sobre a produção de etanol, como se pode observar pela figura 1.4.1. No período de 1976/77 a 1980/81 a produção anual quintuplica passando de 664 mil m³ para 3,7 milhões m³. Esse volume de produção, essencialmente de etanol anidro, já permitia uma mistura de cerca de 20% com toda gasolina vendida no país. No ano de 1985 a produção já havia triplicado novamente, atingindo o volume de 11,5 milhões m³ produzidos, criando excesso de oferta, incentivando a adoção de

carros dedicados ao consumo apenas de etanol, em sua variedade hidratada (Furtado *et al.*, 2010).

Entretanto, apesar de seu papel central no sucesso do SPIS, o marco do Proálcool não pode ser compreendido como um evento isolado dentro do SI da cana no Brasil, ele é resultado de uma construção histórica que culminou na emergência do sistema de inovações. Políticas empregadas ao longo de décadas permitiram que os agentes acumulassem conhecimento pelo processo de aprendizado, possibilitando o salto de produtividade observado na implementação do programa:

“No ano de lançamento do Proálcool, o Brasil dispunha de um mercado de álcool combustível formado, de uma estrutura de pesquisa agrícola desenvolvida, de fornecedores de equipamentos capacitados tecnologicamente e de um parque industrial minimamente montado. Fator igualmente importante na execução do Proálcool foi a existência prévia de relações entre os agentes produtivos. Na experimentação agrícola, a relação ocorreu através das redes de difusão de tecnologias; e, na modernização tecnológica do setor, por meio do relacionamento entre os fornecedores e a agroindústria. (Dunham et al., 2010, p. 66-67)”

Assim, a dinâmica institucional e tecnológica estava estabelecida no setor, possibilitando um rápido incremento da produção e produtividade nos anos que seguiram o estabelecimento do programa. Dunham, Bomtempo e Fleck (2011) mapeiam seis motores de inovação que consideram responsáveis pela construção do SPIS no Brasil, consolidando o setor e possibilitando o sucesso na implantação do Proálcool:

- 1) O processo de modernização de 1875 e a instalação dos engenhos centrais;
- 2) Superação da crise do mosaico;
- 3) Formação do mercado de álcool combustível;
- 4) O desenvolvimento de variedades de cana após a crise do mosaico;
- 5) A expansão produtiva da agroindústria sucroalcooleira em São Paulo;
- 6) O relacionamento da agroindústria sucroalcooleira com a indústria de equipamentos.

Cada um desses motores foi classificado quanto às suas motivações, inovações, funções ativadas e resultados. Como se pode observar pela tabela 1.4.1 cada um desses motores, dentro de seu período de atividade, foi capaz de acionar uma ou mais funções, gerando processos inovativos que fundamentaram a construção do SPIS e permitiram significativos ganhos de produtividade.

Dos seis motores apresentados, cinco obtêm sucesso na transformação do SI, sendo que 3 deles tem o foco no segmento agrícola (mosaico, variedades, expansão produtiva), dois no segmento industrial (modernização, relacionamento industrial) e um tem foco na criação de mercado para o álcool combustível. Essa variedade permitiu o acúmulo de capacitações em diversas áreas de forma relativamente homogênea, eliminando eventuais gargalos tecnológicos e institucionais. Mesmo motores que falham, auxiliam no acúmulo de conhecimento na trajetória, gerando efeitos reflexos que poderão ser absorvidos mais adiante.

Outro aspecto importante da construção do SPIS é a alta taxa de difusão que se observa no sistema. Com muitos dos produtores participando como sócios de institutos de pesquisa e participando ativamente do processo inovativo, os resultados foram rapidamente incorporados pelo setor.

	Processo de modernização de 1875	Superação da crise do mosaico	Formação do mercado de álcool	Desenvolvimento de variedade de cana	Expansão produtiva em São Paulo	Relacionamento com a indústria de equipamentos
Motivo da mudança	Aumentar a competitividade do açúcar no mercado internacional	Recuperar rapidamente a produtividade do açúcar	Desviar o excedente de açúcar para produção de etanol	Aumentar a produtividade da cana-de-açúcar	Aproveitar oportunidades no mercado paulista de açúcar	Aproveitar a crescente demanda por equipamentos
Inovação	Aquisição e uso de equipamentos industriais modernos	Organização de um sistema de experimentação e difusão de tecnologia agrícola	Aquisição e uso de destilarias de etanol anidro.	Melhoramento genético da cana e difusão de tecnologias agrícolas	Aumento das escalas de produção	Equipamento de maior porte com tecnologia própria
FSIs envolvidas	FSI 1, 4, 6 e 7	FSI 2, 3 e 4	FSI 1, 5 e 7	FSI 2, 3, 4 e 6	FSI 1 e 7	FSI 1, 2, 5 e 8
Resultados obtidos	Motor falhou e a modernização não foi alcançada. Resultado colateral: criação dos fornecedores de cana	O motor transformou o SI. A crise do mosaico foi superada.	O motor transformou o SI. O mercado de etanol foi formado.	O motor transformou o SI de forma desigual, sendo mais intensa em SP que no resto do país.	O motor transformou o SI em SP, aumentando o parque industrial.	O motor transformou o SI em SP, acelerando a modernização agroindustrial.

TABELA 1.4.1 – Motores de transformação identificados no SPIS – Sec. XIX e XX

Fonte: Elaboração do autor, baseado em Dunham, Bomtempo e Fleck (2011)

A presença de motores externos à indústria, ou seja, não diretamente relacionados à produção de açúcar e etanol também é marcante na construção do sistema. Daí denota-se a grande importância dos fornecedores de matéria-prima, máquinas e equipamentos e mesmo de conhecimento, através dos institutos de pesquisa. Esse caráter sistêmico da inovação é comum em sistemas eficientes na geração e difusão de conhecimento e pode ser observado no SPIS.

A mudança do eixo dinâmico do SPIS também é percebida pela literatura, que passa do Nordeste, região originária da cana no Brasil, para o sudeste, onde se estabeleceu com maior relevância, principalmente no estado de São Paulo. Os fatores de sucesso da transição são, em sua dimensão passiva, a disponibilidade de terras e capital, e proximidade dos centros consumidores. Em sua dimensão ativa, os eventos relevantes são a criação de centros de pesquisas dedicados ao desenvolvimento de variedades adaptadas à região e o estabelecimento de redes de conhecimento que permitiram o fluxo de informações e rápida difusão de tecnologias para o campo.

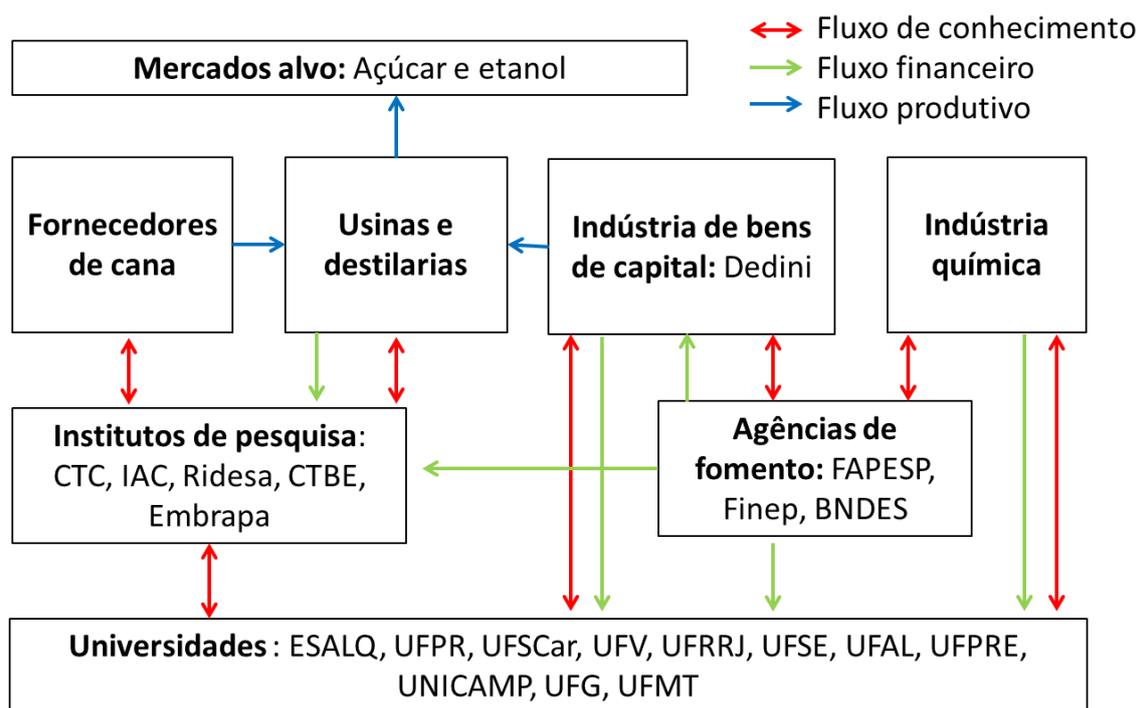


FIGURA 1.4.2- Organização do sistema de inovação sucroalcooleiro de 1ª geração

Fonte: Elaboração própria a partir de Furtado et al, 2010; Dunham, Bomtempo e Fleck, 2011.

Esse arranjo permitiu expressivos ganhos de produtividade na região sudeste, que concentrou praticamente toda expansão canavieira do Brasil à época. Uma peculiaridade desse sistema, ao menos no Brasil, é a predominância de atores privados na geração e difusão de conhecimentos. O principal agente do período de formação do SPIS, Centro de Tecnologia Coopersucar, que viria se tornar o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), tinha grande parte dos produtores como associados, fator essencial para rápida difusão das variedades desenvolvidas. O CTC ganha ainda mais importância após a extinção do Planalsucar e do IAA (Instituto do Açúcar e Alcool), no processo de liberalização do setor ocorrido na década de 1990 (Furtado et al., 2010).

Na figura 1.4.2 estão representados os principais agentes que compõe o SPIS da cana ao final da primeira década dos anos 2000, bem como os fluxos produtivos, de conhecimento e financeiros. Uma primeira observação a ser feita, é a grande importância da pesquisa agrícola dentro do sistema. Tanto as instituições de pesquisa, quanto as universidades têm um forte direcionamento para o aumento da produtividade no campo, gerando novas variedades, mais produtivas e resistentes a doenças, como já se observou pelos motores ativados na constituição do sistema.

O segmento industrial é contemplado com melhorias no processo de extração do caldo, na fermentação, na co-geração elétrica e na melhor gestão dos resíduos do processo. A Dedini tem papel chave no SPIS, sendo a maior fornecedora de máquinas e equipamentos e grande fonte tecnológica para a indústria, mostrando a importância que a inovação de origem externa tem sobre o setor.

A maneira como esse sistema é organizado favorece a melhora incremental do processo produtivo, em detrimento das inovações radicais. Isso é notado pela pequena importância das *start-ups* dentro do sistema que caracteriza a primeira geração de biocombustíveis.

Não obstante, essa estratégia foi bem sucedida na medida em que se observa uma redução de custos e redução da necessidade de combustíveis fósseis no processo, que utiliza a co-geração como principal fonte energética. Essa configuração tornou o modelo de produção adotado no Brasil um exemplo de produtividade e de sustentabilidade em termos de emissão dos GEEs, o que lhe torna um biocombustível avançado, segundo padrões do *RFS (Renewable Fuel Standards)* (Goldemberg, 2009).

Além de atores fortes, a interação entre eles é uma das chaves do sucesso inovativo do setor no Brasil e especialmente no estado de São Paulo. Ademais, a presença do setor privado em todos os elos da cadeia (superação de gargalos técnicos, financiamento e execução de projetos) é central para entender o processo ocorrido no setor, pois essa estrutura é menos abalada com o esvaziamento das funções do Estado promovida nos anos 90, conseguindo manter suas capacitações durante esse período.

A comunicação entre os atores chaves permitiu a sistemática superação de gargalos e melhoria técnica em todo setor, com os agentes agindo de forma coordenada para alavancar a performance do setor como um todo, incluindo tanto o açúcar como o etanol. Com isso os ganhos de produtividade foram constantes ao longo de todo período, possibilitando o etanol atingir patamares de custos competitivos até mesmo em relação a combustíveis de origem fóssil.

1.5. Síntese da revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica desse trabalho foi dividida em 4 segmentos, dos quais cada um busca cumprir um papel na fundamentação da dissertação. Partiu-se da fundação da escola schumpeteriana, com seu próprio criador Schumpeter, para temas cada vez mais específicos.

A primeira seção tem como objetivo a apresentação de novos conceitos propostos pela teoria evolucionária, que em oposição à escola clássica, desconsidera a condição de equilíbrio da econômica e busca entender os condicionantes do desenvolvimento tecnológico. A inovação ganha papel central nessa teoria, que apresenta conceitos como os da trajetória tecnológica (Dosi, 1982), criação e seleção de variedades econômicas (Nelson & Winter, 1982), racionalidade limitada (Simon, 1976) e outros, com analogias biológicas para explicar o desenvolvimento econômico. Também é apresentada a taxonomia setorial de Pavitt (1984) e como Dosi (1988) dá um caráter dinâmico a essa análise, introduzindo a ideia de regimes de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade da inovação.

A segunda seção parte da base construída por essa teoria, para o conceito de sistemas de inovação (Freeman, 1987; Lundvall 1988). Esse novo modelo busca entender como os agentes do sistema econômico podem se organizar para promover a inovação e a competitividade de sua indústria. O recorte escolhido para esse trabalho foi o setorial (Malerba, 2002), que propõe a identificação de três *building blocks* para a análise dos sistemas setoriais de inovação (SSI): conhecimento e tecnologia; agentes e redes; instituições.

Buscando complementar a análise do SSI, é apresentado o ferramental das funções de sistema de inovação (FSI) na terceira seção (Hekkert, 2007). Ali é definida a principal ferramenta que será utilizada ao longo de toda a análise dessa dissertação. São escolhidas oito funções que devem ter a capacidade de captar as mudanças ocorridas dentro do sistema e organizá-las de forma a permitir a comparação entre os momentos do SI. Também são apresentados os motores de inovação.

Finalmente, a quarta seção traz um breve histórico da construção do sistema de inovação e produção sucroalcooleiro (SPIS) no Brasil, objeto dessa dissertação (Dunham, 2009; Furtado et al, 2010). Essa apresentação já se utiliza das ferramentas apresentadas nas seções anteriores e busca estabelecer as bases sobre as quais ocorre a transição do SI, hipótese de trabalho presente nessa dissertação. Acredita-se que dessa forma a exposição que virá adiante fique clara e bem fundamentada.

2. METODOLOGIA

Nesse capítulo será apresentada a metodologia utilizada no presente trabalho. A definição dos passos a serem seguidos durante a análise é crucial para que o resultado seja estruturado de maneira clara e objetiva. Como foi apresentado no capítulo anterior, será utilizada a abordagem dos sistemas de inovação, com ênfase no ferramental de motores e funções de inovação. Essa análise, inspirada em Hekkert (2007), ao analisar os eventos relevantes ocorridos dentro e fora dos sistemas de inovação, permite que se tenha a compreensão de como o SI se modificou ao longo do tempo e, portanto, da dinâmica da mudança tecnológica e institucional ocorrida.

O primeiro passo será a definição do sistema de inovação da cana. Para tal, será adotado o procedimento sugerido por Malerba (2002), no qual três grandes blocos são estudados para a organização do SPIS: *Conhecimento e tecnologia; agentes e redes e instituições*. Em seguida será feito um mapeamento dos principais eventos que, a partir da década de 1990 até os dias atuais, afetaram ou modificaram o SPIS. Com isso, busca-se entender como os agentes participam do processo de transformação, atuando na dinâmica tecnológica do setor.

Esses eventos serão organizados em motores de inovação, como proposto por Hekkert (2007). Cada um desses motores será um evento isolado ou um conjunto de eventos que, através da ativação das funções, modificam o SPIS. As funções de inovação utilizadas serão as mesmas sete propostas por Hekkert (2007), somadas a uma oitava função, proposta por Dunham (2009), como já explorado no capítulo anterior. Essas funções poderão ser ativadas direta ou indiretamente pelas interações no sistema estudado, em um movimento de *feedback* e encadeamento entre elas.

Os motores serão escolhidos de acordo com a análise empírica e bibliográfica do setor. De maneira presencial, foram reunidas informações em mais de 10 entrevistas e apresentações de agentes ativos do setor. Entre eles estão técnicos do BNDES e FINEP envolvidos nos programas de financiamento, executivos de empresas atuantes no setor, principalmente as intensivas em tecnologia, funcionários de centros de pesquisa, além de material coletado durante feiras e workshops com pesquisadores, estudiosos e outros agentes.

A bibliografia utilizada foi extensa, passando por artigos de jornais, revistas e internet, à artigos publicados em revistas e congressos no Brasil e no exterior. Buscou-se mesclar a literatura específica do setor a partir dos anos 1990 e a de sistemas de inovação, que remontam algumas décadas mais.

A reunião dessas informações é crucial para a correta identificação dos fatores centrais que modificam o setor. Dessa maneira, busca-se filtrar a informação e entender quais foram os denominadores comuns dentro do processo de transição do SPIS, alocando cada evento dentro de seu respectivo motor. Os mesmos serão expostos em ordem cronológica, de acordo com o início de ser processo.

Foram identificados três grandes eventos – motores – que alteram a dinâmica do setor no período que compreende desde o início da década de 1990 até os dias atuais, 2013. Na linha cronológica apresentada pela figura 2.1.1, o primeiro motor parte da desregulamentação do setor, que sofre com crises na década de noventa e volta a ter competitividade a partir do século XXI, e busca entender como o perfil das empresas participantes na indústria sucroalcooleira mudou, esse será chamado de “motor empresas”.

O segundo e terceiro motor estão relacionados de alguma maneira com o primeiro. Em ordem, o “motor PAISS” busca identificar como os mecanismos de financiamento à inovação no setor sucroalcooleiro mudaram, aprofundando a alteração do perfil das empresas no setor. O “motor agrícola” parte da crise de produtividade nas lavouras de cana no Brasil no final dos anos 2000, identificando os fatores que levam a essa piora no rendimento agrícola e industrial.

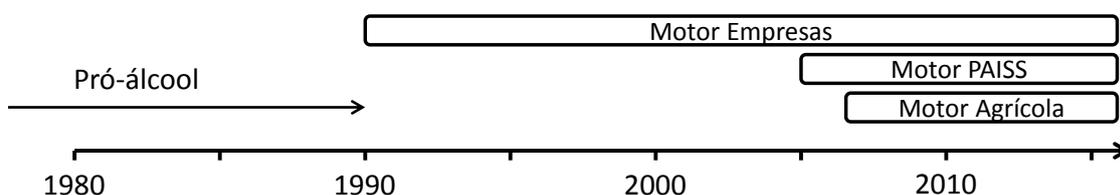


Figura 2.1.1 – Linha do tempo com motores de inovação identificados

Fonte: Elaboração própria

Cada um desses motores terá sua análise dividida em 3 partes: a primeira parte se dedicará a descrever o motor, identificando quais as principais alterações em relação ao paradigma pré-estabelecido. A segunda seção de cada motor irá aprofundar a análise, identificando como os eventos modificam a dinâmica da indústria, atraindo novas empresas, mudando padrão de concorrência e suas consequências. A terceira seção será responsável por encaixar cada evento dentro do arcabouço teórico proposto das FSIs. Serão identificadas quais funções são ativadas por cada motor e como elas se encadeiam dentro do sistema de inovação, gerando mudança no SPIS.

Após a descrição, análise e adequação dos eventos de acordo com o ferramental proposto, será feito um resumo dos motores, buscando identificar quais foram as motivações, inovações, funções e resultados de cada motor e de todos conjuntamente. Essa análise final permitirá a

elaboração de um balanço dos principais efeitos da transição do sistema de inovações sobre a dinâmica setorial.

Aqui a metodologia diverge da proposta tanto por Dunham (2009), como por Hekkert (2007). Enquanto os autores citados trabalham analisando processos históricos de transformação tecnológica “*ex-post*”, esse trabalho se dedicará a estudar um processo que ainda está em curso, sem necessariamente ter resultados finais. Para que seja possível a análise de um “processo vivo” através dessa metodologia algumas adaptações são necessárias.

A primeira alteração relevante é a eventual substituição do vetor de resultados por outros de “objetivos” ou “resultados esperados” nos motores em que essa modificação for necessária. Isso porque, como explicitado, muitas vezes não será possível observar claramente quais os resultados efetivos das políticas ou das transformações analisadas. Entretanto, essa flexibilização não deve causar prejuízos, visto que é uma necessidade de adequação da análise ao tempo dos fatos.

Finalmente, será feita a apresentação dos resultados da pesquisa. Novamente será utilizada a proposta de Malerba (2002), que identifica os três blocos básicos de um SSI: Conhecimento e tecnologia; agentes e redes e instituições. Dentro desse arcabouço, os dois paradigmas identificados, antes e depois da transição, serão comparados e analisados.

Ainda será feita uma análise de como o SPIS se modifica em termos de oportunidade, apropriabilidade e cumulatividade, como propõe Dosi (1982). Comparando os regimes citados, espera-se ser possível verificar como muda o papel da inovação na dinâmica concorrencial do setor.

Importante lembrar que os três motores continuam ativos e sem resultados definitivos, o que dificulta a análise em termos conclusivos, mas a enriquece em termos propositivos, pois ainda é possível identificar falhas no processo e propor alterações na sua direção e intensidade.

2.1. Identificação dos componentes do SPIS

Segundo o escopo proposto por Malerba (2002) em seu recorte setorial, é necessária a identificação de três grandes grupos de informação que caracterizem um sistema setorial de inovação. O primeiro bloco é o de *conhecimento e tecnologia*, que deve incluir as matérias primas, tecnologias, e linhas de pesquisa presentes no setor, assim estabelecendo um recorte mais preciso dos produtos e mercados a serem explorados pelos agentes do setor.

Os produtos tradicionais do setor sucroalcooleiro no Brasil são o açúcar e etanol, produzidos através da moagem da cana e utilização do caldo para a extração de açúcares, os quais serão

destinados à refinaria ou à destilaria de acordo com o *mix* de produção desejado pela usina. Os subprodutos do processo são o vinhoto e o bagaço moído, o primeiro utilizado para irrigação e fertilização do solo e o segundo para a co-geração elétrica dentro das próprias unidades produtivas.

Entretanto, o recorte desse trabalho vai além das tecnologias e produtos tradicionais do setor, incluindo novas tecnologias de conversão que levam a novos produtos, complementares aos tradicionais. Ademais, a utilização do bagaço como fonte de energia elétrica passa de uma condição de subsistência para a produção e venda comercial da mesma, agregando mais um produto à matriz comercial das unidades.

Assim o *fator estruturante* da cadeia produtiva e inovativa, que guiou os agentes e permitiu o sucesso do modelo implantado no século XX, deixa de ser o produto final – açúcar e etanol - e passa a ser a matéria-prima, a cana-de-açúcar, o eixo que orienta os agentes. A partir dessa constatação, as tecnologias desenvolvidas devem tratar a cana como uma biomassa em seu conteúdo integral, caldo, bagaço e palha, maximizando a produção para todos esses *inputs* e não apenas para o caldo, como é comum no processo tradicional.

A cana apresenta algumas peculiaridades como matéria-prima. A primeira delas é a necessidade da proximidade entre as plantações e usinas, pois devido ao seu curto período de maturação após a colheita, seu rendimento industrial cai significativamente se não for rapidamente processada. Assim, as unidades produtivas são dependentes geograficamente do fornecimento de cana, o que obriga os produtores se organizarem em vias de não comprometer o processo produtivo (Dunham, 2009).

Outra são as grandes massas envolvidas nos processos produtivos de plantio e colheita se comparado com outras culturas, o que leva o desenvolvimento de maquinários específicos e adaptados ao cultivo, desafio ainda não completamente vencido pelo setor. Assim, o segmento agrícola da cadeia se constitui importante parte integrante do SPIS, impondo desafios como a geração de variedades mais adaptadas, desenvolvimento de máquinas adequadas à cultura e implantação de uma cadeia logística eficiente.

A base de conhecimentos relacionada à superação desses desafios agrícolas é ampla, formada por ciência básica na área de biologia genética das plantas, intensiva em engenharia e *design* para o desenvolvimento de maquinário adaptado, e mesmo em conhecimento gerencial que seja capaz de otimizar a cadeia e criar novos modelos de negócios que explorem a cana em todas suas dimensões. O desenvolvimento de defensivos agrícolas, fertilizantes e técnicas de manejo mais eficientes também são essenciais para o sucesso do campo.

Incluindo o segmento industrial na análise desse novo paradigma, verifica-se que as tecnologias do setor são ainda mais ampliadas. Muitos dos novos processos se baseiam em mecanismos biotecnológicos para a conversão de açúcares e material celulósico em novos produtos, que podem ser o etanol, diesel, lubrificantes, químicos, plásticos e outros. Também são utilizados processos de hidrólises químicas, térmicas e processos de conversão nada ortodoxos, como a gaseificação da biomassa.

O segundo bloco que constitui o SPIS são os *agentes e redes*. No recorte tradicional os principais agentes podem ser divididos entre i) grupos produtores, que possuem usinas e plantações de cana; ii) fornecedores do setor, que se dividem em plantadores de cana e fornecedores de bens de capital; iii) institutos de pesquisa públicos e privados, que atuam no desenvolvimento de novas variedades e no melhoramento das técnicas de manejo no campo; e iv) instituições, compostas por leis, mecanismos de financiamento, agências de fomento e regras do setor. No segmento industrial a maior fonte de inovação são os fornecedores de bens de capital.

Entretanto, a transição do SI traz novos agentes e redes para o setor. As empresas que passam a atuar no novo paradigma trazem consigo outras bases de conhecimento de seus setores originários, como indústria química, petrolífera, biotecnológica, alimentos, papel e celulose, ampliando também a rede de relacionamentos, com novos clientes, cadeias logísticas, estrutura de pesquisa e desenvolvimento, capacidade financeira e gerencial.

Assim, o modelo de gestão familiar tradicional das empresas do setor passa a concorrer com estratégias mais agressivas e expansivas por parte de seus concorrentes, o que deve levar a uma nova dinâmica para o setor. Essa nova configuração, com grupos econômicos cada vez mais pujantes, implica uma concentração econômica do setor, que vê a tendência à oligopolização de forma mais marcante.

Interessante notar a contradição desse movimento na geração de variedade dentro do sistema. Ao mesmo tempo em que se pode observar uma concentração dos grupos econômicos, o que tende a reduzir a diversidade, há a integração de empresas de diversos ramos e bases tecnológicas à estrutura concorrencial e inovativa, aumentando a heterogeneidade das firmas atuantes no setor. Há a formação de *joint ventures*, processos de fusão e aquisição que acabam por intensificar a transição da estrutura empresarial observada.

As redes de pesquisa também são ampliadas, com os principais agentes, Ridesa, CTC, e Bioen/Fapesp abrangendo novas áreas geográficas, campos de estudo, parceiros e organização institucional. Essa expansão incluiu novos laboratórios dedicados ao desenvolvimento de

tecnologias avançadas de conversão da biomassa, campos de pesquisa na fronteira agrícola e tecnológica buscando a geração de variedades de cana mais adaptadas às características edafoclimáticas da região, assim, intensificando a capacitação exigida dos agentes para superação dos gargalos técnicos.

As *non-firms organizations*, categoria que compreende instituições de financiamento, laboratórios, universidades, associações de classe, também são integrantes dos SPIS, tendo seu escopo de atuação modificado na transição do sistema de inovações. Dentre os financiadores, pode-se destacar o BNDES e FINEP, que passam a atuar de forma mais incisiva no financiamento da atividade inovativa do setor, guiando os agentes e aumentando a disponibilidade de crédito.

O terceiro fator envolvido na transição do SPIS é o institucional. A desregulamentação do setor impôs uma nova dinâmica concorrencial à atividade, o que obrigou os agentes se movimentarem e impulsionou movimentos como o observado no motor que capta a mudança do perfil das empresas. Entretanto, após a liberalização a institucionalidade vem avançando pouco, com algumas políticas sendo aplicadas para geração de demanda, como a elevação da mistura mínima obrigatória do etanol à gasolina. A grande lacuna, todavia, é a falta de um horizonte de longo prazo para o setor, com uma institucionalidade mais estável, com metas claras definidas.

3. MOTORES DE INOVAÇÃO E A TRANSIÇÃO DO SPIS

Nesse capítulo serão identificados e explorados os motores de inovação recentes do setor sucroalcooleiro brasileiro. Os motores identificados na pesquisa foram divididos em três grupos:

- i) Motor Empresas: A desregulamentação do setor, seguida de crise e posterior retorno da atratividade econômica nos anos 2000, atrai empresas dos mais diversos perfis para a atividade, modificando a estrutura econômica e concorrencial do setor.
- ii) Motor PAISS: O programa de financiamento foca no desenvolvimento de novas tecnologias para a conversão da cana, atraindo investimento e empresas para a geração de tecnologia nas gerações avançadas de bioprodutos;
- iii) Motor Agrícola: A conjunção de elementos conjunturais e estruturais causa uma sensível queda de produtividade agrícola no setor sucroalcooleiro, colocando novos desafios para o sistema de inovações relacionado a cana-de-açúcar.

Cada motor terá sua análise dividida em três partes: i) Descrição do motor, buscando identificar os principais eventos que o marcam; ii) Uma análise das principais características do motor e de seus impactos sobre o SPIS; iii) A formalização dos impactos gerados pelo motor e termos das funções de inovação e seus encadeamentos.

Após a apresentação e análise de cada motor separadamente será feito um balanço de como esses eventos influenciaram o SPIS de maneira geral, promovendo uma transição do sistema em termos de tecnologias, produtos, padrão de concorrência, estratégia corporativa e outros, que terá como principal objetivo identificar quais as FSIs ativadas ou não pela mudança. Ademais, verificar-se-á a alteração nos regimes de apropriabilidade, oportunidade e cumulatividade promovidas pelos motores e com reflexos diretos no padrão competitivo do setor.

3.1. MOTOR EMPRESAS

Nessa seção será explorada a mudança do perfil das empresas do setor sucroalcooleiro a partir da década de 1990 e quais os impactos dessa mudança sobre o SPIS. Historicamente, o setor possui uma estrutura de gestão familiar. No entanto, em decorrência da desregulamentação na última década do século XX e do retorno da atratividade econômica da atividade nos anos 2000, o setor partiu em direção a uma gestão profissionalizada, internacionalizada e marcada por grandes corporações (Soares & Paulillo, 2008).

Ademais, o surgimento de uma corrida tecnológica pelas gerações avançadas de conversão da biomassa torna o cenário ainda mais complexo, pois o setor passa a contar com empresas de diferentes ramos de atividades e bases tecnológicas ainda mais diversas (Nyko *et al*, 2010).

Serão dois pontos centrais explorados na seção a seguir: a *consolidação* das empresas no setor, com o aumento do tamanho médio dos grupos produtores, havendo simultaneamente uma *internacionalização* do capital na atividade; e a mudança do perfil das empresas, que passam de empresas de cunho familiar, dedicadas ao ramo de atividade sucroalcooleiro, para empresas de diversos ramos de atividade, como energético, químico, alimentar. Além disso, nessa mudança pode-se observar uma diversificação da base tecnológica do setor, que passa a incluir diferentes empresas que buscam explorar nichos de mercados alternativos aos tradicionais.

Assim, a *concentração e mudança do perfil* das empresas do setor se constituem como um importante motor de inovação, pois são capazes de modificar a dinâmica concorrencial e tecnológica da atividade, ativando uma série de FSIs relacionadas a geração de conhecimento, mobilização de recursos, criação de legitimidade e outras.

3.1.1. Mudança do perfil das empresas no setor sucroalcooleiro

O setor sucroalcooleiro nacional é marcado pelo forte protecionismo governamental desde seus primórdios, sendo o período do Proálcool, nos anos de 1970 e 80, um marco desse processo. Desde a década de 1930 o governo, através do IAA (Instituto do Açúcar e Alcool), planejava o plantio e produção canvieira através dos Planos Anuais de Safra. Também era exercida a política de compra governamental, com estabelecimento de preços mínimos para os produtos. É através dessas e de outras políticas setoriais que o governo brasileiro consegue viabilizar o etanol combustível para ampla utilização no país (Dunham, 2009).

Todavia, ao final da década de 1980 e ao longo da seguinte, o setor, impulsionado por uma mudança institucional generalizada no governo à época, principalmente no governo Collor,

passa por uma forte onda de desregulamentação e introdução da competição em todos os elos da cadeia (Watanabe, 2001; Mello & Paulillo, 2000; Pasin & Neves, 2002). Entre as ações efetivas tomadas pelas instituições estão a eliminação do sistema de cotas para o açúcar, a quebra do monopólio governamental de exportação da *commodity*, a extinção dos estoques estratégicos de etanol e a mudança no esquema de comercialização do biocombustível (Oliveira, 2007).

O IAA, até então um dos principais agentes dentro do SPIS, é extinto, com suas atribuições⁷ sendo transferidas para a Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR). Finalmente o processo de desregulamentação do setor se concretiza ao final da década de 1990, com a liberalização dos preços do açúcar (1990), do álcool anidro (1997), da cana de açúcar (1998) e do álcool hidratado (1999) (Siqueira e Junior, 2011).

O período em que ocorre a desregulamentação atinge o setor sucroalcooleiro em um momento delicado, causando expressiva queda nos preços, deixando-os, ocasionalmente, abaixo dos custos de produção⁸. A diminuição acentuada nos preços, associada à liberalização, expõe financeiramente as usinas, que em muitos casos chegam à falência (Moraes e Silveira, 2003). Outro sintoma da posição financeira fragilizada do setor é seu elevado endividamento. As empresas sucroalcooleiras somavam uma dívida no montante de US\$ 5 bilhões junto ao Banco do Brasil no ano de 1996 (Oliveira, 2007).

Ainda na década de 1990 o setor inicia um movimento de recuperação, porém o contexto econômico continua desfavorável ao desenvolvimento da atividade no país, com a demanda de etanol permanecendo estagnada (Bittencourt, Fontes, & Campos, 2012)

Entretanto, o cenário de pouca atratividade começou a se alterar durante os anos 2000. Três fatores são chave nesse processo: i) a instabilidade internacional do preço do petróleo, que atingiu patamares históricos acima de US\$100 o barril, impactando em toda cadeia produtiva; ii) o aumento das demandas ambientais relacionadas à diminuição na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs), com protocolos de cooperação, como o de Kyoto, sendo firmados entre as nações; iii) a introdução e rápida difusão da tecnologia *flex-fuel* no Brasil a partir de 2003, que permite o automóvel funcionar com qualquer mistura entre etanol e gasolina (Veríssimo & Andrade, 2012).

⁷ Para maiores informações sobre as atribuições da instituição, consulte Dunham (2010).

⁸ É importante lembrar no período 1994 a 1998, durante a vigência da paridade cambial do Plano Real, a moeda se encontrava artificialmente valorizada, impondo grandes restrições ao mercado externo para o etanol brasileiro. (Bittencourt, 2012 RPA 12-4)

Ainda há de se destacar que o Brasil já possuía uma estrutura de distribuição e logística adaptada para o etanol plenamente desenvolvida no Proálcool, o que facilitou a introdução do “carro *flex*”. A difusão da tecnologia foi tão bem sucedida que já em 2006, três anos após seu lançamento, a taxa de veículos *flex* que é licenciada passa de 3,7% para 78,1% (Dunham, 2009).

Esses fatores, somados à alta eficiência industrial e agrícola do setor sucroalcooleiro brasileiro e ao favorável balanço energético do etanol da cana, que chega a produzir nove unidades de energia para cada uma consumida em sua conversão, fazem retornar a demanda e consequentemente o interesse econômico no setor (BNDES, CGEE, 2008). Como se pode observar pelas variáveis que afetam o mercado, mais importante do que o preço ou custo do etanol, são os componentes da *demanda* e o preço de seus *substitutos* que influenciam o momento favorável do produto (Veríssimo & Andrade, 2012)

Além do aumento da demanda interna por etanol, a exportação se mostra um fator crucial para o setor. Os volumes exportados aumentam significativamente no período 2000-2009. O etanol passa de 94 milhões de litros exportados em 2000/2001 para 4,7 bilhões em 2009, com perspectiva de aumento crescente da demanda externa. O açúcar tem elevação menos acentuada, mas ainda vultosa, passando de 6,95 milhões de toneladas exportadas em 2001 para 20,79 milhões de toneladas ao final do período (UNICADATA, 2012).

O aumento dos preços de exportação também é significativo nesses produtos, estimulando ainda mais o aumento da produção. O valor médio do m³ de etanol exportado passa de US\$ 199,45 em 2000/2001 para US\$ 473,09 em 2008/09. No mesmo período o preço médio da tonelada de açúcar exportado vai de US\$ 199,84 para US\$ 288,95 (Veríssimo & Andrade, 2012). O primeiro movimento das empresas observado nesse cenário é a consolidação no setor, que iria perdurar por toda década. Já nos anos 90 houve o aumento no número de fusões e aquisições (F&As) de usinas e empresas do ramo sucroalcooleiro. Entre os anos de 1997 e 2001, há 10 processos de F&A no setor canavieiro na região centro-sul (Pasin & Neves, 2002).

O movimento de consolidação das empresas do setor se intensifica ao longo da primeira década do século XX. Como identifica Bacarrin (2007), entre os anos de 2000 e 2007 foram identificados 80 processos de F&A no setor, uma média de 10 processos por ano. A empresa que registrou o maior número de aquisições nesse período é a Cosan, que passa de 6 (seis) usinas no ano 2000 para 17 em 2007 e 26 em 2012 (Cosan, 2008; ProCana, 2012).

Unidades Possuídas	1999/2000			2006/2007			2012/2013		
	Grupos	Usinas	Participação	Grupos	Usinas	Participação	Grupos	Usinas	Participação
1	152	152	67,3%	154	154	60,2%	36	36	13,8%
2	12	24	10,6%	17	34	13,3%	27	54	20,8%
3	8	24	10,6%	11	33	12,9%	12	36	13,8%
4	5	20	8,8%	2	8	3,1%	7	28	10,8%
5	-	-		2	10	3,9%	5	25	9,6%
6	1	6	2,7%	-	-		-	-	
7	-	-		-	-		1	7	2,7%
8	-	-		-	-		1	8	3,1%
9	-	-		-	-		2	18	6,9%
11	-	-		-	-		2	22	8,5%
17	-	-		1	17	6,6%	-	-	
26	-	-		-	-		1	26	10,0%
Total	178	226		187	256		94	260	

TABELA 3.1.1 – Distribuição dos grupos no setor sucroalcooleiro de acordo com a quantidade de agroindústrias possuídas – Brasil, Centro Sul, 1999 a 2013

Fonte: Elaboração própria a partir de Baccarin, 2007 e ProCana, 2012

Como a tabela 3.1.1 mostra, é forte a tendência à diminuição dos grupos econômicos que possuem apenas uma unidade produtiva, com esse número passando de 154 grupos em 2006/07 para 36 grupos em 2012/13. Da mesma maneira, pode-se observar que o maior grupo do setor possuía apenas 6 usinas no ano 2000. Esse número salta para 26 usinas no período 2012/13, com a Raízen (ex-Cosan) na liderança desse processo.

Além dos grupos se tornarem mais pujantes, também houve o aumento do tamanho médio das usinas, que buscaram, via rendimentos crescentes de escala, manter sua competitividade (Baccarin, 2000). Os agentes do setor, principalmente os grupos com uma gestão mais profissionalizada, buscaram algum tipo de diferenciação no mercado, aderindo a padrões de qualidade, certificações ambientais e outras. Buscaram, assim, manter sua fatia de mercado e rentabilidade. Inovações marginais no processo produtivo, como no esmagamento e fermentação, e a melhoria da logística de produção complementaram as políticas adotadas no período, mantendo o setor competitivo ao longo da década (Siqueira e Junior, 2011; Assumpção & Pedro, 2003).

Outra mudança visível é a alteração da “origem tecnológica” das empresas que passam a atuar no setor. Por um lado as empresas tradicionais do ramo são forçadas a buscar inovações na forma que se financiam e gerem seu negócio, buscando novas fontes de investimento, práticas corporativas mais eficientes e transparentes, de outro, o retorno da dinâmica do setor atrai empresas de diversos ramos de atividades, como das áreas energética, alimentícia, química e outras, com isso, diversificando tanto a estrutura do capital, como a base tecnológica do setor. A atração do capital estrangeiro vem naturalmente com esse processo.

O processo de mudança do perfil das empresas apresenta duas faces: a primeira é referente à alteração das empresas dentro do paradigma tradicional, que visa à produção de açúcar, etanol e um pequeno excedente de energia elétrica. A segunda face faz referência à entrada de novas empresas com base tecnológica diferenciada, trazendo inovações radicais e ampliando a gama de conhecimentos utilizada no setor. Também há a criação de produtos inovadores e mercados diferenciados dentro do novo paradigma.

A primeira face que se observa desse processo é a consolidação das empresas estabelecidas no setor. Com a retomada do interesse econômico na atividade, o driver de expansão das empresas aumenta, com as grandes assumindo o controle sobre as menores e menos eficientes. Ademais, são atraídas não apenas as empresas que já estavam envolvidas no negócio e desejavam ampliar sua operação, mas também empresas de maior porte, oriundas de outros ramos de atividades. Essas buscam diversificar sua atividade em áreas fora de seu núcleo de atuação e trazem consigo uma maior capacidade financeira e gerencial para o setor.

Em um cenário onde as políticas de fomento estatais são insuficientes, muitas usinas estabelecidas apresentam situação financeira delicada e o país tem elevadas taxas de juros, o financiamento através do mercado de capitais, Bovespa, se apresenta como outra alternativa viável para a realização dos investimentos nos grupos de maior porte. Entretanto, como nota Soares (2008), para o ingresso dessas empresas na bolsa é exigido o aumento da transparência da gestão nas mesmas.

O “novo mercado”, introduzido em 2000 pela Bovespa, é um dos três segmentos especiais para a listagem de empresas cujas práticas de governança são diferenciadas. As regras do novo mercado até mesmo superam as exigências de transparências normalmente exigidas das empresas de capital aberto na bolsa, consolidando o compromisso dessas empresas com seus acionistas e atraindo investimentos para as empresas do setor com capital aberto. A adesão ao mercado aberto visa reduzir problemas do tipo agente-principal, muito comum em estruturas gerenciais com importantes assimetrias de informação (Bovespa, 2007).

O movimento de internacionalização, assim como da consolidação, das empresas do setor já é identificado durante a década de 1990, com a entrada de alguns grupos produtores e comercializadores de açúcar europeus. Posteriormente, uma série de empresas, com origens americanas, asiáticas, buscam o mercado brasileiro. Elas são atraídas pelo, já citado, retorno da rentabilidade do setor. Em 2009 eram mais de 20 conglomerados estrangeiros que comandavam, ou tinham participação acionária nas empresas do setor. (UDOP, 2009).

Ainda segundo relatório da UDOP (União dos Produtores de Bioenergia), no início da década de 2000 a participação de empresas estrangeiras na cana moída não passava de 1%. Esse número passa para 12% na safra 2007/08 e é ainda maior se incluir-se nessa conta a participação das empresas internacionais no conselho de administração das empresas, chegando a 23% de toda cana moída no país (UDOP, 2009).

A Raízen evidencia essa face da mudança do perfil das empresas do setor. A empresa é fruto de uma *joint venture* entre dois gigantes do ramo energético: COSAN e SHELL. Num processo que se iniciou em fevereiro de 2010 e se completou em dezembro de 2012, com a aprovação do negócio pelo CADE (Conselho Administrativo de Defesa Econômica), é criada a maior processadora de cana – e seus derivados no mundo (Kawamura, 2010).

A segunda face da mudança no perfil das empresas também envolve a entrada de companhias de outros ramos de atividade no setor sucroalcooleiro, mas dessa vez tentando se inserir no novo paradigma tecnológico que se apresenta.

Esse momento da mudança no perfil das empresas é mais recente, e começa a se intensificar a partir da metade da primeira década do século XXI, quando em 2005 é estabelecido o *Renewable Fuel Standards* nos Estados Unidos. Com a determinação de metas para o desenvolvimento de biocombustíveis avançados na América do Norte, é lançada a corrida tecnológica para o desenvolvimento de novas tecnologias de conversão para biomassa.

Participam dessa “corrida” empresas dos mais diversos ramos e bases tecnológicas, com propostas inovadoras, que utilizam algas, bactérias, hidrólises e outros processos para a transformação da biomassa numa ampla gama de produtos, que vai muito além do tradicional biocombustível, o etanol.

Em busca de promover o *scale-up* industrial de suas tecnologias, muitas empresas participantes desse processo buscam o Brasil. Entre as vantagens observadas estão o acesso privilegiado à matéria prima de qualidade, a cana de açúcar, a larga experiência acumulada na conversão da biomassa no país, e o grande mercado consumidor (Nyko *et al*, 2009).

Como será detalhado no motor PAISS, BNDES e FINEP criam um programa de financiamento que é bem sucedido em atrair empresas, dos mais diversos ramos de atividade, para atuar no desenvolvimento tecnológico das gerações avançadas de bioprodutos no Brasil. São 25 grupos

dos mais diversos países, Brasil, EUA, Espanha, França, Dinamarca, Inglaterra e outros, que passam a desenvolver pesquisas para conversão da biomassa de maneiras inovadoras⁹.

Um dos principais ramos de desenvolvimento tecnológico presentes no setor é a utilização de material celulósico das plantas, bagaço e palha, para produção de bioetanol, conhecido como *etanol celulósico*. Essa tecnologia visa aumentar a produtividade em termos de *output* por área, bem como reduz a quantidade de resíduo no campo, tornando parte do subproduto em matéria prima no processo produtivo. Ainda em estágio experimental, essa tecnologia apresenta bom potencial de ganhos de produtividade, mas carece de maiores avanços em termos de redução de custos para ser transposta para o mercado (João, Porto, & Galina, 2012).

Outros produtos derivados da cana também são novidade nas novas tecnologias de conversão. Empresas como a *Amyris e Solazyme* utilizam microorganismos para o processamento de açúcares e conversão em diesel, bioóleos, lubrificantes, cosméticos, ampliando os mercados potenciais para o setor. As tecnologias ainda carecem de importantes reduções de custos, porém algumas plantas industriais já estão instaladas ou prestes a serem inauguradas no Brasil. A *Amyris* possui desde dezembro de 2012 uma planta funcionando, a *Solazyme* está próxima de inaugurar a sua, a *GranBio* está construindo sua planta de etanol celulósico em Alagoas e a *Raízen* está iniciando as atividades para instalação de uma usina de etanol celulósico anexo à uma de primeira geração em Piracicaba.

Apesar do estágio inicial de desenvolvimento de tais tecnologias, a integração dessas empresas dentro da matriz de agentes do setor amplia a base científica do SPIS, colocando a pesquisa básica como um fator preponderante para o sucesso dessas empresas dentro do ambiente competitivo.

São, portanto, dois os principais componentes da mudança das empresas no setor: i) a consolidação das empresas, que passam a aglutinar em grupos cada vez maiores, com empresas oriundas de outros ramos de atividade, que vem acompanhado de uma internacionalização do capital do setor; e ii) a mudança no perfil das empresas no tangente à sua base tecnológica e os mercados alvos. Esse segundo movimento é reforçado pela corrida tecnológica pelos biocombustíveis avançados, que atrai para o setor empresas com um perfil mais científico, explorando rotas ainda pouco desenvolvidas na conversão da biomassa, expandindo a gama final de produtos do setor e os mercados potenciais a serem explorados.

⁹ Mais informações sobre o PAISS serão apresentadas no próximo motor de inovação identificado: Motor PAISS.

3.1.2. Análise da mudança do perfil das empresas

A desregulamentação e posterior retomada do interesse econômico sobre o setor sucroalcooleiro é capaz de modificar significativamente a estrutura e o perfil das empresas participantes, atraindo capital, conhecimento e demandando uma maior intensidade tecnológica dos grupos envolvidos no negócio, o que pode mudar a dinâmica da concorrência no setor. A internacionalização do capital também é parte do processo, que ocorre naturalmente com a integração às cadeias produtivas globais.

Primeiramente, a formação de grupos econômicos mais pujantes, decorrente da concentração, tende a aumentar a capacidade financeira das empresas envolvidas no negócio, reduzindo os impactos das alterações cíclicas nos preços, comum em mercados de *commodities*, favorecendo o investimento de longo prazo, característico da inovação¹⁰. Além disso, nas firmas entrantes oriundas de outros ramos, como é o caso da BP, Shell, Odebrecht, a divisão sucroalcooleira passa a ser apenas “mais uma” dentro da estrutura corporativa e muitas vezes fora do *core business* original da empresa, que utiliza da estratégia de aquisição de ativos para acelerar o processo de expansão da firma.

Como as empresas passam a integrar uma estrutura corporativa mais ampla, maus resultados em anos isolados não devem ser capazes de comprometer a continuidade dos negócios, pois há um suporte mais robusto para essas firmas através das outras divisões das empresas, que podem aportar capital em situações adversas.

Também são agregados ativos complementares importantes, como redes de fornecedores, clientes, laboratórios de pesquisa e outros, reforçando as capacitações internas das firmas presentes no SPIS e também do setor como um todo. Assim, o a indústria sucroalcooleira se vê apoiada sobre atores com maior capacidade gerencial, financeira e maior penetração no mercado, o que tende a aumentar a eficiência dos agentes envolvidos.

Arcaicos modelos de gestão familiar, onde quase nenhuma informação sobre a saúde financeira da empresa era aberta, são substituídos por um paradigma gerencial profissionalizado, com abertura de balanços, estabelecimento de conselhos administrativos independentes, e técnicas de gestão modernas, o que dá maior credibilidade e legitimidade do setor perante a sociedade e os investidores (Soares, 2008).

Os pequenos grupos são, em larga medida, incorporados por grandes corporações e tendem a desaparecer no longo prazo, com a prevalência de grupos mais fortes. Dessa maneira, a

¹⁰ Para maiores informações sobre como a volatilidade de preços impacta na dinâmica de investimentos no setor, consulte Barros (1996).

dinâmica da competição no setor passa ser outra, pois a busca por novas áreas de plantio, novas tecnologias que aumentem sua competitividade – internacional inclusive – não só faz com que os agentes se tornem muito mais agressivos em suas estratégias competitivas, mas também tenham muito mais poder de negociação e capacidade financeira para enfrentar seus concorrentes no mercado (Neves & Batalha, 2000). Esse fato fica evidente pelo declínio de grupos que possuem apenas uma unidade industrial ao longo dos anos 2000.

Em suma, pode-se dizer que com a integração de empresas com esse novo perfil à estrutura concorrencial, há uma expansão da base de recursos das firmas presentes no setor, o que amplia as fontes inovativas das firmas, e permite uma maior variedade de estratégias para a sobrevivência no mercado.

Um setor predominantemente nacional, altamente endividado, com gestão familiar fechada não é capaz de atrair tantos investimentos quanto um setor com gestão profissionalizada, empresas de largo poder tecnológico e financeiro, dispostas a investir em novos negócios, ampliando o escopo e escala de atuação.

A internacionalização também tem impacto sobre as políticas de inovação das empresas. Como Ruiz & Bhawan (2010) identificam, existem evidências de que empresas multinacionais têm maior tendência a promover inovações que empresas nacionais brasileiras. Essa tendência é reforçada em setores com baixa intensidade tecnológica, como é o caso da indústria tradicional sucroalcooleira, que tem processo de produção relativamente simples e amplamente conhecido em sua primeira geração¹¹.

Assim, mesmo nas empresas que tem como mercado alvo apenas a primeira geração dos biocombustíveis, há uma alteração significativa na estratégia competitiva, que passa de uma estratégia de posicionamento no mercado, para um paradigma que demanda uma maior intensidade de inovação, seja nos produtos, processos, organizacionais ou nos modelos de negócios. Assim, não basta mais apenas garantir o fornecimento de matéria prima e compradores para seus produtos, é preciso reforçar as capacitações internas da firma e criar novos modelos de negócios.

O componente de diversificação da base de conhecimentos é aprofundado quando ocorre a entrada da nova leva de firmas, estimuladas pelo PAISS e com foco nas tecnologias avançadas para conversão da biomassa, incluindo um forte componente de pesquisa e ciência básica no

¹¹ Importante relativizar os efeitos da internacionalização do capital diante da perspectiva de transição do sistema de inovações sucroalcooleiro presente nesse trabalho.

desenvolvimento do setor, que passa a ter na cumulatividade um dos fatores chave para o sucesso inovativo.

As novas bases tecnológicas sob as quais o setor repousa permitem muitas possibilidades de desenvolvimento de trajetórias, ampliando o escopo de produtos oferecidos pelo setor, que antes se limitava a açúcar e etanol. No novo paradigma as capacitações internas à firma, referentes a seus recursos humanos, gerenciais e rotinas, passam a ser centrais, mais importantes do que os recursos externos. A dimensão ativa da concorrência, onde as empresas buscam criar a diferenciação, explorando novos mercados, passa a ter um papel muito mais importante, pois esse é um paradigma ainda em construção.

Assim, as estratégias competitivas das firmas são ampliadas em sua diversidade, com o modelo tradicional passando a conviver com novas maneiras de inserção no mercado. Um exemplo é o caso da Odebrecht Agroindustrial (ex-ETH), subsidiária do grupo Odebrecht, que busca se instalar na fronteira agrícola, com uma estratégia onde realiza apenas a produção de etanol e a co-geração de energia para venda ao Sistema Integrado Nacional (SIN), com 100% de mecanização, buscando máxima eficiência e relegando o açúcar a um papel secundário dentro da estrutura produtiva. A empresa também tem planos de produção do etanol celulósico, integrando a produção de bioprodutos da primeira e segunda geração (INEE, 2003).

Também se pode observar a estratégia de exploração de nichos de mercado, como faz a *Amyris*, que produz diesel a partir da cana de açúcar, se utilizando de microrganismos geneticamente modificados, e busca se inserir como um produto *drop-in*, que substitui o diesel tradicional sem nenhuma alteração nos motores.

3.1.3. Impactos do motor no SPIS – Funções de Inovação

A mudança no perfil das empresas do setor, com a concentração das usinas, entrada de firmas oriundas de outros ramos de atividade, internacionalização do capital do setor e diversificação da base tecnológica, reordena a maneira como as empresas se organizam e se relacionam, entre si e com o mercado. Dessa maneira esse motor é capaz de ativar quatro funções dentro do SPIS, em diferentes graus de efetividade: FSIs 1, 2, 5, 6 e 7.

São duas as fontes de mudança nesse motor de inovação. A primeira é a consolidação das empresas do setor, que envolvem os movimentos de concentração, atração novos agentes de outros ramos e a internacionalização. A segunda fonte é a corrida tecnológica que busca desenvolver novos processos para a conversão da biomassa, ampliando também a gama de produtos originados pela cana.

Primeiramente, estimulado pelo retorno da atratividade econômica do setor, pode-se observar uma consolidação das empresas, com a entrada de atores de maior relevância no cenário nacional e internacional. Esse movimento, associado à introdução de práticas de governança corporativa nas empresas, dá *legitimidade ao setor* e reduz as incertezas dos agentes em relação a ele. Portanto, pode-se notar a ativação da *FSI 7 - Criação de legitimidade/diminuição da resistência à mudança*, pois com o “carimbo” de grandes empresas dos ramos energético, alimentício, petroquímico e outros, é criado um melhor ambiente competitivo para as firmas, estabelecendo um horizonte mais promissor.

Ademais, a entrada de grandes atores internacionais aumenta o mercado potencial desses produtos, pois essas empresas possuem cadeias globais, com uma forte demanda potencial. A mudança na transparência administrativa também ajuda a dissipar desconfianças sobre as boas práticas dentro das usinas e grupos controladores. Processos de certificação da produção, exigidos pelas boas práticas, contribuem para o melhor relacionamento do setor com o mercado.

Ainda em relação às grandes empresas que passam a entrar no setor e sua internacionalização, deve-se ressaltar a maior capacidade que esses grupos têm de financiar a inovação, como identificado por Ruiz & Bhawan (2009). Portanto, tem-se a ativação da *FSI 6 - Mobilização de recursos para inovação*. Duas dimensões estão relacionadas a essa FSI. A primeira é a maior capacidade financeira dessas empresas, que não dependem de ciclos favoráveis do mercado para terem volumes disponíveis para o investimento em inovações. Sua estrutura ampla é capaz de prover uma estabilidade financeira para o empreendimento, favorecendo investimentos de mais longa maturação.

A segunda dimensão dessa FSI é a tendência a maior capacidade das empresas captarem recursos no mercado de capitais devido a sua maior transparência e profissionalismo na gestão. O negócio familiar tende a não se expandir muito, devido a dificuldades de investimento e mesmo à mentalidade dos gestores, que preferem manter a gestão das firmas a portas fechadas. Dessa maneira, verifica-se a ativação da segunda FSI desse motor, a mobilização de recursos para inovação.

Com a mobilização de recursos e novas estratégias competitivas das firmas atuantes no SPIS, a *FSI 1 – geração de atividades empreendedoras* é ativada. O modelo tradicional baseado no açúcar e etanol continua como paradigma para boa parte da indústria, mas não é suficiente por si. É preciso um avanço em relação estratégia de posicionamento do mercado para uma busca mais ativa de espaços econômicos a serem explorados, dando à concorrência no setor

um viés mais dinâmico, que passa a contar com a inovação como fator chave nos processos e modelo de negócios.

A segunda fonte de inovação desse motor é a corrida tecnológica lançada pelo RFS nos EUA no ano de 2005. Esse movimento busca no Brasil uma fonte de matéria prima abundante para viabilização comercial das tecnologias desenvolvidas nos laboratórios.

Assim, a *FSI 2, desenvolvimento de conhecimento*, é ativada pela recente entrada de empresas com foco nas gerações avançadas de biocombustíveis e bioprodutos. Essas novas firmas trabalham com apenas um fator em comum: a utilização da cana como plataforma de conversão. E a partir daí produzem uma ampla gama de produtos, que vão desde o tradicional etanol, só que produzido a partir de material celulósico, até bioóleos, diesel e químicos originados na cana.

Para o desenvolvimento dessas tecnologias, o componente da ciência básica e do P&D se tornam chave, pois ainda são áreas incipientes e com grande potencial de exploração econômica e tecnológica. Nesse mercado, mesmo quando se produz uma *commodity*, como o etanol celulósico, a empresa é capaz de cobrar um *markup* sobre seu produto, seja por exigências ambientais ou mesmo pela capacidade de diferenciação pela utilização de matéria prima renovável.

É importante notar que o desenvolvimento desses novos produtos e de novos nichos associadas a eles, tem forte sinergia com a *FSI 5 – Criação de mercados*, que é ativada justamente pela oportunidade de exploração dos novos espaços econômicos, em uma estratégia competitiva ativa de geração de oportunidades mercadológicas e exploração das mesmas através do reforço das capacitações internas à firma.

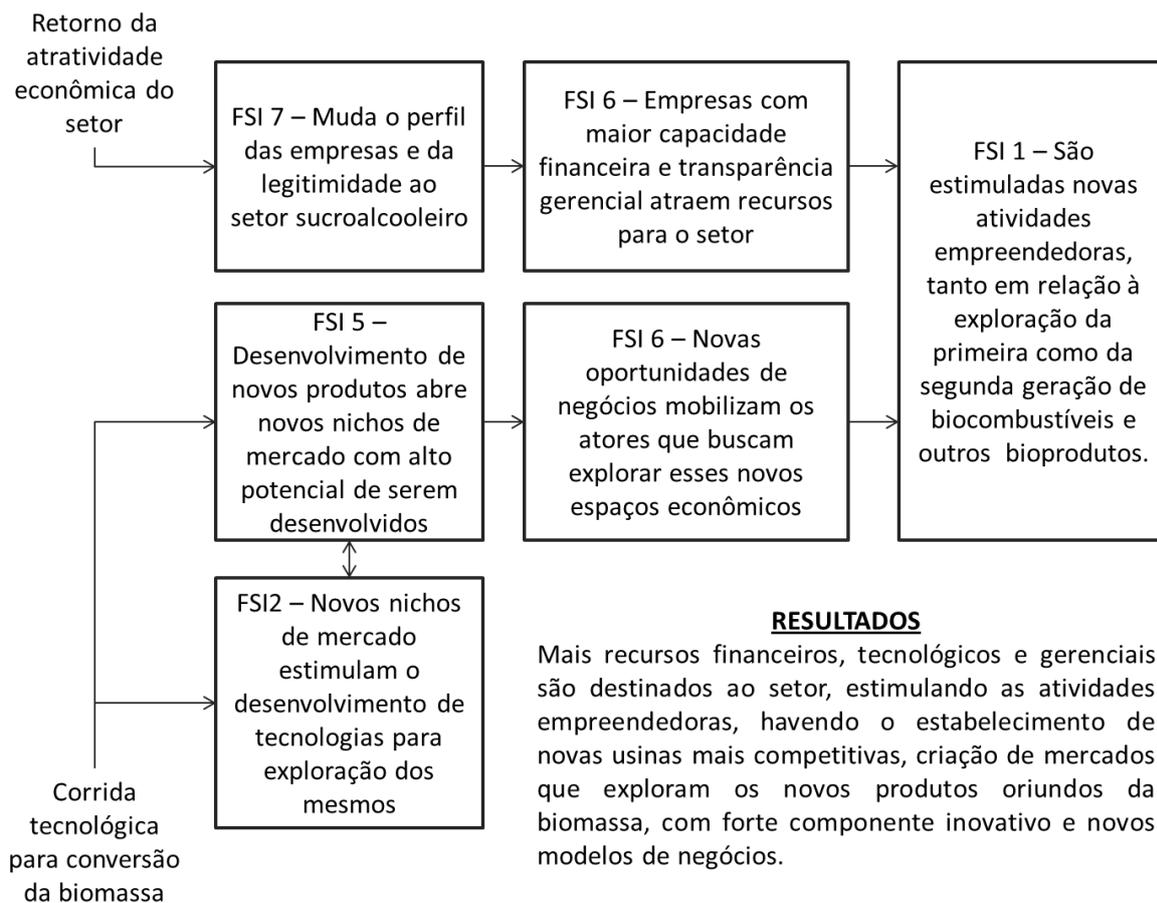


FIGURA 3.2.1 – Motor de inovação das empresas

Fonte: Elaboração própria

A dinâmica do motor se desenvolve a partir da crise estabelecida no setor pela desregulamentação ocorrida na década de 1990 e posterior recuperação da atratividade econômica pelo fortalecimento do mercado de etanol combustível nos anos 2000, que forçou a consolidação dos grupos econômicos e atraiu diversas empresas para atuarem nessa indústria.

A mudança no perfil dos grupos atuantes no SPIS da legitimidade a ele, havendo a adequação das práticas empresarias, maior transparência na parte financeira e conseqüentemente atraindo agentes mais importantes, ativando a FSI 7. Com a maior legitimidade das empresas junto ao agente de mercado, ocorre a maior mobilização de recursos dispostos a investir na atividade, o que ativa a FSI 6.

A corrida tecnológica dos biocombustíveis, iniciada em 2005 pelo RFS, e a conseqüente chegada das empresas no Brasil, é o gatilho para ativação de duas importantes funções relacionadas à geração de conhecimentos (FSI 2) e à criação de mercados (FSI 5). Importante notar que essas duas funções tem forte sinergia entre si, pois novos produtos desenvolvidos

criam mercados e novos mercados geram estímulos à geração de novos produtos, num ciclo virtuoso dentro do SPIS, que acaba por mobilizar recursos em vias de ocupar o espaço econômico gerado pelo processo inovativo.

Como resultado final da dinâmica do motor, são estimuladas as atividades empreendedoras, FSI 1, que buscam transpor novos produtos e modelos de negócios para o mercado. Já é possível observar o florescer de negócios no novo ambiente competitivo do setor, tanto na primeira como na segunda geração de produtos.

Envolvendo as tecnologias tradicionais, os agentes já mostram a maior capacidade de expansão da firma, com a redução do número de grupos e concentração do mercado. Também se observa novos modelos de exploração comercial da cultura, com inovações logísticas para se adaptar ao centro-oeste, como a priorização da produção de etanol e eletricidade, num conceito de cana-energia.

Nas tecnologias avançadas, os resultados podem ser notados pela utilização de biocombustíveis avançados, ainda que em fase de testes, em algumas localidades, como Rio de Janeiro e São Paulo, e pela elaboração de projetos e inauguração de plantas industriais da *Amyris*, *Solazyme* e *GranBio*. O caso do polietileno verde da Braskem é outro exemplo de uso comercial para a cana fora do seu escopo tradicional.

Do ponto de vista interno a firma, pode-se notar que o motor aumenta as capacitações internas à empresa para inovar, ou seja, agrega mais competências e estimula o desenvolvimento dos recursos dos agentes, aumentando o potencial inovativo dos mesmos. Da ótica sistêmica, se pode observar um setor mais competitivo, com maior potencial de exploração de espaços econômicos lucrativos.

3.2. Motor PAISS

A mudança do perfil das empresas vem acompanhada da mudança da dinâmica tecnológica do setor, que passa a integrar novos produtos e processos à sua matriz tecno-econômica. Na esteira desse processo, os agentes financiadores identificam a oportunidade de fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias para conversão da biomassa dentro do país.

O PAISS - Plano Conjunto BNDES-FINEP de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – é um plano inovador de financiamento à inovação no setor. Ele foi lançado em 2011 pelo BNDES e FINEP com o objetivo de estimular a tomada de crédito por parte dos agentes. Alterando o modelo de cessão de créditos e estabelecendo regras mais claras para o financiamento e pesquisa, as instituições promovem uma corrida por linhas de financiamento relacionadas à inovação na cadeia produtiva da cana-de-açúcar.

O plano seleciona a matéria prima “vencedora”, a cana, orientando o mercado a concentrar seus esforços inovativos em novas rotas de conversão para a biomassa escolhida. Três linhas de pesquisa são incentivadas no programa: 1) Etanol celulósico; 2) Novos produtos da cana; 3) Gaseificação da biomassa. O PAISS ativa uma série de funções do sistema de inovação, ampliando crédito, orientando a pesquisa e estimulando o desenvolvimento de conhecimento nas gerações avançadas de bioprodutos.

3.2.1. Contexto histórico e estrutura do PAISS

Para entender o momento em que se encontra o setor sucroalcooleiro brasileiro, principalmente no tocante às inovações, é preciso voltar um pouco no tempo e espaço, mais especificamente para 2005 nos EUA. Foi nesse ano que o governo americano, através do DOE (*Department of Energy*), lançou o RFS (*Renewable Fuel Standards*) e deu a largada a uma nova corrida tecnológica: os biocombustíveis avançados (Nyko et al, 2010)

Devido ao esgotamento do modelo de etanol de primeira geração e problemas como a competição com alimentos – lembre-se que nos Estados Unidos o etanol é produzido a partir do milho – o país decide “congelar” o volume produzido de etanol convencional. A partir da implementação do RFS, todo incremento na produção deveria se dar através das gerações avançadas de biocombustíveis¹².

O desenrolar do programa trouxe o desenvolvimento de uma variada gama de tecnologias de conversão de biomassa, indo muito além da produção de etanol a partir de fontes celulósicas,

¹² Segundo critério adotado pelo DOE/USA, se classificam como biocombustíveis avançados aqueles que promovem uma redução na emissão de GEE de ao menos 50% em relação aos combustíveis fósseis (Takaes, 2012).

como inicialmente era previsto. Entre os produtos desenvolvidos estão bioplásticos, bio-óleos, químicos e outros combustíveis derivados da biomassa. Novas rotas tecnológicas, muitas vezes biotecnológicas, envolvendo algas, bactérias e outros microorganismos, permitiram produzir uma maior diversidade de produtos através de tecnologias ainda pouco conhecidas (BNDES, CGEE, 2008; Takaes, 2013, Infopetro, 2013).

Todavia, apesar do relativo sucesso do RFS no estabelecimento de metas para o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas, as inovações se restringiram, em grande parte, ao ambiente laboratorial ou escala experimental, com menor sucesso na parte industrial da cadeia, apesar dos esforços realizados pelo NREL, empresas e outros institutos.

Concomitantemente, o Brasil apresenta um setor canavieiro estabelecido, com altas taxas de crescimento e grande exposição internacional, justamente no momento de retomada do interesse econômico sobre a atividade. Assim, muitas empresas que haviam desenvolvido tecnologias para conversão de biomassa veem no mercado brasileiro a oportunidade para promover o *scale-up* industrial, aproveitando-se de matéria prima abundante e de alta qualidade¹³ (Nyko et al, 2010).

Porém, apesar do sucesso brasileiro na primeira geração, o país ainda não havia estabelecido uma política clara para o desenvolvimento das gerações avançadas de biocombustíveis. Ao final da primeira década do século XXI o diagnóstico do sistema de inovação sucroalcooleiro nacional era claro: o Brasil tinha volumes muito baixos aplicados em inovação no setor, a coordenação entre os agentes se limitou às tecnologias de primeira geração e havia pouco foco na pesquisa e desenvolvimento de produtos avançados da cana-de-açúcar. As tendências da corrida tecnológica da biomassa – diversificação da matéria prima e de produtos e novas tecnologias de conversão – tinham pouca relevância no país (DEBIO, 2012).

Visando atender e reforçar a demanda cada vez mais premente por inovação nesse setor e impulsionada pelo desenvolvimento tecnológico proporcionado pelo RFS, uma mudança se fazia necessária. Os formuladores de política teriam que assumir um papel mais ativo na promoção setor.

Quatro pontos guiaram a mudança de estratégia dos agentes públicos no setor: a) Estabilizar e aumentar a disponibilidade de crédito para inovação; b) foco em biocombustíveis avançados;

¹³ É importante notar que a partir do biênio 2008/2009 as empresas do setor são afetadas pela crise financeira internacional. Esse cenário favorece uma consolidação das empresas do setor, que vive um momento de muitas fusões e aquisições em detrimento ao desenvolvimento *greenfield*. (Goldemberg, 2009)

c) aumentar a coordenação entre agências de fomento federais; d) criar um novo modelo de coordenação para promoção da inovação (DEBIO, 2012).

Assim, por iniciativa do DEBIO/BNDES¹⁴, é criado em 17 de março de 2011, o **PAISS** (Plano Conjunto BNDES-FINEP de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico). O programa conjunto BNDES e FINEP de financiamento a inovações no setor sucroalcooleiro visa melhorar a coordenação entre os projetos e instrumentos financeiros utilizados pelas instituições:

“OBJETIVO: O PAISS é uma iniciativa conjunta do BNDES e da FINEP de seleção de planos de negócios e fomento a projetos que contemplem o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias industriais destinadas ao processamento da biomassa oriunda da cana-de-açúcar, com a finalidade de organizar a entrada de pedidos de apoio financeiro no âmbito das duas instituições e permitir uma maior coordenação das ações de fomento e melhor integração dos instrumentos de apoio financeiro disponíveis.”
(SITE BNDES)

O programa (PAISS) se estrutura em três linhas temáticas de pesquisa nas gerações avançadas de biocombustíveis e bioprodutos. As linhas foram escolhidas pela importância estratégica, capacidade de superação de lacunas tecnológicas atuais e pelas oportunidades que poderão ser geradas a partir do desenvolvimento dessas rotas tecnológicas, são elas:

- Linha 1) **Bioetanol de segunda geração:** Tecnologias para colheita da cana, coleta e transporte de resíduos celulósicos, pré-tratamento de biomassa, desenvolvimento de processos enzimáticos para quebra da celulose, outros microorganismos para processamento ou fermentação da biomassa, e escalonamento industrial dos processos.
- Linha 2) **Novos produtos de cana-de-açúcar:** Desenvolvimento de novos produtos obtidos da cana-de-açúcar utilizando biotecnologia e escalonamento de processos para conversão da biomassa.
- Linha 3) **Gaseificação:** Pré-tratamentos, otimização de processos, desenvolvimento de equipamentos, purificação de gases e catalisadores, todos relacionados à gaseificação da biomassa.

¹⁴ DEBIO é a divisão de biocombustíveis do BNDES. Criado em 2007 o departamento tem o objetivo de formular estratégias de financiamento para o setor.

O processo de seleção de empresas e elaboração dos Planos de Suporte Conjunto (PSC) se dividiu em cinco etapas. Na *primeira etapa*, após o lançamento do edital¹⁵, foi feito o inventário das empresas interessadas no financiamento através das “cartas de manifestação de interesse”. As empresas teriam 90 dias para manifestar seu interesse e deveriam atender exigências técnicas e burocráticas visando serem elegíveis aos créditos.

A seleção das empresas elegíveis foi a *segunda etapa* do processo. BNDES e FINEP aprovaram propostas de 39 empresas nas três linhas temáticas propostas, num total de 83 projetos¹⁶. A situação atual do mercado canavieiro, que produz enormes quantidades de bagaço, favoreceu a procura pelo financiamento na relacionado ao etanol celulósico, com um total de 47 projetos de 21 empresas.

A segunda linha temática, relacionada a novos produtos derivados da biomassa, recebeu propostas de 25 empresas, reforçando a hipótese da tendência à diversificação de produtos no setor. A terceira linha de pesquisa, relacionada à gaseificação de biomassa, recebeu 11 planos de 4 empresas diferentes¹⁷.

Com as empresas selecionadas, o *terceiro passo* consistiu na apresentação dos planos de negócios, onde as empresas deveriam detalhar o projeto, incluindo minúcias técnicas, especificação das tecnologias, volumes de investimento, estratégias de desenvolvimento e comercialização, bem como assegurar acesso a matéria prima, cana-de-açúcar. As empresas selecionadas deveriam entregar os planos de negócios até o mês de outubro (linhas 2 e 3) e novembro (linha1).

Na *quarta etapa*, 25 empresas tiveram seus planos de negócios aprovados, num total de 31 planos nas três linhas temáticas. Como discriminado na tabela 3.2.1, a Linha 1, relacionada ao etanol celulósico teve 13 planos aprovados. A segunda linha, relacionada a novos produtos da cana, se afirma no PAISS com 17 planos de negócios selecionados. Na terceira linha, gaseificação, apenas a Petrobras tem um plano aprovado.

A *quinta etapa*, teve início no dia 16 de dezembro de 2011, e consistiu na estruturação do plano conjunto entre o BNDES e FINEP com as empresas listadas na tabela 3.2.1. As empresas selecionadas contarão com diversos mecanismos de apoio disponíveis no BNDES e FINEP, que

¹⁵ Anexo de acordo de cooperação: www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/paiss.doc

¹⁶ Na primeira fase ainda houve uma subdivisão das linhas temáticas em sublinhas, na tentativa de captar com maior precisão quais os gargalos produtivos e como os projetos poderiam se complementar. Mais informações sobre o processo de seleção disponíveis em: bndes.gov.br/paiss

¹⁷ Para a listagem completa das empresas e projetos enviados, acesse: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/paiss_empresas_selecionadas.pdf

serão escolhidos de acordo com sua adequação ao plano de negócios. Além das linhas de crédito tradicionais para inovação¹⁸, os projetos selecionados poderão receber financiamento por participação acionária no BNDES.

Razão Social	Linha I	Linha II	Linha III
Abengoa Bioenergia Agroindustrial Ltda.	X		
AGACÊ SUCROQUÍMICA Ltda.		X	
Amyris Pesquisa e Densenv. de Biocombustíveis		X	
Barauna Comércio e Indústria Ltda.		X	
BioFlex Agroindustrial Ltda.	X		
BIOMM S/A	X		
Bunge Açúcar e Bioenergia Ltda.		X	
Butamax Biocombustíveis Avançados		X	
CTC - Centro de Tecnologia Canavieira S.A.	X	X	
Dow Brasil S/A	X	X	
DSM South América Ltda.	X	X	
DU PONT DO BRASIL S/A		X	
Eli Lilly do Brasil Ltda.	X		
ETH Bioenergia S.A.	X	X	
Ideom Tecnologia Ltda.		X	
Kemira Chemicals Brasil Ltda.		X	
LS9 Brasil Biotecnologia Ltda.		X	
Mascoma Brasil	X		
METHANUM ENGENHARIA AMBIENTAL Ltda.		X	
Metso Paper South America Ltda.	X		
Novozymes Latin America Ltda.	X		
PETRÓLEO BRASILEIRO S/A	X		X
PHB Industrial S/A		X	
Solazyme Brasil Oleos Renováveis e Bioprodutos Ltda.		X	
VTT Brasil - Pesquisa e Desenvolvimento Ltda.	X	X	

TABELA 3.2.1: Lista de empresas com Planos de Negócios Selecionados

Fonte: BNDES, FINEP, 2012

Ademais, as empresas terão acesso aos fundos setorial **FUNTEC** (Fundo Tecnológico) do BNDES e **FNDTC** (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) da FINEP, ambos em cooperação com ICTs (Institutos de Ciência e Tecnologia). A **subvenção econômica**¹⁹ também estará disponível para projetos com financiamento de valores entre um e dez milhões de reais.

A tabela 3.2.2 mostra a estimativa de créditos a serem liberados para o PAISS ao longo dos quatro anos de programa. A expectativa inicial de liberação de R\$1 bilhão em financiamentos foi superada, puxada pelo aumento do volume de crédito cedido pelas instituições. O volume de crédito, inicialmente estimado em R\$500 milhões, ultrapassa os R\$2,5 bilhões ao final do processo de seleção. Ademais, a modalidade “participação acionária”, cedida pelo BNDES, também tem sua expectativa inicial superada, passando de R\$100 milhões para R\$331

¹⁸ Estavam disponíveis as linhas de crédito: BNDES: Capital Inovador - Apoio ao Plano de Investimento em Inovação (PII); Inovação Produção; Inovação Tecnológica. Pela FINEP: Inova Brasil.

¹⁹ Apoio não-reembolsável concedido a empresas, com base na Lei nº 10.973/2004, regulamentada pelo Decreto nº 5.563/2005.

milhões. As demais modalidades, puxadas pela subvenção econômica, têm uma *performance* abaixo da esperada pelas instituições.

Instrumento	Estimativa (Edital)	Consolidado - PSCs				
		2012	2013	2014	2015	Total
FINEP	500.000	195.121	327.734	405.016	450.555	1.378.427
Crédito	200.000	129.072	270.184	359.409	425.377	1.184.042
Subvenção	200.000	47.438	47.027	38.176	22.639	155.279
FNDCT	100.000	18.611	10.524	7.432	2.539	39.106
BNDES	500.000	436.024	650.102	513.168	144.202	1.743.496
Crédito	300.000	404.331	487.432	357.936	124.602	1.374.301
Participação Acionária*	100.000	8.282	151.929	151.572	19.600	331.383
FUNTEC	100.000	23.411	10.741	3.660	0	37.812
Total	1.000.000	631.145	977.836	918.184	594.757	3.121.923

TABELA 3.2.2: Estimativa de Financiamento PAISS (em mil R\$)

Fonte: Apresentação PAISS – DEBIO, 2012

É importante notar que esses são resultados preliminares da seleção de negócios e os valores aqui apresentados são estimativas do montante a ser liberado. Para que sejam efetivados os financiamentos é necessária a elaboração final dos contratos e firmação de parcerias exigidas nos PSCs. Entretanto, ao menos inicialmente, os resultados do plano são satisfatórios, com volume de crédito pré-aprovado, cerca de R\$3 bilhões, superando a expectativa inicial, num total de 31 planos de negócios de 25 empresas diferentes, das quais 21 são novos clientes para o BNDES.

3.2.2. Análise do PAISS

O PAISS traz uma modificação importante no cenário da inovação no setor sucroalcooleiro e sucroquímico no Brasil. A inovação desse programa em relação ao modelo anterior de financiamento não são os instrumentos de financiamento disponíveis, que continuam os mesmos, mas sim a maneira como eles são utilizados. No modelo anterior o crédito era cedido no modelo de “balcão”, ou seja, as empresas que desejassem financiamento para inovação deveriam pleiteá-lo diretamente no balcão de crédito do BNDES e FINEP. Isso permitia que os projetos chegassem esparsos nas instituições, dificultando a conexão e comparação entre eles, tornando a seleção menos eficiente, com menor sinergia entre os projetos selecionados.

Com o modelo de edital esse problema foi mitigado, pois dada a ampla divulgação e adesão por parte das empresas ao programa, outras empresas se sentiram pressionadas a empenhar projetos antes “engavetados”. Caso não o fizessem, correriam o risco de ficar para trás nessa corrida tecnológica, especialmente em relação à cana de açúcar.

A abertura da “janela de oportunidades” culminou na submissão de dezenas de planos de negócios pleiteando créditos para inovação no setor. Isso permitiu uma melhor comparação e escolha de projetos, pois possibilitou que fossem identificados gargalos sucessivos, projetos complementares e rotas tecnológicas mais promissoras.

BNDES e FINEP também estabeleceram regras para reduzir a incerteza dos planos de negócios. Os planos apresentados pelas empresas deveriam contemplar toda a cadeia produtiva da tecnologia desenvolvida, desde o desenvolvimento tecnológico, escalonamento industrial e comercialização do produto ou tecnologia.

Para tanto era incentivada a formação de parcerias comerciais entre fornecedores, produtores, centros de pesquisa e mesmo *joint ventures* entre empresas. Essas medidas tinham como objetivo evitar uma alavancagem extrema das empresas menores, reduzir o risco de falta de abastecimento de matéria prima (cana, bagaço, caldo) e permitir uma complementaridade entre as tecnologias desenvolvidas.

Ademais, a estruturação do plano em diferentes linhas temáticas facilitou a identificação dos gargalos produtivos e inovativos, bem como quais tecnologias poderiam ser promissoras na superação dos mesmos. Assim, o PAISS foi capaz de ativar uma série de FSIs, com impactos positivos sobre o setor.

No tocante às empresas selecionadas, a grande diversidade é a principal característica da amostra. Na seleção dos planos de negócios competiram empresas de diferentes tamanhos, ramos de atividade e bases tecnológicas. Uma primeira observação já permite identificar uma crescente importância da biotecnologia na agenda de pesquisa desse mercado. Empresas como *Amyris*, *LS9*, *Mascoma*, *DuPont*, *Solazyme* têm como estratégia o desenvolvimento de rotas biotecnológicas para a obtenção de biocombustíveis e bioprodutos a partir da celulose e de açúcar.

Importantes atores da indústria química também tiveram seus planos de negócio selecionados pelo PAISS. *Dow*, *DuPont*, *DSM*, *Braskem* e mesmo farmacêuticas com a *Eli Lilly* estão na lista. Assim como outras empresas de ramos diversos, como *Bunge* (alimentos), *Metso Paper* (papel e celulose) e *Abengoa* (engenharia), essas empresas estão buscando acumular conhecimentos e competência em processos de conversão de biomassa e ao mesmo tempo garantir acesso privilegiado à matéria prima, a cana-de-açúcar.

As grandes petroleiras também contam com diversos planos selecionados pelo PAISS. A Petrobras, que já possui usinas de etanol, conta com dois planos de negócios aprovados. A *Butamax* é uma associação entre BP e *DuPont* que visa produzir butanol a partir de cana e

também está selecionada. O grupo francês da Total também está ligado ao PAISS, pois tem parte do capital da *Amyris*.

Uma última ressalva em relação às empresas selecionadas pelo PAISS deve ser feita em relação ao CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, que recentemente modificou seu estatuto, deixando de ser um ICT (Instituto de Ciência e Tecnologia) se tornando uma S.A. (Empresa de Sociedade Anônima). Essa medida visa atrair mais recursos para a instituição, tornando-a mais competitiva e eficiente na sua gestão e na geração de inovações para o setor. O VTT, instituto finlandês de pesquisa avançada em diversos ramos, como biotecnologia, energia, eletrônica, química e outros, se instala no Brasil como uma empresa, assim tendo acesso aos créditos do PAISS.

Essa ampla variedade observada nos ramos de atividade e bases tecnológicas utilizadas também é notada quando analisamos o país de origem das empresas. Brasil e Estados Unidos são os países com mais representantes. Outros países, como Espanha, Dinamarca e Noruega também têm empresas com planos de negócios aprovados pelo PAISS. O resultado parece refletir o atual momento dos biocombustíveis, com Brasil e Estados Unidos na liderança do processo produtivo e inovativo.

Enfim, pode-se notar uma grande heterogeneidade na seleção de empresas e planos de negócios, com companhias dos mais diversos ramos de atividades e tamanhos, buscando soluções para os gargalos tecnológicos e ao mesmo tempo tentando moldar a indústria dos bioprodutos do futuro.

3.2.3. O PAISS e a dinâmica do financiamento da inovação

Com inovações na maneira de ceder o crédito, aumento do volume de recursos disponíveis, a coordenação entre agências de fomento e estabelecimento de linhas temáticas para inovação, o PAISS foi capaz de ativar diversas funções do sistema de inovação (FSIs) dentro do SPIS: FSIs 1, 4, 6 e 8.

A primeira FSI ativada que se identifica é a *FSI 4 (direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico)*, pois através da seleção de uma matéria prima “vencedora”, a cana-de-açúcar, e pela divisão em sublinhas temáticas, as instituições foram capazes de orientar quais as tecnologias que preferencialmente deveriam ser desenvolvidas.

É importante notar a diferença que esse tipo de escolha tem em relação a outro programa bem sucedido no setor, o Proálcool. Quando o Proálcool foi lançado o objetivo era estimular a produção de etanol combustível para a substituição de combustíveis líquidos fósseis, principalmente na frota leve de veículos (Dunham, Bomtempo, Fleck, 2010). Tal programa foi

estruturado pelo do produto que desejava produzir, etanol. Esse objetivo claro facilitou a busca de uma matéria prima e tecnologias de conversão mais eficientes para o processo, o que resultou em um sucesso inovativo e produtivo, com volumes de produção e produtividade rapidamente crescendo.

Em contrapartida, o modelo utilizado no PAISS escolhe como denominador comum a cana-de-açúcar, a “matéria prima vencedora”. O programa estabelece um produto alvo na primeira linha temática (etanol celulósico), abre para quaisquer outros produtos derivados da cana na segunda linha e foca em um processo de conversão na terceira linha (gaseificação). Nota-se que não há um objetivo comum no plano senão a utilização eficiente da cana, independente de qual seja o produto final ou processo utilizado.

Essa maior flexibilidade dada pelo programa pode ter efeitos contraditórios sobre o SPIS. O mercado que compreende as tecnologias avançadas de conversão da biomassa se encontra na fase fluída de desenvolvimento, onde não existem técnicas e processos dominantes. No caso da cana nem mesmo os produtos finais são plenamente conhecidos. Dessa forma, a maior abertura do programa pode favorecer o desenvolvimento de novas variedades dentro do SPIS, evitando um *lock-in* tecnológico precoce.

Entretanto, a flexibilidade do programa pode retardar o acúmulo de conhecimento em algumas trajetórias tecnológicas mais promissoras, como o etanol celulósico, pois se dilui o esforço de pesquisa entre os temas. O fato é que o eixo estruturante do programa se desloca do produto alvo (etanol) para a matéria prima alvo (cana-de-açúcar), sendo a FSI 4, direcionamento da pesquisa e desenvolvimento tecnológico, a função ativada por essa característica do programa.

Outra função ativada pelo PAISS é a FSI 6 (*mobilização de recursos para inovação*), pois como foi observado na seção anterior o programa aumenta em diversas vezes o volume de crédito disponível para inovação no setor. Com aproximadamente R\$3 bilhões em créditos pré aprovados, a serem liberados ao longo de 4 anos, o PAISS se estabelece como maior programa de incentivo à inovação no setor desde o Proálcool na década de 1980. Esse número supera em muito a expectativa inicial do programa, que era de R\$1 bilhão. E é ainda mais expressivo se comparado com o volume de financiamento anterior ao plano, onde o BNDES cedia apenas cerca de R\$100 milhões ao ano para inovação no setor.

Esse panorama modifica a expectativa dos agentes envolvidos no setor, especialmente as empresas, pois além de aumentar o volume financiado, aumenta o número de concorrentes interessados nas linhas de crédito, intensificando a competição pelos recursos públicos,

incentivando as empresas a empenharem seus projetos, pois essas linhas de crédito disponibilizam recursos sob diversas formas, incluindo subsidiados ou mesmo não reembolsáveis. Porém, apenas recursos governamentais para o incentivo a inovação, apesar de essenciais, podem não ser suficientes. Há a necessidade da complementação dos investimentos por parte do setor privado, que tem maior capacidade de mobilização de recursos.

A terceira função ativada pelo PAISS é a *FSI 8 (relacionamento com fornecedores)*. Cláusulas contratuais obrigaram as empresas que pleitearam créditos no programa a garantir acesso à matéria prima, no caso, à cana ou bagaço. Poder-se-ia garantir esse acesso através da firmação de parcerias com fornecedores independentes, através de *joint ventures* com usinas já estabelecidas ou mesmo pela posse de terras com a cultura da cana.

Esse aspecto do plano visou garantir que o desenvolvimento das tecnologias não fosse comprometido pela falta de matéria prima, um fator central para o sucesso inovativo de qualquer setor industrial. Devido a uma estrutura setorial com empresas familiares ainda dominando boa parte do setor, a firmação de contratos de longo prazo para o fornecimento de cana é de difícil elaboração (DEBIO, 2012).

O problema se agrava quando é preciso garantir acesso de longo prazo aos resíduos da produção, como o bagaço da cana, utilizado na produção do etanol celulósico. Isso ocorre pela própria incerteza inerente ao setor agrícola e é agravado pela estrutura corporativa do setor. Ademais, o processo de valoração dos resíduos é altamente complexo, com fatores como preço da energia elétrica em leilões do Ministério das Minas e Energia, afetando as decisões privadas de maneira heterogênea (INEE, 2003).

A soma desses fatores poderia comprometer seriamente alguns planos de negócios. Todavia, com o estabelecimento de parcerias, as instituições buscaram mitigar o risco de abastecimento de matéria prima dos planos de negócios aprovados. Os efeitos reflexos dessa medida acabaram gerando uma série de acordos de cooperação entre as empresas e fornecedores, fortalecendo as relações e troca de informações entre os agentes, ativando, assim, a *FSI 8*.

Por último tem-se a ativação da *FSI 1 – Atividades empreendedoras*. Essa função, que segundo Hekkert (2007) é provavelmente a função mais importante dentro do sistema, parece ser um dos objetivos explícitos do PAISS: Desenvolver atividades empreendedoras baseadas na exploração da cana. A *FSI 1*, apoiada pelas outras três funções anteriormente analisadas (*FSIs 4, 6 e 8*), busca desempenhar uma função relacionada ao estágio final da atividade inovativa: a

inserção da tecnologia no mercado. Essa fase é crucial para o sucesso da tecnologia, pois não é suficiente que a tecnologia exista, é preciso que haja a difusão dessa tecnologia pelas cadeias produtivas e pela sociedade (Geels, 2004).

A FSI 1, além de ser fruto da atividade inovativa, é ativada por uma exigência contratual das instituições, que liberariam o crédito apenas para empresas privadas. Somado a isso, as empresas deveriam apresentar um plano de negócios que contemplasse todo empreendimento, desde a concepção, desenvolvimento da inovação até a sua comercialização e estratégias de inserção no mercado. Somente seriam selecionadas as empresas que apresentassem um plano de negócios consistente e condizente com as expectativas do mercado, segundo a avaliação do BNDES e FINEP. Ademais, as empresas deveriam comprovar sua capacidade gerencial, técnica e comercial para execução do plano. O prazo de desenvolvimento do plano também foi levado em consideração (BNDES, FINEP, 2012).

Foi estimulada a formação de acordos de cooperação entre as empresas e com institutos de pesquisa, universidades, visando tirar o máximo proveito das complementaridades entre as propostas de inovação. Assim cada plano de negócio seria completo em si mesmo, ou seja, cada plano deveria atacar todos os gargalos tecnológicos envolvidos no processo, desde o acesso à matéria prima, passando pelo desenvolvimento da tecnologia, dos produtos e sua comercialização. A Figura 3.2.1, resume as FSIs ativadas no motor de inovação PAISS.

Os resultados preliminares do PAISS são favoráveis. Após as cinco fases de implantação do programa foram liberados R\$3,121 bilhões a serem investidos ao longo de 4 anos (2012-15). Esse volume é significativamente maior se comparado aos valores anteriores, que eram de aproximadamente R\$100 milhões ao ano no BNDES, como já ressaltado pela análise da FSI 6.

O número de planos de negócios também foi substancial. Com um total de 31 planos de negócios de 25 empresas, houve uma grande variedade de projetos com diversas rotas tecnológicas sendo contempladas. Ademais, 21 das 25 empresas selecionadas são novos clientes para o BNDES e FINEP, o que demonstra a grande capacidade que o PAISS teve de atrair empresas para o programa. Houve também a diversificação do portfólio de clientes e a ampliação da base tecnológica do setor.

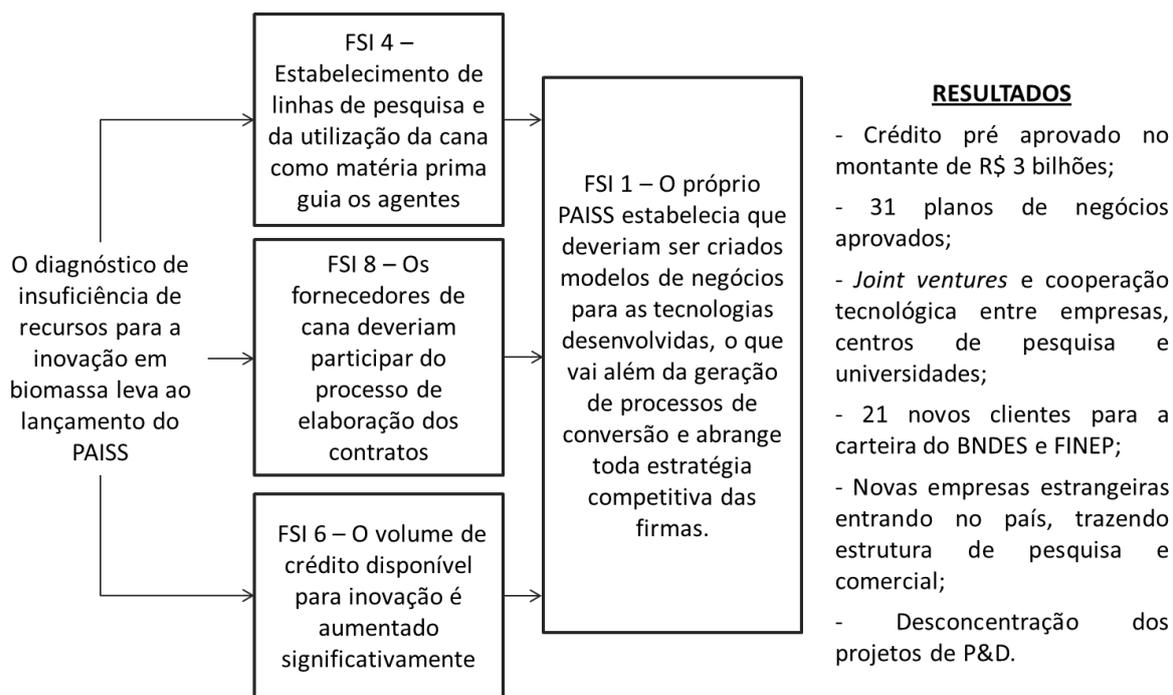


FIGURA 3.2.1: Motor de inovação PAISS

Fonte: Elaboração própria

Outro ponto que as instituições consideram como central na estratégia do programa foi a descentralização dos projetos de pesquisa. Previamente ao programa, a maior parte dos projetos de P&D estava concentrada em poucos institutos de pesquisa e empresas, principalmente no interior do estado de São Paulo²⁰. Como o número de “novas empresas” mostra, outros agentes estão tentando entrar nesse mercado, muitos deles com estratégias alternativas, desenvolvendo novos produtos e tecnologias, em um paradigma diferente do tradicional existente na produção e venda de etanol e açúcar.

²⁰ Para maiores informações sobre as redes de pesquisa no setor sucroalcooleiro, consultar (João, Porto, & Galina, 2012).

3.3. MOTOR AGRÍCOLA²¹

O Brasil foi capaz de desenvolver o melhor sistemas de inovação em torno da cana e etanol do mundo. Com décadas acumuladas no desenvolvimento da indústria e do campo, obtivemos a liderança na produtividade dessa cultura, com importantes ganhos em todos os elos da cadeia. Um dos elos chave dessa cadeia é o agrícola. Com a forte interação entre instituições e empresas, direcionadas por políticas setoriais claras, o setor foi capaz de promover inovações e aumentar significativamente o rendimento agrícola ao longo dos anos.

Todavia, a partir da década de 2000 começam a aparecer indícios do esgotamento do modelo estabelecido, com estagnação e mesmo redução na produtividade agrícola. Essa seção tem como objetivo explorar as causas dessa crise agrícola no setor, que tem em suas raízes fatores conjunturais e estruturais. Entre eles estão a mecanização da cultura, a expansão das áreas cultivada para a fronteira agrícola, a não renovação dos canaviais, a reestruturação de centros de pesquisa e outros que serão abordados a seguir.

3.3.1. A caracterização da crise agrícola no setor sucroalcooleiro

O elo agrícola da cadeia produtiva da cana foi um dos grandes responsáveis pelo aumento da produtividade no setor. Em seu trabalho, Dunham, Bomtempo e Fleck (2011) mostram como a articulação entre empresas e estações experimentais de pesquisa foram essenciais para o sucesso na criação de novas variedades e sua rápida difusão, permitindo a superação da crise do mosaico em São Paulo, o aumento da produtividade agrícola e a expansão do cultivo para novas áreas.

O modelo de desenvolvimento tecnológico do setor remonta a década de 1920, quando a crise do mosaico impactou fortemente nos cultivos, principalmente no estado de São Paulo. Nesse momento, com a instalação da Estação Experimental de Cana de Piracicaba (EECP), cria-se uma estratégia de seleção de variedades, que permite a escolha de variedades mais resistentes ao mosaico. O mais interessante desse arranjo era a alta capacidade de difusão da tecnologia, visto que grande parte das usinas era associada à EECP, permitindo a rápida adoção das variedades desenvolvidas (Dunham, Bomtempo, & Fleck, 2011).

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), criado em 1935, herdou a estrutura da EECP e manteve o arranjo de sucesso criado na década de 1920. Assim, a partir da década de 1940 são

²¹ Apesar de a literatura dar indícios de que a produtividade agrícola do setor sucroalcooleiro dava sinais de estagnação, poucos estudos eram conclusivos nesse ponto. Entretanto, o trabalho de Nyko et al (2013) é capaz reunir os principais indicadores do campo e montar um cenário que revela claramente o declínio dos ganhos nesse elo da cadeia canavieira. Assim, esse motor é fortemente baseado na pesquisa e nas conclusões observadas naquele trabalho.

desenvolvidas ainda mais variedades, baseadas em rigorosas regras de cruzamento e seleção, com o objetivo de aumentar a produtividade agrícola do setor. As instituições passam a acumular importantes conhecimentos em biologia genética da cana, possibilitando um melhor direcionamento da pesquisa. O componente da difusão continua presente, sendo que em 1946 as usinas parceiras do IAC correspondiam por 73% da produção canavieira paulista (Oliver, 2011).

Em 1969 é criado o Planalsucar (Plano Nacional de Melhoramento da Cana de Açúcar), que não modifica a dinâmica do setor, mas reforça a capacidade de geração de variedades da cana, trabalhando conjuntamente com as EECs. Em 1970 é criado o CTC (Centro de Tecnologia Coopersucar), que incrementa a capacitação das empresas em gerar próprio conhecimento e difundir as tecnologias para indústria. O CTC mantinha relações com a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola) e com outros agentes, permitindo uma agregação de competências.

Entretanto, no contexto da desregulação do setor na década de 1990 o Planalsucar é descontinuado, sendo substituído pela Ridesa (Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro), que herda seus ativos. A Ridesa é um grupo de pesquisa que envolve universidades de todo Brasil e que busca a criação e difusão de conhecimento no setor sucroalcooleiro. Em vinte anos a Ridesa desenvolveu e difundiu 65 novas variedades de cana em 31 estações experimentais (Nyko et al, 2013).

Baseando nessa estrutura de desenvolvimento, com forte interação entre o elo da pesquisa com o elo produtivo, o setor sucroalcooleiro é capaz de superar crises e aumentar significativamente sua produtividade, difundindo rapidamente as inovações no campo. Importante notar que esse arranjo obteve maior sucesso no estado de São Paulo, atingido pela crise do mosaico e posteriormente prejudicado pelo evento dos submarinos na costa brasileira, que abriu a oportunidade para a instalação das usinas no estado, rapidamente aproveitada pelos empresários agricultores, com capital excedente do cultivo de café (Dunham, Bomtempo, & Fleck, 2011).

Com isso, pode-se dizer que estava estabelecido o SPIS (Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro). Em 1975 a produtividade era em torno de 45 toneladas de cana por hectare (t/ha), passando para cerca de 75 t/ha na década de 2000 na média brasileira. Em São Paulo, núcleo de maior produtividade da cana esses valores superaram as 120 t/ha. O ATR (Açúcar Total Recuperável, equivalente ao rendimento industrial da matéria prima) da cana também tem forte aumento, passando de 6.400 kg/ha no início do Proalcool, para o nível histórico de

11.200 kg/ha em 2011. Na média entre 2005 e 2012 esse valor ficou em 10.509 kg /ha. (Nyko, et al, 2013)

Entretanto, o que se pode notar, apesar do inegável sucesso no modelo de desenvolvimento da produtividade agrícola da cana, é a diminuição na velocidade dos ganhos. Diversos autores, como Abarca (1999), Barros (1996), e mais recentemente, Nyko *et al* (2013), reconhecem que não só a produção está crescendo abaixo de seu potencial, como a produtividade tem aumentado em um ritmo cada vez mais lento, ainda mais se comparado com outras culturas no Brasil.

Nyko *et al* (2013), através de uma extensa pesquisa no mercado, reúnem uma série de indicadores, apresentados a seguir, que mostram a deterioração do setor sucroalcooleiro no campo e o aumento da discrepância existente com outras culturas agrícolas, tanto no Brasil como no mundo.

Como se pode observar na figura 3.3.1, a produtividade agrícola da cana vinha aumentando de forma consistente ao longo dos anos, mas a partir do ano de 2012 ela sofre uma brusca queda, tanto em seu rendimento agrícola, como industrial (ATR). Da mesma maneira, a tabela 3.3.1 mostra como a taxa de aumento nas produtividades é decrescente no período selecionado.

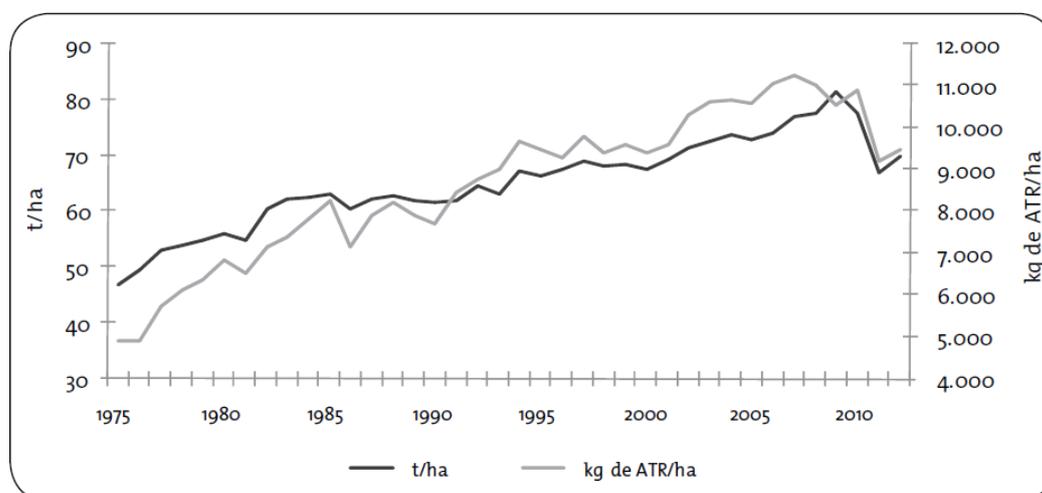


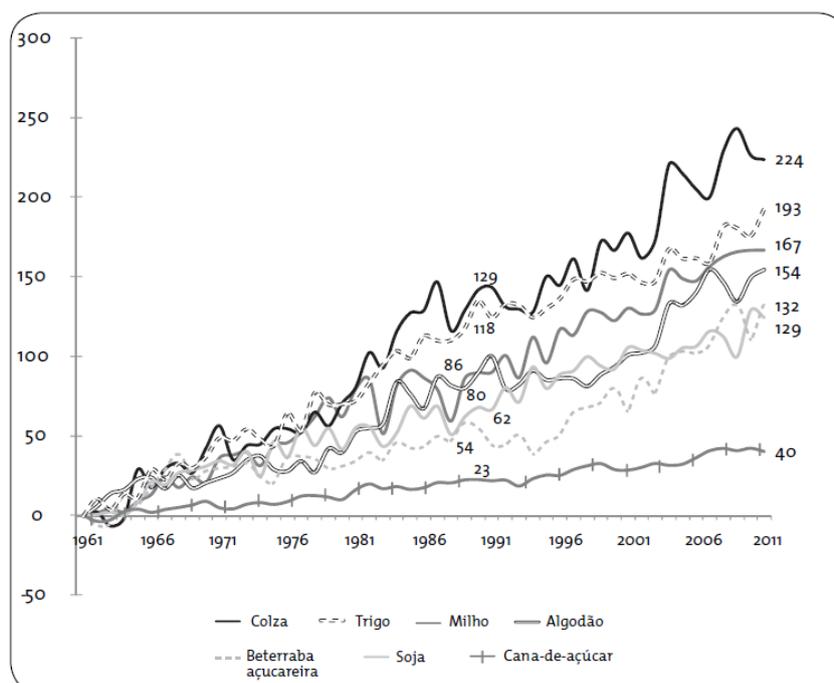
Figura 3.3.1 - Produtividade agrícola da cana-de-açúcar* (1975-2012)

Fonte: NYKO *et al* (2013) – * A série para a produtividade medida em toneladas de cana por hectare (t/ha) é anual, enquanto a série para quilogramas de ATR por hectare de cana está disponibilizada por ano-safra.

Período	Kg de ATR/ha	Crescimento (%)
1975-1984	6.351	-
1985-1994	8.299	30,7
1995-2004	9.810	18,2
2005-2012	10.509	7,1

Tabela 3.3.1 – Produtividade média e crescimento entre períodos* (1975-2012)

Fonte: NYKO et al (2013), com base em dados de CTC, Unica, Conab, IBGE e Mapa apud Brasil (2009).



* Base 1961, valores em porcentagem.

Figura 3.3.2 – Ganho de produtividade mundial histórica* (1961-2011)

Fonte: NYKO et al (2013), com dados de FAOSTAT.

Já a figura 3.3.2 mostra como a cana vem apresentando rendimentos defasados em comparação com outras culturas. O cultivo da gramínea fica em último lugar quando comparado, a partir de uma base comum, com outros seis culturas difundidas em todo planeta entre os anos de 1961-2011. Nesse período, o milho, cultivo que guarda semelhanças com a cana, apresenta um ganho de 167%, enquanto a cana aumenta apenas em 40% seu rendimento.

No Brasil, a situação não é diferente. A figura 3.3.3, também retirada de Nyko et al (2013), mostra como os ganhos de produtividade das outras culturas brasileiras também aumentam mais rapidamente em comparação à cana. Com dados da Conab, os autores verificam que o trigo quadruplica sua produtividade, a soja e milho mais que dobram o rendimento, enquanto a cana consegue “apenas” 46% nos ganhos.

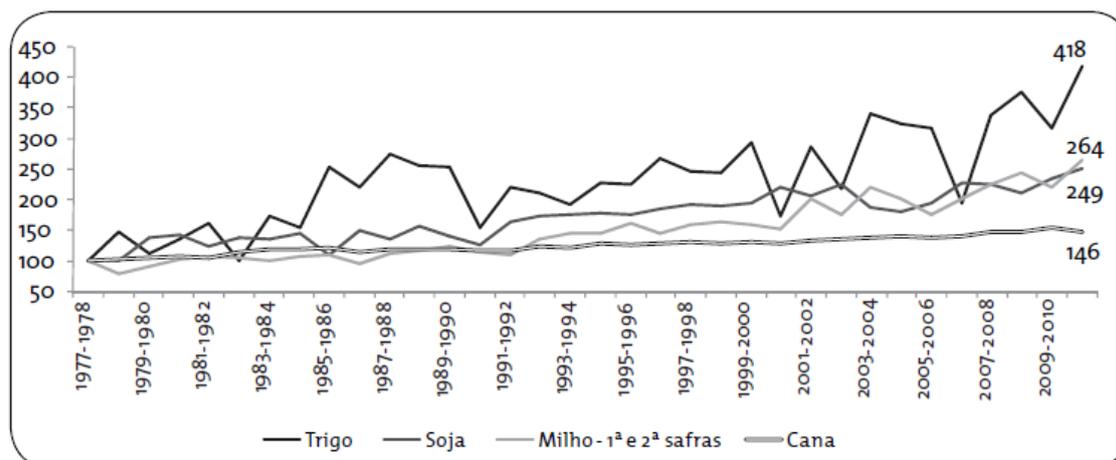


Figura 3.3.3 – Ganho de produtividade (em t/ha) histórico, Brasil (Base 100, no ano 1977)

Fonte: NYKO et al (2013), com dados da Conab.

Além dos ganhos decrescentes e defasados em relação às outras culturas comuns no Brasil e no mundo, os campos onde se planta a cana também parecem se deteriorar segundo indicadores técnicos-agrícolas. Dois indicadores de desempenho da inovação e difusão tecnológica são propostos por Nyko, et al (2013): o Índice de Atualização Varietal (IAV) e o Índice de Concentração Varietal (ICV).

“O IAV é uma medida de difusão tecnológica, ou seja, avalia o ritmo com que as novas variedades lançadas são absorvidas nos canaviais brasileiros²².[...] Por sua vez, o ICV busca avaliar o grau de concentração das principais variedades no canavial brasileiro²³. Esse índice sinaliza o grau de dependência do canavial em relação às principais variedades utilizadas e, conseqüentemente, os riscos associados a essa dependência.” (NYKO, et al, 2013, p.408-409)

Segundo a classificação proposta por CTC (2012), os indicadores de **IAV** apresentam valores: (i) altos, não recomendados quando acima de sete anos; (ii) intermediários ou moderados, quando entre cinco e sete anos; e (iii) baixos ou adequados, quando abaixo de cinco anos. Para o **ICV**, a classificação indica valores: (i) altos e não recomendados quando maiores que 50%; (ii) intermediários, quando entre 40% e 50%; (iii) baixos e recomendados, quando abaixo de 40%.

²² O IAV “é obtido pela diferença entre o ano atual e o ano de cruzamento da variedade, ponderado pela porcentagem de utilização de cada variedade, na região estudada. Do valor obtido, são subtraídos 20 anos correspondentes ao número médio de anos que uma variedade demora para atingir o seu ápice” [CTC (2012, p. 2)].

²³ O ICV é “obtido com base na participação porcentual das três principais variedades na região estudada” [CTC (2012, p. 2)].

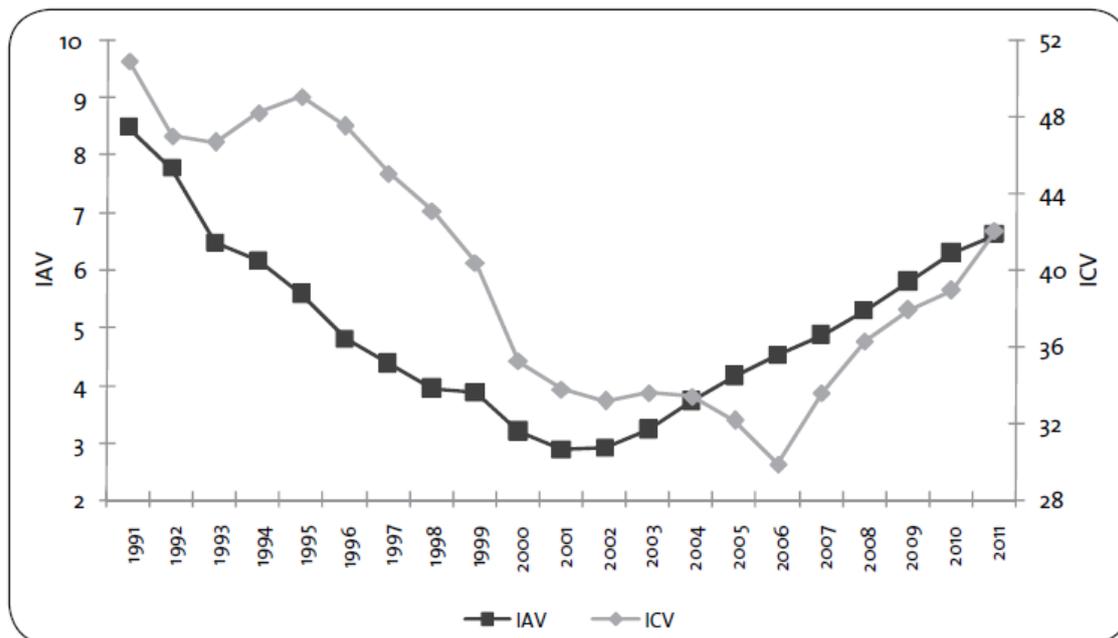


Figura 3.3.4 – Censo de Variedade, IAV e ICV, Brasil, 2011.

Fonte: NYKO et al (2013), com base em CTC (2012).

Como se pode observar pela figura 3.3.4, os índices IAV e ICV, que até meados da década de 2000 apresentavam valores recomendados, até com certa folga, a partir de então começam a se deteriorar, chegando a patamares próximos do não recomendado ao final da década. O IAV mostra que as variedades antigas vêm ocupando um espaço cada vez maior nas lavouras brasileiras, com a redução do ritmo de introdução de novas variedades. O ICV apresenta resultado parecido, com uma redução na variedade das lavouras.

A conjuntura indica que cada vez mais variedades antigas, com ganhos de produtividade já consolidados, vem ocupando um espaço cada vez maior. Associado a isso, essas mesmas variedades têm sido replicadas cada vez mais pelos agricultores na sua expansão, principalmente na segunda metade da década de 2000, quando ocorreu uma grande expansão da atividade sucroalcooleira em direção ao centro do país. Assim, o campo não só perde o ímpeto nos ganhos de produtividade, como fica cada vez mais exposto às intempéries da cultura, como secas, geadas, pragas e doenças.

A conclusão, compartilhada por Nyko et al (2013), é de que o SPIS apresenta sinais de deterioração na sua capacidade de gerar e difundir inovações, tanto na comparação com outras culturas agrícolas, como em relação ao seu próprio dinamismo, construído ao longo das últimas décadas, que permitiu o setor se tornar líder na produção mundial de açúcar e líder tecnológico na produção de etanol. Configura-se, portanto, uma crise que ao mesmo tempo

representa um desafio para o SPIS. Essa crise pode comprometer um pilar fundamental da bioindústria brasileira: a produtividade agrícola de “classe mundial” da cana-de-açúcar.

3.3.2. Análise da crise de produtividade do setor nos anos 2000

São diversas as causas do diagnóstico feito anteriormente, assim como as soluções que vem aparecendo no setor. Entre os fatores conjunturais que prejudicaram o setor sucroalcooleiro, principalmente no segmento agrícola, estão adversidades climáticas e financeiras que afetaram o desempenho das empresas e das lavouras no período. O principal fator estrutural para o baixo desempenho é o reduzido tamanho da cultura em relação às outras, no Brasil e no mundo, o que leva a um cenário de subinvestimento na expansão da cana para regiões de fronteira agrícola, na mecanização da cultura, em respeito à legislação ambiental e trabalhista e no direcionamento para inovação na geração e difusão de novas variedades (Nyko et. al. 2013).

Do lado conjuntural, a crise financeira, deflagrada em 2008 pelo *sub-prime* americano, atinge o setor em um momento de forte expansão, realizada através de endividamento externo. A crise expõe financeiramente as empresas, que veem seus canais de financiamento cada vez mais escassos e têm perdas cambiais significativas nos casos onde não houve o *hedge* financeiro. Assim, o fluxo de caixa das empresas fica comprometido, causando o corte de investimentos na renovação de canaviais e implementação de novas áreas de cultivo. Parte da solução financeira do setor passa pela reestruturação das empresas participantes no mercado, como foi analisado no primeiro motor de inovação desse capítulo. (Goes & Marra, 2009).

Piorando o cenário, o clima não favoreceu o setor nesse momento. A partir de 2008 as regiões produtoras sofreram com condições climáticas desfavoráveis, agravando a queda na produtividade agrícola (Varrichio, 2012).

A questão varietal também é relevante para a queda na produtividade. Com maior homogeneidade da cultura, a proliferação de doenças se torna mais rápida e perigosa. Ademais, a produção brasileira quase duplicou nos anos 2000, com a expansão se dando, principalmente, em áreas de fronteira, como o Centro-Oeste. Sem a transição adequada das variedades, o rendimento médio no campo caiu, pois as variedades não estão adaptadas ao regime hídrico e aos solos das novas culturas, o que tem comprometido novos projetos no setor (Demattê, 2012).

Como o desenvolvimento de uma variedade e sua difusão leva ao menos 10 anos é natural se imaginar que essas canas adaptadas às condições edafoclimáticas da fronteira ainda não estejam disponíveis, pois além de rápido, o movimento de expansão não foi adequadamente

planejado. Os principais centros de pesquisa de novas variedades estão localizados em São Paulo, com claro foco no desenvolvimento de plantas adaptadas para essa região. Apenas recentemente foram instalados centro de pesquisa no Centro-Oeste, como se pode notar pelo histórico da Ridesa, uma das principais redes de pesquisa no setor sucroalcooleiro no Brasil:

[...] a proposta é de fortalecimento, com a agregação da Universidade Federal de Goiás-UFG a partir de 2004 e da Universidade Federal de Mato Grosso em 2007. Desta forma surgem três novas estações experimentais para o CERRADO, uma localizada em Goiânia-GO, da UFG e outra em Cuiabá-MT da UFMT e uma terceira em Capinópolis-MG da UFV, sendo que nesta última os trabalhos se iniciaram em 2003. (RIDESA, 2013)

Com centros de pesquisa e estações de experimentação no cerrado brasileiro, é facilitada tanto a geração de novas variedades adaptadas, como a difusão das mesmas nessa região. A criação de competências nessas novas áreas de expansão é essencial para o sucesso das culturas dentro desse novo paradigma. Essa foi a receita seguida em São Paulo, como se pode observar em Dunham (2009) e pode dar certo no Centro-Oeste.

Outras medidas vêm sendo tomadas tentando mitigar os problemas relativos à renovação dos canaviais, tanto em sua idade, como variedade. Recentemente o BNDES lançou o “Programa de apoio à renovação e implantação de novos canaviais - BNDES Prorenova”, que visa incentivar a produção sucroalcooleira financiando a renovação e implantação de novos canaviais. O crédito será cedido para cooperativas, usinas e produtores rurais de maneira geral, por meio dos instrumentos de apoio “direto” quando valores forem até R\$20 milhões por cliente ou até R\$ 50 milhões por grupo econômico. Para valores acima destes, o financiamento será feito pela forma “indireta”, mediada por instituição financeira. A taxa de juros, subsidiada, será de 5,5% ao ano. A linha de crédito fica disponível até dezembro de 2013 (BNDES, 2013).

Também há o fator da mecanização, que vem se intensificando na lavoura canavieira após a celebração do Protocolo Agroambiental em 2007, que tem causado redução na produtividade por uma série de questões; entre elas estão (i) compactação do solo, visto que a densidade da cultura da cana é muito grande e exige máquinas pesadas tanto no plantio como colheita; (ii) menor densidade de plantas por área plantada, devido à adequação do espaço entre as fileiras da lavoura às máquinas; e (iii) a maior altura que o colmo é cortado pela máquina, deixando no campo parte da região nobre da cana em conteúdo de açúcar, que é a base (Nyko, 2013).

A mecanização também implica um maior uso dos toletes no momento do plantio, pois (i) apresenta uma distribuição menos homogênea das matrizes no campo; (ii) danifica uma quantidade maior de gemas nos toletes que o trato manual, reduzindo a eficiência de brotamento. Assim, o desenvolvimento de novas tecnologias mais adaptadas para o campo se mostra essencial na recuperação da produtividade.

Entre as melhoras pode-se citar o desenvolvimento de máquinas mais precisas no plantio e na colheita, permitindo uma redução na utilização de matrizes por hectare, bem como menos danos às gemas da cana. Na colheita, um corte mais rente e preciso reduziria a quantidade de matéria prima deixada no campo e implicaria em um menor consumo de combustível nos motores de corte. Além disso, a imprecisão na colheita da cana faz com que os colmos retirados do campo cheguem à usina com mais impurezas, implicando em maiores custos de pré-tratamento e manutenção das máquinas (Nyko et al, 2013).

Além disso, o desenvolvimento de novas técnicas, como o plantio direto ou mínimo onde o solo é manejado apenas no momento da semeadura; a invenção de alguma espécie de semente, que substitua o plantio por colmos, poderia reduzir significativamente o custo do manejo do campo na cultura canavieira.

Os principais problemas relacionados com a dimensão sistêmica do subinvestimento no setor sucroalcooleiro são (i) o desenvolvimento de novas variedades, principalmente pela transgenia, que apresenta maiores potenciais ampliação na produtividade; (ii) a mecanização do plantio e colheita, com o aprimoramento das máquinas e modelos de manejo de solo e plantio, aumentando a eficiência e reduzindo custos.

Entretanto, o volume de recursos necessário para o desenvolvimento dessas tecnologias é elevado, pois exige grande base de conhecimento em biotecnologia, que tem forte componente de cumulatividade, demandando tempo em sua maturação. Mesmo o desenvolvimento de máquinas agrícolas, intensivo em engenharia, é alto e recente na história do setor. Visto que o tamanho dos mercados envolvidos no setor sucroalcooleiro é reduzido se comparado com outras culturas, os regimes oportunidade e apropriabilidade deles também são reduzidos (Nyko et al, 2013).

Assim, as limitações técnicas da colheita vêm fazendo com que muitos agricultores voltem a usar variedades antigas de cana, pois essas, apesar de menos produtivas, apresentam melhores resultados quando é utilizada a colheitadeira mecânica. O mesmo vem acontecendo com as variedades utilizadas na fronteira agrícola, que apresentam melhores resultados diante das condições de solo e clima encontrado na parte central do país (Nyko et al, 2013).

Todavia, não é a falta de novas variedades adaptadas que vem prejudicando o mercado, como se poderia intuir. Braga Jr, Oliveira e Raizer (2011) constatam que há sim o desenvolvimento de novas variedades de cana, sendo que apenas nos últimos 10 anos (2003-2012) foram registradas 74 variedades de cana no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Nyko et al, 2013). Porém, a difusão dessas variedades que vem enfrentando dificuldades. Utilizando o conceito de “variedade significativa”, onde a mesma deve ocupar ao menos 5% da área cultivada em território nacional para assim ser classificada, os autores identificam que apenas 15 variedades, o que representa cerca de 10% no período 1991-2010, conseguiram se estabelecer.

Importante notar que é estimado o gasto de cerca de R\$ 150 milhões ao longo dos 10 anos de desenvolvimento de uma nova variedade. Esse é um alto valor, ainda mais se comparado com os volumes de financiamento atualmente desembolsados pelas instituições brasileiras. Num levantamento feito por Nyko et al (2013), verifica-se que os volumes direcionados para P&D de novas variedades seriam capazes de financiar a inovação de apenas UMA nova variedade (!), como é apresentado na tabela 3.3.2 sendo claramente insuficientes para promoção da inovação de forma continuada e sistêmica.

Conjunta	Crédito	FNDCT/Funtec	Subvenção	Total
Variedades	130,50	40,83	-	171,33
Clássico	105,71	38,60	-	144,30
Transgênico	24,80	2,24	-	27,03
Plantio e colheita	4,04	21,94	17,60	43,59
Outros	-	-	6,24	6,24
Total	134,54	62,78	23,84	221,17

Tabela 3.3.2 - Carteira conjunta BNDES-FINEP de projetos de P&D agrícola para cana-de-açúcar (em R\$ milhões)

Fonte: NYKO et al, 2013

Há, também, uma preferência em se financiar o desenvolvimento de variedades pelo método clássico, *via* cruzamentos, em detrimento à transgenia que apresenta melhor potencial de incrementos na produtividade. O volume direcionado para melhoria das máquinas e implementos agrícolas se situa no patamar de R\$43 milhões, somados linhas de créditos, fundos setoriais - Funtec e FNDTC - e subvenção, também um volume reduzido (Nyko et. al, 2013).

Um dos agravantes para o desenvolvimento da cana é sua complexidade genética, que torna o investimento no desenvolvimento de variedades pelo método da transgenia muito elevado, em patamares incompatíveis com o retorno privado que seria proporcionado. Isso porque a cana apresenta uma escala de produção muito menor que outras culturas, inclusive no Brasil, onde é superada pela soja e milho. Dessa maneira, empresas não se mostram incentivadas a promover pesquisa básica na área.

Assim, o papel dos agentes públicos, seja diretamente na pesquisa ou indiretamente pelo financiamento, na promoção do desenvolvimento da tecnologia agrícola é essencial, pois esse não é guiado apenas pelo lucro como a iniciativa privada, mas sim pelas externalidades que o estabelecimento da cultura pode trazer para a economia regional e nacional.

A afirmativa de que não existe interesse privado no investimento nessa cultura é corroborada quando se aprofunda a análise dos dados de financiamento para inovação agrícola no setor. A maioria dos projetos subvencionados está sendo realizada por instituições públicas, como universidades e centros de pesquisa, evidenciando o caráter científico e não comercial desses projetos. (Nyko et al, 2013).

Do ponto de vista internacional, se alguém deseja que haja melhorias na cultura da cana, esse alguém é o Brasil, afinal é no país que existe o mais importante cultivo de cana e seus derivados. Os principais desafios no canavial brasileiro estão na geração de novas variedades, tanto para áreas de fronteira agrícola, como para áreas tradicionais de cultivo, gerando a renovação da cultura; no desenvolvimento de máquinas e equipamentos mais adaptados ao trato agrícola da cana no plantio e colheita. Esses dois desafios envolvem a mobilização de recursos para o uso de técnicas avançadas, como a transgenia e a coordenação dos agentes, que devem juntar seus esforços para ampliar as sinergias, facilitando a superação dos gargalos tecnológicos.

3.3.3. A superação da crise agrícola na abordagem das FSIs

A crise agrícola no setor sucroalcooleira é evidente quando analisados os dados do campo. Entretanto, não é a primeira vez que o setor se depara com um cenário desses. Quando da expansão da cana para o estado de São Paulo, as variedades originariamente implantadas apresentavam baixo rendimento, baixa resistência a doenças e pragas e pouca adaptação ao clima da região. Ainda em fase de estruturação na década de 1920, o SPIS foi capaz de organizar os agentes dentro do sistema, direcionando a pesquisa agrícola, estreitando a relação entre centros experimentais e empresas, assim facilitando a superação de problemas na geração e a difusão de novas variedades de cana pelo Brasil.

Como identificam Dunham, Bomtempo e Fleck (2011), o SPIS apresentou 2 motores de inovação relacionados à superação de crises agrícolas e expansão geográfica da cana no século XX. O primeiro motor foi a *superação da crise do mosaico*, ainda na década de 1920, quando a doença assolou os canaviais paulistas, reduzindo a produção a menos de um quarto até a metade do decênio. Pela articulação entre os agentes foi possível a ativação de 4 FSIs dentro do SPIS: FSI 4 – Direcionamento de pesquisa; FSI 2 – Desenvolvimento de conhecimento; FSI 6 – Mobilização de recursos para inovação; FSI 3 – Difusão de conhecimento.

O motor foi bem sucedido, pois foi capaz de aproximar as instituições, o que permitiu uma melhor seleção da trajetória a ser seguida e sua rápida difusão pelos campos, com os agentes participando ativamente da pesquisa e se capacitando tecnicamente. Ademais, o motor proporcionou não só a superação da crise, como foi capaz de modificar a maneira que se executa a pesquisa agrícola no setor, com parcerias entre as partes, modelo que seria utilizado posteriormente pelo IAC e CTC (Dunham, 2009).

O segundo motor relacionado à expansão da cana foi o *desenvolvimento de variedades após a superação da crise do mosaico*, que teve como objetivo aumentar a produtividade agrícola, o conteúdo de sacarose e criar plantas mais resistentes e adaptadas às regiões. Iniciado na década de 1930, o motor mobilizou o IAC em São Paulo e a EECC (Estação Experimental da Cana em Campos) no Rio de Janeiro. Com o desenvolvimento de variedades adaptadas ao solo e clima da região, utilizando rigorosos protocolos de cruzamento, a EECC foi capaz de aumentar significativamente o rendimento agrícola do setor. Nesse processo o IAC contribuiu para a rápida difusão do conhecimento, pois tinha como parceiros 73% das usinas de São Paulo (Oliver, 2011).

O Planalsucar em 1969 aumenta ainda mais a capacidade de geração e difusão de variedades, acelerando os ganhos de produtividade e a expansão da cana. O CTC, na mesma época, foca no desenvolvimento de novas técnicas de cultivo e manejo do solo em São Paulo, que associadas às novas variedades de cana promovem um significativo aumento da produtividade em toda cadeia produtiva, especialmente naquele estado. Assim, quatro FSIs são ativadas por esse motor: FSI 4 – Direcionamento da pesquisa; FSI 2 – Geração de conhecimento; FSI 3 – Difusão de conhecimento através de redes; FSI 6 – Mobilização de recursos.

Nos dois motores as FSIs ativadas são as mesmas: 2, 3, 4 e 6. O encadeamento dos motores também é similar nos eventos observados, com o direcionamento de pesquisa guiando a geração de conhecimento, com a mobilização de recursos permitindo seu desenvolvimento e difusão através das redes. Os dois motores obtiveram sucesso. O cenário atual do setor

sucroalcooleiro não parece ser muito diferente do observado à época desses motores, guardadas as devidas proporções, pois os desafios impostos nesse momento são ainda mais complexos.

A expansão da cultura canavieira, principalmente para o centro-oeste, exige o desenvolvimento de novas variedades, mais adaptadas ao solo e ao maior *stress* hídrico que a cultura sofre na região. A mecanização da cultura também é fator central na expansão da cana, visto que protocolos ambientais vêm restringindo a colheita manual que exige o uso de queimadas. O desenvolvimento de novas técnicas de manejo, como plantio direto, e o desenvolvimento de algum tipo de semente de cana, que permita a replicação mais fácil e rápida das mudas também é importante para a mecanização da lavoura.

Para isso é essencial a ativação das FSIs relacionadas à geração de conhecimento (FSI 2), que terá como principais objetivos acumular conhecimentos sobre em biologia genética da cana-de-açúcar e culturas próximas, que possam colaborar no aumento da produtividade. O desenvolvimento dessa função deve ser intensiva em pesquisa científica básica, realizando o mapeamento genético, compreendendo a fisiologia e compreendendo quais impactos a irrigação pode causar nas culturas de cana.

Algumas iniciativas já podem ser observadas no setor, com a instalação de estações experimentais da Ridesa no cerrado, que acelerará o processo de adaptação da cana às características edafoclimáticas da região, o programa SucEST, que realiza o mapeamento genético da cana e permite uma melhor compreensão da biologia molecular da planta e o programa Bioen-FAPESP, que visa articular diversas instituições para promover o desenvolvimento de novas tecnologias e de conhecimento para o setor, principalmente relacionado à bioenergia.

A mecanização da cultura, em todos seus segmentos, também é intensiva na geração de conhecimentos, função relacionada à FSI 2. O principal problema na mecanização é o desenvolvimento de máquinas mais adaptadas à cultura, capazes de processar uma maior quantidade de cana, tanto no plantio como na colheita, reduzindo a compactação no solo, minimizando danos às matrizes e colhendo a cana com maior precisão. Importante notar que o desenvolvimento da mecanização na cultura canavieira é recente, remetendo à década de 1950, ao passo que a utilização de máquinas em outras culturas tem mais de 150 anos de história, portanto o fator cumulativo da tecnologia ainda pesa negativamente sobre a cana-de-açúcar (Nyko et al, 2013).

Nesse sentido já existem algumas iniciativas, como a do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), que tem como uma de suas principais linhas de pesquisa o Programa Agrícola. Essa divisão de pesquisa do CTBE se *“sustenta sobre três pilares: a viabilização do sistema de plantio direto de precisão, a eliminação das restrições impostas pela mecanização ao manejo da lavoura e a operacionalização da agricultura de precisão”* (CTBE, 2013). Nesse programa, que tem R\$16 milhões financiado pelo FUNTEC/BNDES ao longo de 4 anos (2011-2014), há o desenvolvimento de equipamentos agrícolas que permitem a *mecanização de baixo impacto*, reduzindo a área de solo compactada, o consumo de combustível, permitindo uma maior flexibilidade na colheita e plantio.

Ademais, devido a já citada complexidade biológica da cana, o desenvolvimento de novas variedades apresenta um alto custo. Assim, a ativação da FSI 4 – Mobilização de recursos para inovação – é central para o sucesso inovativo desse motor. As iniciativas nesse sentido ainda são bastante escassas no Brasil. Como citado, os volumes de financiamento do BNDES-FINEP para inovação agrícola no setor seriam capazes de promover o desenvolvimento de apenas uma nova variedade de cana.

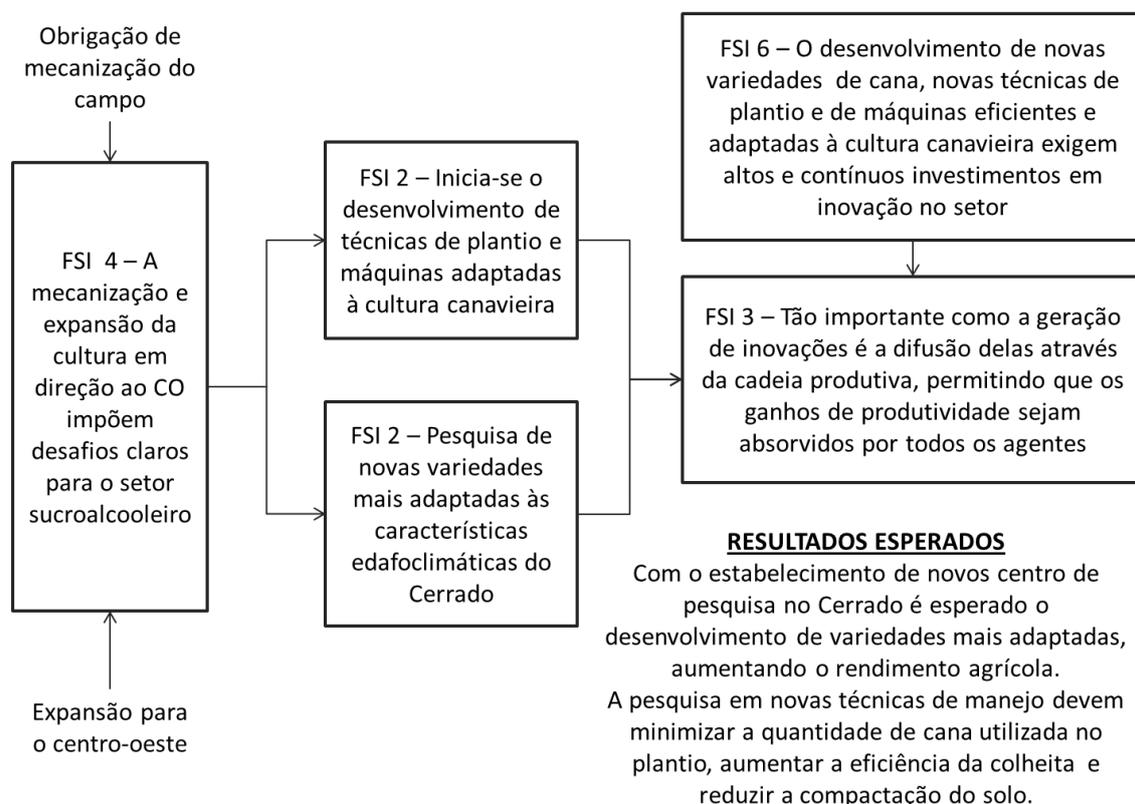


FIGURA 3.3.5 – Motor de inovação da crise agrícola

Fonte: Elaboração própria

O PAISS, objeto do primeiro motor de inovação aqui apresentado, apesar de focar em processos de conversão para biomassa, oferece algumas iniciativas no sentido de aumentar a produtividade do campo quando disponibiliza linhas de financiamento visando a melhor gestão dos resíduos, que deve financiar máquinas e equipamentos capazes de utilizar parte da palha e bagaço para produção de etanol, energia e outros produtos, e deve implicar no aumento do rendimento agrícola.

A criação de mecanismos de difusão de tecnologia, relacionados à FSI 3 - difusão de conhecimento através de redes, também é importante para o sucesso do motor, uma vez identificados problemas não apenas na geração das novas variedades, mas também na adoção das mesmas no campo. Iniciativas como da Ridesa e Bioen/Fapesp, que tem como objetivo agregar agentes e competências, ampliando a rede de geração e difusão das inovações, são positivas para a efetivação do motor que busca a superação da crise agrícola.

Dessa maneira, a ativação das funções e articulação das mesmas é um fator crucial para a superação da crise agrícola enfrentada pelo setor. Os exemplos históricos já existem na indústria sucroalcooleira brasileira, com a superação da crise do mosaico e o desenvolvimento de novas variedades mostrando o caminho para os novos desafios.

Os desafios de hoje, no entanto, se mostram muito mais variados e complexos que os passados. Além da dificuldade natural de aumentar os rendimentos partindo de uma situação de elevada produtividade, hoje, o desenvolvimento do setor envolve o segmento agrícola e industrial, com a criação de variedades mais adaptadas, mas também de maquinário adequado para o plantio e colheita.

No segmento agrícola, os desafios vão além do cruzamento e seleção de espécies, passando pelo maior conhecimento genético e poder de manipulação biológica das plantas. O desenvolvimento de máquinas adequadas é mais um desafio que o novo paradigma impõe e que não foi observado nos motores anteriores.

3.4. A transição do Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro no Brasil

Através da identificação dos principais eventos – motores – ocorridos dentro do SPIS, buscou-se compreender como os agentes que participam do sistema vêm se adaptando às mudanças institucionais e tecnológicas ocorridas no setor nos últimos anos. Grosso modo, os motores aqui apresentados poderiam ser classificados em três grandes grupos: o primeiro motor estuda as modificações na *estrutura empresarial* do setor e como essas alterações afetam a dinâmica concorrencial e inovativa desse mercado; o segundo faz referência aos mecanismos de *financiamento à inovação* na atividade sucroalcooleira; por último, o motor *agrícola* toca

em um ponto essencial para o futuro sucesso da cultura canavieira, analisando os principais gargalos técnicos e econômicos que têm causado a *crise agrícola*.

	Empresas	PAISS	Agrícola
Motivo da Mudança	Liberalização do setor e retomada do interesse econômico na atividade causa uma consolidação das empresas atuantes	Falta de coordenação, falta de recursos e ausência de políticas para os biocombustíveis avançados	Redução do ritmo de ganhos de produtividade com a mecanização e expansão da fronteira agrícola
Inovação	Empresas de diferentes perfis são atraídas para a atividade, buscando oportunidades de lucro e diversificação produtiva	Adoção do modelo de edital para cessão de créditos	Mudança geográfica dos centros de pesquisa para o Cerrado e desenvolvimento de novos projetos de máquinas adaptadas à lavoura canavieira
FSIs	FSI 2, 5, 7, 6, 1	FSI 4, 6, 8, 1	FSI 4, 2, 3, 6
Resultados Esperados	Empresas com maior porte financeiro e tecnológico ingressam no setor, dando legitimidade às empresas e dinamismo ao SPIS	Aumento do volume de crédito, atração de projetos de P&D, descentralização da pesquisa	Desenvolvimento de variedades mais adaptadas ao stress hídrico e solo da região. Criação de máquinas mais eficientes e com menor impacto sobre a compactação do solo

TABELA 3.4.1 – Resumo dos motores de inovação identificados na transição do SPIS

Fonte: Elaboração própria

O primeiro motor tem como principal força motriz a liberalização do setor na década de 1990 e a retomada do interesse econômico na atividade a partir dos anos 2000. Assim, os grupos se consolidam e também são atraídas firmas de outros ramos de atividade para atuarem no setor, diversificando a base de conhecimentos do mesmo e agregando competências e ativos complementares importantes à cadeia sucroalcooleira. No processo são ativadas as funções 2, 5, 7, 6 e 1, revelando a amplitude da mudança promovida por esse motor. O resultado é um setor mais competitivo, mais intensivo em tecnologia e com padrão concorrencial mais baseado em inovação.

O segundo motor, PAISS, é motivado pelo diagnóstico desfavorável do BNDES e FINEP, que identificam uma lacuna no financiamento das inovações do setor sucroalcooleiro, principalmente nos biocombustíveis avançados. Assim, introduzindo novos procedimentos para cessão de crédito, ampliando o volume de investimento disponível e direcionando o desenvolvimento tecnológico através das linhas de pesquisa financiadas, as entidades são capazes de estimular a concorrência ativa entre os agentes e levar ao empenho de projetos inovativos. No total são ativadas quatro funções de inovação, FSIs 4, 6, 8 e 1. Os resultados observados até o momento são a descentralização dos projetos de P&D no setor, formação de

parcerias e *joint ventures* entre as empresas e outros agentes, e a atração de uma maior diversidade de firmas para atuarem no país.

O terceiro motor, agrícola, é motivado pela estagnação da produtividade agrícola, causada pela deterioração dos canaviais na região tradicional de cultivo, pela expansão para o centro-oeste e pela mecanização da lavoura. A expansão para a região de cerrado demanda a adaptação e desenvolvimento de variedades de cana próprias para a região, exigindo um maior esforço dos agentes na pesquisa e desenvolvimento biotecnológico na geração de gramíneas otimizadas para esse tipo de clima e solo.

Também é preciso o desenvolvimento de máquinas adaptadas à cultura canvieira, que gastem menos energia, com corte mais rente e mais leves, para mitigar a compactação do solo. A mecanização exige um maior esforço por parte dos agentes integrantes do SPIS no Brasil, pois o país possui o maior cultivo de cana do planeta, sendo o maior beneficiado pelo desenvolvimento de tecnologias próprias e adaptadas à cultura canvieira. Em poucas palavras, pode-se dizer que se ele não o fizer ninguém mais fará.

Para a superação dos desafios agrícolas que esse motor impõe é preciso que sejam ativadas ao menos as FSI 4, 2, 3 e 6, como se pôde observar em outros momentos de crises nesse segmento da cadeia produtiva. Dessas, ao menos já se pode notar a ativação da FSI 2 – desenvolvimento de conhecimento, pelo estabelecimento de centros de pesquisa dedicados à essa região, FSI 3 – difusão de conhecimento através de redes, pela presença da Ridesa no Cerrado.

Os resultados esperados com o desenvolvimento das máquinas citadas e de variedades mais adaptadas é a retomada do crescimento da produtividade no campo, que vem crescendo de forma decrescente ou mesmo caindo nos últimos anos.

Levando em conta os três motores, foram estimuladas todas as oito funções de inovação propostas, um bom resultado, indicando que a transição está em curso. Uma ressalva deve ser feita em relação a FSI3, que aparece apenas no motor agrícola, e que ainda carece de resultados significativos. Não obstante, a mudança no SPIS parece estar presente nos diversos segmentos do setor, abrangendo funções diversas, da geração à difusão das inovações.

Outra ressalva deve ser feita em relação ao grau em que essas FSIs foram ativadas. Apesar de serem encontradas evidências do estímulo delas, é de difícil compreensão em qual grau elas se efetivaram, até mesmo pela natureza da pesquisa que se concentra em um recorte temporal bastante recente. Algumas funções, como direcionamento de pesquisa, mobilização de

recursos e criação de legitimidade foram mais fortemente ativadas do que outras, como a difusão de conhecimento e atividades empreendedoras.

Não obstante, há indícios de que os três conjuntos apresentados são capazes de explicar uma substancial parte das modificações que vêm afetando o desenvolvimento do SPIS, através da aqui chamada transição do sistema de inovações. Essa transição pode ser observada pela mudança nas principais características constituintes do sistema de inovação: conhecimento e tecnologia, agentes e redes e instituições, como proposto por Malerba (2002).

No tocante a conhecimento e tecnologia, a tabela 3.4.2, inspirada em Dunham (2009), resume as principais mudanças em relação aos produtos, base de conhecimento, processos de conversão e produtos finais no SPIS. Como se pode notar, a variedade dentro do sistema é ampliada, com a introdução de novas técnicas, produtos, mercados alvo, modificando também a dinâmica competitiva do setor.

Antes exclusivamente direcionada para os mercados de açúcar e etanol, a cana passa a servir de plataforma de conversão para uma série de outros produtos, como diesel, energia elétrica excedente que é vendida para a rede e outros.

O processo tradicional exige tecnologias bastante conhecidas e amplamente dominadas por todo o setor, com a curva de aprendizado da atividade já em sua fase decrescente. O novo paradigma apresenta trajetórias tecnológicas pouco conhecidas, com alto componente de cumulatividade implícito em seu desenvolvimento, e que apresentam ganhos crescentes de produtividade.

Processos inovadores são introduzidos na conversão integral da biomassa, exigindo uma maior capacitação das empresas para concorrer. Pela abertura do setor e deslocamento para o cerrado, o sucesso no novo modelo também passa pela geração de modelos de negócios inovadores, mais transparentes e adaptados ao mercado aberto.

Importante lembrar que os dois paradigmas ainda convivem no mercado, com a indústria podendo explorar as complementaridades entre eles. Uma das principais fontes de ganho de produtividade no etanol pode ter origem na conversão do material celulósico no biocombustível em um processo que corre paralelamente nas usinas.

Elemento	Modelo tradicional*	Novo paradigma
Matéria prima	Cana-de-açúcar (caldo)	Cana-de-açúcar integral
Processos de produção e tecnologias associadas	Desenvolvimento e seleção de variedades de cana-de-açúcar	Desenvolvimento e seleção de variedades na fronteira agrícola
	Plantio da cana	Plantio mecanizado
	Moagem	Moagem, fermentação, destilação, refino (1G)
	Fermentação	Hidrólise (Químicas, Térmicas)
	Destilação	Conversão biotecnológica
	Refino	Conversão de material celulósico das plantas
Produtos	Etanol hidratado e anidro (1G)	Etanol hidratado e anidro (1G + 2G)
	Açúcar	Açúcar
		Químicos (plásticos, cosméticos, outros)
Tecnologias relacionadas		Bio-óleos
		Energia Elétrica
	Veículos automotores	Veículos automotores
Base de conhecimento científico		Indústria de embalagens
		Aviação
	Biotecnologia (cana)	Biotecnologia (cana e microorganismos para conversão da biomassa)
	Agronomia	Agronomia
	Processos fermentativos	Processos fermentativos em cadeias de 5 e 6 carbonos
	Engenharia química	Engenharia química de maior complexidade
Processos de aprendizagem		Engenharia mecânica (mecanização)
	Otimização da fase agrícola e industrial	Otimização da fase agrícola e industrial
		Geração de novos modelos de negócios
Espaço geográfico		Criação de tecnologias proprietárias de conversão
	Concentrado no estado de SP	Expansão em direção ao Cerrado
Legenda:	1G: Primeira geração de produtos	
	2G: Gerações avançadas de produtos	
	* adaptado de Dunham, 2009	

TABELA 3.4.2 – Conhecimento e tecnologia no paradigma tradicional e no novo paradigma do setor sucroalcooleiro

Fonte: Elaboração própria

Em termos de agentes e redes, da mesma maneira, nota-se uma diversificação. Há o aumento da variedade de participantes nesse mercado, antes dominado por um setor tradicional dedicado quase que exclusivamente ao ramo sucroalcooleiro. A maior diversidade dos atores amplia também a gama de tecnologias e conhecimentos que repousam no interior das firmas participantes, aumentando na mesma magnitude as possibilidades de desenvolvimento tecnológico a partir desse núcleo.

Os agentes que participam da pesquisa, como laboratórios e centros de tecnologia, aumentam o escopo de atuação de sua atividade. A inclusão de novos produtos e rotas atraiu agentes

mais capacitados tecnologicamente para o setor. Ademais, a expansão geográfica desses agentes é notada pela abertura de centros de pesquisa no cerrado brasileiro. O aumento da diversidade deve ter efeitos benéficos para a indústria sucroalcooleira no médio e longo prazo, pois visa acelerar o processo de adaptação ao novo paradigma tecnológico e às novas áreas de exploração da cultura da cana.

As instituições, por sua vez, buscam se adaptar com maior velocidade às mudanças no cenário da biomassa. BNDES e FINEP remodelaram o a maneira que o crédito é cedido para as empresas visando estimular o empenho de projetos inovadores no setor sucroalcooleiro. O estabelecimento do Protocolo Agroambiental em São Paulo é outra fonte de mudança institucional que tem pressionado os agentes a promoverem a mecanização do campo. Ainda há que se levar em consideração o aumento da mistura de etanol à gasolina pelo MME, que hoje se encontra em 25%. Essa medida é um forte componente da demanda por combustível no setor e incentiva a produção de etanol pelos agentes.

Utilizando da taxonomia proposta por Pavitt (1984), verifica-se que setor era caracterizado por um perfil misto entre dominado pelo fornecedor e intensivo em escala, com baixa cumulatividade e baixa apropriabilidade das inovações. Com a transição ao longo das décadas de 1990 e 2000, ele agrega competências que o tornam também baseado em ciência, exigindo uma maior capacitação dos agentes e mais investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Antes focado exclusivamente no posicionamento do mercado e redução de custos, o setor passar a buscar a diferenciação de produtos como estratégia competitiva. A fonte das inovações, antes externas aos produtores, passa a exigir um maior desenvolvimento interno às firmas, reforçando a necessidade de investimentos em P&D. Da mesma maneira, a estratégia de proteção da firma no mercado passa a ter um componente tecnológico e cumulativo mais importante, pois tem nas capacitações desenvolvidas internamente o fator de competitividade.

Aumenta, assim, a oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade do processo inovativo, levando os agentes buscarem estratégias ativas de concorrência, através da diferenciação (Dosi, 1982). Cada nova descoberta dentro desse paradigma tem o potencial para criar vantagens competitivas significativas. A tabela 3.4.2 sintetiza a mudança dos regimes de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade dentro do SPIS.

Dimensão	Paradigma tradicional	Novo paradigma
Oportunidade	Baixa. Estratégia de posicionamento no mercado.	Alta. Novos mercados e rotas tecnológicas ainda desconhecidas, com elevado potencial de ganhos de produtividade
Cumulatividade	Baixa. Tecnologia difundida ("na prateleira")	Alta. Exige investimentos em pesquisa e desenvolvimento de longo prazo, diversificando a partir de um núcleo de conhecimentos desenvolvidos na sua grande maioria internamente à firma
Apropriabilidade	Baixa. As inovações são facilmente copiadas pelos concorrentes	Alta. As tecnologias desenvolvidas são proprietárias na sua maioria, possibilitando a extração de eventuais lucros extraordinários por algum tempo

TABELA 3.4.3 – Regimes de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade no setor sucroalcooleiro.

Fonte: Elaboração própria

Antes bastante limitadas a alguns critérios de qualidade, como é característico da comercialização de *commodities*, a diferenciação no novo paradigma implica na constante geração de ativos específicos e recursos especializados, valorizando e empenhando internamente a inovação. Com isso, a oportunidade do setor se amplia, com mais rotas de desenvolvimento tecnológicos “disponíveis”.

A cumulatividade do processo de inovação também é fortalecida. O que se pode observar é que a maior parte das tecnologias desenvolvidas ainda se mantém em escala experimental, carecendo de um aumento na escala e redução nos custos de produção para completar sua entrada no mercado. O investimento de longo prazo é essencial para o sucesso inovativo nesse caso, geralmente com vantagens competitivas para os primeiros a se moverem – *first movers advantage*. Mesmo do lado gerencial, há uma importante curva de aprendizado a se percorrer no novo paradigma.

Como a maior parte das novas tecnologias desenvolvidas para a conversão da biomassa é proprietária, essas podem ser protegidas por patente ou segredo industrial, favorecendo o regime de apropriabilidade e estimulando a inovação pela geração de lucros extraordinários. Conjuntamente, esses fatores reforçam o vetor de investimento em inovação, pois essa passa a ser central no regime de concorrência proposto pela transição do SPIS.

4. Conclusão

À luz do que foi apresentado nos três capítulos, retoma-se a pergunta que vem norteando esse trabalho: Vistas as mudanças ocorridas no setor ao longo das últimas décadas, pode-se dizer que o setor sucroalcooleiro nacional passa por uma transição de paradigmas?

Inicialmente foi apresentada a construção e desenvolvimento do SPIS brasileiro no modelo tradicional de exploração da biomassa. Esse se mostra um paradigma maduro e de liderança tecnológica para o Brasil. No entanto, faz-se a constatação que o setor passa por mudanças estruturais, com impactos sobre a dinâmica competitiva e inovativa existente, colocando em xeque o sistema de produção e inovação.

Primeiramente, o setor reage à sucessão de crises e crescimento com um movimento de consolidação das empresas, que passam a se aglutinar em grupos cada vez maiores, com a participação intensa de multinacionais e de firmas de ramos de atividades diversos. As principais consequências dessa mudança são o maior poderio financeiro e organizacional desses agentes, que passam a racionalizar melhor os recursos e reforçam o *drive* expansivo dos grupos econômicos. O novo perfil das empresas sucroalcooleiras também dá maior credibilidade ao setor, trazendo uma perspectiva de planejamento de mais longo prazo.

Certamente esse é um fator positivo para o aumento da competitividade no setor, pois são aumentadas as escalas de produção, novos modelos de gestão mais eficientes e transparentes são estabelecidos, ativos complementares são agregados à cadeia produtiva e o maior poder financeiro das empresas dá “folego” para investimentos.

Outra fonte de pressão para a efetivação da transição tecnológica e inovativa do setor é a criação de uma corrida tecnológica para os processos avançados de conversão da biomassa. O RFS estabelece diversas metas para a expansão do setor nos EUA, incentivando investimentos em inovação para criação de novos produtos e processos. O principal reflexo desses desenvolvimentos no Brasil é o lançamento do PAISS, um plano de financiamento que visa suprir a crescente demanda por crédito no setor e organizar os projetos inovativo nessa área.

Estabelecendo regras claras para a cessão de créditos, selecionando rotas tecnológicas preferenciais para o desenvolvimento técnico e criando uma janela de oportunidade para esses financiamentos, BNDES e FINEP são capazes de estimular os agentes e tirar da inércia estática a inovação dentro do setor. Os resultados são a formação de *joint ventures* e parcerias entre os agentes para a obtenção do crédito e desenvolvimento do produto.

Portanto, esse motor de inovação também é bem sucedido em promover a transição do setor na direção do novo paradigma, onde a inovação volta a ter papel fundamental na revolução das forças produtivas.

Finalmente, o terceiro evento, a crise agrícola do setor cria pressões no sentido de exigir a retomada dos investimentos em biologia genética da cana e também no desenvolvimento de máquinas agrícolas adaptadas à cultura no Brasil. Alguns movimentos já podem ser observados reforçando do novo paradigma, como a instalação de centros de pesquisa no Cerrado e a nova linha de financiamento do BNDES, o Prorenova. Os resultados, no entanto, ainda são muito incipientes e o desafio ainda permanece em aberto no setor.

O exercício de identificação e análise desses motores buscou colocar luz sobre como o SPIS vem agregando competências de maneira a superar os desafios da biomassa. Verifica-se um aumento da diversidade dentro do sistema, com a entrada de novos membros, trazendo consigo bases tecnológicas diferenciadas e planos de negócios inovadores. O novo paradigma tecnológico e concorrencial também estimula a geração de inovações, pela melhoria dos regimes de oportunidade, cumulatividade e apropriabilidade nesse mercado.

Importante ressaltar que o modelo tradicional e o novo paradigma convivem no setor, havendo importantes complementariedades entre eles. O etanol celulósico pode servir como importante fonte de produtividade associado ao modelo tradicional. A co-geração elétrica também é dependente do modelo tradicional de exploração, havendo melhorias, como desenvolvimento da cana-energia.

Assim, o país deve se aproveitar da posição de liderança tecnológica no setor para sair na frente no desenvolvimento de tecnologias avançadas de conversão da biomassa. É justamente a partir do núcleo de competências das firmas estabelecidas que podem surgir outras rotas tecnológicas eficientes, capazes de se mostrarem competitivas dentro do novo paradigma.

Por isso é tão importante que a transição do SPIS seja feita de maneira consistente e eficiente, permitindo a agregação de competências pelos agentes. As funções do sistema de inovação que foram ativadas devem continuar sendo reforçadas e empenhadas pelos agentes privados e públicos, em vias de criar as sinergias para superação de gargalos tecnológicos e econômicos.

Porém, ainda resta muito a se compreender sobre a transição do SPIS e de outros sistemas de inovação relacionados à biomassa no mundo. No Brasil, ainda falta entender com melhor clareza os resultados dos três motores apresentados.

A mudança do perfil das empresas continua a se processar, havendo consolidações recentes no setor o que ainda deve ter impactos sobre a dinâmica competitiva. O PAISS também

continua colhendo os frutos de seu lançamento, com parcerias sendo fechadas, créditos sendo liberados e projetos sendo implementados. Ademais, esse pode ser o início de uma mudança mais ampla nos mecanismos de financiamento a inovação do setor. Por último, a crise agrícola continua em aberto. As soluções para queda de produtividade e melhor adaptação à mecanização ainda não foram encontradas. O conjunto desses motores abre espaço para pesquisas no campo regulatório, da dinâmica competitiva e concentração industrial, biologia genética, engenharia de equipamentos.

Ademais, do ponto de vista metodológico, sentiu-se falta de uma função de inovação (FSI) que levasse em conta a atuação de uma instituição coordenando os agentes. Apesar do direcionamento de pesquisa ser uma FSI que se aproxime, acredita-se que há espaço para o desenvolvimento de uma nova função que compreenda a atuação de um agente coordenador dentro do sistema. Como desenvolvimento futuro, sugere-se a criação de novas funções de inovação que possam cumprir esse papel.

Bibliografia

- Abarca, C. D. (1999). Inovações tecnológicas na agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil. *Anais 19º ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Rio de Janeiro: ABEPRO.
- Agência Nacional de Petróleo. (01 de 06 de 2011). *Boletim Mensal de Biodiesel*. Acesso em 22 de 07 de 2011, disponível em ANP: <http://www.anp.gov.br/?dw=56326>
- Assumpção, M. R., & Pedro, E. (2003). Capacitação tecnológica em usina do setor sucroalcooleiro. *XXIII ENEGEP - Ouro Preto, MG, Brasil*.
- Baccarin, J., Gebara, J., & Factore, C. (2009). CONCENTRAÇÃO E INTEGRAÇÃO VERTICAL DO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO CENTRO-SUL DO BRASILENTRE 2000 E 2007 . *Informações Econômicas, SP, v.39, n.3*.
- Bittencourt, G. M., Fontes, R. M., & Campos, A. C. (2012). Determinantes das exportações brasileiras de etanol. *Política agrícola, 4-19*.
- BNDES. (2013). *Programa de apoio à renovação e implantação de novos canaviais - BNDES Prorenova*. Acesso em 08 de 08 de 2013, disponível em BNDES: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/prorenova.html
- BNDES, CGEE. (2008). *Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro.
- BNDES, FINEP. (2012). *Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – PAISS*. Acesso em 07 de 2013, disponível em BNDES: www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atuação/Inovacao/paiss/
- Bovespa. (2007). *Bolsa de Valores de São Paulo - Bovespa*. Acesso em 07 de 2013, disponível em Regulamento de listagem do novo mercado: www.bovespa.com.br
- Braga Jr., R. L., Oliveira, I. A., & Raizer, A. J. (2011). Evolução das áreas cultivadas com variedades de cana-de-açúcar no Brasil nos últimos vinte anos. *Revista STAB, v. 30, n. 1, set.-out*.
- Braunbeck, O. A., & Magalhães, P. S. (2010). Avaliação tecnológica da mecanização da cana-de-açúcar. In: L. A. Cortez, *Bioetanol de Cana-de-Açúcar, P&D para Produtividade e Sustentabilidade* (pp. 451-464). São Paulo: Blucher.
- Carlsson, B. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues . *Research Policy Volume 31, Issue 2, 233–245*.

- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1995). On the nature, function and composition of technological systems. In: B. Carlsson, *Technological Systems and Economic Performance: The Case of Factory Automation*. Kluwer Academic Publishers.
- Combs. (1987). Research and Development in the Firm: Strategy and Structure. In: *Technological Innovation and the Firm*.
- Cooke, P., Uranga, M., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy* 26, 475-491.
- COSAN. (2013). *Histórico*. Acesso em 07 de 2013, disponível em COSAN: <http://www.cosan.com.br>
- CTBE. (2013). *Programa Agrícola*. Acesso em 09 de 2013, disponível em Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol: <http://www.bioetanol.org.br/interna/index.php?pg=ODk=>
- CTC. (2012). *Censo Varietal e de Produtividade em 2011*. Acesso em 07 de 2013, disponível em Centro de Tecnologia Canaveieira: http://www.ctcanaveira.com.br/downloads/CTC%20_Censo2011-12baixa.pdf
- CTC. (2012). *Censo Varietal e de Produtividade em 2011*. Acesso em 10 de 10 de 2013, disponível em Centro de Tecnologia Canaveieira: http://www.ctcanaveira.com.br/downloads/CTC%20_Censo2011-12baixa.pdf
- DEBIO. (2012). *Apresentação de resultados do PAISS*. Rio de Janeiro: BNDES.
- Demattê, J. L. (2012). Variedades de cana estão devendo. *Idea News Cana & Indústria, ano 11, n. 41*, 16-24.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. . *Research Policy*, 11, 147-162.
- Dosi, G. (1984). Theory and application to the semiconductor industry. In: *Technical change and industrial transformation*. Macmillan Press.
- Dosi, G. (1988). Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 1120-1171.
- Dunham, F. B. (2009). Co-Evolução da mudança tecnológica e institucional em sistemas de inovação: análise histórica da indústria de álcool combustível no Brasil. *Tese de doutorado*. Rio de Janeiro, RJ: EQ/UFRJ.
- Dunham, F., Bomtempo, J., & Fleck, D. (2011). A estruturação do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro como base para o Proalcoool. *Revista Brasileira de Inovação, Campinas, jan-jun*, 35-72.
- Edquist, C. (2001). The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art. *DRUID Conference*.

- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance*. Pinter Publishers.
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 5-24.
- Furtado, A., Scandiffio, M. I., & Cortez, L. A. (15 de Outubro de 2010). The Brazilian sugarcane innovation system. *Energy Policy*, pp. 156-166.
- Geels, F. (2004). From sectoral systems of innovation to sociotechnical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy* 33, 897-920.
- Goes, T., & Marra, R. (2009). *2009-2010 - Setor sucroenergético frente à crise mundial*. Acesso em 21 de 07 de 2013, disponível em Embrapa: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2009/Setor>
- Goldemberg, J. (2009). Biomassa e energia. *Química Nova vol.32 no.3*.
- Grupo de Economia da Energia. (2013). *Infopetro*. Fonte: Blog.
- Guimarães, E. A. (1982). *Acumulação e crescimento da firma*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- Hekkert, M., Suurs, R. N., Smits, R., & Kuhlmann, S. (2007). Functions of Innovation Systems: A new approach for analyzing technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 74, 413-432.
- Hotta, T., & al, e. (2010). The biotechnology roadmap for sugarcane improvement. *Tropical Plant Biology*, 3, 75-87.
- Hughes, T. (1990). The Evolution of Large Technological Systems. In: W. Bijker, T. Hughes, & T. Pinch, *The Social construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Massachusetts.: The MIT Press.
- INEE. (2003). Geração com resíduos de cana. *Fórum de Cogeração*. Instituto Nacional de Eficiência Energética.
- João, I. S., Porto, G. S., & Galina, S. V. (2012). A posição do Brasil na corrida pelo etanol celulósico: mensuração por indicadores C&T e programas de P&D. *Revista Brasileira de Inovação*, 105-136.
- Lundvall, B. (1993). Explaining interfirm cooperation and innovation: limits of the transaction cost approach. In: G. Grabher, *The embedded firm: on the socioeconomics of industrial networks*. London and New York: Routledge.
- Lundvall, B. A. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: G. Dosi, *Technical change and economic theory*. London: Pinter publisher.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy* 31, 247-264.

- Malerba, F., & Orsenigo, L. (1993). Technological Regimes and Firm Behavior. *Oxford University Press*, pp. 45-71.
- Malerba, F., & Orsenigo, L. (1995). Schumpeterian Patterns of Innovation. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 47-65.
- Marshall, A. (1920). *Principles of Economics*. Londres: Macmillan and Company Ltd.
- Mendes, A. P., & Costa, R. C. (2009). Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. *BNDES Setorial* 31, pp. 253-280.
- Milanez, A., & Nyko, D. (2012). O futuro do setor sucroenergético e o papel do BNDES. In: F. L. Souza, *BNDES 60 anos: perspectivas setoriais 1.ed.* (pp. 62-87). Rio de Janeiro.
- Moraes, B., Ramos, H. R., Soares, M. C., & Almeida, M. I. (2010). Fatores determinantes para a entrada de Investimento Estrangeiro Direto no setor sucroalcooleiro do Brasil. *Congreso Internacional de Estratégia SLADE, 2010*, 1-23.
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change. *Harvard University Press*.
- Neves, M. R., & Batalha, M. O. (2000). Desenvolvimento e novas tendências do setor sucroalcooleiro.
- Nyko, D., Garcia, J., Milanez, A., & Dunham, F. (2010). A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. *BNDES Setorial* n.32, pp. 5-48.
- Nyko, D., Valente, M., Artur, M., Tanaka, A., & Rodrigues, A. (2013). A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural. *BNDES Setorial* 37, pp. 399-442.
- Oliveira, A. M. (2007). As novas fronteiras do agronegócio canavieiro no Brasil: tecendo leituras sobre as condições de trabalho e a segurança alimentar. *Pegada, vol. 8, n. 1*, 47-77.
- Oliver, G. (2011). José Vizioli e o início da modernização tecnológica da agroindústria canvieira paulista (1919-1949). *Dissertação de Mestrado*. Campinas: Instituto de Geociências, UNICAMP.
- Pasin, R., & Neves, M. (2002). Fusões, aquisições e internacionalização da agroindústria sucroalcooleira. *FEA - Ribeirão Preto*.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy Volume 13, Issue 6*, 343-373.
- Porter, M. (2000). Location, Competition and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy. *Economic Development Quarterly* 14, 15-34.

- Possas, M. L. (1996). Competitividade: Fatores Sistêmicos e Política Industrial. In: A. Castro, *Estratégias Empresariais na Indústria Brasileira* (pp. 71-117). Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Possas, M. L. (2002). Estruturas de Mercado em Oligopólio. In: *Economia e Planejamento*. São Paulo: HUCITEC.
- Possas, S. (1993). *Concorrência e competitividade: notas sobre estratégia e dinâmica seletiva na economia capitalista*. Campinas: Tese de doutorado apresentada a UNICAMP .
- Possas, S. (1999). Competitividade: considerações com base na concorrência. In: *Concorrência e Competitividade* (pp. 171-191). São Paulo: Hucitec.
- Prahalad, C., & Hamel, G. (1990). The Core Competence of the Corporation. In: N. J. Foss, *Resources firms and strategies*. Oxford.
- ProCana Brasil. (2012). Anuário da Cana .
- Richardson, G. (1972). The Organisation of Industry. *The Economic Journal*, Vol. 82, No. 327, 883-896.
- RIDESA. (2013). *Histórico* . Acesso em 08 de 21 de 2013, disponível em RIDESA: <http://www.ridesa.agro.ufg.br/pages/38059>
- Rocha, F. (2002). Prevenção estratégica à entrada.
- Rosenberg, N. (1976). *Perspectives on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press, .
- Ruiz, A. U., & Bhawan, R. (2010). Diferenças de comportamento inovador entre empresas nacionais e estrangeiras no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação, Rio de Janeiro*, pp. 29-68.
- Schumpeter, J. (1911). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profit, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*. Londres.
- Schumpeter, J. (1961). *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura.
- Simon, H. (1976). From substantive to procedural rationality. In: F. Hahn, & M. Hollis, *Philosophy and Economic Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Siqueira, P., & Junior, L. (2011). Fusões e Aquisições das unidades produtivas e da Agroindústria da Cana-de-açúcar no Brasil e nas distribuidoras de álcool hidratado etílico. *RERS, Piracicaba vol.48, n.4*, 709-735.
- Soares, S. d., & Paulillo, L. F. (2008). GOVERNANÇA CORPORATIVA EM EMPRESAS SUCROALCOOLEIRAS E DE BIODIESEL:. *Informações Econômicas, SP, v.38, n.3*.
- Takaes, I. (2012). Adaptação regulatória na indústria de biocombustíveis. *Dissertação de Mestrado*. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- Teece, D. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Berkley*, 285-306.
- Teece, D., & Pisano, G. (1994). The Dinamic Capabilities of Firms: an Introduction. *Oxford University Press*, 537-556.
- UDOP. (28 de 01 de 2009). Capital Estrangeiro no Setor Sucroalcooleiro Brasileiro. *Relatório Econômico*, pp. 1-3.
- UNICA. (2013). *UNICADData*. Acesso em 07 de 2013, disponível em UNICA: www.unicadata.com.br
- Utterback, J. (1994). Mastering the Dynamics of Innovation: How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technological Change. *Harvard Business School Press*.
- Utterback, J., & Abernathy, W. (1975). A dynamic Model of Process and Product Innovation. *Omega, The Int. JI of Mgmt Sci Vol. 3, No. 6*, 639–656.
- Varrichio, P. C. (2012). Uma análise dos condicionantes e oportunidades em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais: o caso do setor sucroalcooleiro no Brasil. *Dissertação de Mestrado*. Campinas: UNICAMP.
- Veríssimo, M. P., & Andrade, D. C. (2012). Determinantes econômicos da produção de etanol no Brasil no período 1980–2008. *Revista de política agrícola*, 122-138.
- Watanabe, M. (2001). A desregulamentação do setor sucroalcooleiro e seu impacto na estratégia de produção das usinas no estado do Paraná. *Dissertação de Mestrado*. Porto Alegre: PPGA.