



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**UM ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO
DO BRASIL E DA CHINA NA ÁREA DE COMBUSTÍVEIS
LÍQUIDOS ALTERNATIVOS**

Orientador: Prof. Dr. José Vitor Bomtempo Martins

CHEN CHEN

**RIO DE JANEIRO
2015**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**UM ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO
DO BRASIL E DA CHINA NA ÁREA DE COMBUSTÍVEIS
LÍQUIDOS ALTERNATIVOS**

CHEN CHEN

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 Políticas Públicas,
Estratégias e Desenvolvimento

Orientador: Prof. Dr. José Vitor Bomtempo Martins

RIO DE JANEIRO
2015

CHEN, CHEN

UM ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE
INOVAÇÃO DO BRASIL E DA CHINA NA ÁREA DE
COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS ALTERNATIVOS/ CHEN
CHEN - Rio de Janeiro: UFRJ/IE, 2015.

Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, 2013.

Orientador: José Vitor Bomtempo Martins

**UM ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO
DO BRASIL E DA CHINA NA ÁREA DE COMBUSTÍVEIS
LÍQUIDOS ALTERNATIVOS**

CHEN CHEN

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 Políticas
Públicas, Estratégias e
Desenvolvimento

Aprovada em 22/05/2015

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

Prof. Dr. Ronaldo Bicalho (IE-UFRJ)

Prof^a. Dra. Julia Paranhos (IE-UFRJ)

Dr. Fabrício Brollo Dunham (BNDES)

Agradecimento à ANP/FINEP

Este trabalho foi realizado no contexto do Programa de Recursos Humanos da ANP que, através da parceria ANP/FINEP, forma profissionais especializados para a indústria de petróleo e gás natural.

Através deste programa foram ministradas disciplinas eletivas capazes de fornecer uma maior compreensão das peculiaridades da indústria mundial de petróleo, abrangendo assuntos pertinentes ao novo cenário político e institucional das indústrias de energia.

A participação dos alunos bolsistas em seminários, simpósios e congressos foi muito importante no sentido de aumentar o contato dos bolsistas com os reais atributos e dificuldades das indústrias de petróleo e gás natural.

Gostaria de agradecer ao Programa de Recursos Humanos da ANP, em especial ao PRH-21, por auxiliar o desenvolvimento dos conhecimentos relativos às indústrias de combustíveis líquidos alternativos, e a conclusão desta monografia.

AGRADECIMENTOS

É chegado o final de mais uma etapa. Meus agradecimentos vão a todos que tornaram essa missão possível. Aos meus pais e ao querido Erasto, que me apoiaram incondicionalmente. Ao Grupo de Economia da Energia da UFRJ, que através do PRH – Petrobras forneceu toda infraestrutura para a realização desse trabalho. Ao meu orientador, professor José Vitor Bomtempo Martins, que me apresentou ao tema e com muita paciência ajudou a transformar algumas ideias em artigos e finalmente nessa dissertação. À minha amiga, Anke Cordeiro Moraes, e todos os meus colegas da UFRJ e do Rio de Janeiro que me proporcionaram uma estadia confortável e dois anos inesquecíveis longe de casa. Seria impossível sem vocês. Obrigada.

*- Deve haver alguma coisa de semelhante entre
a China por assim dizer eterna e o jovem e
ainda verde Brasil.*

Gilberto Freyre

RESUMO

CHEN, Chen. **Um Estudo Comparativo dos Sistemas de Inovação do Brasil e da China na Área de Combustíveis Líquidos Alternativos**. Rio de Janeiro. 2015. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Devido a motivos tais como a segurança energética, a flutuação do preço de petróleo e as preocupações ambientais, a busca por combustíveis líquidos de fontes não petróleo tornou-se uma solução para muitos países. O Brasil, contando com a plantação de cana de açúcar, primeira planta comercial do então colônia de Portugal, é segundo maior produtor de bio-etanol do mundo. No outro lado do mundo, a China, com uma reversa abundante de carvão, emergiu, nos últimos anos, como um líder na área de liquefação de carvão.

Apesar de ter acontecido em diferentes épocas, motivos parecidos, tais como a preocupação energética e o preço alto de petróleo, explicam as escolhas originais de combustíveis líquidos alternativos (CLA) dos dois países. Porém, por causa das diferenças que existem entre os sistemas setoriais de inovação que vêm crescendo ao redor dos dois setores, o setor escolhido de cada país apresenta-se com características muito distintas.

O presente trabalho tem como base teórica a abordagem de sistema de inovação (SI) enfatizando a importância da dimensão institucional no processo inovativo. Depois de uma descrição do desenvolvimento dos setores de CLA do Brasil e da China, o estudo faz uma análise comparando os dois sistemas setoriais de inovação levando na consideração, especialmente, a importância do aspecto institucional dos SI. O estudo oferece uma referência de informação sobre o desenvolvimento do setor de CLA nos

dois países e contribui para compreensão dos elementos de base que estruturam as políticas públicas no setor de CLA nos três países em análise.

Palavra-chave: Combustíveis Líquidos, Combustíveis Alternativos, Sistema de Inovação, China, Brasil.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEAC: Álcool Anidro

AEHC: Álcool Hidratado

ANP: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

CAS: Academia Chinesa de Ciências

CCRI: Instituto de Pesquisa de Carvão da China

CLA: Combustível Líquido Alternativo

CNAL: Conselho Nacional de Álcool

CTA: Centro de Tecnologia Aeronáutica

CTC: Centro de Tecnologia Canavieira

CTL: Coal-to-Liquids

DCL: Liquefação direta de carvão

DCI: Departamento dos Combustíveis Industriais

DICP: Dalian Instituto de Física Química

DIP: Departamento Industrial de Petróleo

DMTO: Double Methanol to Olefin

DOE: Departamento de Energia

EIA: Administração da Informações Energéticas dos Estados Unidos

EISA: The Energy Independence and Security Act

EPA: Energy Policy Act

Esalq: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

EUA: Estados Unidos da América

FFV: Veículo de Combustível Duplo

FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos

FMTP: Fluidized Bed Methanol to Propylene

FMPRC: Ministério de Relações Exteriores da China

FSI: Funções dos Sistemas de Inovação

F-T: Fischer –Tropsch

FYP: Plano Quinquenal

IAA: Instituto de Açúcar e Alcool

ICA: Instituto Campinas de Agronomia

ICL: Liquefação Indireta do Carvão

IEA: Agência Internacional de Energia

INT: Instituto Nacional de Tecnologia

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

JAC: Job Creation Act

MCI: Ministério da Indústria do Carvão

MIC: Ministério de Comércio

MIIT: Ministério de Indústria e Tecnologia da Informação

MOST: Ministério de Ciência e Tecnologia

MTBE: Éter Metil-Terc-Butílico

MTO: Technology of Methanol to Olefin

NBR: Departamento Nacional das Pesquisas Asiáticas

NCST: Comissão Estatal de Ciência e Tecnologia

NDRC: Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma

NEP: Número de Empresas Participantes

OPEC: Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PAISS: Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico

P&D: Pesquisa e Desenvolvimento

PIB: Produto Interno Bruto

Planalsucar: Programa Nacional de Melhoramento de Cana-de-Açúcar

PMO/CTA: Departamento de Motores do Centro Técnico Aeroespacial

PPED: Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento

Proálcool: Programa Nacional do Álcool

RFS: Renewable Fuels Standard

RIDESA: Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro

RPC: República Popular da China

SI: Sistema de Inovação

SINOPEC: Corporação de Petroquímica da China

SMFT: Two-stage Slurry-Phase /Fixed Bed FT Synthesis Processes

SPIS: Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro

STI: Secretaria de Tecnologia Industrial

SXICC: Instituto de Química de Carvão de Shanxi

SFP: Sexto Fábrica de Petróleo

UCTLC: Universidade de Ciência e Tecnologia do Leste da China

UDOP: União dos Produtores de Bioenergia

UMTB: Universidade de Mineração e Tecnologia da China

USDA: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	16
1. Segurança Energética e Os Combustíveis Líquidos Alternativos (CLA)	17
2. Por Que Escolher o Brasil e a China?	19
Capítulo I: Revisão Bibliográfica	23
1. Sistema de Inovação	23
1.1 Sistemas Nacionais e Regionais de Inovação	24
1.2 Sistemas Setoriais de Inovação	26
2. Componentes dos Sistemas Setoriais de Inovação	27
2.1 Transformação Dinâmica dos Sistemas de Inovação	31
3. Funções Desempenhadas pelos Sistemas de Inovação	32
Capítulo II: Metodologia.....	39
1. Passos de Pesquisa	43
Capítulo III: Caso Brasileiro de Bioetanol como Combustível	52
1. Análise da Primeira Fase (1975 a 1990): Expansão do Mercado	53
2. Análises da Segunda Fase (1991 a 2002): Estagnação	62
3. Análises da Terceira Fase (2003 a 2010): Recuperação	66
4. Análises da Quarta Fase (2011 à atualidade): Crise Recente.....	71
Capítulo IV: Combustíveis Líquidos a partir do Carvão (CTL) na China	76
1. O Surgimento (1930 a 1978).....	78
2. Análise da Primeira Fase: Recuperação e Fundamento Tecnológico (1978 a 2000)	81
3. Análise da Segunda Fase: Crescimento Rápido (2001 a 2005)	86
4. Análise da Terceira Fase: Reestruturação e Controle (2006 a 2010).....	92
5. Análise da Quarta Fase: desenvolvimento cauteloso (2011 à atualidade)	98
Capítulo V: Discussão Comparativa	104
1. Discussão das Três Categorias	105
1.1 Primeira Categoria	106
1.2 Segunda Categoria	110

1.3 Terceira Categoria	112
2. Discussão Conclusiva	112
Capítulo VI: Considerações Finais	116
Referências Bibliográficas:	121

INTRODUÇÃO

As atividades humanas estão estreitamente dependentes na utilização de diversas formas e fontes de energia para serem realizadas. Quanto maior a quantidade de trabalho a ser cumprida, mais energia será consumida (Rodrigue & Comtois, 2014). Por isso, podemos afirmar que o desenvolvimento contínuo da economia mundial está fortemente correlacionado com maiores níveis de consumo de energia. Até o final do século XX, a utilização de petróleo transformou completamente o cenário energético do mundo. A ênfase sobre os produtos petrolíferos como o principal fornecedor de energia atingiu o ponto em que a economia mundial depende intensamente dos motores de combustão interna e de suas indústrias de apoio. Além disso, sob o impacto adicional da aceleração e expansão de globalização, que aumentou tanto a quantidade como a qualidade da troca de pessoas, mercadorias e informações, o setor industrial e o setor de transporte tornaram-se os principais setores consumidores de energia (Rodrigue & Comtois, 2014). Devido à dependência quase total nos motores de combustão interna, o setor de transporte tem aumentando fortemente a demanda dos combustíveis líquidos, principalmente os derivados do petróleo. De acordo com os dados lançados pela Agência Internacional de Energia (IEA), em 2012, o setor de transporte sozinho foi responsável por 63.7% do consumo total de petróleo.

Por um lado, o cenário dominante de petróleo tem contribuído enormemente para o crescimento da economia mundial facilitando através de diversas formas a vida das pessoas. Por outro lado, a sociedade moderna desenvolveu, ao longo do tempo, uma dependência fatal no petróleo, o que faz com que a economia mundial se tornasse extremamente sensível e, ao mesmo tempo, vulnerável em frente a qualquer mudança no mercado de petróleo, especialmente durante as épocas de crise (Lefton & Weiss,

2010). Nas últimas décadas, a dependência do petróleo tem sido muito bem ilustrada pelas tendências similares que a curva de crescimento econômico e a de consumo de petróleo têm mostrado, ou seja, quando o consumo de petróleo cresce, a economia também cresce, e quando o mercado de petróleo se encontra em crises, a economia mundial sofre de recessões.

1. Segurança Energética e Os Combustíveis Líquidos Alternativos

(CLA)

Além das recessões econômicas causadas pelas crises de petróleo, a dependência de petróleo do mundo moderno tem gerando outro problema crucial: a segurança energética. A segurança energética hoje é um dos assuntos que mais preocupa os governos de todo o mundo. Mais estritamente concebido, este conceito pode ser interpretado como a autossuficiência energética de um estado (CAI Guotian & ZHANG Lei, 2005). Neste caso autossuficiência energética, ou seja, independência energética, o tema vem ganhando força impulsionado pela inevitável e crescente dependência dos países mais desenvolvidos em relação ao petróleo de zonas exportadoras, o Oriente Médio por exemplo. Porém, recentemente, o assunto já se tornou numa realidade inegável para os países emergentes, tais como a China e a Índia, resultado dos seus crescimentos acelerados e persistentes nas últimas décadas (ZHANG Lei, 2007).

A fim de ilustrar melhor a gravidade que os países importadores estão confrontando, usa-se neste trabalho a experiência da China como um exemplo. De acordo com o Ministério de Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT) da China, com uma taxa de dependência de 6,7%, a China se transformou em 1993 de exportador em um importador de petróleo. Desde então, devido à incapacidade de acompanhamento da

produção nacional, a importação de petróleo da China tem assumindo uma tendência de aumento retilíneo (HOU, Jianwei, 2006). De acordo com o Departamento Nacional das Pesquisas Asiática (NBR), com uma dependência maior de 60%, o país se tornou em 2014 o maior importador de petróleo, ultrapassando os EUA¹.

Para os países que se encontram em situações parecidas, um dos problemas mais urgentes é o de como garantir suprimento de petróleo suficiente e estável. A solução mais direta da realização de independência energética é aumentar a produção nacional (HOU, Jianwei, 2006). Porém para um país como a China, cuja demanda energética está aumentando fortemente, as limitações (quantitativas e geográficas) das reservas de petróleo têm provado que a segurança energética não se limita somente ao suprimento de energia. Para estes países importadores, além de acomodar os interesses dos países exportadores em um jogo geopolítico cada vez mais complexo e, muitas vezes, ser prejudicados pelas tensões e conflitos regionais, as oscilações do preço do petróleo têm dificultando mais ainda a situação (RAO, Danzheng, 2006).

Por outro lado, quando se pensa no assunto de segurança energética com uma visão mais ampla, é inevitável perguntar-se, já que o petróleo é um recurso fóssil com reservas limitadas, o que aconteceria quando essas reservas se esgotarem? Esta preocupação com o esgotamento das reservas causou apreensão entre os países alguns anos atrás. Porém, posteriormente, com as novas descobertas de reservas de petróleo, tais como as reservas de petróleo das areias betuminosas no Canadá e as reservas de petróleo e gás de xisto nos EUA, a discussão deixou de ser um tópico recorrente hoje em dia.

Apesar disso, a elevada dependência do petróleo no setor de transporte permanece um obstáculo preocupante. Em termos de soluções, muitos apontam para o caminho

¹ Reportagem sobre a China lançada pelo Departamento Nacional das Pesquisas Asiática (NBR) em 24/07/2014. http://nbr.org/downloads/pdfs/eta/Weidong_interview_072414.pdf

de carros de energias novas, principalmente carros elétricos. Entretanto, devido às dificuldades que ainda existem nas áreas de tecnologia, infraestrutura e comercialização, a transformação do setor de transporte pela substituição completa de carros elétricos não será realizada no futuro próximo. Uma solução imediata que ajuda a aliviar a situação é a utilização de combustíveis líquidos alternativos (CLA) derivados de outras fontes energéticas. No presente estudo, quando se pensa no termo CLA, dois tipos de combustíveis líquidos são incluídos: biocombustíveis, ou mais especificamente o bioetanol no caso brasileiro, e combustíveis sintéticos derivados do carvão, ou seja, os combustíveis líquidos derivados dos processos *coal-to-liquids* (CTL) da China.

2. Por Que Escolher o Brasil e a China?

O Brasil e a China, sendo ambos membros tanto dos países do BRICS quanto do G20², são maiores economias em desenvolvimento nas regiões onde se situam. Além disso, os dois países possuem uma ampla gama de interesses comuns em relação a muitos assuntos internacionalmente estabelecidos nos campos da política, economia, ciência e tecnologia, e cultura, o que têm oferecido amplas oportunidades de cooperações bilaterais. Em 1993, foi estabelecida uma parceria estratégica entre o Brasil e a China, o que foi redefinida, em 2012, como uma parceria estratégica abrangente³. O ano de 2014 marca o 40º aniversário do estabelecimento das relações diplomáticas entre os dois países, resultando num aprofundamento da parceria previamente estabelecida e iniciando uma nova era diplomática. Atualmente, busca de objetivos mútuos e de reforçar os interesses comuns dos países do mundo em desenvolvimento, a relação sino-brasileira tem se transformado num fator cada vez mais importante no cenário mundial. Isso faz com que a cooperação entre os dois

² G20 (abreviatura para Grupo dos 20) é um grupo formado pelos ministros de finanças e chefes dos bancos centrais das 19 maiores economias do mundo mais a União Europeia.

³ Parceria Estratégica de Longo Prazo entre o Brasil e a China, Ministério de Relações Exteriores (FMPRC) da China. http://www.fmprc.gov.cn/mfa_chn/ziliao_611306/wjs_611318/2159_611322/t8996.shtml

países e a necessidade de conhecimento mútuo em todos os aspectos se tornem não somente inevitáveis, mas também indispensáveis.

Entre as áreas de cooperação, o campo energético, tanto as energias convencionais, por exemplo, o petróleo, quanto as fontes energéticas não convencionais, tais como energia solar, hidrelétrica e eólica, têm ocupado uma importância cada vez maior no cenário do comércio bilateral. Porém, em vez de concentrar e estudar as trocas comerciais no mercado energético entre o Brasil e a China, o presente estudo tem como *objetos de pesquisa* dois setores específicos e característicos de cada país nos seus âmbitos nacionais, ou seja, o setor de bioetanol do Brasil e a indústria de combustíveis líquidos derivados do carvão (CTL) da China

Por um lado, quando se pensa nos biocombustíveis, pensa-se no Brasil. O etanol brasileiro – produzido a partir da cana de açúcar - é um conhecido caso de sucesso inovativo e produtivo em todo mundo. Por outro lado, em termos da tecnologia de Coal-to-Liquids (CTL), apesar de que já foi utilizada por vários países para enfrentar a falta de petróleo, tais como a Alemanha depois da primeira Guerra Mundial e a África do Sul durante o embargo de petróleo do final da década de 1970, hoje em dia, é a China que possui a maior produção de CTL do mundo (ZHOU, Ailiang & FU, Bianjiang, 2007).

Com mais de um século de experiências e tentativas, tanto a indústria de bioetanol do Brasil como o setor de CTL da China já alcançaram a fase de produção comercial. Sendo dois setores relativamente novos, este sucesso somente foi alcançado através da existência de dois sistemas de inovação (SI) de apoio, que incentivaram e, por fim, se beneficiaram das políticas de incentivo governamental e da organização e interação dos agentes tanto públicos quanto privados. Por isso, levando em consideração as diferenças que existem entre o Brasil e a China nos aspectos tais como as

matérias-primas e tecnologias utilizadas e as influências econômicas, políticas e culturais, o presente estudo tem como o **objetivo** avaliar e comparar o funcionamento geral dos dois SI que vem sendo construídos ao redor das duas indústrias.

A fim de realizar tal objetivo, deve-se, em primeiro lugar, responder às **perguntas de pesquisas**: Como os agentes dos SI influenciam o desempenho geral de cada um dos SI em análise? Como o funcionamento de cada SI influencia o desenvolvimento de setor como um todo. Com a finalidade de propor explicações para os fatos de análise e ao mesmo tempo orientar a busca de outras informações, foi definida a seguinte **hipótese de pesquisa**: o desempenho geral de SI de um determinado setor durante o seu processo de desenvolvimento é fortemente influenciado tanto pelas diferenças estruturais dos dois sistemas quanto por fatores econômicos, políticos e culturais.

A seguir, será apresentada a estrutura da pesquisa. No Capítulo I, é feita uma revisão teórica que se concentra nas principais teorias de sistemas de inovação (SI) com ênfase nos sistemas setoriais de inovação. Além disso, são apresentadas duas ferramentas de pesquisa: o conceito de divisão dos componentes de SI por Malerba e, mais importante, a abordagem de funções de sistema de inovação (FSI) que foi apresentada por Hekkert *et al* (2007). No Capítulo II, é explicada a metodologia utilizada para a realização do estudo. Os Capítulos III e IV se concentram, em primeiro lugar, no mapeamento dos principais eventos que aconteceram durante os processos de desenvolvimento dos SI em análise. Cabe, aqui, introduzir a **delimitação de pesquisa**. No Capítulo III do caso do Brasil, serão escolhidos os eventos acontecidos entre o ano de 1975 e a atualidade e no Capítulo IV do caso chinês serão mapeados os eventos a partir do ano de 1978 até os dias atuais. Em segundo lugar, serão apresentadas análises dos eventos, encaixando-os dentro do arcabouço teórico proposto das FSI. É importante ressaltar que um evento pode contribuir positiva ou negativamente para o funcionamento do sistema de inovação. Portanto, todas as

funções encontradas que correspondem a os eventos são classificadas como positiva ou negativamente ativadas. O Capítulo V oferece uma discussão comparativa sobre os resultados analíticos dos Capítulos III e IV. Por fim, o Capítulo VI traz algumas considerações finais.

Antecipando o resultado do trabalho, a presente análise indutiva indica que o desempenho positivo de um SI pode ocorrer quando os arranjos institucionais dentro dos SI interagem e cooperam de tal forma que permitam um ciclo virtuoso onde as FSI ativadas possam atuar positivamente gerando ou capturando o valor proporcionado pela tecnologia. Além disso, o estudo também identificou que a sustentabilidade do desempenho positivo de SI depende da existência contínua deste ciclo virtuoso. Por outro lado, aprofundando mais especificamente a opinião de Hekkert et al. (2007), que acha que o cumprimento de uma determinada função provavelmente tem seus efeitos sobre o cumprimento de outras funções, o presente estudo argumenta que o cumprimento positivo de uma determinada função pode na verdade levar a um cumprimento negativo de outras funções, quando elas não conseguem interagir umas com as outras de forma adequada. Este fenômeno é capaz de quebrar o ciclo virtuoso anterior e, assim, levar a uma estagnação de todo o progresso.

Capítulo I: Revisão Bibliográfica

Conforme apresentado, o foco principal da presente dissertação é realizar um estudo comparativo sobre os sistemas setoriais de inovação. A fim de perseguir esse objetivo do estudo, foi realizada uma revisão da literatura enfatizando as teorias de sistema setorial de inovação. A pesquisa utilizou as bases internacionais de dados Elsevier (www.sciencedirect.com). A bibliografia das disciplinas sobre sistema de inovação do programa (PPED) serviu de orientação para a busca e atualização das referências.

1. Sistema de Inovação

Depois de uma leitura das primeiras abordagens sistemáticas sobre as atividades econômicas, tais como a análise da oferta e demanda proposta por Leontief (1941) e a discussão de tensão estrutural e progresso econômico de Dahmén (1950), percebe-se que a inovação não era considerada como ponto central de ferramentas nas análises. De fato, o termo inovação foi introduzido para a literatura de desenvolvimento econômico pelo Schumpeter (1911). O autor argumenta que a inovação é a causa principal do desenvolvimento econômico e do desequilíbrio do sistema econômico. Segundo o autor, os empresários são os principais responsáveis de inovações, o que lhes permitiu realizar novas combinações produtivas. Porém, ele também admitiu que os funcionários, gerentes e diretores eram capazes de executar funções empresariais. Mais tarde, Schumpeter aperfeiçoou sua ideia apontando que grandes corporações eram capazes de realizar inovações em uma escala maior nos seus laboratórios

industriais.

O papel das pesquisas científicas e tecnológicas, que têm como objetivo inovar, realizadas fora das firmas foi enfatizado na literatura de ciência política por autores tais como Bernal (1939) e Vannevar Bush (1945). Os autores demonstraram a importância da ciência básica para o progresso econômico e social. Porém, eles compartilhavam a ideia com Schumpeter acreditando que pesquisas científicas tinham uma lógica interna que era bastante diferente das pesquisas econômicas com fins lucrativos conduzidos pelas firmas.

1.1 Sistemas Nacionais e Regionais de Inovação

O conceito de sistema nacional de inovação tem como objetivo integrar diversos tipos de organizações com papéis institucionais muito diferentes no processo de inovação. Para o filósofo argentino Bunge (1979, 1999), *apud* Dunham, 2009, sistema é todo objeto complexo formado por componentes que estejam relacionados a, pelo menos, outro componente. Segundo o autor, análises de um determinado sistema devem envolver os conceitos de composição, meio-ambiente, estrutura e mecanismo. O estudo de Freeman (1987) - *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan* – foi o primeiro trabalho publicado com o conceito de sistemas nacionais de inovação. Neste trabalho, além de definir que os sistemas nacionais de inovação envolvem a rede de instituições do setor público e privado cujas atividades e relações sejam importantes para a difusão de novas tecnologias, o autor ofereceu evidências empíricas da economia japonesa, mostrando como as instituições nacionais foram importantes para o sucesso do *catch-up* tecnológico do país após II Guerra Mundial, criando um sistema educacional de qualidade e uma cultura logística

eficiente.

Lundvall (1988) também contribuiu muito para a definição de sistema de inovação, colocando maior ênfase nas interações entre firmas, fornecedores e produtores, como agentes promotores da inovação. Segundo o autor, um sistema de inovação consiste num conjunto de componentes discretos e nas interações entre eles. Dada a estrutura industrial de um determinado setor, os atores do setor precisam interagir através de fluxos financeiros, produtivos e de conhecimento.

Aprofundando a discussão sobre as interações, nos seus estudos, Carlsson (2002) e Edquist (2001) propõem que as firmas não inovam sozinhas. As inovações acontecem durante as interações que ocorrem entre organizações empresariais e não empresariais, como universidades, centros de pesquisa, agências governamentais, instituições financeiras e outras. Além disso, Lundvall (1988) chamou atenção de que a organização dos sistemas de inovação ainda é influenciada por fatores econômicos, políticos e culturais que ajudam a determinar a escala, direção e sucesso de todas as atividades de inovação.

O conceito de sistema nacional de inovação não somente iniciou a discussão da abordagem sistemática sobre a inovação, mas também inspirou outras derivações teóricas ao redor dele. Segundo Doloreux e Parto (2005), o conceito de sistemas regionais de inovação ganhou atenção dos formuladores de políticas públicas e pesquisadores acadêmicos como uma ferramenta para compreender o processo de inovação em economias regionais na década de 1990. Cooke, Uranga e Etxerbarria (1997) trabalharam a perspectiva regional tentando explicitar o impacto da localização de indústrias de alta tecnologia, parques tecnológicos, redes de inovação e políticas públicas de incentivo à inovação (Dunham, 2009).

Resumindo, com uma extensão geográfica diferente, os conceitos de sistema nacional de inovação e o de sistema regional de inovação são muito parecidos incluindo a interação entre instituições, organizações e empresas, públicas e privadas, para a geração, uso e difusão de tecnologias e conhecimentos. (DOLOREUX, 2002). Porém, os dois conceitos também têm em comum o fato de terem fronteiras estáticas, ou seja, tratam dos sistemas de inovação como mecanismos imutáveis que não evoluem ao longo do tempo. Por isso, sua aplicação não permite extrair informações que detalhem o processo de evolução dos sistemas de inovação.

1.2 Sistemas Setoriais de Inovação

Malerba foi o autor que introduziu o conceito de sistema setorial de inovação na literatura, ressaltando que este conceito seja complementar a outras abordagens que foram apresentadas acima. Além disso, o autor ainda argumenta que a aplicação do conceito de sistema de inovação no âmbito setorial também traz contribuição para a ideia de sistemas de inovação na abordagem evolucionária, utilizando a noção do processo inovativo como cumulativo, iterativo e específico.

No seu artigo de 2002 - *Sectoral systems of innovation and production* - Malerba definiu sistemas setoriais de produção e inovação como aqueles compostos por um conjunto de agentes realizando interações de mercado e de não-mercado, por exemplo as atividades de fiscalização do Estado, para a criação, produção e venda de produtos setoriais. Nesta definição elaborada pelo autor, deve ser destacado que as atividades produtivas são tratadas como parte do sistema de inovação.

Ainda neste mesmo estudo, Malerba concluiu que um setor é um conjunto de atividades unificadas por um grupo comum de produtos para atender uma demanda, existente ou potencial, caracterizado por uma base de conhecimento comum. Num setor as empresas possuem certas semelhanças, mas, ao mesmo tempo, também são diferentes. Para o autor, os sistemas setoriais possuem uma base de conhecimento, tecnologias, entradas e demandas, potenciais ou existentes. Os agentes dos sistemas setoriais de produção e inovação são organizações ou indivíduos que se relacionam através do processo de comunicação, troca, cooperação, competição e comando, e sua relação é moldada pelas instituições.

2. Componentes dos Sistemas Setoriais de Inovação

A fim de atender a necessidade de especificar quais são os componentes que efetivamente fazem parte de um sistema setorial de inovação, no seu texto publicado em 2004, - *Sectoral systems of innovation: basic concepts* – Malerba dividiu os componentes constituintes em três blocos - conhecimento, processo de aprendizagem e tecnologias; agentes e redes de relacionamento; instituições - defendendo que esta divisão seja condição necessária para o estabelecimento de relações entre os próprios componentes.

Na sua descrição do primeiro bloco - conhecimento, processo de aprendizagem e tecnologias – Malerba ressaltou que qualquer setor pode ser caracterizado por sua base de conhecimento e tecnologias específicas. É importante notar que o conhecimento é a base de qualquer mudança tecnológica e na maioria das vezes existe mais de uma tecnologia relevante em um sistema de inovação. Devido às diferenças que existem entre as rotas de evolução das diferentes tecnologias, os sistemas setoriais

de inovação apresentam-se como processos evolucionários muito distintos.

Além disso, segundo Malerba, o conhecimento não é automática e livremente difundido, e difere entre os setores em termos de seu domínio. O primeiro domínio de conhecimento refere-se aos campos específicos da ciência e tecnologia na base das atividades de inovação de um setor. O segundo domínio são as aplicações, usos e demandas por produtos setoriais. Continuando a discussão, Malerba ainda enfatizou que o conhecimento também difere em funções do grau de acessibilidade, oportunidade e capacidade de acúmulo. São esses fatores que nos levam a pensar na noção de regime tecnológico e de aprendizado, ou seja, o ambiente onde as firmas promoverão suas inovações. Esclarecendo, através dos mecanismos de proteção, quando maior a oportunidade de se apropriarem das inovações, maior é o incentivo a esse tipo de investimento. Por outro lado, quando mais cumulativo for o processo inovativo, mais difícil de copiar os seus resultados e, como consequência, maior será a estabilidade da configuração setorial (Verges, 2013).

O segundo bloco de componentes são agentes empresariais e não empresariais e redes de relacionamento. Como já foi apresentado, de acordo com Malerba, um setor é composto de agentes heterogêneos que interagem através de várias formas de relacionamentos de mercado e não-mercado. Contudo, o autor enfatiza que nos sistemas setoriais de inovação, os principais agentes são os empresariais, ou seja, as empresas, porque são elas que estão envolvidas na inovação, produção e venda de produtos setoriais, assim como na geração, adoção e uso de novas tecnologias. As empresas são caracterizadas por suas crenças, expectativas, competências e organização, estando engajadas nos processos de aprendizado e acúmulo de competências.

Outros agentes centrais que participam do segundo bloco desta classificação dos

componentes dos sistemas setoriais de inovação são as organizações não empresariais, tais 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. É preciso ressaltar que, como cada setor possui suas características próprias e cada análise tem o seu próprio objetivo, nem sempre as empresas são a melhor unidade de análise.

Continuando com a explicação, de acordo com Malerba, o terceiro bloco de componentes trabalha as instituições. As 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.

A fim de definir e explicar melhor os componentes da classificação de Malerba, serão apresentadas a seguir as opiniões de dois autores: Nelson e North. Completando a discussão sobre o segundo bloco dos componentes dos sistemas setoriais de inovação, Nelson (1994), no seu texto *The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions*, destacou o papel do Estado e dos demais agentes institucionais, ou seja, os agentes não empresariais, revisando as relações que existem entre as mudanças tecnológicas e as mudanças institucionais. Observando os agentes da sociedade que têm um papel fundamental a desempenhar no processo de formação, difusão e utilização das novas tecnologias, o autor concluiu que a evolução das instituições relevantes para o bom funcionamento das tecnologias é um processo complexo, que envolve governo, empresas privadas, associações de classe, sociedades técnicas, universidades, tribunais, sistema legislativo, etc. Segundo o autor, a atividade governamental pode ser ainda mais requisitada em função das características da tecnologia. Um dos exemplos dados pelo autor é o uso de automóveis em larga

escala, para qual a sociedade precisou se organizar para construir e manter estradas e ruas.

Continuando a discussão, Nelson (2008) ainda concluiu que a evolução institucional é mais incerta do que a evolução tecnológica. Segundo o autor, as tecnologias são mais fáceis de serem especificadas, controladas e replicadas do que as instituições, que são abertas para uma gama de motivações humanas. Na maior parte dos casos é mais difícil identificar a eficiência da mudança institucional do que da mudança tecnológica. A adoção de um novo padrão institucional pode ser rápida e frutífero se houver um problema bem definido necessitando de solução institucional. Nessas condições a mudança institucional tem um potencial maior de ser implementada rapidamente.

Discutindo sobre os componentes do terceiro bloco da mesma classificação, North (1990) definiu que as instituições são as regras básicas do jogo, ou seja, formas de reduzir a incerteza e de capturar valor nas relações da sociedade. As instituições proveem a estrutura básica através da qual as atividades humanas são ordenadas, reduzindo a incerteza nas transações. As instituições podem ser informais (normas de comportamento, códigos sociais de conduta, etc.) ou formais (leis e regras). Ambas as formas envolvem obrigações. Conforme a sociedade se torna mais complexa torna-se necessário que uma terceira-parte desempenhe o papel de fiscalização o que, normalmente, é realizado pelo Estado através do seu poder de coerção. Como as instituições são constituídas por pessoas com diferentes interesses e poderes de barganha, os padrões institucionais variam em termos de sua eficiência. Uma vez que a formação das instituições é um processo cumulativo, os padrões menos eficientes podem persistir por um longo período, resultando em restrições ao desenvolvimento econômico.

2.1 Transformação Dinâmica dos Sistemas de Inovação

Ao apresentar os componentes de sistemas de inovação, Malerba (2004) estudou o processo de transformação dinâmica dos sistemas, enfatizando o fato de que as fronteiras setoriais não são estáticas. Dois processos provocam a evolução das fronteiras dos sistemas: a criação de variedades e a seleção.

O processo de criação de variedades se refere aos produtos, tecnologias, empresas e instituições, assim como as novas crenças e estratégias que os agentes passam a adotar. A criação de novos agentes é particularmente importante na dinâmica da fronteira dos sistemas setoriais. Ao apresentarem novas abordagens, os agentes contribuem com a mudança na população dos agentes da economia, assim como na transformação das tecnologias utilizadas e nos processos de produção.

A seleção de variedades desempenha o papel de reduzir a heterogeneidade. A seleção se aplica às empresas, produtos, tecnologias e demais componentes do sistema. A seleção se dá por meio de mecanismos de mercado e de não-mercado, tais como as políticas de compras públicas. A seleção define o crescimento e o declínio dos grupos de atores, além de reduzir a faixa de atuação na qual as organizações trabalham. A seleção pode ser mais ou menos intensa e frequente, variando em função do setor em análise.

Além disso, Malerba (2004) enfatizou ainda outro fator que também possui um peso relevante nas transformações dos sistemas de inovações: o papel da demanda. Diferenças nas condições de demanda influenciam na competência das firmas, em

suas crenças e na forma como se organizam. A demanda representa um estímulo à inovação e uma restrição de mercado. Em conjunto com as tecnologias, a demanda define a natureza dos problemas que as empresas devem solucionar com as atividades de produção e inovação.

3. Funções Desempenhadas pelos Sistemas de Inovação

O desenvolvimento das abordagens teóricas sobre os componentes e fatores de transformações nos permitiu uma melhor compreensão sobre a estruturação e o processo de evolução dos sistemas de inovação, apresentando uma visão mais abrangente e sistemática. Porém, como foi colocado por Dunham (2009), é preciso distinguir entre componentes e FSI porque os componentes de um sistema de inovação não justificam a existência ou delimitação de sistemas de inovação por si só.

De acordo com o filósofo Bunge (1979, 1999), *apud* Dunham, 2009, a análise mais simples do conceito de sistema envolve os conceitos de componentes, o conjunto de relações entre os componentes, meio-ambiente e mecanismo. O meio-ambiente de um sistema é o conjunto de elementos que agem sob ou sobre os componentes do sistema, tais como fatores culturais ou ambientais. O mecanismo, por outro lado, é formado pelos processos internos que promovem a interação dentro do sistema, ou seja, são as funções desempenhadas pelos sistemas.

No caso dos sistemas de inovação, como observado por Edquist (2005), todos os sistemas exercem uma mesma função geral: a geração, difusão e uso de inovações. Porém, é preciso ainda estudar com mais atenção quais são as funções específicas que servem como fatores determinantes na geração, difusão e uso de inovações. Além

disso, convém lembrar de que os sistemas de inovação são diferentes devido aos motivos tais como o tamanho da extensão geográfica e a área de concentração, o que faz com que, apesar de terem funções gerais parecidas, cada sistema possui suas funções específicas. Resumindo, a fim de realizar análises de qualidade dos sistemas de inovações, é imprescindível estudar as funções específicas de sistema de inovação (FSI) pois elas são atividades essenciais para o sucesso do sistema de inovação.

Hekkert *et al* (2007) consideram que os modelos utilizados na análise dos sistemas de inovação, apesar de buscarem uma análise dinâmica, apresentam limitações. O estudo das FSI é uma tentativa de contornar essas limitações. De acordo com os autores, a maior parte das análises de sistema de inovação apresenta dois problemas centrais. Em primeiro lugar, mesmo que o *framework* seja baseado em teorias tais como a aprendizagem interativa e economia evolucionária, a maioria das análises dos sistemas de inovação é de caráter quase estático. Há um foco na comparação da estrutura social de diferentes sistemas de inovação (atores, suas relações e instituições) e, portanto, na explicação das diferenças de desempenho. Menos ênfase é colocada sobre a análise da dinâmica dos sistemas de inovação. Em segundo lugar, apesar de a inovação ser um ato tanto individual como coletivo e dessa lógica frequentemente contemplada na análise dos sistemas de inovação, o poder explicativo do *framework* reside principalmente na parte de instituições (no nível macroeconômico), e menos nas ações do empreendedor (no nível microeconômico).

Ao mesmo tempo, Hekkert *et al* (2007) ainda concluíram que o desafio de criar uma compreensão da dinâmica dos sistemas de inovação é que muitas funções diferentes ocorrem paralelamente. Idealmente, seria necessário compreender todas as propriedades dinâmicas para entender o que realmente ocorre dentro dos sistemas. Porém, há um conjunto considerável de variáveis que não poderiam ser mapeadas. Por isso, é preciso mapear apenas os fatores relevantes, considerados assim quando influenciam o objetivo dos sistemas de inovação.

Para captar com precisão a dinâmica dos sistemas de inovação empregando as abordagens de FSI, Hekkert *et al* (2007) analisaram muitos fatores, tais como pesquisa básica, políticas de comercialização e atendimento ao usuário, educação, incentivos governamentais, políticas setoriais, criação de mercado. Os autores acreditam que a proposição de uma lista de funções será de grande valia para a utilização em trabalhos empíricos, e que o desenvolvimento dessa abordagem seja um passo fundamental na direção de tornar a análise de sistemas de inovação mais dinâmicas e precisas. A seguir, serão apresentadas as sete funções propostas por Hekkert *et al* (2007).

1) **Atividades empreendedoras** - Não existem sistemas de inovação sem empreendedores. O papel dos empreendedores é transformar o potencial de novos conhecimentos, redes de relacionamento e mercados em ações concretas para gerar e tirar vantagem de novas oportunidades de negócio. Os empreendedores podem ser novos entrantes com visão de oportunidade em novos negócios, ou empresas existentes que diversificam sua estratégia de negócio para tirar vantagem de novos desenvolvimentos. A existência de atividades empreendedoras é um dos principais indicadores de desempenho dos sistemas de inovações. Porém, por causa das influências de uma ou várias outras funções, é possível que a quantidade das atividades empreendedoras diminua ou aumente em um período relativamente curto. Número de empresas entrantes, diversificação das atividades, lançamento de novos produtos, e experiências com outros produtos são bons indicadores dessa função.

2) **Desenvolvimento de conhecimentos** - A pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a criação de conhecimento são pré-requisitos para os sistemas de

inovações. Lundvall defende que “o recurso mais fundamental da economia moderna é o conhecimento e, portanto, o processo mais importante é o aprendizado” (Lundvall, 1992). Três indicadores podem ser utilizados para mapear a função ao longo do tempo: projetos de P&D, patentes e investimentos em P&D.

- 3) **Difusão de conhecimento através de redes** - A função essencial das redes de relacionamento é trocar informações. O objetivo dessa função é identificar como os fluxos de conhecimento se movimentam dentro do SI. Isso é importante do ponto de vista estrito do P&D, mas especialmente num contexto heterogêneo onde as atividades da P&D contemplam o governo, competidores e outros agentes de mercado. Essa função pode ser observada através de eventos como *workshops*, conferências, exposições e feiras específicas do setor ou da tecnologia.

- 4) **Direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico** - Como os recursos são quase sempre limitados, quando existem várias opções tecnológicas é importante especificar um foco para realizar investimentos. Enquanto o desenvolvimento do conhecimento pode ser comparado à criação de variedade tecnológica, o direcionamento da pesquisa é o processo de seleção. Normalmente o direcionamento da pesquisa é um processo interativo e cumulativo de troca de ideias entre produtores de tecnologia, usuários de tecnologia e diversos outros atores, no qual a própria tecnologia não é uma constante, mas uma variável. Por outro lado, essa função também mostra que a mudança tecnológica não é autônoma, pois a decisão de quais tecnologias devem ser desenvolvidas é frequentemente um assunto de política pública. Objetivos específicos determinados pelo governo, regulação, publicação de artigos são aspectos a serem observados ao analisar essa função.

- 5) **Formação de mercado** - Normalmente as novas tecnologias têm dificuldade de competir com tecnologias dominadas. As tecnologias recém desenvolvidas são, na maior parte dos casos, relativamente ineficientes e caras. Estas características tornam a difusão lenta e difícil. Nestes casos, são usados mecanismos para a criação de espaços protegidos para as novas tecnologias. Algumas possibilidades de proteção são a formação de nichos temporários de mercado, a implementação de regimes favoráveis de tributação e a definição de quotas mínimas de consumo.
- 6) **Mobilização de recursos para a inovação** - Capital financeiro e capital humano são essenciais para impulsionar as atividades 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 quanto 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.
- 7) **Criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança** - Normalmente, a adoção de uma nova tecnologia é acompanhada de um novo regime, principalmente nos casos em que a nova tecnologia influencia a transição para um novo sistema tecnológico (Geels, 2004). Diferentes agentes com interesses contrários ao novo regime terão resistência à mudança. 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 sistema de inovação. Coalizões entre agentes estabelecidos e entrantes é um bom indicador dessa função.

Importante ressaltar que essa não é uma lista definitiva e fechada. Como afirmam os próprios autores Hekkert *et al* (2007), ela deve ser alterada de acordo com as necessidades observadas no estudo dos setores em particular.

Convém lembrar que Hekkert e Negro (2008) realizaram uma revisão crítica das sete FSI, verificando que a função de difusão de conhecimento através de redes é de difícil identificação. Parte importante do conhecimento é difundida em função de contatos isolados, que não são possíveis de serem mapeados na literatura. Essa lacuna pode ser preenchida por uma análise qualitativa e não quantitativa. Por isso, é importante lembrar que, mesmo que, na apresentação dos resultados analíticos que segue abaixo, algumas funções não estejam presentes durante certa fase cronológica, isso não implica que não é possível que algumas delas, de fato, tiveram seus desempenhos efetuados.

Além disso, de acordo com Hekkert e Negro (2008), há funções cuja existência pode indicar a existência de outra função. Por exemplo, os autores chamaram atenção para o fato de a função de desenvolvimento de conhecimentos ser precedida da função de direcionamento da pesquisa. De forma semelhante, o desenvolvimento tecnológico é normalmente acompanhado da mobilização de recursos financeiros para o financiamento das atividades de P&D, um dos indicadores da função de desenvolvimento de conhecimento.

Por fim, em relação ao papel do Estado, Negro, Hekkert e Smits (2007) apontaram importantes implicações para as políticas públicas. Segundo eles, o governo deveria dar atenção para o fortalecimento de três FSI que envolvem uma estratégia de longo prazo: direcionamento da pesquisa, formação de mercado e mobilização de recursos. Em primeiro lugar, a função de direcionamento da pesquisa serve de base para o bom

desempenho da função de atividades empreendedoras. Além disso, as empresas que se orientam pelas novas tecnologias normalmente só ganham importância quando a função formação de mercado se torna presente. Por fim, a FSI de criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança também é necessária durante um processo de transformação tecnológica ou industrial.

Capítulo II: Metodologia

Neste Capítulo será apresentada a metodologia utilizada no presente trabalho. A pesquisa consistiu em um procedimento sistematizado de coleta de informações, tanto quantitativas quanto qualitativas, em diferentes fontes e em análises das mesmas com a finalidade de avaliar os funcionamentos gerais dos SI do setor de bioetanol do Brasil e da indústria de CTL da China. Durante o processo de coleta de dados, informações bastante detalhadas podem ser recolhidas e descritas. As fontes adequadas para recolher informações são trabalhos acadêmicos e artigos, relatórios publicados sobre a indústria, arquivos de jornais e revistas profissionais. Cabe, aqui, mencionar que a coleta de dados não é concentrada em seguir todos os agentes individuais ou projetos de inovação no sistema, mas em eventos que são relatados no nível do sistema.

Sendo uma pesquisa qualitativa, o estudo possui um foco de pesquisa que se concentra no nível micro da inovação. Por isso, em vez de seguir um plano previamente estabelecido e se basear em hipóteses claramente indicadas, tal como fazem as pesquisas quantitativas, o presente trabalho é direcionado ao longo do seu desenvolvimento. Além disso, não são realizadas análises estatísticas e os dados quantitativos são empregados para reforçar o argumento qualitativo em vez de apresentar um argumento estatisticamente válido por si só.

Em relação à estrutura, em primeiro lugar, baseando-se na definição de Yin (2001), o presente estudo de casos múltiplos, ou seja, estudo comparativo, busca construir, antes de mais nada, uma base analítica mapeando os principais acontecimentos históricos relacionados aos processos de desenvolvimento dos dois setores em análise. Tais acontecimentos, ou eventos, como foi colocado por Hekkert *et al* (2007) ao propor a lista de sete FSI, são a base da abordagem das funções. A seguir,

empregando esta abordagem como ferramenta de análise, a pesquisa analisa os dois mapeamentos de eventos, encaixando-os na lista de setes funções de Hekkert *et al* (2007) apresentada no Capítulo da Revisão Bibliográfica.

Em relação ao conteúdo, buscou-se identificar quais funções específicas são ativadas direta ou indiretamente nos dois casos através de uma análise dos eventos mapeados. É importante ressaltar que, ao identificar as funções participantes, os agentes (empresariais e não empresariais e redes de relacionamento) do segundo bloco da classificação dos componentes de SI proposta por Malerba (2004) são utilizados como ponto de partida com o objetivo de facilitar o processo de identificação. Ao mesmo tempo, a fim de esclarecer os resultados analíticos, no final das análises, tabelas resumidoras são elaboradas apresentando as FSI participantes encontradas e seus eventos indicadores.

Em relação à dinâmica, o objetivo foi o de compreender como as funções ativadas em si e as suas combinações durante cada período analisado influenciam os funcionamentos gerais dos dois SI em análise. Como foi dito por Hekkert *et al* (2007), um evento pode contribuir tanto positiva quanto negativamente para o desempenho de um SI. A fim de compreender as verdadeiras influências das funções participantes, todas FSI encontradas são classificadas como positiva ou negativamente ativadas.

Sendo um estudo de casos múltiplos, que, de acordo com Yin (2001), têm um lugar de destaque nas pesquisas de avaliação, o presente trabalho tem como ***objetivo de pesquisa*** avaliar e comparar o funcionamento geral dos dois SI que vêm sendo construídos ao redor das duas indústrias. No seu livro *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos* (2001), Yin enfatizou que este tipo de estudo representa uma maneira de se investigar um tópico empírico e que estudos de caso único e casos múltiplos, na realidade, não são nada além de duas variantes dos projetos de estudo de caso.

Seguindo as diversas definições e descrições sobre os métodos gerais de pesquisas

científicas apresentados por Lakatos e Marconi (2009), o presente estudo de caso ainda se classifica como um estudo indutivo, que através das análises dos SI do Brasil e da China, procura verificar a **hipótese de pesquisa**: o desempenho geral de SI de um determinado setor durante o seu processo de desenvolvimento é fortemente influenciado tanto pelas diferenças estruturais dos dois sistemas quanto por fatores econômicos, políticos e culturais. Apesar de receber a crítica de que estudo de caso não oferece uma base suficiente para se fazer uma generalização científica, Yin (2001, p. 29) defende argumentando que:

Os estudos de caso, da mesma forma que os experimentos, são generalizáveis a proposições teóricas, e não a populações ou universos. Nesse sentido, o estudo de caso, como o experimento, não representa uma "amostragem", e o objetivo do pesquisador é expandir e generalizar teorias (generalização analítica) e não enumerar frequências (generalização estatística).

Ou seja, não se deve desvalorizar o estudo de caso levando em consideração de que, por intermédio de suportes teóricos e analíticos, o pesquisador procure realizar uma generalização analítica a proposições teóricas. Ou, como descrevem três notáveis cientistas sociais em seu estudo de caso único, o objetivo é fazer uma análise "generalizante" e não "particularizante" (Lipset, Trow, & Coleman, 1956, p. 419-420 *apud* Yin, 2001, p 29).

Ao mesmo tempo, a fim de responder às **perguntas de pesquisas** - como os agentes dos SI influenciam o desempenho geral de cada um dos SI em análise e como o funcionamento de cada SI influencia o desenvolvimento de setor como um todo? - descobre-se que dois tipos de métodos científicos específicos apresentados por Lakatos e Marconi (2009) podem ser adotados, o histórico e o comparativo, Porém, antes de detalhar mais sobre os dois métodos específicos, vale a pena explicar os **objetivos específicos de pesquisa**: 1) identificar os dois sistemas setoriais de inovação em análise e os seus componentes estruturantes; 2) descrever o processo de desenvolvimento dos SI construindo a base analítica da abordagem de FSI; 3) analisar

separadamente a base analítica com objetivo de identificar e classificar as funções participantes de cada caso; 4) comparar os resultados analíticos dos dois casos.

A seguir, explicando mais detalhadamente os dois métodos científicos especificados, segundo Lakatos e Marconi (2009), o método histórico consiste em investigar acontecimentos, processos e instituições do passado porque é importante pesquisar as raízes para compreender a natureza e função de um objeto de pesquisa. Consequentemente, realizando o segundo objetivo específico de pesquisa, o método histórico é utilizado ao construir a base analítica da abordagem de sete funções de Hekkert *et al* (2007), que, de acordo com os próprios autores que propuseram esta abordagem, são os eventos, ou seja, são o que os principais atores de um SI fazem e o que acontecem com eles.

Por outro lado, o método comparativo tem como finalidade verificar similitudes e explicar divergências. Segundo Lakatos e Marconi (2009), este método é usado tanto para comparações de grupos no presente, no passado, ou entre os existentes e os do passado, quanto entre sociedades de iguais ou de diferentes estágios de desenvolvimento. Nesta pesquisa, o método comparativo é adotado com a finalidade de realizar uma comparação entre os funcionamentos gerais de dois SI durante a história de desenvolvimento do setor de bioetanol do Brasil e da indústria chinesa de CTL.

Por fim, a definição dos passos de pesquisa a serem seguidos durante a análise é crucial para que o resultado seja estruturado de maneira clara e objetiva. A seguir, serão apresentados respectiva e detalhadamente os passos de pesquisa respeitando a ordem dos capítulos pré-decididos.

1. Passos de Pesquisa

A fim de orientar a coleta de informações, capturando mais especificamente as interações, ou seja, as atividades-chave dos SI industrial da China e do Brasil, em primeiro lugar, seria fundamental realizar uma análise explicando o que são exatamente os dois sistemas, ou seja, definir os componentes que efetivamente fazem parte de ambos. Para tal, em primeiro lugar, realizando o primeiro objetivo específico de pesquisa, será adotado o procedimento sugerido por Malerba no seu artigo de 2002 - *Sectoral systems of innovation: basic concepts*, no qual três grandes blocos são estudados para a organização de um sistema de inovação: 1) conhecimento, processo de aprendizagem e tecnologias; 2) agentes e redes de relacionamento; 3) instituições. Com isso, o autor defende que esta divisão é condição necessária para o estabelecimento de relações entre os próprios componentes.

Os dois últimos tipos de componentes, agentes e redes de relacionamento e instituições, serão melhor apresentados nos próximos dois capítulos durante o processo de descrição do desenvolvimento dos dois SI. No presente Capítulo, serão caracterizados os componentes do primeiro bloco: conhecimento, processo de aprendizagem e tecnologias. Na sua tese de 2009, Dunham realizou uma análise definindo detalhadamente os componentes do primeiro bloco do sistema de produção e inovação em álcool combustível. Baseado na experiência desse estudo, foi feita uma pesquisa que define os componentes do primeiro bloco dos dois SI. As tabelas 1 e 2 resumem a definição dos componentes do bloco de conhecimento, processo de aprendizagem e tecnologias dos SI da indústria de bioetanol do Brasil e do setor de CTL da China.

Tabela 1: A Definição dos Componentes do Primeiro Bloco⁴ do Sistema de Inovação da Indústria de Bioetanol do Brasil

Componente	Descrição
Matéria – prima	Cana-de-açúcar
Processo de Produção e Tecnologia Associadas	Desenvolvimento e seleção de variedades de cana Plantio da cana Moagem Fermentação Destilação
Produtos	Bioetanol
Tecnologias Relacionadas ao Sistema Brasileiro	Veículos automotores
Base de Conhecimento Científico	Biotecnologia Agronomia Processos fermentativos Engenharia química
Processo de aprendizagem	Otimização da fase agrícola e da fase industrial
Espaço Geográfico	Território brasileiro

Fonte: Elaboração própria com base na tese de Dunham (2009)

⁴ Os componentes do primeiro bloco são conhecimento, processo de aprendizagem e tecnologias.

Tabela 2: A Definição dos Componentes do Primeiro Bloco do Sistema de Inovação da Indústria de CLT da China

Componente	Descrição
Matéria – prima	Carvão
Processo de Produção e Tecnologia Associadas	Processos de hidrogenação (conversão direta), Processo de conversão de carbonização através de pirólise ou destilação destrutiva, Processo indireto de liquefação de carvão (Conversão de carvão para gás de síntese e a Conversão de gás de síntese em hidrocarbonetos leves)
Produtos	Combustíveis líquidos derivados do carvão
Tecnologias Relacionadas ao Sistema Chinês	Não identificadas
Base de Conhecimento Científico	Geologia e Engenharia de Minas Engenharia química Catálise
Processo de aprendizagem	<i>Scale up</i> e otimização de processos
Espaço Geográfico	Território Chinês

Fonte: Elaboração própria com base nos artigos de Liu *et al* (2008)

Nos Capítulos III e IV, empregando o método histórico e baseando-se nos indicadores de cada uma das FSI propostas por Hekkert *et la* (2007), são realizadas seleção e descrição dos eventos, ou seja, um mapeamento dos principais eventos que aconteceram nos processos de desenvolvimento dos dois sistemas setoriais de inovação. Enfatizando novamente, de acordo com os autores, a base da abordagem de processo são os eventos. Os eventos são o que os principais atores de um sistema de inovação fazem ou o que acontece com eles. Durante o processo de pesquisa, eventos em torno da indústria de bioetanol do Brasil e da indústria chinesa de CTL foram mapeados respectivamente. Devido a uma das características mais evidentes que as pesquisas qualitativas possuem, foi definido um corte temporal-espacial, delimitando o campo e a dimensão em que o trabalho desenvolver-se-á.

No caso do Brasil, serão escolhidos os eventos acontecidos entre o ano de 1975 e a atualidade. A fim de facilitar a pesquisa analítica a seguir, o tempo de análise foi dividido em quatro fases cronológicas, que são: a fase de expansão do mercado (1975 a 1990), a fase de estagnação (1991 a 2002), a fase de recuperação (2003 a 2010) e, por fim, a fase de crise recente (2011 a atualidade). Por outro lado, no caso da China, serão mapeados os eventos a partir do ano de 1978 até os dias atuais. Com o mesmo objetivo, quadro fases cronológicas também foram divididas. Elas são: a fase da recuperação e preparação tecnológica (1978 a 2000), a fase do crescimento rápido (2001 a 2005), a fase de reestruturação e controle (2006 a 2010) e, por fim, a fase do desenvolvimento cauteloso (2011 a atualidade).

Em relação às fontes de informação e referências, é importante ressaltar que a indústria brasileira de bioetanol é um tópico que já foi explorado por muitos autores. Neste estudo a análise das FSI do sistema brasileiro de inovação em etanol será feita a partir de um conjunto de fontes secundárias resultantes de pesquisas já realizadas. Foi realizada uma busca nas bases de teses e artigos publicados e foram selecionados aqueles que preenchiam dois critérios: abordagem com base na forma de sistemas de inovação e cobertura histórica dentro do período de interesse desta pesquisa. A Tabela

3 mostra os estudos mais citados na presente pesquisa e a justificativa desta decisão. Ao mesmo tempo, em particular para abordar o período recente da indústria, foram utilizados artigos publicados pelo Departamento de Biocombustíveis do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) em diversas edições do Informe Setorial BNDES. Complementarmente, ainda foram utilizadas outras fontes para esclarecimentos pontuais. Por exemplo, artigo *Eco-Innovation Systems and Problem Sequences: The Contrasting Cases of US and Brazilian Biofuels*, Gee and McMeekin, 2011, foi bastante aproveitado para apoiar o relato histórico do etanol.

Por outro lado, no caso chinês, sendo um tópico pouco explorado sob a ótica de SI e ainda menos sob a de FSI, a análise do presente estudo sobre o caso do CTL chinês é feita a partir de fontes secundárias resultantes de três tipos de pesquisas já realizadas. O primeiro tipo se trata das pesquisas sobre o setor energético da China, ou mais especificamente, o setor chinês de carvão, como um todo, tais como os estudos *Reform of China's Energy Institutions and Policies: Historical Evolution and Current Challenges* por Jimin Zhao (2001) e *China's Coal Policy Since 1979: A Brief Overview* por Shen Lei, Gao Tianming E Cheng Xin (2011). O segundo tipo de pesquisa inclui pesquisas sobre as histórias do desenvolvimento do setor de CTL e, principalmente, das tecnologias de liquefação direta e indireta de carvão. Os trabalhos tais como *Clean Coal Technology Development in China* por Chen Wenying e Xu Ruina e *Coal Liquefaction Technologies —Development in China and Challenges in Chemical Reaction Engineering* por Liu Zhenyu, Shi Shidong e Li Yongwang, se encaixam muito bem nesta categoria. Por fim, também serão consultados os informes e políticas lançados pelos diversos órgãos do próprio governo chinês nos sites oficiais, por exemplo, *The National Medium- and Long-Term Program for Science and Technology Development (2006-2020)* publicado pelo Conselho Nacional da China.

Além de conter um mapeamento dos eventos, os Capítulos III e IV ainda são responsáveis por analisar os eventos, encaixando-os dentro do arcabouço teórico

proposto das funções dos SI. A fim de compreender quais e como são ativadas durante cada período analisado, a análise da base da abordagem, ou seja, a análise dos eventos escolhidos e descritos, empregou o conjunto de sete funções dos SI introduzida por Hekkert *et al* no artigo de 2007, no qual, além de listar as funções, os autores identificam a natureza dos eventos indicadores de cada função proposta. Mais especificamente, a Tabela 4 demonstra os indicadores recomendados para cada função proposta pelos autores. Cabe, aqui, ressaltar que a fim de facilitar o processo de identificação das funções participantes, o estudo toma como ponto de partida os agentes (empresariais e não empresariais e redes de relacionamento) do segundo bloco da classificação dos componentes de SI proposta por Malerba (2004).

Resumindo, o propósito de utilizar este conceito de funções dos SI é entender o processo de cooperação entre os principais agentes institucionais desses sistemas e os resultados de suas interações. Segundo os autores, as funções influenciam-se mutuamente. O cumprimento de uma determinada função provavelmente causa efeitos sobre o cumprimento de outras funções. Além disso, ao analisar os eventos indicadores, é importante notar que a existência de círculos viciosos é possível. Em outras palavras, o cumprimento negativo de uma função leva à redução de atividades relacionadas a outras funções, atrasando ou parando, desta forma, o progresso geral de um sistema de inovação (Hekkert et al, 2007). Ao mesmo tempo, vale a pena ressaltar que um evento pode contribuir positiva ou negativamente para o funcionamento de um sistema. Portanto, todas as funções identificadas são classificadas como positiva ou negativamente ativadas.

Ainda um último objetivo dos Capítulos III e IV é resumir os resultados de pesquisa. Após a descrição, análise e adequação dos eventos de acordo com a abordagem escolhida e explicada acima, baseado nos resultados da pesquisa, será feita uma tabela no final da análise de cada período estudado, com a finalidade de avaliar os desempenhos gerais dos dois SI em análise durante os períodos analisado. A fim de facilitar a leitura das tabelas, os eventos indicadores das FSI que tiveram participação

positiva estão marcados em verde e, por outro lado, os indicadores das FSI que foram negativamente ativadas estão destacados em vermelho, sublinhados e em itálico.

O objetivo do Capítulo V é comparar os resultados analíticos dos dois capítulos anteriores tomando como referência principal as oito tabelas que sintetizam os resultados. A fim de realizar comparações sistemáticas, objetivas e eficientes, três categorias comparativas foram definidas baseando-se no tipo de funcionamento geral de SI, ou seja, o funcionamento positivo, o negativo e o misto. Mais detalhadamente explicando, na primeira categoria incluem-se as fases analisadas onde somente foram encontradas influências positivas das FSI; a segunda categoria é composta pelos períodos onde tanto influências positivas quando as negativas de FIS foram identificadas; a terceira categoria é formada pelos períodos onde houve exclusivamente participações negativas das FSI. Por fim, a seção 2 do Capítulo V oferece uma discussão conclusiva que mostra os resultados analíticos das comparações realizadas.

O Capítulo VI procura responder as perguntas de pesquisa e retomar a hipótese inicial da pesquisa. Além disso, ainda são apresentados os pontos fracos de cada SI, que puderam ser identificados ao longo das análises, comparações e discussões. Por fim, as limitações do presente estudo também são apontadas nesse capítulo, junto com as recomendações para futuros estudos.

Tabela 3: Principais Fontes de Referência

Fontes	Justificativa
<p>Dunham, Fabrício Brollo. (2009). <i>CO-EVOLUÇÃO DA MUDANÇA TECNOLÓGICA E INSTITUCIONAL EM SISTEMAS DE INOVAÇÃO: ANÁLISE HISTÓRICA DA INDÚSTRIA DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL</i>. Rio de Janeiro: Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).</p>	<p>A proposta do estudo é explorar a co-evolução entre a mudança tecnológica e a mudança institucional em sistemas de inovação da indústria de álcool combustível no Brasil. A fim de realizar o objetivo da pesquisa, o autor fez uma revisão muito detalhada dos acontecimentos ao longo da história desta indústria, deste o final do século XIX até o ano de 2005, enfatizando, ao mesmo tempo, a dimensão das FSI. Este material histórico pode servir como base de dados para o presente trabalho analítico que tem como a época de estudo de 1975 até a atualidade.</p>
<p>Furtado, A. T., Scandiffio, M. I., & Cortez, L. A. (15 October 2010). <i>THE BRASILIAN SUGARCANE INNOVATION SYSTEM</i>. Energy Policy, ElsevierLtd.</p>	<p>O objetivo deste artigo é analisar os aspectos-chave do sistema de inovação construído em torno do setor industrial de cana de açúcar do Brasil. Para alcançar este objetivo, os arranjos institucionais são analisados como base para o processo de inovação, sobretudo as políticas de inovação e estratégias dos principais players do setor. A época de abordagem é até o ano de 2008. Os resultados de pesquisa sobre as interações entre os agentes institucionais podem servir como referência para a presente análise.</p>
<p>Verges, P. H. (2013). <i>TRANSIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E INOVAÇÃO SUCROALCOOLEIRO</i>. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).</p>	<p>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. Utilizando-se da abordagem schumpeteriana e dos conceitos de sistemas de inovação e funções do sistema de inovação, são explorados os principais eventos que revelam o momento de transição tecnológica e competitiva nesse mercado. Este estudo ofereceu dados de base principalmente para a quarta fase do presente trabalho analítico.</p>

Fonte: elaboração própria.

Tabela 4: Indicadores das FSI Propostas

Funções	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de conhecimento através de redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e contenção da Resistência à Mudança
Indicadores	Números de empresas Novos entrantes Diversificação de atividades Lançamento de novos produtos Experiência com outros produtos	Projetos de P&D Patentes Investimentos em P&D	Workshops Conferências Exposições Feiras Específicas do setor ou da tecnologia	Objetivos específicos determinados pelo governo Regulação Publicação de artigos	Formação de nichos temporários de mercado Implementação de regimes favoráveis de tributação Definição de quotas mínimas de consumo	Políticas de P&D de longo prazo Centros universitários de excelência em tópicos específicos Financiamentos Criação de infraestrutura	Coalizões entre agentes estabelecidos e entrantes

Fonte: Elaboração própria baseada na lista de funções de Hekkert *et al* (2007)

Capítulo III: Caso Brasileiro de Bioetanol como Combustível

Depois de ter fundamentada a pesquisa comparativa qualitativa numa base teórica, obter um conhecimento profundo sobre os casos em análise torna-se uma tarefa imediata. O objetivo do presente Capítulo é analisar o caso brasileiro do setor de bioetanol como combustível, baseando-se na teoria de Funções dos SI (FSI), respeitando a sequência de fases cronológicas anteriormente determinadas e destacando os indicadores de cada uma das funções.

Para que as informações sejam adequadamente escolhidas e aproveitadas, serão incorporados durante a análise os critérios de comparação discutidos na metodologia da dissertação, ou seja, os indicadores das FSI. Ao mesmo tempo, é necessário enfatizar que serão analisados tanto os indicadores positivos quanto os indicadores negativos. Ou seja, os indicadores que levaram a resultados positivos para o desempenho do sistema de inovação e os indicadores que causaram efeitos negativos para o mesmo sistema. O detalhamento de todos esses elementos é necessário para aumentar a capacidade de interpretação do mecanismo e da funcionalidade de cada uma das funções apresentadas na parte de revisão teórica. Com este esforço de análise tanto dos aspectos positivos quanto dos negativos, espera-se contribuir para que a análise comparativa final seja a mais completa possível.

1. Análise da Primeira Fase (1975 a 1990): Expansão do Mercado

A indústria brasileira do álcool combustível teve sua origem nas atividades açucareiras, um setor tradicional do país que começou na época da colonização portuguesa. Durante a primeira metade dos anos 1970, impulsionado pelas exportações, o abastecimento de açúcar cresceu significativamente. No entanto, os preços do açúcar começaram a cair rapidamente na segunda parte da década. Justamente nesta mesma época, o país começou a sofrer grandes prejuízos na balança de pagamentos devido à primeira crise internacional de petróleo que, em 1973, praticamente quadruplicou o preço do barril de petróleo, de US\$ 2,70 para US\$ 11,50.⁵ Além disso, o país, recentemente industrializado e militarmente governado, tinha sua indústria de produção de automóveis em crescimento rápido e os níveis de posse do carro estavam aumentando sem precedência (Gee & McMeekin, 2011).

Para sustentar a demanda interna de combustível manter o ritmo de crescimento da economia, dando sequência ao período do milagre econômico, o governo anunciou uma série de medidas caracterizando a função de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* e a função de *desenvolvimento de conhecimento*. Para começar, no final do ano de 1974, ativando a função de *desenvolvimento de conhecimento*, a Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio (STI/MIC) apresentou uma minuta do Programa de Produção e Utilização do Etanol, defendendo a diversificação das matérias-primas utilizadas para a produção de álcool e abordando as pesquisas com motores a álcool (STI, 1974).

Ao mesmo tempo, esta função foi acompanhada pela função de *formação de mercado*, caracterizada pelo lançamento pelo governo federal do decreto 75.966/75, que estabeleceu uma política de subsídios favorável ao álcool. Graças ao decreto, o preço de álcool foi mantido na faixa de 11/15 do preço do açúcar, que era tabelado pelo governo, formando uma vantagem de preço que atraiu a atenção dos produtores de açúcar e possibilitando a diversificação do setor sucroalcooleiro. (Dunham, 2009).

⁵ O preço do petróleo posto no Brasil foi de US\$ 2,84(1972), \$12,27(1975), \$18,36(1979), \$30,72(1980) e \$36,59 (1981). Fonte: Petrobrás in PAMPLONA, C. (1984).

Além disso, associando o potencial da expansão da indústria da cana de açúcar com a oportunidade proporcionada pela crise do petróleo, foi criado, em 14 de novembro de 1975 pelo decreto n° 76.593, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o indicador da FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* mais notável durante esta primeira fase cronológica. Com o objetivo de estimular a produção do álcool, visando o atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos, o desenvolvimento do Proálcool pode ser dividido em duas etapas: Etapa 1 (1975-1979) e Etapa 2 (1979-1985).

Na primeira etapa, o programa se concentrou na produção de etanol anidro para ser misturado à gasolina. A segunda etapa do programa coordenou a produção de álcool hidratado para uso em motores concebidos para funcionar com etanol puro (Gee & McMeekin, 2011). Multiplicando a produção de álcool por quase 20 vezes em um período de 16 anos, 1975 a 1991 (Dunham, 2009), a participação do álcool na matriz de combustíveis líquidos passou de 8% em 1980 para 25% em 1991. O auge do consumo de álcool foi atingido no biênio 1988-89, quando o consumo de álcool respondeu por 28% do total de combustíveis líquidos (Dunham, 2009).

Logo depois do lançamento do Proálcool, a STI/MIC encomendou dois estudos ao Departamento de Motores do Centro Técnico Aeroespacial (PMO/CTA), o que contribuiu para ativar a função de *desenvolvimento de conhecimento*. O primeiro estudo tinha por objetivo avaliar a influência do uso da mistura gasolina-álcool anidro (AEAC) nos motores de ciclo Otto, concluindo que a mistura de 20% era a de melhor relação custo x benefício ao usuário (CTA, 1975a). O segundo estudo, por outro lado, tinha como objetivo avaliar o uso do álcool em motores de ciclo diesel de uso estacionário, principalmente nas usinas geradoras de energia elétrica em diversos locais do País. (CTA, 1975b) A indicação resultante deste estudo era utilização de mistura de óleo diesel e etanol 90° na proporção de 27%/73% a 37%/63%, maximizando a economia de óleo diesel.

Durante primeira etapa do Proálcool, estimulando a produção e o consumo do álcool combustível, muitas FSI foram estimuladas pelas oportunidades comerciais

possibilitadas. Em primeiro lugar, caracterizando a *função de formação de mercado*, o governo continuou a manter a política de subsídios ao preço do álcool por meio do programa Proálcool. Introduzindo novos mecanismos de financiamento, este programa financiou a instalação de destilarias e cultura da cana-de-açúcar através do Banco Nacional de Desenvolvimento⁶ e do Banco do Nordeste do Brasil, possibilitando, de tal forma, a expansão da indústria de bioetanol como um todo. Além disso, no sentido de ampliar os incentivos ao consumo do álcool, cabem salientar ainda que durante este período, a fixação da taxa de mistura, outro indicador da função de *formação de mercado*, foi definida pelo governo em torno de vinte por cento de álcool anidro (AEAC) na gasolina.

Com o segundo choque do petróleo, em 1979, a cotação de petróleo novamente subiu abruptamente, chegando, em 1981 a US\$ 40,00/barril.⁷ Conseqüentemente, no segundo período do Proálcool, a fim de manter a situação benéfica da balança de pagamento, alcançar o objetivo da continuação do processo de independência energética e continuar com as medidas de intervenção estatal estabelecidas quando da primeira crise do petróleo, o governo brasileiro impulsionou o desenvolvimento de uma nova tecnologia de motor a álcool hidratado (AEHC) puro promovendo tanto a FSI de *desenvolvimento de conhecimento* como a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. Controladas pelo Estado e realizadas no Centro de Tecnologia Aeronáutica (CTA), em São Paulo, as atividades de P&D de “carro a álcool”, que tratava-se de automóveis com motores ciclo Otto que foram modificados para receber 100% de AEHC, foram fatores decisivos para a continuação da expansão do mercado de álcool combustível que levou ao auge do programa. (Goldemberg, 2008).

Outro esforço da ativação da FSI de *desenvolvimento de conhecimento* foi o trabalho do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) que buscou compreender o mecanismo do processo de corrosão, a fim de aliviar o entupimento dos orifícios do carburador que provocava a desregulagem dos motores e a elevação do consumo,

⁶ O Banco Nacional de Desenvolvimento é o atual Banco nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

⁷ Em dezembro de 1979 os países da OPEP elevaram o preço do barril de petróleo para US\$ 24-26; em novembro de 1980 estava em US\$ 30-32 e em janeiro de 1981 o menor preço era US\$ 32 para o petróleo da Arábia Saudita e o maior preço chegou aos US\$ 40/barril (MELO e FONSECA, 1981).

problemas observados mesmo após o lançamento dos primeiros veículos com motores específicos para uso do álcool em 1979. O INT avaliou três opções para superar o problema da corrosão, concluindo que a abordagem do problema na etapa de produção do álcool foi a que demonstrava maior potencial de solução. Os resultados realizados em bancada de laboratório apresentaram bons resultados e a instituição pretendia realizar ensaios com veículos a álcool. (ULLER, 1985)

Em paralelo aos diversos estudos e trabalhos de P&D das instituições públicas de pesquisa, a indústria automobilística também se empenhou no desenvolvimento de tecnologias para os motores a álcool promovendo com maior vigor a FSI de desenvolvimento de conhecimento.

Porém, no momento inicial do lançamento do motor a AEHC puro, existiam desafios que resistiam a esta mudança tecnológica. Os veículos existentes precisavam ser adaptados e a indústria automotiva necessitava desenvolver tecnologia para fabricar veículos novos movidos a AEHC. Enfrentando estes desafios impostos pela indústria automotiva, exercitando, pela primeira vez, a FSI de *criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança*, as tentativas iniciais do governo foram exercer pressão política, convencer os fabricantes do ramo a fim de assinar um primeiro protocolo de compromisso, ainda que de forma tímida.

De acordo com Dunham (2009), a resistência à mudança só foi vencida em setembro de 1979, quando a FSI de *criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança* foi reforçada pelo governo fazendo com que a indústria automotiva aderisse de forma plena ao desenvolvimento de veículos utilizando álcool hidratado com o único combustível. Acompanhando pela ativação da função de *atividades empreendedoras* pela parte dos agentes empresariais, as empresas Fiat, VW, Mercedes-Benz, GM e Toyota aceitaram cooperar com o Governo Federal assinando os contratos de metas de produção, indicador típico da FSI de *formação de mercado*, permitindo, desta forma, a produção de 250 mil carros até 1980 e de 350 mil até 1982, iniciando suas experiências com um novo produto, indicador da FSI de *atividade empreendedora* (Sandalow, 2006). Como consequência, a venda de veículos a álcool cresceu significativamente entre 1980 e 1988. Entre esses anos a venda de veículos saltou de 28,5% para 83,3%, com o ano de 1985 registrando o maior

percentual de vendas com 92,2% de participação de veículos a álcool (Dunham, 2009).

A fim de aumentar continuamente o mercado de álcool combustível, aproveitando a nova tecnologia de motor a AEHC puro, além dos esforços de assinar contratos com os fabricantes de automóveis garantindo as metas de produção de carro a AEHC, o Estado, ainda estimulou simultaneamente o consumo oferecendo incentivos fiscais para as compras deste tipo de carro e exigindo que todos os veículos públicos sejam abastecidos pelo etanol puro, continuando a ampliar a influência da FSI de *formação de mercado*. No início dos anos 1980, consolidando os avanços resultantes da FSI de *formação de mercado*, incentivos adicionais foram introduzidos quando o governo federal fixou o preço de AEHC na bomba na faixa de 64,5% do preço da gasolina, garantindo a competitividade do produto novo.

Além disso, ativando a FSI de *mobilização de recursos para a inovação*, o governo possibilitou a formação do novo parque sucroalcooleiro através de empréstimos dos bancos públicos. De acordo dos dados apresentados em Dunham (2009), dos 661 projetos enquadrados pelo Conselho Nacional do Álcool (CNAL) no período de 1975 a 1987, 60,4% tiveram recursos públicos. Considerando o período de 1975 a 1985, a participação governamental foi ainda mais expressiva, somando 70%. O Proálcool mobilizou mais de US\$ 7,3 bilhões em investimentos. Os consumidores responderam às mudanças do mercado através da compra de um grande número de veículos a álcool e, em meados da década de 1980, a venda dos veículos a álcool puro representava 80% de todos os carros novos vendidos (Ueki, 2007).

Outro indicador importante da FSI de *mobilização de recursos para a inovação* foi a criação de infraestrutura. O governo não desejava que a substituição da frota fosse realizada exclusivamente através de carros novos. Foi montada a Rede Nacional de Centros de Apoio Tecnológico, uma rede de oficinas capazes de converter veículos a gasolina em veículos a álcool. De acordo com Dunham (2009), as oficinas eram credenciadas e utilizavam peças recém lançadas no mercado. Os veículos convertidos recebiam um certificado nacional de garantia. Outro indicador a FSI de *mobilização de recursos para a inovação* é criação de infraestrutura, ou seja, a formação da estrutura de distribuição da Petrobrás que facilitou a adoção da tecnologia dos carros a

álcool. Segundo o mesmo autor, até 1979 a rede de postos de serviço no Brasil trabalhava apenas com gasolina e diesel. O AEHC era um produto novo introduzido no sistema de abastecimento. A Petrobrás instalou as primeiras 35 bombas de AEHC do país em 1979. Em 3 anos a empresa viabilizou o uso do AEHC em todo o País (Dunham, 2009).

Conseqüentemente, respondendo a estes esforços, as empresas já existentes do setor sucroalcooleiro aproveitaram as oportunidades vantajosas através da apresentação de projetos na CNAL, diversificando sua estratégia de negócio para tirar vantagem de novos desenvolvimentos e caracterizando a função de *atividades empreendedoras*. Segundo Dunham (2009), durante todo o Proálcool foram apresentados 299 projetos de expansão e instalação de novas unidades, correspondendo a uma adição de 7.790,7 milhões litros/safra de capacidade instalada. Por outro lado, aproveitando as vantagens trazidas pela economia de escala e pelos reduzidos custos médios de atendimento da demanda, nas macro-regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, surgiu um número grande de destilarias autônomas⁸, ou seja, novos entrantes, indicador da função de *atividades empreendedoras*. As usinas com destilarias anexas⁹ eram a maior parte do complexo sucroalcooleiro na safra de 1974/75, com 57,3% do número de unidades. Porém, na safra de 1984/85, as destilarias autônomas tinham assumido este papel e representavam 45,6% do total (Dunham, 2009).

Outros indicadores da FSI de *atividades empreendedoras* são relevados no forte crescimento da produção de AEAC durante a primeira etapa do Proálcool e aumento rápido da produção de AEHC na sua segunda etapa. O país passou de uma produção de 220,3 mil m³ de álcool anidro (AEAC) no ano de 1975 para 2.830,0 mil m³ em 1979 (Tabela 2), ou seja, multiplicou-se por 12,8 a produção nacional de AEAC em quatro anos. Além disso, de acordo com Santos (1993), em 1979, a produção de AEHC era de 618,2 mil m³, ocupando somente 17,9% da produção total de álcool (Tabela 2). Porém, no ano 1980, esta taxa subiu rapidamente para 40,9%, correspondendo a uma produção de 1504,7 mil m³. A Tabela 5, mostra a evolução

⁸ As destilarias autônomas são complexos industriais de produção exclusiva de etanol e não fabricam açúcar (Silva,2010).

⁹ As usinas com destilarias anexas são adaptadas ao complexo industrial de fabricação de açúcar e utilizam os sub-produtos do processo principal como insumos na produção de etanol (Silva,2010).

da produção de AEHC.

Na Tabela 6 apresentam-se as funções e as identificações dos eventos que as ativaram no período 1975 a 1990. Note-se que apenas a função de difusão de conhecimento através de redes não foi ativada. É importante observar ainda que não foram encontradas evidências de eventos negativos. Porém, é necessário ressaltar que, apesar de ter transformado o setor de biocombustível do Brasil, faltou ao programa Proálcool a continuidade. Com o fim dos subsídios do Programa, o álcool perdeu sua atratividade frente à gasolina, o que iniciou a estagnação do álcool combustível (Dunham, 2009).

Tabela 5 A Evolução da produção de AEAC e AEHC no Brasil (1970–1980) (mil m³)

Ano	Álcool Anidro (AEAC)	%/total Álcool	Álcool Hidratado (AEHC)	%/total Álcool	Total Álcool
1970	233,0	37,3	392,3	62,7	625,3
1971	394,5	63,2	230,2	36,8	624,7
1972	399,3	58,4	284,7	41,6	684,0
1973	319,7	48,9	333,1	51,1	652,8
1974	215,1	35,0	399,8	65,0	614,9
1975	220,3	38,0	359,8	62,0	580,1
1976	272,3	42,4	369,8	57,6	642,1
1977	1087,9	78,4	299,7	21,6	1387,6
1978	1959,9	83,1	399,2	16,9	2359,1
1979	2830,0	82,1	618,2	17,9	3448,2
1980	2171,5	59,1	1504,7	40,9	3676,2

Fonte: Elaboração própria a partir de SANTOS (1993).

Tabela 6: Funções de Sistema de Inovação da Primeira Fase (1975 a 1990)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de Conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	<p>As empresas já existentes aproveitaram oportunidades apresentando projetos para o CNAL.</p> <p>Surgiu um número grande de destilarias autônomas, ou seja, novos entrantes.</p> <p>O forte crescimento da produção de AEAC</p> <p>A indústria automotiva teve experiências com novo produto: o carro a álcool puro e o aumento da venda deste tipo de veículo.</p> <p>O aumento rápido da produção de AEHC.</p>	<p>A STI/MIC apresentou o Programa de Produção e Utilização do Etanol (1974).</p> <p>A STI/MIC encomendou dois estudos ao PMO/CTA (avaliação da influência do uso da mistura gasolina-álcool anidro nos motores e do uso do álcool em motores de ciclo diesel nas usinas geradoras de energia elétrica).</p> <p>Atividades de P&D de carro a álcool controladas pelo Estado e realizadas no CTA.</p> <p>O trabalho do INT que estuda o mecanismo do processo de corrosão.</p>	Sem evidência	<p>O lançamento do Proálcool.</p> <p>O governo impulsionou o desenvolvimento da uma nova tecnologia: o automóvel movido 100% a álcool.</p>	<p>O governo realizou deslocamento do preço do álcool</p> <p>A continuação da política de subsídios ao preço do álcool.</p> <p>O Proálcool financiava instalação de destilarias e safra de cana-de-açúcar através do Banco Nacional de Desenvolvimento e do Banco do Nordeste.</p> <p>A fixação da taxa de mistura,</p> <p>Criação de metas de produção dos carros a álcool</p>	<p>O governo mobilizou recursos para formar o novo parque sucroalcooleiro através de empréstimos dos bancos públicos aumentando a capacidade instalada e o volume físico de produção de álcool.</p> <p>A criação da Rede Nacional de Centros de Apoio Técnico e a formação da estrutura de distribuição da Petrobrás facilitou a adoção da tecnologia dos carros a álcool.</p>	<p>O governo exerceu pressão política, convencendo os fabricantes do ramo assinar protocolo de compromisso</p> <p>Em 1979, a indústria automotiva aderiu de forma plena ao desenvolvimento de veículos utilizando AEHC com o único combustível, aceitando as metas de produção estabelecidas pelo Estado.</p>

Fonte: Elaboração própria

2. Análises da Segunda Fase (1991 a 2002): Estagnação

O segundo período que vai de 1991 a 2002 marca a primeira crise do etanol e se caracteriza por uma estagnação. Na metade dos anos 1980, o retorno da democracia e o agravamento da crise econômica interna fizeram com que a situação fiscal do Brasil se deteriorasse bastante e que o governo perdesse a capacidade financeira de oferecer subsídios ao preço do álcool hidratado. Já em 1986, a política preços do álcool que sustentava a atratividade do álcool frente à gasolina e que possibilitou a difusão do carro a álcool, começou a fracassar, primeiro indicador negativo da FSI de *formação de mercado*. Além disso, durante o mesmo período, de acordo com Dunham (2009), em 1986, o custo de produção do álcool subiu para 190% do preço da gasolina. Note-se que na primeira metade da década essa relação era de apenas 22%.

Outro componente agravante dessa situação do etanol no mercado brasileiro de combustíveis foi o golpe final da crise de abastecimento dos anos de 1989 e 1990. O chamado contrachoque de petróleo fez com que os preços do petróleo caíssem mundialmente, piorando mais ainda a competitividade do álcool. Conseqüentemente, o espaço que o álcool ocupava no mercado de combustíveis diminuiu rapidamente na segunda metade da década 1980, indicador negativo para a FSI de *formação de mercado*.

Além disso, em 1988, o aumento dos preços mundiais do açúcar incentivou muitos produtores a desviar as suas colheitas para o mercado mundial de açúcar, resultando numa escassez de oferta de etanol, reforçando mais uma vez negativamente a FSI de *formação de mercado* e iniciando o funcionamento prejudicial da FSI de *atividades empreendedoras*. A maximização da produção de açúcar não somente mudou o perfil de agentes empreendedores, mas também, segundo Dunham (2009), diminuiu a participação total do açúcar no setor, passando de 31,4% na safra 1990/91 para 54,8% em 2001/02.

O decreto de 15 de fevereiro de 1991 determinou oficialmente o fim do Proálcool, indicador negativo das FSI de *formação de mercado* e, conseqüentemente, de

direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico. Isso por que a estagnação da produção e a perda de interesse por parte do governo e dos produtores com certeza levam à redução do interesse das atividades de pesquisa, o que dificulta o desenvolvimento tecnológico como um todo. O encerramento do Proálcool marca o início de um período de profunda estagnação da indústria brasileira de bioetanol. Conseqüentemente, com a diminuição dos preços de gasolina e o cancelamento das políticas de apoio e dos favoráveis incentivos fiscais oferecidos pelo governo, tornou-se impossível para os produtores ofertarem AEHC a preço competitivo frente ao da gasolina ou até continuarem a atuar neste mercado. A redução da produção de álcool, uma vez que os usineiros não percebiam mais uma oportunidade a ser explorada, marca a ativação negativa da FSI de *atividades empreendedoras*.

Segundo Dunham (2009), ao contrário do período do Proálcool, quando houve expansão do número de usinas, o fim dos subsídios do governo fez com que o parque agroindustrial brasileiro fosse reduzido em 22% (88 unidades) entre as safras de 1990/91 e 2001/02, indicador negativo da FSI de *atividades empreendedoras*. Proporcionalmente as destilarias autônomas sofreram a maior redução, passando de 196 em 1990/91 para 101 em 2001/02. Como consequência, a produção de álcool hidratado caiu cerca de 50% entre as safras 1991/92 e 2001/02. Esta redução expressiva da produção de álcool combustível causou uma incapacidade da agroindústria brasileira na satisfação da demanda interna, gerada pela então existente frota dos carros a álcool hidratado. Isso fez com que o Brasil se tornasse importador de álcool, precisando comprar do exterior, entre 1992 e 1997, um volume que chegou a representar 19% da produção nacional. A participação do álcool no mercado de combustíveis líquidos consumidos no Brasil caiu de 25% em 1992 para 17% em 2002 (Dunham, 2009).

Durante esta fase de estagnação, com o encerramento do Proálcool e a suspensão dos incentivos fiscais, a demanda por carros a álcool diminuiu rapidamente. Como consequência, a venda de carros a álcool girou em pouco mais de 20% ao ano entre 1991 e 1993, sendo praticamente descontinuada entre 1996 e 2000, quando esteve abaixo de 1% ao ano. (Dunham, 2009). A fim de encontrar outra oportunidade explorável, a indústria automotiva elegeu os carros de mil cilindradas, movidos a gasolina, como nova prioridade, iniciando uma nova experiência com outros produtos,

outro indicador desfavorável da FSI de *atividades empreendedoras*.

Com os carros de mil cilindrada na agenda de inovação, as atividades de P&D foram, naturalmente, redirecionadas para os modelos novos de carros populares. Tanto a função de *desenvolvimento de conhecimento* quanto a de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* passam a atuar em favor da nova agenda, ou seja, em favor dos carros populares (Dunham ,2009).

Além disso, a indústria automotiva conseguiu apoio fiscal do Governo Federal para as vendas de carros populares, indicador indesejável da FSI de *formação de mercado*. Sem levar em consideração os carros a álcool, a indústria automotiva brasileira foi empurrada para a entrada da era de globalização, onde os modelos deveriam ser compatíveis com as estratégias internacionais das montadoras e não com as particularidades de cada país.

Na Tabela 7 apresentam-se as funções e a identificações dos eventos que as ativaram no período 1991 a 2002. Note-se que as funções de difusão de conhecimento através de redes, de mobilização de recursos para a inovação e a função de criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança não foram ativadas. É importante observar ainda que todas as evidências encontradas são de eventos negativos, ou seja, são indicadores negativos que causaram efeitos negativos para o desempenho geral do sistema de inovação em análise durante a época de 1991 a 2002.

Tabela 7: Funções de Sistema de Inovação da Segunda Fase (1991 a 2002)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de Conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	<p><u>Os empresários abandonaram a produção de álcool por não perceberem mais uma oportunidade a ser explorada</u></p> <p><u>A diminuição de 22% do parque agroindustrial brasileiro entre as safras de 1990/91 e 2001/02</u></p> <p><u>Grande redução da quantidade de destilarias autônomas.</u></p> <p><u>Indústria de automotiva iniciou nova experiência com os carros de mil cilindradas.</u></p>	<p><u>A indústria de automotiva definiu novos produtos, ou seja, os carros de mil cilindradas, como novas prioridades na agenda de inovação da indústria</u></p>	Sem evidência	<p><u>O encerramento do Proálcool</u></p> <p><u>As atividades de P&D foram redirecionadas para as invenções relacionadas aos carros de mil cilindrada.</u></p> <p><u>Indústria automotiva conseguiu apoio fiscal do Governo Federal para as vendas de carros populares, sem levar na consideração os carros a álcool</u></p>	<p><u>O governo perdeu a capacidade financeira de oferecer subsídios de preço ao álcool.</u></p> <p><u>A diminuição do espaço que o álcool ocupava no mercado de combustíveis</u></p> <p><u>Produtores desviaram as suas colheitas para o mercado mundial de açúcar</u></p> <p><u>O encerramento do Proálcool</u></p> <p><u>As vendas de carros populares conseguiram apoio fiscal</u></p>	Sem evidência	Sem evidência

Fonte: Elaboração própria

3. Análises da Terceira Fase (2003 a 2010): Recuperação

O terceiro período que vai de 2003 a 2010 marca a recuperação da indústria brasileira de bioetanol da primeira crise do setor, conforme explicado na seção anterior. No início da primeira década do século 21, o mercado de etanol retomou o crescimento graças ao aumento constante dos preços de produtos petrolíferos no mercado interno. Os preços do etanol hidratado caíram em comparação com os preços da gasolina, fazendo com que os veículos a etanol se tornassem uma compra atraente novamente. No entanto, inicialmente, os consumidores estavam relutantes em comprar carros novos por causa das memórias negativas da escassez de etanol e da incerteza de que os preços do etanol seriam sempre mais vantajosos em comparação com os da gasolina (Gee & McMeekin, 2011).

Em 1999, o governo deixou de regulamentar o preço do AEHC e sua relação com o preço da gasolina era de apenas 46,7%. Ou seja, era altamente atrativo o uso do AEHC. O baixo preço do álcool foi um dos fatores que impulsionou lançamento do carro flex. Junto à função de *desenvolvimento de conhecimento* e a de *atividades empreendedoras*, as iniciativas de P&D da tecnologia de carro flex partiram da indústria de autopeças atraída pela exploração da oportunidade de ofertar novos produtos.

De acordo com Dunham, 2009, a empresa fornecedora de autopeças, Bosch, foi a primeira a trabalhar com sistemas de detecção de combustíveis. A empresa iniciou as suas pesquisas em 1991 utilizando uma sonda de detecção de oxigênio. Vencida a fase inicial de desenvolvimento, em 1994, foi montado um protótipo, um Omega da GM que foi tecnicamente aprovado. Porém, devido ao alto custo do sistema de detecção, era inviável comercializar esta tecnologia. A dificuldade de viabilidade econômica foi superada por outra empresa fornecedora de autopeças, a filial brasileira da empresa Magneti Morelli, que desenvolveu um software capaz de ajustar o motor às diversas condições de uso e composição de combustíveis (Dunham, 2009).

Depois da etapa da geração de conhecimento tecnológico, caracterizando a FSI de

atividades empreendedoras, em abril de 2003, a Volkswagen do Brasil lançou o primeiro carro flex do mercado brasileiro, o Gol Total Flex 1.6. A iniciativa da Volkswagen foi seguida pelo lançamento de outros veículos pelos concorrentes, indicadores da FSI de *atividades empreendedoras*. A introdução no ano 2003 do veículo de combustível duplo, que pode funcionar com misturas em qualquer proporção de etanol ou de gasolina no mesmo tanque, foi um fator fundamental para a nova expansão da indústria brasileira de etanol na década de 2000. A introdução deste tipo de veículo, reforçando mais uma vez a participação da FSI de *atividades empreendedoras*, deu ao consumidor a possibilidade de escolher de acordo com os preços de mercado e a disponibilidade dos dois combustíveis. Conseqüentemente, no início de 2006, cerca de 75 % dos novos carros fabricados no Brasil eram FFVs (Gee & McMeekin, 2011).

A fim de realizar a FSI de *formação de mercado*, o governo voltou a adotar postura semelhante a que foi assumida durante o Proálcool. Entretanto, devido à liberação do mercado de combustíveis líquidos, a dimensão dos incentivos fiscais públicos era bem menor se comparada à das primeiras fases do Pró-álcool. Lançada no dia 19 de dezembro de 2001, a lei 10.336/01 criou um tributo fixo incidente sobre o volume de combustíveis comercializados, o que fez com que a gasolina passasse a ter uma tributação 17,2 vezes maior do que a do álcool ou 12,9 vezes maior se fosse considerada a diferença de consumo (Dunham, 2009).

Além disso, foi aprovada também a lei 10.453/02 que estabeleceu novos instrumentos de apoio ao álcool combustível. O resultado dos esforços da indústria e do governo foi a imediata aceitação do consumidor. O licenciamento de carros novos flex saltou de 3,7% em 2003, ano de seu lançamento, para 78,1% em 2006 (Dunham, 2009). As medidas possibilitadas pelas duas leis aumentaram os incentivos para o álcool combustível, oferecendo, de maneira óbvia, indicadores da realização da FSI de *formação de mercado*.

Além de crescimento rápido da demanda interna do etanol por causa da recuperação e expansão, caracterizando outro indicador da FSI de *função de formação de mercado*, a demanda por este combustível no mercado internacional, motivada pelas discussões internacionais sobre mudanças climáticas, também foi

crescente no período analisado, sendo o Brasil o maior exportador. Motivados pelas discussões, os governos dos Estados Unidos, do Japão e da União Europeia ampliaram suas políticas por combustíveis renováveis, alternativos aos derivados de petróleo, aumentando, assim, suas demandas da exportação brasileira de álcool. Até meados de 2002 as exportações brasileiras de álcool eram insignificantes, mas com o crescimento da demanda no mercado internacional o volume exportado cresceu de 516 milhões de litros em 2001-2002, para 4,7 bilhões de litros, na safra 2008-2009, de um total produzido próximo de 25 bilhões de litros de etanol nesta safra. As exportações de açúcar, desde a safra 2004-2005, superaram as 16,5 milhões de toneladas, alcançando 20,7 milhões em 2008-2009 (IPEA 2010).

Seguindo este mercado potencial de álcool, verifica-se o anúncio de diversos investimentos em novas unidades agroindustriais, enfatizando desta forma a participação da FSI de *atividades empreendedoras*. De acordo com as estatísticas apresentadas em Dunham, 2009, em setembro de 2006 os projetos de construção e expansão de unidades somavam 89, dos quais 31 já estavam em fase de execução e montagem.

A oportunidade possibilitada pela demanda externa não somente motivou investimentos internos, mas também atraiu *atividades empreendedoras* de diversos grupos internacionais que passaram a investir no setor sucroalcooleiro do Brasil, adquirindo unidades agroindustriais. Segundo o relatório da União dos Produtores de Bioenergia (UDOP), 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 for incluído nessa conta a participação das empresas internacionais nos conselhos de administração de empresas brasileiras, chegando a 23% de toda cana moída no país (UDOP, 2009).

O conjunto dos motivos acima mencionados teve duas consequências. Em primeiro lugar, a produção total de álcool saltou de 11.468 milhões de litros na safra 2001/02 para 15.808 milhões de litros em 2005/06, aumento de 37,8%. O AEHC foi o destaque, com aumento de 63,3%, passando de 4.989 milhões de litros em 2001/02 para 8.145 milhões em 2005/06 (Dunham, 2009). Outra consequência revela-se na ativação das funções de *desenvolvimento de conhecimentos* e de *atividades*

empreendedoras. A retomada dos interesses pelo álcool aumentou a dinâmica de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação no setor. Segundo o Dunham, o maior desafio a ser perseguido seria viabilizar a tecnologia de segunda geração, o chamado etanol celulósico. As empresas da indústria de equipamentos tentam desenvolver tecnologias próprias. No Brasil, apesar de ter fracassado, a Dedini dedicou esforços de desenvolver o processo de hidrólise ácida. Além disso, o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) também realiza pesquisas para viabilizar o uso da palha como matéria-prima para o álcool de segunda geração (Dunham, 2009).

Na Tabela 8 apresentam-se as funções e a identificações dos eventos que as ativaram no período 2003 a 2010. Note-se que as funções de difusão de conhecimento através de redes, de direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico de mobilização de recursos para a inovação e, por fim, a função de criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança não foram ativadas. É importante observar ainda que todas as evidências encontradas, apesar de serem pouco numerosas, se comparadas às da fase de expansão do mercado, são todas indicadores positivos que contribuíram para o bom funcionamento geral do sistema de inovação durante esta fase.

Tabela 8: Funções de Sistema de Inovação da Terceira Fase (2003 a 2010)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	<p>A iniciativa de carro flex partiu da indústria de autopeças. A Volkswagen lançou o primeiro carro flex, de 2003. Outros fabricantes lançaram outros veículos flex. Surgiram diversos investimentos internos em novas unidades. Grupos internacionais passaram a investir no setor brasileiro. As empresas da indústria de equipamentos tentam desenvolver a tecnologia de o álcool celulósico.</p>	<p>A fornecedora de autopeças, a Bosch montou um protótipo de veículo flex, cuja tecnologia estava tecnicamente aprovada. A Magneti Morelli superou a viabilidade econômica através de um software. As empresas da indústria de equipamentos tentam desenvolver a tecnologia de o álcool celulósico.</p>	Sem evidência	Sem evidência	<p>A gasolina passou a ter uma tributação 17,2 vezes maior do que a do álcool devido à lei 10.336/01, nova política tributária incidente. A lei 10.453/02 estabeleceu novos instrumentos de apoio ao álcool combustível. A exportação de álcool passou a abrir um potencial mercado para o álcool combustível brasileiro, A demanda por etanol no mercado internacional motivada pelas discussões internacionais</p>	Sem evidência	Sem evidência

Fonte: Elaboração própria

4. Análises da Quarta Fase (2011 à atualidade): Crise Recente

Nos últimos anos, o setor de etanol tem uma crise profunda. Essa crise se estabeleceu a partir da crise econômica de 2008 e é ampliada por um conjunto de outros fatores, dentre os quais destacam-se políticas públicas desfavoráveis ao setor.

Por um lado, ativando negativamente a FSI de *mobilização de recursos para a inovação*, o governo reduziu os recursos para novos investimentos num momento em que o setor crescia rapidamente. Isso fez com que o setor acumulasse dívidas que chegaram a R\$ 60 bilhões (Estadão, 2014). Agravando as influências negativas da FSI de *formação de mercado*, a ausência dos créditos públicos fez com que os custos de plantio de cana-de-açúcar aumentassem em grande escala, o que tornou a produção de etanol mais cara. Além disso, as reações por parte dos empreendedores resultaram uma queda de produtividade o que serve como indicadores negativos para a FSI de *atividades empreendedoras*. Por falta de recursos, os produtores passaram a não renovar os canaviais no tempo adequado, o que fez baixar a produtividade da cana. De acordo com as estatísticas do artigo Crise do Etanol no Brasil¹⁰, as plantações médias despencaram de 115 toneladas por hectare em 2008 para 68 toneladas em 2012. Consequentemente, além de sofrer de dificuldades sérias de endividamento, a indústria de etanol ficou praticamente estagnada, com um crescimento de oferta de apenas 1,5 % de 2008 (27,1 bilhões de litros) para 2010 (27,9 bilhões de litro).

Pelo lado da demanda, devido à continuação da taxa de tributação preferencial, indicador positivo da FSI de *formação de mercado*, as vendas de carros flex aumentaram cerca de 11% ao ano entre 2008 e 2010, com uma participação estimada de 43% na frota total de veículos leves (Milanez, Nyko & Garcia, 2013). Caso acompanhado por uma oferta de etanol crescente, o aumento de vendas dos carros flex, que simboliza uma ampliação da influência positiva da FSI de *formação de mercado*, deveria agir como um favor benéfico para o SI do setor. Porém, esta influência positiva possibilitada pelo governo não foi recebida pela oferta crescente. Na

¹⁰ Este artigo da revista Scientific American (Brasil) foi reproduzido com permissão da revista Nature. O artigo original é do autor Claudio Angelo e foi publicado pela primeira vez em 27 de novembro de 2012. http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/crescimento_do_etanol_para_no_brasil.html

realidade, este mercado potencial de etanol combustível foi acompanhado pela estagnação da oferta interna de etanol, o que causou um descompasso crescente entre a oferta efetiva e a demanda potencial. Este descompasso não somente resultou em um aumento forte dos preços de etanol, mais um indicador negativo da FSI de *formação de mercado*, mas também fez com que o Brasil deixasse de ser um exportador do produto, passando nos últimos anos a ser importador. A título de ilustração, foram importados mais de quatrocentos milhões de litros de etanol para garantir o abastecimento do mercado doméstico na entressafra de 2010-2011, piorando a situação do balanço de pagamentos do país (Milanez, Nyko & Garcia, 2013).

Acrescente-se às dificuldades do setor, a política de preços favorável à gasolina, o que agravou mais ainda a situação do etanol, caracterizou mais uma vez um indicador negativo da FSI de *formação de mercado*. A diminuição da oferta e a necessidade de importação fizeram com que o preço do etanol aumentasse rapidamente. Com isso, os consumidores passaram a optar pela gasolina. Em 2011, a demanda pelo combustível fóssil até superou a capacidade nacional de refino, o que levou o Brasil a começar a importar também gasolina (Milanez, Nyko & Garcia, 2013).

Para agravar ainda mais a situação, a fim de conter as pressões inflacionárias, o governo passou a controlar com muito rigor os preços dos combustíveis. Este indicador da FSI de *formação de mercado* por parte do governo influenciou negativamente o desempenho financeiro da Petrobrás, mas prejudicou ainda mais o setor de etanol. O congelamento por longos períodos do preço da gasolina fez com que o etanol, cujos custos de produção subiam, perdesse rapidamente competitividade em relação à gasolina (Estadão, 2014).

Ao mesmo tempo, a descoberta e a exploração do petróleo da camada pré-sal foram consideradas pelo governo como um alívio imediato para a questão energética. Ativando negativamente a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológicos*, o governo diminuiu seu interesse pelo setor de etanol. Assim como tinha acontecido com os carros a álcool puro na fase de estagnação, o desinteresse pelo etanol, naturalmente, o tirou do lugar prioritário da agenda de inovação do

governo, o que certamente levou tanto às FSI de *desenvolvimento de conhecimento* e de *mobilização de recursos para a inovação* a serem ativadas negativamente. De acordo com dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), R\$ 700 milhões foram investidos nas atividades de P&D do setor de pré-sal em 2010 e até 2020, um investimento de R\$ 15 bilhões será realizado. Além disso, foi identificado muitos esforços de mobilização de recursos humanos para o setor de pré-sal. Por exemplo, segundo o Ministério do Trabalho, dos 11.530 vistos concedidos a estrangeiros no primeiro semestre de 2010, 45% foram para profissionais do setor petrolífero.

Por outro lado, de acordo o estudo publicado pelo BNDES em 2010: *A Corrida Tecnológica pelos Biocombustíveis de Segunda Geração: uma Perspectiva Comparada*, apesar de possuir a posição vantajosa na produção de etanol convencional, a indústria brasileira de bioetanol estaria relativamente atrasada quando se trata do etanol da segunda geração¹¹. A partir dessa análise, fraquezas foram identificadas e, conseqüentemente, alternativas foram oferecidas para que o país alcance, nas tecnologias de segunda geração, o mesmo protagonismo tecnológico já desempenhado na produção de biocombustíveis convencionais. Lançado em 2011, o Plano Conjunto BNDES-FINEP¹² de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS) tem como objetivo principal atualizar indústria brasileira de bioetanol em relação ao etanol da segunda geração.

É possível identificar a participação de três FSI. Em primeiro lugar, a função de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* é ativada, 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. Em segundo lugar, a função de *mobilização de recursos para inovação* também é ativada, pois o programa aumenta em diversas vezes o volume de crédito disponível para inovação no setor de bioetanol. Com aproximadamente R\$3 bilhões em créditos pré-aprovados, a serem liberados ao longo de 4 anos (2012-2015), o PAISS se estabelece como o maior programa de

¹¹ O etanol da segunda geração está na categoria que inclui o óleo vegetal tratado com hidrogénio que é baseada em gorduras animais e biocombustíveis à base de biomassa lignocelulósica, por exemplo, etanol celulósico.

¹² Financiadora de Estudos e Projetos

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. Por último, a função de *atividades empreendedoras* também faz parte do PAISS por que um dos objetivos explícitos do programa é desenvolver atividades empreendedoras baseadas na exploração da cana. Na seleção das empresas elegíveis, BNDES e FINEP receberam propostas de 39 empresas nas três linhas temáticas propostas (Bioetanol de segunda geração, Novos produtos de cana-de-açúcar e Gaseificação), num total de 83 projetos (Verges, 2013).

Porém, apesar de existir uma política de inovação, buscando o *catching-up* com as tecnologias avançadas do setor, fracassava, como já foi evidenciado anteriormente, a competitividade do etanol da primeira geração. Como consequência, apesar de não ter apagado totalmente o setor de bioetanol da sua agenda, os esforços, de certa forma paradoxais, do governo, tais como o aumento da proporção de adição de etanol na gasolina para 25% (indicador positivo da FSI de *formação de mercado*) e o fundo de R\$ 7,4 bilhões designados especialmente para o setor através do BNDES em 2010 (indicador positivo da FSI de *mobilização de recursos para a inovação*), parecem ainda insuficientes para impulsionar o setor e, finalmente, ajudá-lo a sair da crise atual. Segundo Verges (2013), desde 2007, 58 usinas já fecharam as portas só na região Centro-Sul do país e o setor de açúcar e etanol já perdeu mais 60 mil empregos, o que representa indicadores negativos para a função de *atividades empreendedoras*.

Na Tabela 9 apresentam-se as funções e as identificações dos eventos que as ativaram no período 2011 até a atualidade. Note-se que as funções de difusão de conhecimento através de redes e a de criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança não foram ativadas. É importante observar ainda que tanto evidências positivas quanto as negativas foram encontradas. Em meio às evidências negativas, os indicadores positivos, principalmente os derivados do programa PAISS, são as fontes da esperança de retomada do setor. Mas a saída da crise ainda não é claramente vislumbrada.

Tabela 9: Funções de Sistema de Inovação da Quarta Fase (2011 à atualidade)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de Conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	<p><u>A queda de produtividade</u> Desde 2007, <u>58 usinas já fecharam as portas só na região Centro-Sul do país.</u> <u>O setor de açúcar e etanol já perdeu mais 60 mil empregos.</u> <u>A indústria de etanol ficou estagnada, com um crescimento de oferta de apenas 1,5 % de 2008 para 2010.</u></p> <p>O PAISS promoveu muitas atividades empreendedoras baseadas na exploração da cana.</p>	<p><u>O desinteresse pelo etanol, naturalmente, tirou o do lugar prioritário da agenda de inovação do governo.</u></p>	Sem evidência	<p><u>O governo diminuiu seu interesse pelo setor de etanol.</u></p> <p>Através do PAISS, as instituições foram capazes de selecionar matéria prima e projetos a serem desenvolvidos.</p>	<p><u>A indústria de etanol sofre de dificuldades sérias de endividamento por causa da falta de investimentos público.</u> <u>A ausência dos créditos públicos fez com que os custos de plantio de cana-de-açúcar aumentassem em grande escala</u> <u>A fim de conter as pressões inflacionárias, o governo passou a congelar o preço da gasolina e o etanol perdeu sua vantagem.</u> <u>Os preços de etanol subiram por causa do descompasso crescente entre a oferta e a demanda por etanol.</u> <u>O Brasil começou a importar o produto, deixando de ser um exportador.</u> O aumento das vendas de carro flex O governo aumentou a proporção de adição de etanol na gasolina para 25%.</p>	<p><u>O governo estancou novos investimentos no setor</u> <u>O desinteresse por etanol, naturalmente, tirou o do lugar prioritário da agenda de inovação do governo.</u> O fundo de R\$ 7,4 bilhões designados especialmente para o setor através do BNDES. R\$3,121 bilhões foram liberados pelo PAISS, plano de financiamento à inovação no setor para as empresas e os institutos de pesquisa.</p>	Sem evidência

Fonte: Elaboração própria

Capítulo IV: Combustíveis Líquidos a partir do Carvão (CTL) na China

A fim de realizar um estudo comparativo, como ficou dito no capítulo de metodologia, é imprescindível obter um conhecimento profundo sobre todos os sujeitos em análise. Em relação a este trabalho, o Capítulo III se concentra na exploração do caso brasileiro de bioetanol como combustível e na sua análise cronológica de acordo com as Funções dos SI (FSI). Como consequência, o objetivo do presente Capítulo foi definido como, seguindo o modelo analítico do caso brasileiro, analisar o caso chinês de produção de combustíveis líquidos a partir do carvão (CTL) baseando se na teoria de FSI respeitando a sequência de fases cronológicas primeiramente determinadas e destacando os indicadores de cada uma das funções.

É importante ressaltar que o setor chinês de CTL é um tópico pouco explorado sob a ótica de SI, ainda menos sob a de FSI. Além disso, para o mundo acadêmico da língua portuguesa, o setor de CTL da China ainda é uma área pouco conhecida. A fim de preencher esta lacuna da literatura, além de realizar o objetivo analítico sobre a ótica de FSI, o presente trabalho apresentará ainda um relato histórico sobre o setor chinês iniciando pelo seu surgimento na década de 1930. De acordo com a delimitação do trabalho, o período analítico foi definido entre o ano de 1978 e a atualidade. Todavia, a primeira seção deste Capítulo é dedicada à apresentação dos acontecimentos do setor anteriores a 1978. Além de preencher a lacuna mencionada acima, esta seção também servirá como um pano de fundo para que os leitores que não estejam familiarizados com esta parte da história possam compreender melhor o desenvolvimento inicial do caso chinês e assim facilitar a leitura contínua da própria análise comparativa.

Por último, como foi realizado durante a análise do caso brasileiro, para que as informações também sejam adequadamente escolhidas e aproveitadas, serão incorporados durante a análise os critérios de comparação discutidos na metodologia da dissertação, ou seja, os indicadores das FSI. Ao mesmo tempo, é necessário enfatizar que, igualmente ao que foi feito para o caso brasileiro, serão analisados tanto os indicadores positivos quanto os indicadores negativos. Ou seja, os indicadores que levaram a resultados positivos para o desempenho do sistema de inovação e os indicadores que causaram efeitos negativos para o mesmo sistema. O detalhamento de todos esses elementos é necessário para aumentar a capacidade de interpretação do mecanismo e da funcionalidade de cada uma das funções apresentadas na parte de revisão teórica. Com este esforço de análise, tanto dos aspectos positivos quanto dos negativos, espera-se contribuir para que a análise comparativa final seja a mais completa possível.

1. O Surgimento (1930 a 1978)

A China tem uma longa história de produção de combustíveis líquidos a partir do carvão. De acordo com Chen Jialei (2013), o país começou a sua pesquisa e desenvolvimento (P&D) em óleo sintético tão cedo quanto 1930. Depois de uma pesquisa geológica, foi descoberto que as reservas de carvão que a China possuía ultrapassavam em muito as de petróleo. Como consequência, foi estabelecido o primeiro laboratório que se especializou nas pesquisas de combustíveis, o laboratório nacional de Qinyuan. Entre os anos de 1930 e 1938, foram realizadas pesquisas relacionadas às tecnologias de liquefação de carvão, tais como o processo de Fischer–Tropsch (F-T) (Liquefação Indireta de Carvão) e a hidrogenação de carvão e outros materiais carboníferos (Liquefação Direta de Carvão) (Chen Jialei, 2013).

Ainda segundo o autor, depois da eclosão da Guerra de Resistência contra o Japão (1937), as pesquisas tecnológicas de CTL obtiveram um desenvolvimento maior. Por causa do bloqueio realizado pelo exército japonês contra a linha costeira chinesa, tornou-se quase impossível importar combustíveis para usos militares. Consequentemente, em 1940, foi construída uma fábrica de alcatrão em Beibei, onde foi estabelecido um laboratório especializado em óleo sintético. Várias teses importantes sobre a tecnologia de óleo sintético foram publicadas na Revista da Sociedade de Química da China. Porém, por causa da falta de recursos financeiros e da infraestrutura atrasada, a fábrica não conseguiu realizar testes e produção em escala industrial (Chen Jialei, 2013).

Ao mesmo tempo, o Japão, com o objetivo de fornecer combustíveis para o seu exército e aproveitando os recursos do território chinês, construiu, durante a guerra, duas plantas de CTL no nordeste da China. De acordo com Chen Jialei (2013), uma delas é Fábrica de Combustíveis Sintéticos de Jinzhou que adotou a mesma tecnologia que a Alemanha utilizava durante a Segunda Guerra Mundial. As operações começaram em 1943 com uma produção anual de combustível de 100 t. As operações foram suspensas depois que o Japão perdeu a guerra, em 1945, mas a planta permaneceu fisicamente no local (Chen Jialei, 2013). A outra planta construída pelos

japoneses no território chinês é a Fábrica da Liquefação de Carvão de Fushun que foi inaugurada em fevereiro de 1939. A tecnologia adotada foi a de liquefação direta. Porém, devido a problemas de estabilidade dos equipamentos e à situação da Guerra, a planta não conseguiu satisfazer a necessidade urgente de combustíveis líquidos do exército japonês, e acabou sendo reconvertida para a produção de combustível de aviação.

A China retomou e ampliou a planta Jinzhou logo após a fundação da República Popular da China (RPC) em 1949. Naquela época, no território chinês, havia somente três campos petrolíferos que eram os campos petrolíferos: Yumen, Yanchang e de Dushanzi. Todavia, suas capacidades de produção eram muito pequenas e não satisfaziam a necessidade da construção econômica do país (Chen Jialei, 2013). Por causa disso, o Departamento dos Combustíveis Industriais (DCI) do Governo Central apresentou a política de “exploração vigorosa dos recursos petrolíferos naturais e o desenvolvimento contínuo de óleo sintético” na primeira reunião nacional da indústria de petróleo. Também foi durante esta reunião que o governo decidiu oficialmente a restauração da Fábrica de Combustíveis Sintéticos de Jinzhou, cujo nome oficial foi mudado para Sexta Fábrica de Petróleo em 1955. A fábrica recomeçou a funcionar de novo em 1951 e alcançou a sua produção de combustível anual máxima de 47 mil toneladas em 1957 (TANG, 2010).

De acordo com Chen Jialei (2013), a fim de fornecer um apoio tecnológico mais avançado, vários institutos de pesquisa começaram a se dedicar ao desenvolvimento das tecnologias CTL. O Instituto de Pesquisa da Universidade de Dalian estabeleceu um projeto de tecnologias avançadas da liquefação de carvão em 1949. De 1950 até 1952, o instituto se concentrava em pesquisas de métodos de preparação de catalisador à base de cobre e ferro. E em 1953, outro projeto de pesquisa da tecnologia de síntese de Fischer-Tropsch, utilizando catalisador à base de ferro fundido e nitreto, em leito fluidizado, foi estabelecido em cooperação com o Instituto de Petróleo da Academia de Ciência da China (CAS). Em 1957, o projeto alcançou a vitória preliminar com a descoberta de um tipo de catalisador à base de ferro fundido e nitreto. Logo depois, os institutos de pesquisa começaram a trabalhar junto com a Sexta Fábrica de Petróleo a fim de produzir equipamentos e máquinas de produção. No ano de 1958, o Departamento Industrial de Petróleo (DIP) decidiu construir uma

planta de demonstração de 3000-4000 toneladas a fim de testar em escala industrial os resultados das pesquisas científicas (Chen Jialei, 2013).

No entanto, todos os esforços mencionados acima perderam importância quando, em 1959, foi descoberta uma grande jazida de petróleo no campo de Daqing, no nordeste da China. Na década de 1960, a quantidade das reservas provadas de petróleo alcançou 2.5 bilhões de toneladas. Em 1960, com uma produção de 971 mil toneladas de petróleo, a exploração do campo de Daqing começou oficialmente. Com outras descobertas, incluindo os principais campos de petróleo de Shengli em Shandong e Dagang em Tianjin, a China se tornou capaz de atender as necessidades internas e eliminar quase todas as importações em 1965 (LIM, 2009). O custo de produção do CTL não podia competir economicamente com o da produção de petróleo, o que acabou levando à extinção das atividades de pesquisa tecnológica de CTL e das operações das plantas de demonstração. A planta de Jinzhou, ou seja, Sexta Fábrica de Petróleo (SFP), a então unidade mais importante da área, perdeu, portanto, sua posição estratégica e, em 1967, o seu funcionamento foi oficialmente suspenso (TANG, 2010).

2. Análise da Primeira Fase: Recuperação e Fundamento Tecnológico (1978 a 2000)

As tecnologias da CTL chamaram novamente a atenção dos chineses devido às crises de petróleo da década de 1970. A eclosão da primeira crise em 1973 coincidiu com a Revolução Cultural da China que ocupou toda a atenção do país ignorando inevitavelmente as mudanças e o desenvolvimento da ciência e tecnologia mundial. Porém, as atividades de P&D da China na área de óleos sintéticos começaram no final dos anos 1970 como resposta do governo para a dramática ascensão dos preços do petróleo observada após as crises do petróleo (FANG, Rong, 2011).

De acordo com Lei Shen, Tian Minggao e Xin Cheng (2011), naquela época, o país era um exportador líquido de petróleo. Porém, ativando a FSI de *formação de mercado*, o governo incentivou novas produções de combustíveis – inclusive a baseada nas tecnologias de CTL – com a finalidade de manter a posição de exportador e, eventualmente, gerar novas rendas através de exportação do petróleo. Além disso, a partir do fim da Revolução Cultural, a recuperação gradual da economia foi posicionada no topo da agenda dos governos de todos os níveis, levantando a perspectiva de que a demanda de petróleo do país iria se recuperar também. Levando em consideração as abundantes reservas existentes no território chinês e os preços elevados de petróleo, voltar a se dedicar às pesquisas e testes industriais de CTL tornou-se uma saída natural. Ativou-se assim tanto a FSI de *formação de mercado* no âmbito nacional, quanto a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. No rescaldo da crise mundial do petróleo, os esforços e avanços de P&D em tecnologias de CTL em uma série de países industrializados também reforçaram a confiança do governo chinês na reativação dos seus interesses em tecnologias de CTL (SUN, Guodong, 2010).

No ano de 1978, desempenhando o papel central do SI da indústria de CTL e ativando as FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* e de *mobilização de recursos para a inovação*, o governo chinês formulou o “Esboço Nacional do Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (NDCT) para o período

1978-1985”. De acordo com os requisitos de planejamento voltados para as ciências da energia explicitados nesse documento oficial, os institutos de pesquisas, tais como o Instituto de Química de Carvão de Shanxi da Academia de Ciências da China (SXICC/CAS) e o Instituto Central de Carvão do Ministério da Indústria do Carvão (CCRI/MCI), começaram a ajustar os seus recursos e esforços de pesquisa, transformando a pesquisa das tecnologias de CTL em um tópico de pesquisa de longo prazo.

A tarefa principal do SXICC/CAS, órgão estatal de pesquisa localizado perto de uma das províncias mais ricas em carvão da China, era o programa de atividades de P&D de tecnologias de liquefação indireta do carvão (ICL). Na década de 1980, o instituto desenvolveu o processo tecnológico modificado de MFT - *Two-stage Fixed Bed FT Synthesis Processes* - e o processo tecnológico modificado de SMFT - *Two-stage Slurry-Phase /Fixed Bed FT Synthesis Processes*. Testes da tecnologia MFT em planta piloto de 100 toneladas/ano foram realizados em 1989 e numa escala maior de 2000 toneladas/ano em 1994. Estes esforços, ativando mais uma vez a FSI de **desenvolvimento de conhecimentos**, fizeram com que a China estabelecesse a propriedade intelectual sobre processos proprietários modificados de *Fischer – Tropsch (FT)* para a produção de líquidos a partir de carvão (FANG, Rong, 2011). Ao mesmo tempo, o laboratório do SXICC ainda realizou investigações experimentais de pequena e média escala sobre vários tipos de catalisadores à base de ferro, tais como Fe-Cu-K, Fe-Mn e Fe-Mn.

Resumidamente, até 1997, o instituto se concentrava nas pesquisas sobre o processo de leito fixo de metais ferrosos. Logo depois, o SXICC projetou e realizou análise técnico-econômica de uma unidade de liquefação de carvão na escala de 10,000 toneladas. Essa unidade utilizava processo em leito fixo e catalisadores à base de ferro. Depois de 1997, caracterizando a FSI de **desenvolvimento de conhecimentos**, o instituto começou a desenvolver o processo F-T com catalisadores à base de ferro e reatores de leito fixo de lama (CHEN, Jialei, 2013).

Enquanto isso, praticando as FSIs de **mobilização de recursos para a inovação** e de **direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico**, de acordo com Sun Guodong (2010), a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC), a

Comissão Estatal de Ciência e Tecnologia (NCST) e o Ministério da Indústria do Carvão (MCI) apoiaram o laboratório da DCL do Instituto de Pesquisa de Carvão da China (CCRI) iniciando pela primeira vez as experiências de liquefação direta de carvão (DCL) no país, ativando a FSI de *desenvolvimento de conhecimentos*. Somente os tipos de carvão de alta qualidade podem ser liquefeitos através da tecnologia de DCL. Durante a década de 1980, através de uma série de testes com mais de 120 tipos de carvão, o CCRI escolheu 15 tipos de carvão apropriados para serem utilizados nos processos DCL. Depois disso, caracterizando a FSI de *desenvolvimento de conhecimentos*, o instituto fez alguns melhoramentos do dispositivo experimental alemão então utilizado e completou pesquisas sobre as condições do processo da tecnologia de DCL para 4 tipos de carvão¹³. Logo em seguida, o CCRI também desenvolveu catalisadores especialmente adequados para a utilização dos carvões chineses nos processos DCL. Além disso, continuando com a FSI de *desenvolvimento de conhecimentos*, o instituto produziu gasolina, diesel e querosene de aviação utilizando os catalisadores especiais desenvolvidos, definindo, assim, a rota de processamento dos óleos sintéticos através da tecnologia DCL (YEU & CUI, 2014).

Depois de duas décadas de experiências acumuladas no desenvolvimento de conhecimento, um fundamento sólido para o aumento de escala do processo tecnológico de DCL foi estabelecido. Porém, a construção de uma planta em escala industrial não somente demora vários anos, mas também exige grandes investimentos. Devido aos limites de tempo e dos recursos e a incerteza das opções tecnológicas existentes, é importante garantir a viabilidade das tecnologias antes de realizar investimentos. Neste caso, caracterizando pela FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, entre 1997 e 2000, o CCRI cooperou com a Alemanha, o Japão e os Estados Unidos, realizando os testes de aumento de escala de três tipos de carvão¹⁴ da China nas plantas de processo em escala industrial de DCL que os três países cooperadores possuíam. Os resultados desses testes permitiram obter mais dados de projeto do processo tecnológico de DCL e também demonstrar a viabilidade econômica de uma unidade em escala industrial (CHEN, Jialei, 2013).

¹³ Os quatro tipos de carvão são Yanzhou, Tianzhu, Shenmu e Xianfeng.

¹⁴ Os três tipos são Xianfeng da província de Yunnan (foi testado no processo tecnológico IGOR da Alemanha), Yilan da Província de Heilongjiang (foi testado no processo tecnológico NEDOL do Japão), e Shenhua da província de Mongólia Interior (foi testado no processo tecnológico HTI do Estados Unidos) (YEU, Fubing & CUI, tao, 2014).

Desde meados da década de 1990, o governo central tem apoiando o desenvolvimento de óleos sintéticos com diversas iniciativas de políticas e expressivos apoios financeiros dos bancos responsáveis pela política industrial, realizando assim a FSI de ***mobilização de recursos para a inovação***. Este apoio inclui particularmente o "Fundo de Substituição do Petróleo pelo Carvão" de 1998. De acordo com Fang (2011), através deste Fundo, 11 bilhões de RMB Yuan (cerca de US \$ 1,3 bilhões em câmbio de 1998) foram fornecidos para a primeira fábrica da China e do mundo de DCL, ou seja, a planta de DCL do Grupo Shenhua¹⁵ em Ordos, na Mongólia Interior, introduzindo, assim, a FSI de **atividades empreendedoras** no cenário da indústria de CTL.

Na Tabela 10 apresentam-se as funções e a identificações dos eventos que as ativaram no período 1978 a 2000. Note-se que, no total, cinco funções foram ativadas e todas exerceram influências positivas para o funcionamento geral do SI. Além disso, cabe salientar que o governo, juntamente com os seus órgãos administrativos e institutos de pesquisa, desempenhou o papel mais importante durante toda esta primeira fase.

¹⁵ Grupo Shenhua (chinês:神华集团) é uma empresa estatal de mineração e energia na China. É a segunda maior empresa de produção de carvão no mundo. Ela foi fundada em Outubro de 1995, sob do Conselho Nacional da República Popular da China. O Grupo opera na região carbonífera de Shenhua Shenhua Shenhua Shenhua Shenhua, bem como os ativos filiados ferroviárias, usinas de energia, instalações portuárias, frota de transporte e projetos de liquefação de carvão.

Tabela 10: Funções de Sistema de Inovação da Primeira Fase (1978 a 2000)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de Conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	A Fundação da primeira fábrica da China e do mundo de DCL , ou seja, planta de DCL do Grupo Shenhua em Ordos.	O SXICC/CAS desenvolveu os processos tecnológicos de MFT e SMFT . A China estabeleceu a propriedade intelectual sobre processos tecnológicos de FT . O SXICC realizou investigações experimentais de pequena e média escala sobre catalisadores à base de ferro . O laboratório da DCL do CCRI a fim de iniciar as experiências de DCL da China . O SXICC fez melhoramentos do dispositivo experimental e completou pesquisas de condições do processo da tecnologia de DCL para 4 tipos de carvão. O CCRI também desenvolveu catalisadores especialmente adequados para a utilização dos recursos chineses	Sem evidência	O governo central formulou o “Esboço Nacional do Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia durante 1978-1985” . A NDRC, a NCST e o MCI apoiaram o laboratório da DCL do CCRI a fim de iniciar as experiências de DCL da China . O CCRI cooperou com a Alemanha, o Japão e os Estados Unidos para garantir a viabilidade das tecnologias	O governo incentivou produções de CTL para exportar ao mercado internacional gerando novas rendas. A recuperação gradual da economia foi posicionada no topo da agenda dos governos de todos os níveis aumentando, assim, o mercado nacional de CTL .	Os institutos de pesquisas, SXICC/CAS e CCRI/MCI ajustaram os recursos e esforços de pesquisa para a pesquisa da tecnologia de CLT. A NDRC, a NCST e o MCI apoiaram o laboratório da DCL do CCRI a fim de iniciar as experiências de DCL da China. Através do Fundo de Substituição do Petróleo pelo Carvão" de 1998 , cerca de US \$ 1,3 bilhões foram fornecidos para a planta de DCL do Grupo Shenhua em Ordos, na Mongólia Interior	Sem evidência

Fonte: Elaboração própria

3. Análise da Segunda Fase: Crescimento Rápido (2001 a 2005)

Com o desenvolvimento da economia, a demanda de petróleo da China aumentou rapidamente. Desde o ano de 1993, a China se tornou um importador de petróleo. A dependência externa de petróleo vem se aprofundando cada vez mais. As taxas de dependência de 1999 e 2000 foram de 18,62% e 26,87% respectivamente (CHEN, Jialei, 2013). A segurança energética, colocada em risco pelo aumento rápido da importação de petróleo chamou a atenção do governo e as tecnologias CTL entraram, na virada do século 21, na agenda estratégica do governo central ativando a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. Assim, começou a sua era dourada de crescimento (CHEN, Jialei, 2013).

Durante o Décimo Período do Plano Quinquenal (FYP) (2001-2005), as políticas nacionais de tecnologia ofereceram um apoio significativo para o P&D das tecnologias CTL. Os projetos CTL foram classificados como um dos 12 grandes projetos nacionais de alta tecnologia a serem organizados e implementados, reforçando novamente, assim, a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. A tecnologia de carvão limpo foi decidida como um dos temas mais importantes do programa nacional de 863¹⁶. Seguindo esta diretriz, diversos projetos foram estabelecidos realizando a FSI de *desenvolvimento de conhecimentos*. Os projetos de “Tecnologias Cruciais do Processo de DCL”, “Catalisadores Altamente Eficientes do Processo de DCL”, “Tecnologias da Industrialização dos Combustíveis Líquidos à Base de Carvão através do Leito de Lama” e de “Tecnologias Cruciais dos Catalisadores de CTL indireto e o seu Processo Produtivo”, aplicados, respectivamente, pelo CCRI, o Shenhua Grupo, o SXICC e pelo Yankuang Grupo, foram autorizados pelo programa nacional 863 e receberam subsídios financeiros do governo através da realização da FSI de *mobilização de recursos para a inovação*. Em 2005, os resultados de todos estes projetos foram aprovados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MOST). Outro programa que

¹⁶ O programa nacional de 863 (Chinês: 863 计划) ou o Plano Nacional de Desenvolvimento de Tecnologia (Chinês: 国家高技术研究发展计划) é um programa financiado e administrado pelo governo da República Popular da China destina-se a estimular o desenvolvimento de tecnologias avançadas em uma ampla gama de campos para que a China ficasse independente de obrigações financeiras para tecnologias estrangeiras.

simbolizou a FSI de *desenvolvimento de conhecimentos* foi o programa nacional de 973¹⁷. De acordo com um informe do *site* oficial do programa 973, o projeto “Pesquisa Básica da Liquefação de Carvão em Grande Escala” com duração de 6 anos (2004-2009) solicitado pelo CCRI e Universidade de Mineração e Tecnologia da China (UMTB)¹⁸ foi aprovado e ganhou uma dotação de pesquisa científica de US\$ 2,055 milhões¹⁹, realizando desta forma não somente a FSI de *difusão de conhecimento através de redes* como também a FSI de *mobilização de recursos para a inovação*.

Por outro lado, começaram a ser construídas plantas pilotos para industrialização das tecnologias CTL. Durante o Décimo Período do FYP (2001-2005), além de continuar a apoiar as atividades de P&D das tecnologias de CTL, o governo ainda lançou políticas gerais com objetivo de esclarecer a importância estratégica do CTL e orientar o processo de desenvolvimento das tecnologias de CTL. Promoveu-se assim a industrialização do setor, o que ativou a FSI de *atividades empreendedoras*.

Em junho de 2001, foi introduzido “Planejamento Nacional da Indústria de Carvão durante o Décimo Período do FYP”. De acordo com o Planejamento, a promoção do desenvolvimento e aplicação de tecnologia de liquefação e gasificação do carvão deveria ser a tarefa principal do setor. Ainda segundo o Planejamento, baseando-se nos resultados dos estudos de viabilidade dos três tipos de carvão realizados nos laboratórios estrangeiros no final dos anos 1990, uma ou duas plantas de demonstração deveriam ser construídas através de cooperações tecnológica e econômica com estes países. O objetivo final seria gerar uma produção de pelo menos 2,5 milhões de toneladas de carvão líquido até 2005 (CHEN, Jialei, 2013). A criação desta meta de produção não somente serviu como incentivo para as atividades empreendedoras, mas também exercitou a FSI de *formação de mercado*,

¹⁷ O programa nacional de 973 (Chinês: 973 计划) ou o Programa Nacional de Pesquisas Básicas é um programa de pesquisas básicas iniciado pela República Popular da China para conseguir tecnologia e vantagem estratégica em vários campos científicos e, sobretudo, o desenvolvimento da indústria de minerais de terras raras.

¹⁸ Universidade de Mineração e Tecnologia da China é uma universidade nacional chave sob a supervisão direta do Ministério da Educação da China, bem como uma universidade do Projeto 211 e Projeto 985 do governo central. A universidade consiste em duas partes, uma localizada em Xuzhou, província de Jiangsu, a outra localizada em Pequim, com o nome de Universidade de Mineração e Tecnologia da China, Beijing (CUMT).

¹⁹ Equivalente de 17,0091 milhões de RMB com a taxa de câmbio de 2004 publicada pelo Banco Popular da China.

possibilitando e garantindo de tal forma a utilização e a difusão destas tecnologias novas no âmbito de mercado.

Enfatizando a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, em agosto de 2001, foi lançado o “Planejamento dos Projetos Chave do Desenvolvimento Energético Durante o Décimo Período do FYP” classificando o carvão líquido como a principal alternativa para o petróleo. A industrialização dos processos CTL deve ser considerada como um objetivo estratégico de longo prazo. No dia 30 de junho de 2004, o Conselho Nacional discutiu e aprovou o “Esboço Nacional do Desenvolvimento Energético de Médio e Longo Prazo (2004-2020)”, incluindo a carboquímica (indústria química baseada no carvão) na lista dos setores estratégicos do desenvolvimento nacional (CHEN, Jialei, 2013).

A fim de responder às diretrizes do governo central, os governos locais começaram a tomar medidas de planejamento do processo da industrialização das tecnologias de CTL. As tecnologias CTL tornaram-se um dos pontos estratégicos das economias locais, garantindo desta forma a realização das FSI de *formação de mercado* e de *atividades empreendedoras*. O governo da província de Shanxi, por exemplo, assinou, em 2001, o Acordo do Desenvolvimento da Indústria de ICL em Shanxi com a CAS, projetando que, nos cinco a dez anos seguintes, seria construída, na região de Shuozhou e Datong, uma planta com escala da ordem de milhões de toneladas. No início de 2004, a província de Ningxia deu início à construção da Zona de Energia e Química de Base, considerando o CTL um dos três pilares do complexo industrial com o objetivo de alcançar a produção total de 3,2 milhões de toneladas antes de 2010, e 8,2 milhões de toneladas antes de 2020(CHEN, Jialei, 2013).

Seguindo os estímulos financeiros apresentados pelas políticas de apoio, os institutos de pesquisa e as empresas começaram a demonstrar o desejo de investir a fim de promover a industrialização das tecnologias CTL, preparando-se para aproveitar as vantagens de novas oportunidades de negócio e ativando assim a FSI de *atividades empreendedoras*. Por exemplo, através das atividades independentes de P&D e das cooperações com a Universidade de Ciência e Tecnologia do Leste da

China (UCTLC)²⁰ e a Academia de Ciências Petrolíferas da Corporação de Petroquímica da China (SINOPEC)²¹, o Yankuang Grupo alcançou avanços tecnológicos do processo F-T de temperatura baixa obtendo um direito de propriedade intelectual. A cooperação estabelecida entres estes agentes não somente resultou na obtenção de um direito de propriedade intelectual por parte da empresa, indicador da FSI de *desenvolvimento de conhecimentos*, mas também ativou a FSI de *difusão de conhecimento através de redes*. Em 2004, o Grupo construiu uma planta piloto utilizando esta tecnologia. Com uma operação contínua e estável, a planta ganhou a aprovação da Comissão Nacional do Desenvolvimento e Reforma (NDRC) (YEU, Fubing & CUI, tao, 2014).

O Yitai Grupo, por outro lado, investiu, em 2002, aproximadamente US\$ 2,179 milhões cooperando com o SXICC para a construção de uma planta piloto de escala de mil toneladas de CTL baseando se na tecnologia de ICL que o SXICC desenvolveu a partir do programa de 863. Em 2005, logo depois de o resultado do projeto ser aprovado pelo MCT, o Yitai Grupo decidiu investir para construir uma planta de combustível sintético à base de carvão com capacidade de produção de 480 mil toneladas. Em dia 8 de dezembro do mesmo ano, a Comissão de Desenvolvimento e Reforma da Província de Mongólia Interior aprovou o pedido de construção do Yitai Grupo. A observação deste evento Yitai Grupo, possibilitou a identificação de duas FSI: a função de *difusão de conhecimento através de redes* devido às cooperações que tiveram lugar entre a empresa e o instituto de pesquisa, e a função de *atividades empreendedoras* por causa da participação do Yitai Grupo na indústria de CTL com o objetivo de explorar de novas oportunidades de negócio.

Além disso, a fim de acelerar os passos da industrialização das tecnologias de CTL, em 2004, a NDRC assinou uma carta de intenção da cooperação com a companhia Sasol da África do Sul, planejando a construção de duas plantas de ICL com capacidade de produção de 6 milhões de toneladas (YEU, Fubing & CUI, tao, 2014). Analisando a cooperação internacional entre um agente governamental da China e

²⁰ Universidade de Ciência e Tecnologia do Leste da China é uma universidade de pesquisa localizada em Xangai, China. Originalmente criada como uma instituição altamente especializada na área de química, ela evoluiu para uma universidade abrangente que cobre todas as disciplinas acadêmicas e oferece uma grande variedade de cursos. A escola engloba dois campos e um parque de ciência nos distritos Xuhui, Fengxian e Jinshan de Xangai.

²¹ Corporação de Petroquímica da China (SINOPEC) é a maior empresa de refino de petróleo e petroquímica da Ásia, administrada pelo Conselho de Estado da República Popular da China.

uma empresa estrangeira, foram identificadas várias FSI. Em primeiro lugar, a função de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* foi realizada por que, em vez de entrar no mercado de produção por conta própria, a tecnologia de ICL foi introduzida para o mercado de CTL através desta cooperação bilateral. Em segundo lugar, assinando a carta de cooperação, o governo chinês não somente abriu o mercado de CTL para a companhia Sasol, mas também garantiu a existência do mercado para o CTL produzido com a tecnologia de ICL, caracterizando assim, a função de *formação de mercado*. Em terceiro lugar, através desta cooperação, foram introduzidas no mercado chinês as tecnologias já maduras da África do Sul, realizando a função de *difusão de conhecimento através de redes*. Por último, apesar de ser um agente estrangeiro, com visão de oportunidade em novos negócios, a empresa Sasol da África do Sul ativou a função de *atividades empreendedoras* no mercado nacional de energia da China.

Na Tabela 11 apresentam-se as funções e as identificações dos eventos que as ativaram no período 2001 a 2005. Note-se que apenas a função de criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança não foi ativada. É importante observar que, assim como aconteceu na análise da primeira fase, não foram encontradas evidências de eventos negativos.

Tabela 11: Funções de Sistema de Inovação da Segunda Fase (2001 a 2005)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de Conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	<p>Através da cooperação com NDRC, a empresa Sasol da África do Sul entrou no mercado nacional de energia da China.</p> <p>A participação do Yitai Grupo, o Yankuang Grupo, o Shenhua Grupo e as demais empresas na indústria de CTL com o objetivo de tirar vantagem de novas oportunidades de negócio.</p>	<p>O projeto “Tecnologias Cruciais do Processo de DCL” do CCRI.</p> <p>O projeto “Catalisadores Altamente Eficientes do Processo de DCL” do Shenhua Grupo.</p> <p>O projeto “Tecnologia da Industrialização dos Combustíveis Líquidos à Base de Carvão através do Leito de Lama” do SXICC.</p> <p>O projeto “Tecnologias Cruciais dos Catalisadores de ICL e o seu Processo Produtivos” do Yankuang Grupo</p> <p>A Pesquisa Básica da Liquefação de Carvão em Grande Escala” do CCRI e CUMTB.</p> <p>A obtenção de um direito de propriedade intelectual por parte do Yankuang Grupo</p>	<p>A cooperação entre CCRI e UMTB no projeto “Pesquisa Básica da Liquefação de Carvão em Grande Escala” do programa nacional 973.</p> <p>A cooperação entre UCTL e o Yankuang Grupo na obtenção do direito de propriedade intelectual</p> <p>A cooperação entre o Yitai Grupo e o SXICC para a construção de uma planta piloto de escala</p> <p>A NDRC assinou uma carta de intenção da cooperação com a companhia Sasol da África do Sul introduzindo as tecnologias maduras de ICL para o mercado chinês.</p>	<p>A tecnologia da CTL entrou na agenda estratégica do governo central, e foi classificado como um dos 12 grandes projetos nacionais de alta tecnologia.</p> <p>O “Planejamento dos Projetos de Chave do Desenvolvimento Energético Durante o Décimo Período do FYP” classificou CTL como o principal alternativo para o petróleo natural.</p> <p>A tecnologia da CTL foi definida como itens importantes nos programas nacionais de 863 e 973</p> <p>O NDRC assinou uma carta de intenção da cooperação com a companhia Sasol da África do Sul e a tecnologia de ICL foi introduzida para o mercado de CTL através desta cooperação bilateral.</p>	<p>A meta de produção é de 2,5 milhões de toneladas de carvão líquido até 2005 das plantas construídas baseando-se nos resultados da pesquisa de viabilidade.</p> <p>Os governos locais tomaram medidas contribuindo para a industrialização das tecnologias de CTL e criando metas de produção próprias.</p> <p>A NDRC assinou uma carta de intenção da cooperação com a companhia Sasol da África do Sul, definindo a meta de produção</p>	<p>Os quatro projetos do programa nacional 863 receberam subsídios financeiros do governo.</p> <p>O projeto “Pesquisa Básica da Liquefação de Carvão em Grande Escala” do programa nacional 973 recebeu uma apropriação de US\$ 2,055 milhões</p>	Sem evidência

Fonte: Elaboração própria

4. Análise da Terceira Fase: Reestruturação e Controle (2006 a 2010)

Sob a orientação geral das políticas nacionais relacionadas, os governos locais, ativando a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, começaram a apoiar o desenvolvimento do setor de CTL com esperança de revitalizar as economias regionais. Além disso, outros motivos que aceleraram o processo de industrialização das tecnologias de CTL foram o crescimento contínuo dos preços internacionais de petróleo depois de 2000 e o aumento rápido da importação de petróleo do país, aumentando assim, tanto a competitividade econômica do CTL no mercado energético, como também a quantidade de demanda potencial interna. Consequentemente, os projetos de CTL começaram a ser lançados em sequência.

O relatório de estudo de viabilidade do projeto de DCL de 1,08 milhões de toneladas foi aprovado em agosto de 2002 pelo MCT, destacando mais uma vez a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. Em abril de 2005, foi inaugurada oficialmente a construção do projeto com base nas tecnologias do Grupo Shenhua e do CISS apoiadas pelo programa de 863 (SUN, Guodong, 2010). Em fevereiro de 2006, Grupo Luan da província de Shanxi iniciou a construção de uma planta de demonstração de ICL com capacidade de 160 mil toneladas. Em maio, o grupo Yitai de Mongólia Interior também começou a construir sua planta de demonstração de 160 mil toneladas utilizando a tecnologia de SMFT à base de metais ferrosos da empresa SYNFUELS CHINA. Além dos três projetos que já estavam na fase de construção, em quase todas as regiões que possuem uma produção de carvão em grande escala, os governos locais e as empresas estavam planejando para lançar projetos parecidos, caracterizando, assim, fortemente a FSI de *atividade empreendedoras*.

A FSI de *atividades empreendedoras* desempenhou um papel central no período 2006-2010. De acordo com os dados apresentados por Chen Jialei (2013), até a primeira metade do ano de 2006, mais de 30 de projetos de CTL já tinham sido propostos. Entre eles, estão o projeto de DCL de Xianfeng da província Yunana, o projeto de DCL de Yilan da província de Heilongjiang, o projeto de ICL de Shenhua –

Sasol em Ningxia, o projeto de ICL de Shenhua – Sasol em Yulin, o projeto de ICL de Shenhua – Shell em Ningxia, o projeto de CTL de um milhão de toneladas do Grupo Yankuang em Yulin, o projeto de CTL de dois milhões de toneladas do Grupo Kailuan de Hebei em Yili, o projeto de 500 mil toneladas do Grupo Pingmei de Henan em Pingdingshan, o projeto de DCL de um milhão de toneladas em Xilinguole de Mongólia Interior, o projeto de CTL em Shuangyashan de Heilongjiang, o projeto de carvão sintético do Grupo Xuzhoukuangye, o projeto de carvão químico e energias limpas de Datong de Shanxi, etc.

Porém, atrás deste cenário dinâmico, surgiram muitos problemas. Em primeiro lugar, naquela época, as tecnologias de CTL tinham alcançado apenas as fases de plantas piloto ou de demonstração e, por isso, não havia garantia dos resultados econômicos finais. Muitos problemas que não surgiram na fase de teste industrial, mas que se tornaram óbvios durante a fase de demonstração, ainda não tinham sido resolvidos propriamente. Por isso, as tecnologias em si ainda não tinham sido aperfeiçoadas. Os projetos recentes, tanto DCL quanto ICL, corriam grandes riscos tecnológicos porque, apesar de serem chamados projetos de demonstração, eram conduzidos com o objetivo de obter resultados comerciais e não de testar e aperfeiçoar as tecnologias. Mas sem ter tecnologias maduras e estáveis como apoio, torna-se difícil atingir os objetivos das empresas e o risco de insucesso aumenta (Chen Jialei, 2013). Como consequência, em vez de beneficiar o funcionamento geral do SI, esta situação fez com que a forte ativação da FSI de *atividades empreendedoras* causasse não somente o entusiasmo da participação pelos agentes empreendedores, mas também danos e obstáculos para o desenvolvimento contínuo do próprio SI.

Em segundo lugar, grandes investimentos exigidos pelos projetos e as flutuações dos preços de carvão e petróleo fizeram com que as empresas investidoras sofressem também grandes riscos econômicos. Além disso, para acelerar os desenvolvimentos econômicos locais, muitas regiões começaram a atrair os investimentos com base somente nos recursos de carvão sem levar em consideração outros recursos necessários, como por exemplo, a água. Consequentemente, muitos projetos começaram a gerar grandes pesos nos equilíbrios ecológicos locais, caracterizando mais uma vez um indicador negativo da FSI de *atividades empreendedoras*. Por

último, algumas empresas começaram a ocupar terras e outros recursos naturais para fins distantes em nome de projetos de CTL.

Resumidamente, como foi dito por Hekkert et al (2007), a existência de atividades empreendedoras é um dos principais indicadores de desempenho dos sistemas de inovações. Porém, por causa das influências de uma ou várias outras funções, é possível que a quantidade das atividades empreendedoras diminua ou aumente em um período relativamente curto. No presente caso, apesar de ter surgido não somente sob as políticas de diretrizes e orientações, mas também por causa dos fatores de mercado, tais como a existência de mercado e demanda potencial, além do aumento de competitividade em relação ao produto competidor (o aumento do preço de petróleo na época), esta ativação vigorosa da FSI de *atividades empreendedoras* não alcançou resultados esperados e contribuiu negativamente para o desempenho do SI. Ao mesmo tempo, também é possível identificar uma contribuição negativa das FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* e de *difusão de conhecimento através de redes*. Isso porque, primeiro, ativando a função de direcionamento, os governos locais não conseguiram coordenar entre si os planejamentos locais e o governo central falhou na promoção de um desenvolvimento harmônico entre as diferentes regiões tanto no âmbito industrial e econômico quanto no que se refere à sustentabilidade ao meio ambiente. Além disso, diferentemente do que aconteceu na fase anterior (2001-2005), não conseguindo tomar precauções contra os problemas tecnológicos e eventualmente resolvê-los, as cooperações entre os agentes empresariais e institutos de pesquisa também contribuíram negativamente para o funcionamento geral do SI.

A existência de todos os problemas mencionados demonstrou as dificuldades do planejamento econômico na China e a característica de descompasso do planejamento central para o processo de industrialização das tecnologias de CTL. Por isso, a fim de corrigir os erros, ativando mais uma vez positivamente a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, durante o Décimo Primeiro Período (2006-2010) do FYP, a atitude do governo para o setor de CTL passou de um entusiasmo extremo para um apoio mais contido.

Em 7 de julho de 2006, o planejador central do país, a NDRC, emitiu o Anúncio sobre a Intensificação da Gestão da Construção dos Projetos de CTL, caracterizando também a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. O anúncio ressaltou a importância de um "desenvolvimento saudável" da indústria de CTL e proibiu as aprovações de projeto de CTL com uma capacidade de produção anual abaixo de três milhões de toneladas em todos os níveis governamentais, Ainda segundo o anúncio, até que seja formulado um novo planejamento para o desenvolvimento do setor pelo governo central, todas as análises e autorizações de novos projetos de CTL devem ser suspensas para que o órgão planejador tenha tempo suficiente de recuperar o seu controle sobre a indústria de CTL (FANG, Rong, 2011).

No entanto, apesar desses anúncios do governo central, o frenesi de construção não mostrou sinais de diminuição, sugerindo outro indicador negativo da FSI de *atividades empreendedoras*. Desde então, a NDRC emitiu mais três anúncios de suspensão de projeto, esforçando-se com vigor para exercer melhor a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. Em agosto de 2008 a NDRC ordenou uma parada em todos os projetos de CTL, executando somente dois projetos envolvendo o Grupo Shenhua (a planta de DCL na Mongólia Interior e a uma de ICL em Região Autônoma de Ningxia Hui). No início de 2011, a NDRC emitiu outra carta-circular proibindo qualquer planta de CTL com uma produção anual de combustível inferior a um milhão de toneladas e também exigindo que o fornecimento de carvão seja priorizado para o uso residencial e a geração de energia, onde a escassez de carvão foi mais visível e prejudicial à economia como um todo (FANG, Rong, 2011). Esta carta de 2011 da NDRC também proibiu a distribuição de terra e de apoios financeiros dos bancos para os projetos carboquímica que não cumpram as políticas e regulamentações industriais (TANG, 2010).

Estas medidas do governo central ajudaram a esfriar o frenesi da industrialização do setor de CTL, resultando num funcionamento positivo da FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. Os projetos suspensos incluem uma *joint-venture* do Shenhua Grupo e da Sasol em Shaanxi, uma planta do Xinfeng Grupo de Carvão Químico de Shandong em Yunnan Xunxun, uma planta do Grupo de Energia de Shandong em Xinjiang Yili e uma planta do Pingmei Shenma Grupo da China em Pingdingshan, Henan (FANG, Rong, 2011).

Na Tabela 12 apresentam-se as funções e as identificações dos eventos que as ativaram no período 2006 a 2010. Note-se que as duas FSI que tiveram influências mais importantes nesta fase, a função de atividades empreendedoras e a função do direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico, ambas contribuíram negativamente para o desempenho do SI. Além disso, a função de difusão de conhecimento através de redes também contribuiu negativamente para o SI.

Tabela 12: Funções de Sistema de Inovação da Terceira Fase (2001 a 2005)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de Conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	<p><i>O grupo Shenhua, Luan, Yitai continuam atuando no mercado construindo novos projetos</i></p> <p><i>As empresas recém-fundadas entraram no mercado.</i></p> <p><i>A participação de muitas empresas, tais como Sasol em Yulin, Grupo Yankuang em Yulin, Shell em Ningxia e Grupo Pingmei de Henan, ect.</i></p> <p><i>Apesar destes anúncios do governo central, o frenesi de construção não mostrou sinais de diminuição.</i></p> <p>Os projetos suspensos incluem uma joint-venture do Shenhua Grupo e da Sasol, uma planta do Xinfeng Grupo de Carvão Químico de Shandong, uma planta do Grupo de Energia de Shandong e uma planta do Pingmei Shenma Grupo da China.</p>	Sem evidência	<p><i>Cooperação entre CISS e Shenhua Grupo.</i></p> <p><i>A cooperação entre a empresa SYNFUELS CHINA e o Yitai Grupo.</i></p>	<p><i>Os governos locais começaram a apoiar o desenvolvimento do setor de CTL através de orientações políticas</i></p> <p><i>O MCT aprovou o projeto de DCL, o que levou a inauguração da construção das plantas.</i></p> <p><i>A aprovação de muitos projetos tais como Sasol em Yulin, Grupo Yankuang em Yulin, Shell em Ningxia e Grupo Pingmei de Henan, ect.</i></p> <p>Décimo Primeiro Período do FYP, a atitude do governo para o setor de CTL passou de um entusiasmo extremo para um apoio mais morno.</p> <p>A NDRC emitiu o Anúncio ressaltando a importância de um "desenvolvimento saudável" da indústria de CTL e proibiu as aprovações de projeto de CTL não qualificados.</p> <p>A NDRC ordenou uma parada em todos os projetos de CTL, exceto somente dois projetos.</p> <p>A NDRC emitiu outra carta-circular proibindo qualquer planta de CTL com uma produção pequenas</p>	Sem evidência	Sem evidência	Sem evidência

Fonte: Elaboração própria

5. Análise da Quarta Fase: desenvolvimento cauteloso (2011 à atualidade)

As políticas de controle lançadas durante o Décimo Primeiro Período (2006-2010) do FYP fizeram com que o desenvolvimento do setor de CTL entrasse em uma fase de demonstração estável. Porém, estas ordens de restrição ainda resultaram em excessos de capacidade. Uma produção crescente de carvão levou a uma tendência decrescente de preços, o que favoreceu a viabilidade econômica dos projetos de CTL. Ao mesmo tempo, depois de décadas de atividades de P&D e anos de experiências com as plantas piloto, as tecnologias de CTL, especialmente a de ICL, já tinham se tornado suficientemente maduras diminuindo, assim, os riscos tecnológicos que antes dificultavam as práticas de industrialização.

Além disso, enquanto restringia rigorosamente a expansão dos projetos de CTL, muitas pesquisas sobre políticas de desenvolvimento de longo prazo foram realizadas em nível governamental na área de indústria química de carvão, caracterizando desta forma a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. Como resultado, o CTL foi definido, mais uma vez, como a principal alternativa de combustíveis líquidos derivados do petróleo. Consequentemente, a partir do início do Décimo Segundo Período (2011-2015) do FYP, o governo central tem relaxado gradualmente controles sobre os projetos de CTL. Por outro lado, a fim de orientar cientificamente o desenvolvimento do setor de CTL, desenvolver e utilizar racionalmente os recursos naturais e diminuir poluições desnecessárias, neste novo período, a atitude geral do governo central sobre a indústria de CTL foi orientada para apoiar projetos qualificados e continuar a proibir os não qualificados.

Sob este diretriz, foi elaborado ativando a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, um Planejamento Nacional da Indústria Química de Carvão durante o Décimo Segundo Período do FYP” pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT). De acordo com o planejamento, a autorização de

um projeto de CTL precisa ser fundamentada numa consideração abrangente de recursos naturais, ambiente ecológico, sistema de transporte, situação de desenvolvimento de economia local e as metas de redução de emissão. Ainda segundo o planejamento, os projetos de CTL devem ser distribuídos propriamente e com moderação nas províncias de Mongólia Interior, Shaanxi, Xinjiang, Ningxia e Guizhou, seguindo os princípios de utilização intensificada e econômica de todos os recursos e de integração das atividades *upstream* e *downstream*. Por outro lado, nas demais províncias, deve-se restringir rigorosamente o desenvolvimento da indústria química de carvão. Além disso, no sexto capítulo especial do documento, o aperfeiçoamento dos processos técnicos e a atualização tecnológica das tecnologias de MTO²², e FMTP²³ foram listados como os pontos chave de inovações tecnológicas, realizando de tal forma a FSI de ***direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*** e de ***mobilização de recursos para a inovação***.

Com a mesma intenção de orientar e apoiar os projetos qualificados e proibir os não qualificados, várias outras políticas industriais foram publicadas nos últimos anos, mais uma vez, enfatizando positivamente a FSI de ***direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico***. Por exemplo, a NDRC emitiu um Anúncio de Regulamentação do Desenvolvimento da Indústria Química de Carvão no dia 23 de março de 2011. O anúncio criou barreiras de entrada muito rígidas enfatizando que a decisão final de autorização de todos os projetos de CTL deve ser feita pela NDRC. Ao mesmo tempo, um sistema de responsabilidade administrativa também foi estabelecido controlando todos os departamentos governamentais relevantes e as instituições financeiras.

Em abril de 2012, ativando novamente a FSI de ***direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico***, foi emitida a Política do Desenvolvimento da Indústria do Processamento Profundo de Carvão reforçando que a liquefação de carvão é um dos caminhos mais importantes para reestruturação da indústria tradicional de carvão

²² Methanol to olefin (MTO) é uma rota para produção de olefinas que são produtos de base da petroquímica, em geral obtidos a partir de gás natural ou petróleo.

²³ A tecnologia de FMTP (Fluidized bed methanol to propylene) foi desenvolvida pela China National Chemical Engineering Group Corporation, Tsinghua University e Anhui Huainan Chemical Group para a produção de propeno a partir do metanol.

e, por isso, muitas medidas devem ser tomadas a fim de apoiar e acelerar o processamento da industrialização das tecnologias de CTL. Além disso, através desta política, ainda foram definidas metas setoriais de consumo e eficiência energéticas, garantindo assim a participação da FSI de *formação de mercado*.

No dia 17 de junho de 2014, o Ministério de Energia emitiu um Aviso Nacional sobre as Indústrias de Liquefação e Gasificação de Carvão, apoiando a continuação do processo da industrialização das tecnologias CTL, porém, proibindo construções desordenadas, reforçando de novo a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. De acordo com o aviso, é proibido construir projetos de CTL que não alcancem a escala de produção da ordem de milhões de toneladas. Em 19 de novembro de 2014, ativando a FSI de *formação de mercado*, o Conselho Nacional lançou o Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Energético (2014-2020) estabelecendo nacionalmente o aumento da utilização de carvão limpo e diminuindo em grande escala a queima direta do carvão. Segundo o documento, o país deve continuar a desenvolver as indústrias das alternativas ao petróleo à base de carvão e biomassa e alcançar, até no ano de 2020, uma capacidade de substituição de petróleo de 40 milhões de toneladas.

Devido a todas estas medidas de política, depois de cinco anos de estagnação, a indústria de CTL iniciou um novo ciclo de desenvolvimento. Com a inauguração da construção em dezembro de 2011, o projeto de CTL do Grupo Yanzhou em Yulin marcou o início de uma nova fase histórica do desenvolvimento setorial: a fase da promoção de plantas de grande escala, da ordem de milhões de toneladas, o que ativa a participação positiva da FSI *atividades empreendedoras*. Situado na Zona Norte do Parque Industrial Yu-Heng de Yulin da província de Shaanxi, o projeto é financiado por três empresas estatais: Yankuang Grupo, Empresa de Mineração de Carvão de Yanzhou e Grupo Yanchang de Petróleo da Província Shaanxi. Entre elas, a Empresa de Mineração de Carvão de Yanzhou é uma empresa listada no mercado internacional de ações.

Além disso, também foi aprovada, em 2011, a produção comercial do projeto de

DCL em Mongólia Interior do Shenhua Grupo, reforçando assim mais uma vez a participação da FSI de *atividades empreendedoras*. Sendo um dos dois projetos que não foram suspensos durante o Décimo Primeiro Período do FYP, o projeto aproveitou a tecnologia nacional de DMTO²⁴ do Dalian Instituto de Física Química (DICP) da Academia Chinesa, introduzindo a FSI de *difusão de conhecimento através de redes*. Outro projeto de CTL que ganhou a autorização da produção comercial foi o projeto de ICL do Yitai Grupo. Com um investimento total de cerca de US\$ 348,63 milhões, a construção do projeto foi concluída em setembro de 2008. As produções anuais de 2012 e 2013 foram respectivamente 172 mil e 182 mil toneladas.

A Tabela 13 mostra as informações sobre os projetos autorizados de CTL em operação e em construção no território chinês durante o Décimo Segundo Período do FYP, destacando fortemente a participação da FSI de *atividades empreendedoras* nesta nova fase do desenvolvimento. Ao mesmo tempo, a Tabela 14 apresentam-se as funções e a identificações dos eventos que as ativaram no período de 2011 até ao presente. Note-se que as funções de desenvolvimento de conhecimento e a função de criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança não foram ativadas. É importante esclarecer ainda que todas as evidências encontradas são todos indicadores positivos que contribuíram para o bom funcionamento geral do sistema de inovação em análise durante esta fase.

²⁴ Double Methanol to Olefin

**Tabela 13: Projetos Autorizados de CTL em Operação e em Construção
(2011-2015)**

Projeto/Localização	Escala (toneladas/ano)
Em Operação	
ICL, Yitai Grupo, Ordos	160.000
ICL, Luan Grupo, Changzhi	210.000
ICL, Shenhua Grupo, Ordos	180.000
DCL, Shenhua Grupo, Ordos	1.080.000
MTG, Jingmei Grupo, Shanxi	10.000
MTG, Instituto do Carvão Químico, Shanxi	1.000.000 (todas as plantas)
Combustíveis limpos, Shanmei Grupo, Shanxi	500.000
Em Construção	
Utilização limpa de carvão com alto enxofre, Luan Grupo, Changzhi	1,8 milhões de toneladas/ano
ICL, Yankuang Grupo, Shandong	1.000.000
MTG, Jingmei Grupo, Shanxi	1.000.000

Tabela 14: Funções de Sistema de Inovação da Quarta Fase (2011 à atualidade)

Função	Atividades Empreendedoras	Desenvolvimento de Conhecimento	Difusão de Conhecimento Através de Redes	Direcionamento da Pesquisa e do Desenvolvimento Tecnológico	Formação de Mercado	Mobilização de Recursos para a Inovação	Criação de Legitimidade e Contenção da Resistência à Mudança
Evidência	<p>O projeto de CTL do Grupo Yanzhou em Yulin marcou o início de uma outra fase histórica do desenvolvimento setorial.</p> <p>O Yankuang Grupo, a Empresa de Mineração de Carvão de Yanzhou e o Grupo Yanchang de Petróleo da Província Shaanxi financiaram o projeto de CTL do Yanzhou.</p> <p>A produção comercial do projeto de DCL em Mongólia Interior do Shenhua Grupo começou.</p> <p>Os projetos de CTL na tabela 12.</p>	Sem evidência	<p>O projeto de DCL em Mongólia Interior do Shenhua Grupo aproveitou a tecnologia nacional de DMTO do Dalian Instituto de Física Química (DICP) da Academia Chinesa,</p>	<p>O carvão líquido foi definido novamente como a principal alternativa de petróleo.</p> <p>O governo central tem relaxado gradualmente controles sobre os projetos de CTL.</p> <p>O lançamento do Planejamento Nacional da Indústria Química de Carvão durante o 120 do FYP pelo MIIT</p> <p>A NDRC emitiu um Anúncio de Regulamentação do Desenvolvimento da Indústria Química de Carvão.</p> <p>Foi emitida a Política do Desenvolvimento da Indústria do Processamento Profundo de Carvão enfatizando que muitas medidas devem ser tomadas a fim de assistir e acelerar o processamento da industrialização das tecnologias de CTL.</p> <p>O ME emitiu um Aviso Nacional sobre as Indústrias de Liquefação e Gasificação de Carvão, indicando a continuação do processo da industrialização destas duas indústrias.</p>	<p>Foram definidas metas setoriais de consumo e eficiência energéticas na Política do Desenvolvimento da Indústria do Processamento Profundo de Carvão.</p> <p>O Conselho Nacional lançou o Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Energético (2014-2020) exigindo o aumento nacionalmente do nível da utilização de carvão limpo.</p>	<p>A aperfeiçoamento dos processos técnicos e atualização tecnológica das tecnologias de MTO, e FMTP foram listados como os pontos chave de inovações tecnológicas no Planejamento Nacional da Indústria Química de Carvão durante o Décimo Segundo Período do FYP.</p>	Sem evidência

Fonte: Elaboração própria

Capítulo V: Discussão Comparativa

Com base nas análises qualitativas realizadas nos capítulos anteriores, tornou-se evidente que, durante a maioria das fases cronológicas estudadas, os SI do setor de bioetanol do Brasil e da indústria chinesa de CTL agiram de formas extremamente distintas. Porém, o que causou estas diferenças? Depois de uma comparação mais profunda entre os resultados da pesquisa, descobriu-se que a particularidade do funcionamento de cada SI resultou principalmente das FSI que, em uma determinada época, exerceram influências decisivas, tanto positivas quanto negativas, para o desempenho geral daquele SI. Porém, antes de apresentar os resultados desta comparação, é necessário esclarecer algumas questões.

Em primeiro lugar, deve ser lembrado que, de acordo com Malerba, existem três blocos de componentes de um sistema setorial de inovação, a saber: 1) conhecimento, processo de aprendizagem e tecnologias; 2) agentes e redes de relacionamento; 3) instituições. Cabe ressaltar que, entre os blocos de componentes mencionados acima, a visão analítica da presente discussão comparativa parte dos componentes do segundo bloco, ou seja, os agentes empresariais e não empresariais e as formas de relacionamento através do qual estes dois tipos de agentes interagem. Isso se justifica porque, baseando-se nos resultados da pesquisa, são esses agentes que desempenharam papéis decisivos na participação de cada FSI e que contribuíram para que determinadas funções fossem as principais durante cada época analisada.

Em segundo lugar, é importante esclarecer que, quando se refere ao primeiro tipo de agentes deste bloco, ou seja, os agentes empresariais, nas discussões seguintes, serão indicados as empresas participantes, tanto as novas entrantes quanto as já existentes. Além disso, quando for mencionado o segundo tipo de atores, ou seja, os agentes não empresariais, serão incluídos o governo central, os governos locais, os institutos de pesquisas públicos, as universidades, os bancos, etc.

Em terceiro lugar, com a finalidade de facilitar o desenvolvimento e o

entendimento da pesquisa, é conveniente explicar dois termos que serão muito citados na seguinte discussão delimitando os seus significados. Para começar, o termo *agente principal* é usado para designar aquele componente, ou seja, ator, que exerce a influência decisiva na ativação de cada FSI. Além disso, normalmente, em cada fase de análise, diversas FSI são ativadas trabalhando conjuntamente e modificando o funcionamento geral de um SI. A fim de representar a FSI que ocupa peso crucial entre este conjunto de fatores, é empregado o termo *FSI principal*. Cabe enfatizar que, na prática, ambos os termos podem ser encontrados em suas formas plurais, implicando que, durante uma determinada fase analisada, é possível que exista mais de um agente que contribui para o funcionamento de SI ativando, desta forma, diversas FSI cruciais.

Introduzindo as próximas seções, no presente capítulo serão apresentadas inicialmente as discussões comparativas baseadas em uma classificação de três categorias que têm como critério de distinção o funcionamento geral de SI. A seguir, fundamentando-se a discussão sobre as três categorias, será feita uma apresentação concisa dos resultados da comparação, resumindo a discussão e demonstrando as constatações do estudo.

1. Discussão das Três Categorias

Como foi dito acima, a visão analítica da presente discussão comparativa parte dos três componentes do segundo bloco, ou seja, os agentes empresariais, os não empresariais e as formas de relacionamento através do qual estes dois tipos de atores interagem. Entretanto, é necessário apontar que, o terceiro tipo de agente (as formas de relacionamento através do qual os agentes empresariais e não empresariais se interagem) ficou registrado somente através das cooperações entre as empresas e os institutos públicos de pesquisa. Porém, apesar disso, não funcionou como o agente principal em nenhuma das fases cronológicas analisadas.

A fim de realizar comparações sistemáticas, objetivas e eficientes, três categorias

comparativas foram definidas baseando-se no tipo de funcionamento geral de SI, ou seja, o funcionamento positivo, o negativo e o misto. Mais detalhadamente explicando, a primeira categoria, na qual são incluídas as fases analisadas onde somente foram encontradas influências positivas das FSI, é composta por, no caso de bioetanol do Brasil, a primeira fase (1975 a 1990) e a terceira fase (2003 a 2010), e, no caso de CTL da China, a primeira fase (1978 a 2000), a segunda fase (2001 a 2005) e a quarta fase (2011 à atualidade). A segunda categoria inclui tanto a quarta fase (2011 à atualidade) do caso brasileiro como a terceira fase (2001 a 2005) do caso chinês, fases onde tanto influências positivas quando as negativas foram identificadas. A segunda fase brasileira (1991 a 2002) onde houve exclusivamente participações negativas das FSI consiste na terceira categoria. A seguir, serão apresentadas respectivamente as três categorias de discussão.

1.1 Primeira Categoria

Comparando as tabelas de FSI das análises da primeira a terceira fase do caso brasileiro e da primeira, a segunda e a quarta fase do caso da China (as tabelas 5, 7, 9, 10 e 13), descobriu-se que, apesar das diferenças inegáveis, tais como características de sistema político do Brasil e da China, estruturas setoriais desiguais, tecnologias heterogêneas, matérias-primas distintas e épocas cronológicas divergentes, etc., podem ainda ser identificados pontos comuns aos dois SI em análise.

Levando em consideração as análises das duas fases iniciais, ou seja, a fase brasileira de 1975 a 1990 e a fase chinesa de 1978 a 2000, os agentes principais que tomaram medidas imediatas são os não empresariais, ou mais especificamente colocado, os governos, e as FSI principais comuns ativadas por tais agentes foram a de *desenvolvimento de conhecimento*, a de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, a de *mobilização de recursos para a inovação* e a de *formação de mercado*.

Identificando os indicadores respectivos, em relação à FSI de *desenvolvimento de conhecimento*, em ambos os casos, foram os diversos projetos de pesquisa

tecnológicas realizadas nos institutos públicos de pesquisas de cada país, tais como o Programa de Produção e Utilização do Etanol do STI/MIC e os estudos dos processos tecnológicos de MFT e SMFT desenvolvidos pelo SXICC/CAS. Cabe destacar que, no caso brasileiro, por se tratar de tecnologia já utilizada em escala comercial há bastante tempo, a produção inicial poderia ser realizada, de forma pouco eficiente por certo, mesmo antes do desenvolvimento de conhecimento específico, principalmente para a parte industrial. Porém, no caso chinês, como foi apresentado nas seções do surgimento e da primeira fase analisada (Recuperação e Fundamento Tecnológico), seria impossível uma produção comercial sem as atividades iniciais de P&D das tecnologias CTL realizadas pelos institutos públicos de pesquisa. Em segundo lugar, a respeito da FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, os indicadores encontrados nos dois casos foram as políticas públicas que contêm objetivos específicos determinados por cada governo. Por exemplo, o Proálcool que tem como o objetivo de estimular a produção do álcool, visando o atendimento das necessidades do mercado interno para substituir a importação de petróleo que na época representava cerca de 80% da demanda, e o Esboço Nacional do Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia durante 1978-1985 que classificou a pesquisa das tecnologias CTL como um tópico nacional de pesquisa de longo prazo.

Porém, apesar de possuir presenças cruciais em ambos os casos, as FSI de *mobilização de recursos para a inovação* e de *formação de mercado* foram realizadas pelos dois governos através de maneiras distintas. No caso brasileiro, o que indicou a FSI *mobilização de recursos para a inovação* foi a criação de diversas obras de infraestrutura, tais como o novo parque sucroalcooleiro estabelecido através de empréstimos dos bancos públicos e a Rede Nacional de Centros de Apoio Tecnológico, uma rede de oficinas capazes de converter veículos a gasolina em veículos a álcool. Em relação à FSI de *formação de mercado*, foram os indicadores de implementação de regimes favoráveis de tributação e a definição de quotas mínimas de consumo que a introduziram no cenário. Especificamente colocado, os indicadores foram o deslocamento do preço do álcool mediante uma política de subsídios, a política de subsídios ao preço do álcool e a fixação da taxa de mistura. No caso chinês, a FSI *mobilização de recursos para a inovação* foi ativada pelo indicador de financiamentos e de centros de pesquisas de excelência em tópicos específicos. Na prática os indicadores foram os fundos de pesquisas oferecidas pela NDRC, a NCST e

o MCI, o Fundo de Substituição do Petróleo pelo Carvão de 1988, cerca de US\$ 1,3 bilhões, fornecido para a planta de DCL do Grupo Shenhua e a dedicação de longo prazo dos institutos de pesquisas, SXICC/CAS e CCRI/MCI, na pesquisa da tecnologia CTL. Em relação à FSI de *formação de mercado*, o indicador utilizado pelo governo chinês foi a promoção da exportação de petróleo para o mercado internacional durante a segunda crise de petróleo dos anos de 1970.

Além disso, quando se refere às diferenças, cabe ressaltar, em primeiro lugar, que o agente principal brasileiro ainda ativou a FSI de *Criação de legitimidade e contenção da resistência à mudança* exercendo pressão política sobre os fabricantes do ramo a fim de convencê-los a assinar um protocolo de compromisso e fazendo com que a indústria automotiva aderisse de forma plena ao desenvolvimento de veículos utilizando álcool hidratado como único combustível. No caso chinês, devido à característica de *drop-in* dos combustíveis derivados dos processos CTL, o agente principal não fez tentativas de ativação desta FSI. Além disso, a FSI de *atividades empreendedoras* desempenhou um papel importante na primeira fase do caso brasileiro e ficou relativamente tímida nesta fase da China onde somente foi identificada a participação de uma empresa, o Grupo Shenhua. O motivo desta ausência relativa é o objetivo transitório de recuperação e preparação tecnológica que foi definido pelo governo chinês nas suas diretrizes políticas da época.

A seguir, introduzindo as análises da segunda e a quarta fase do caso chinês na presente discussão comparativa, é conveniente ressaltar que os mesmos agentes principais, ou seja, os não empresariais, ativaram as mesmas FSI principais, a de *desenvolvimento de conhecimento*, a de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, a de *mobilização de recursos para a inovação* e a de *formação de mercado*. A fim de evitar a repetição, confira-se nas tabelas 10 e 13 do capítulo IV indicadores específicos das FSI destas duas fases cronológicas. Além disso, foram encontrados ainda indicadores da FSI de *atividades empreendedoras* em ambas as fases. Exemplos dos indicadores identificados podem incluir, na segunda fase, a entrada da empresa Sasol da África do Sul no mercado nacional de CTL da China e as atuações do Yitai Grupo, o Yankuang Grupo e do Shenhua Grupo na indústria de CTL e, na quarta fase, todos os projetos de CTL listados na tabela 4.

Porém, em relação à FSI de *difusão de conhecimento através de redes*, a FSI que somente teve participação no caso brasileiro através da RIDESA²⁵, foi identificada por vários indicadores nas duas fases chinesas. Os principais indicadores são as cooperações tecnológicas que aconteceram entre os agentes empresariais e os institutos públicos de pesquisa, tais como a cooperação entre UCTLC e o Yankuang Grupo que levaram à obtenção de direito de propriedade intelectual, a cooperação entre o Yitai Grupo e o SXICC para a construção de uma planta piloto de escala e a cooperação entre o Shenhua Grupo e o Dalian Instituto de Física Química (DICP) a Academia Chinesa na difusão da tecnologia de DMTO. Porém, a participação desta FSI, mesmo que tenha causado influências positivas para o funcionamento geral do SI, não implica vantagens do SI da indústria de CTL da China. Ao contrário, o motivo principal da participação dela é a falta de capacidade de inovação por parte das empresas pois durante toda história de desenvolvimento do setor, a FSI de *desenvolvimento de conhecimento* tem sempre sido exercida pelos agentes não empresariais, ou seja, os institutos públicos de pesquisa. Diferente do que acontece no caso brasileiro, onde tanto os agentes empresariais quanto os não empresariais já desempenharam o papel de inovador tecnológico gerando a participação da FSI de desenvolvimento de conhecimento.

Por fim, em relação à terceira fase do caso brasileiro, ao contrário do que aconteceu em todas as outras fases cronológicas da primeira categoria, esta fase se destaca por causa dos seus agentes principais. Caracterizando somente por duas FSI principais, a de *atividades empreendedoras* e a de *desenvolvimento de conhecimento*, esta fase cronológica testemunhou uma transformação associada à retomada do interesse pelo álcool combustível no âmbito brasileiro. Diferente ao que aconteceu nas outras fases de funcionamento positivo geral, onde as FSI principais foram grandemente incentivadas pelas medidas do governo, a prosperidade desta fase de recuperação mantém sua motivação original no mecanismo de mercado, ou seja, os agentes principais desta fase são os empresariais.

Exemplos de indicadores da FSI de *desenvolvimento de conhecimento* podem

²⁵ Um grupo de sete universidades que assumiu os trabalhos de melhoramento genético da cana, formando a Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro - RIDESA.

incluir as iniciativas de P&D da tecnologia de carro flex partidas da empresa de autopeças Bosch, e a superação da dificuldade de viabilidade econômica pela filial brasileira da empresa Magneti Morelli através do desenvolvimento de um software que é capaz de ajustar o motor às diversas condições de uso e composição de combustíveis. Por outro lado, os indicadores da FSI de *atividades empreendedoras* incluem a introdução inovadora do primeiro carro flex pela empresa Volkswagen do Brasil, o lançamento de outros veículos pelos concorrentes inclusive o veículo de combustível duplo, e os diversos investimentos em novas unidades agroindustriais tanto por empresas nacionais quanto grupos internacionais. Resumindo, em outras palavras, não houve a necessidade de políticas deliberadas de governo para que o processo de transformação fosse iniciado. Porém, o governo de fato ainda ativou a FSI de *formação de mercado* através de indicadores tais como incentivos fiscais públicos moderados e a exportação dos combustíveis produzidos no Brasil. Mas como a influência desta FSI foi limitada para o funcionamento positivo geral do SI, nesta fase, o agente não empresarial, ou seja, o governo brasileiro, somente ficou registrado como um agente participante e não o agente principal.

1.2 Segunda Categoria

Comparando as tabelas de FSI das análises da quarta fase do caso brasileiro e da terceira fase do caso da China (as tabelas 8 e 11), descobriu-se que, tantos indicadores positivos quanto negativos foram encontrados nas análises destes períodos. Porém, apesar de possuírem mesmos agentes principais e FSI principais semelhantes, os funcionamentos dos dois SI foram bastante distintos.

Revisando os dois casos, foi descoberto que os agentes principais dos dois casos foram, à semelhança do que aconteceu na maioria dos casos da primeira categoria, os não empresariais, ou seja, o governo. Cabe ressaltar que a divergência de atitudes que existe entre o governo central e os governos locais no caso chinês é o que causa a distinção entre os dois objetos analisados. Explicando melhor, as ações dos governos locais, acompanhadas pela ativação inadequada da FSI de *atividades empreendedoras*,

pelas empresas do ramo, são as que contribuíram negativamente para o funcionamento da FSI principal de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, causando um *frenesi* de construção de novos projetos e plantas sem levar em consideração os riscos tecnológicos e desperdícios de recursos naturais.

Por outro lado, foi a ação do governo central, lançando, uma sequência de iniciativas de políticas públicas de controle e até de paralisação dos projetos, que realizou positivamente a FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*. De tal forma, resultou uma diminuição rápida dos números de empresas do setor, indicador positivo da FSI de *atividades empreendedoras*, transformando conseqüentemente o cenário desorganizado do setor.

Porém, pelo lado brasileiro, todas as FSI principais, a de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico*, a de *mobilização de recursos para a inovação* e a de *formação de mercado*, foram ativadas negativamente pela mudança de agenda do governo federal. Os indicadores das FSI mencionadas acima podem incluir, respectivamente, a classificação de petróleo como a prioridade da agenda governamental, o cancelamento de novos investimentos no setor que resultou em dívidas de R\$ 60 bilhões, o congelamento do preço da gasolina e o crescimento dos preços de etanol causado pelo descompasso crescente entre a oferta e a demanda do mercado. Examinando as ações por parte dos agentes empresariais, em vez de utilizar os verbos ativos tais como promover, ativar ou estimular, o verbo passivo, sofrer, se encaixa melhor nesta situação, por que os indicadores da FSI de *atividades empreendedoras* observados na análise, em vez de ser ações ativas, foram, na verdade, resultados e reações por parte das empresas. Exemplos dos indicadores negativos são a onda de fechamento das usinas, a diminuição de 60 mil de empregos relacionados e a estagnação da oferta de etanol.

Porém, por outro lado, também foram encontrados indicadores positivos. Por parte do agente principal, o governo, a lista dos indicadores das influências positivas é composta pelo lançamento do PAISS que incentiva as pesquisas tecnológicas sobre o bioetanol da segunda geração e outros produtos derivados da cana de açúcar (indicador positivo da FSI de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento*

tecnológico), o fundo do BNDES de R\$ 7,4 bilhões (indicador positivo da FSI de *mobilização de recursos para a inovação*), e, por último, o aumento oficial da proporção de adição de etanol na gasolina (indicador positivo da FSI de *formação de mercado*). Por parte dos agentes empresariais, foi registrado um indicador positivo para a FSI de *atividades empreendedoras*: os projetos de exploração da cana de açúcar promovidos pelo PAISS. Porém, todos estes indicadores positivos tiveram influência limitada sobre o funcionamento geral do SI do setor de bioetanol, sem conseguir contribuir para a mudança ou melhoramento da situação de crise que o setor enfrenta atualmente.

1.3 Terceira Categoria

A segunda fase brasileira (1991 a 2002) na qual houve exclusivamente participações negativas das FSI é a terceira categoria. Durante esta fase de estagnação do setor de bioetanol, demonstrando características contrárias ao que se esperava para um SI, as FSI principais que foram registradas, a de *direcionamento da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico* e a de *formação de mercado*, são ativadas pelo então agente principal do SI, o governo. Por parte dos agentes empresariais, evitando perdas econômicas e tentando explorar novas oportunidades de negócio, a FSI de *atividades empreendedoras* foi registrada diversas vezes com formas distintas. A fim de evitar a repetição, confira-se na tabela 6 do capítulo III os indicadores específicos destas FSI da presente fase.

2. Discussão Conclusiva

- Para começar, uma das diferenças que vale a pena ser destacada é a ausência relativa da participação da FSI de atividades empreendedoras na fase inicial no caso chinês e a forte atuação da mesma desde a primeira fase analisada no caso

brasileiro. No caso chinês há um desenvolvimento tecnológico mais longo orientado e sustentado pelos agentes públicos que prepara a produção industrial. Isso porque o setor de CTL da China foi reativado graças ao planejamento do governo. Ou seja, o desenvolvimento contínuo do setor somente se tornou em realidade através das políticas de diretrizes estratégicas lançadas e implementadas pelos agentes públicos do país. Como se trata de um mercado planejado, sem permissão e autorização dos agentes não empresariais é impossível a participação das empresas. Porém, no caso brasileiro, como se trata de um mercado mais livre, a produção mesmo que pouco eficiente já existia desde a fase inicial. O esforço de desenvolvimento tecnológico ocorre em paralelo à produção.

- Os não empresariais foram agentes principais durante a história de desenvolvimento dos dois setores, especialmente da indústria de CTL da China. As FSI realizadas pelas organizações não empresariais, tais como agências governamentais, universidades, financiadores, autoridades locais, laboratórios de pesquisa e outros, foram os fatores que contribuíram imensamente tanto para o funcionamento, positivo ou negativo, dos próprios SI quanto para na ativação das FSI exercidas pelos agentes empresariais. Ao mesmo tempo, em ambos os casos, as primeiras atividades de pesquisas tecnológicas partem dos esforços dos institutos públicos de pesquisa tendo as diretrizes do governo como garantia. A participação dos agentes empresariais somente apareceu como agentes principais na terceira fase do caso brasileiro de bioetanol. Por isso, cabe aqui discutir a afirmação de Malerba (Malerba, 2002, pág. 255) que considera, nos sistemas setoriais de inovação e produção, as empresas como os agentes principais. Malerba destaca que as empresas são agentes chave e estão envolvidas na inovação, produção e venda de produtos setoriais, assim como na geração, adoção e uso de novas tecnologias. O presente estudo, entretanto, descreveu dois sistemas de inovação e produção nos quais tanto os agentes empresariais quanto os não empresariais são agentes chave, ou seja, cada grupo desses agentes é capaz de se tornar agentes principais durante uma determinada fase do desenvolvimento. De acordo com os resultados de pesquisa do presente estudo, em relação à inovação, geração e adoção de novas tecnologias, as empresas nem sempre estão envolvidas ou são os agentes principais envolvidos. Naturalmente, esse ponto não pode ser generalizado a partir dos resultados desta pesquisa, mas poderá ocorrer em SI

com características setoriais semelhantes aos casos estudados.

- Em relação à FSI de atividades empreendedoras, tendo número de empresas participantes (NEP) como um dos principais indicadores, foram encontrados vários tipos de indicadores nas análises do presente trabalho. Por um lado, os resultados da pesquisa estão em acordo com a afirmação de Hekkert e Negro (2008), segundo a qual, por influência de uma ou várias funções, é possível que a quantidade das atividades empreendedoras diminua ou aumente em um período relativamente curto. Por outro lado, os resultados permitem estender esse argumento, notando que em situações onde a liberdade do mercado é bem garantida, o crescimento de NEP muito provavelmente simboliza o bom funcionamento de SI de um setor e a diminuição dele pode representar uma realidade menos otimista. Este argumento é sustentado pelos fatos encontrados no caso brasileiro onde, na primeira e terceira fase, os aumentos de NEP ativaram positivamente a FSI de atividades empreendedoras e, na segunda e quarta fase, redução de NEP agiram contra o bom funcionamento desta FSI. Ao mesmo tempo, aprofundando mais uma vez a afirmação de Hekkert e Negro (2008), o presente estudo ainda constatou que, no caso de CTL da China, tanto o crescimento de NEP da segunda fase quando a diminuição de NEP da terceira fase ativaram positivamente a FSI de atividades empreendedores. Porém, o aumento de NEP foi o indicador negativo mais notável desta FSI na terceira fase analisada. Tais fatos levam o presente trabalho defender que, em certas condições particulares, pode não existir uma correlação positiva entre o NEP e o desempenho de um SI. Ou seja, o estudo argumenta que para um SI, o crescimento de NEP não pode ser interpretado diretamente como um indicador positivo da FSI de atividades empreendedoras. Ao mesmo tempo, a diminuição desses indicadores pode contribuir positivamente para a ativação desta FSI e conseqüentemente gerar um bom funcionamento de SI.
- Além disso, em ambos os SI, a FSI de atividades empreendedoras é muito sensível às outras FSI exercidas pelos governos, que na grande maioria das fases exerceram o papel do agente principal, exceto na terceira fase do caso brasileiro (2003 a 2010). Porém, sobre a ativação desta FSI, ainda existem diferenças entre os dois SI. No caso brasileiro o governo enfatizou fortemente a utilização das FSI

a fim de influenciar o setor, ou mais especificamente, o mercado de bioetanol, tentando promover as atividades empreendedoras e, ao mesmo tempo, garantindo a liberdade de empreender. Porém, no âmbito chinês, o governo desempenhou um papel de importância crucial em todas as vezes que a FSI de atividades empreendedoras foi ativada. Considerado pelo governo como um setor estratégico, a indústria de CTL vem recebendo consistentemente intervenções influentes da mão visível do governo e, em muito dos casos, os fatores do mercado, tais como a demanda e a oferta, foram fortemente reduzidos. Existem, porém, várias causas desta divergência entre os atos dos dois governos. Por um lado, por causa do sistema político do país e as experiências econômicas tradicionais, dependendo do setor industrial, a influência de planejamento ainda é forte. Esta influência se torna mais relevante dentre os setores que são considerados estratégicos pelo governo. Por outro lado, a diferença que existe entre a natureza tecnológica das duas indústrias faz com que as empresas privadas no mercado brasileiro de bioetanol sejam muito mais independentes. Em primeiro lugar, diferentemente da plantação de cana de açúcar, o carvão, ou seja, as minas de carvão, são um bem público na China e, segundo Shen, Gao & Cheng (2011), a propriedade deste recurso natural é dos governos (o central e os locais). A exploração deste bem exige a autorização oficial. Além disso, em relação às tecnologias cruciais dos dois setores, para a indústria brasileira²⁶, trata-se de uma série de tecnologias já maduras e, conseqüentemente, o que importava mais para o setor é a atualização tecnológica dos motores e o desenvolvimento da tecnologia de carro flex, ou seja, atividades inovadoras do lado de demanda e consumo. Entretanto, para a indústria de CTL da China, as atividades de P&D se concentram nas pesquisas tecnológicas do DCL e ICL, ou seja, a desenvolvimento básico de tecnologia central do próprio setor. Como foi demonstrado no último item, as primeiras tentativas de P&D partem normalmente dos esforços dos institutos públicos de pesquisa. Finalmente, além de ser uma indústria intensiva em tecnologia, o setor de CTL é uma indústria intensiva em capital que possui um maior tempo de recuperação do capital investido, ou seja, um longo período de *payback*, o que dificulta mais ainda a participação livre do capital privado.

²⁶ Indústria brasileira de bioetanol da primeira geração.

Capítulo VI: Considerações Finais

À luz do que foi apresentado nos três capítulos, retomam-se aqui as perguntas que vem norteando esse trabalho: Como os agentes de SI influenciam o desempenho geral de cada um dos dois SI em análise e como o funcionamento de sistema influencia o desenvolvimento de setor como um todo?

Para começar, sobre a pergunta de como os agentes de SI influenciam o desempenho geral de cada um dos dois SI em análise, o presente baseou-se na ferramenta de FSI introduzida por Hekkert et al (2007) e partiu da visão de classificação de componentes de SI apresentada por Malerba (2002), especialmente dos agentes que compõem o segundo bloco desta divisão. Em segundo lugar, baseando-se na delimitação do tempo de pesquisa esclarecida no capítulo de introdução, foram definidas respectivamente quatro fases cronológicas para cada um dos objetos de estudo, facilitando, desta foram, as próprias análises. A seguir, foi realizada uma série de análises sobre cada caso estudado, respeitando a ordem cronológica anteriormente decidida. Resumindo, de acordo os resultados analíticos, pode-se confirmar que os agentes de SI influenciam o desempenho geral de um SI através das participações de FSI ativadas. Esclarecendo melhor, dois pontos descobertos precisam ser destacados a fim de responder a primeira pergunta e eles são:

- Para os dois casos, um tipo de agente, tais como o governo ou as empresas participantes, pode contribuir positivamente para o SI correspondente durante alguns anos ativando uma ou várias FSI ao mesmo tempo. Porém, numa outra época, estes agentes podem causar efeitos completamente opostos. Por exemplo, os progressos tecnológicos cruciais do setor de CTL da China foram realizados através das FSI positivamente ativadas pelo governo, agente principal de todas as fases chinesas. Mas, também foi por causa das influências negativas das FSI exercidas pelo governo na terceira fase que a indústria sofreu um desenvolvimento desorganizado que levou a muitos desperdícios de recursos

tanto financeiros quanto naturais. Por outro lado, no caso de bioetanol do Brasil, as empresas, por exemplo, são os agentes que estiveram na origem o funcionamento positivo do SI na fase de recuperação (2003 a 2010) exercendo as FSI de desenvolvimento de conhecimento e a de atividades empreendedoras. Porém, elas contribuíram negativamente para o desempenho do SI abandonando a produção de álcool na segunda fase e fechando as usinas na fase mais recente, em algum nível, respondendo às influências prejudiciais das FSI ativadas pelo governo.

- Em ambos os casos, dependendo da situação, durante um tempo, é possível que todos os agentes participantes exerçam mesmo tipo de influência, positiva ou negativa, sobre o SI através de ativação das FSI. Os exemplos onde todos os agentes contribuíram positivamente para os SI são a segunda e a quarta fase do caso chinês e a primeira e a terceira fase do caso brasileiro. O exemplo oposto é o caso de estagnação (1991 a 2002) do caso de etanol do Brasil onde somente foram indicadores negativos das FSI ativadas. Por outro lado, numa outra fase cronológica, diferentes agentes podem causar efeitos opostos para o mesmo SI resultando, assim, um funcionamento misto de SI. Isso foi comprovado pelas análises realizadas sobre o a terceira fase do caso de CTL da China e a quarta fase do caso de bioetanol brasileiro.

Sobre a segunda pergunta, como o funcionamento de sistema influencia o desenvolvimento de setor como um todo, descobriu-se que, em ambos os casos, o funcionamento positivo de SI é benéfico para o desenvolvimento do setor e o funcionamento negativo causa estagnações ou até retrocessos. Porém, revisando as análises do trabalho, no caso de um funcionamento misto, onde se encontra FSI tanto positivamente quanto negativamente ativadas, o desenvolvimento do setor sofre, de alguma forma, obstáculos. Nesta situação, as ações dos agentes principais desempenham papéis decisivos. Por um lado, quando as influências desfavoráveis das FSI geradas por agentes principais são rapidamente corrigidas, o desenvolvimento do setor passa por tempos difíceis, mas a tendência geral de crescimento não é necessariamente perturbada. Porém, por outro lado, caso as influências negativas

resultantes das FSI exercidas por agentes principais, por algum motivo, persistam, é uma indicação de que o desenvolvimento do setor deve entrar numa fase de estagnação, até que surjam alterações das FSI existentes ou novas FSI ativadas por agentes diferentes.

Além de responder satisfatoriamente as perguntas de pesquisa, outra contribuição do presente trabalho analítico se concentra nas identificações dos problemas encontrados na evolução dos dois SI estudados.

Para começar, no caso do SI do setor de CTL da China, puderam ser identificados dois problemas. Em primeiro lugar, os governos, tanto central quanto os locais, têm desempenhado um papel muito forte em todas as fases de desenvolvimento, o que fez com que as organizações empresariais se tornassem bastante dependentes, principalmente em termos de inovações tecnológicas. A FSI de desenvolvimento de conhecimento, apesar de ser uma das funções que mais contribuíram para o funcionamento geral do SI, não foi realizada independentemente pelos agentes empresariais em nenhuma das fases analisadas. Durante a fase inicial, todas as atividades de desenvolvimento de conhecimento foram desenvolvidas pelos institutos de pesquisas do governo. Nas outras duas fases, em que houve alguma participação por parte das empresas em tais atividades, essa participação foi sempre através da FSI de difusão de conhecimento por meio de redes, ou seja, via as cooperações entre as empresas e os institutos públicos de pesquisa, que os resultados de pesquisas tecnológicas entraram nas empresas e eventualmente participaram dos processos produtivos de CTL. Comparando com as atividades inovadoras²⁷ por parte das empresas brasileiras na terceira fase analisada, as empresas chinesas do mercado interno de CTL são menos inovadoras. Por falta de capacidade inovadora independente, pode-se esperar que as empresas do setor de CTL da China necessitarão de mais tempo e investimento financeiro e de capital humano para conseguirem sobreviver por conta própria.

²⁷ Atividades inovadoras tais como as iniciativas de P&D da tecnologia de carro flex partidas da empresa de autopeças Bosch, a superação da dificuldade de viabilidade econômica pela filial brasileira da empresa Magneti Morelli através do desenvolvimento do software, a introdução do primeiro carro flex pela empresa Volkswagen do Brasil e o lançamento de outros veículos pelos concorrentes inclusive o veículo de combustível duplo.

Em segundo lugar, no setor chinês de CTL, as restrições à liberdade do mercado fizeram com que muitas vantagens derivadas do mercado fossem também deprimidas. Na terceira fase da análise, aconteceram muitos desperdícios de recursos, tanto financeiros e humanos quanto naturais, porque, com a finalidade de aproveitar e tirar vantagens das políticas de apoio muito fortes e aumentar os PIB locais, muitos governos locais fundaram empresas públicas ou orientaram empresas públicas já existentes a entrar no mercado de CTL sem levar em consideração os altos riscos de tecnologias ainda não maduras, os retornos de longo prazo dos investimentos e as limitações naturais de cada região. Por falta de restrições bem definidas, as políticas públicas do setor lançadas pelo governo central incentivaram comportamentos oportunistas por parte dos governos locais.

Por outro lado, no caso brasileiro, o defeito mais notável é a falta de continuidade das políticas de apoio. Na ausência da assistência financeira do governo, os agentes empresariais que somente são capazes de existir dependendo aos incentivos financeiros públicos, abandonaram o setor de bioetanol e começaram a investir em outras áreas onde os investimentos privados rendem mais lucros. Além disso, O governo tem um papel muito importante para cumprir a fim de garantir o desenvolvimento sustentável de um setor novo. Uma indústria nova raramente consegue sobreviver e competir com as tradicionais e, por isso, precisa da ajuda do governo até os produtos novos se tornarem economicamente competitivos em relação aos produtos competidores tradicionais. Porém, no caso do preço da gasolina nos anos recentes, por exemplo, o governo brasileiro não contribuiu para a continuidade da produção de etanol. A decisão dos empresários que deixaram de investir no setor é em boa medida uma resposta à quebra de continuidade da política de apoio.

Discutindo sobre as dificuldades de manter políticas públicas de apoio e a instabilidade dos SI em análise, surgiu uma lição: a experiência do desenvolvimento e evolução dos dois SI analisados ao longo dos anos estudados mostra que é muito difícil manter a estabilidade dos SI ao longo do tempo. Isso pode derivar da natureza dos sistemas já que o contexto evolui e exige uma adaptação tanto dos agentes

participantes quanto das funções ativadas, o que pode ser bastante desafiador. Por outro lado, pode-se concluir também que, tal como colocado por Schumpeter, “o desenvolvimento, no sentido em que o tomamos, é um fenômeno distinto, inteiramente estranho ao que pode ser observado no fluxo circular ou na tendência para o equilíbrio” (Corazza & Fracalanza, 2004). Ainda segundo Schumpeter, “o tipo de mudança que emerge de dentro de um sistema desloca de tal modo o seu ponto de equilíbrio que o novo não pode ser alcançado a partir do antigo mediante passos infinitesimais. Adicione sucessivamente quantas diligências quiser, com isso nunca terá uma estrada de ferro” (Corazza & Fracalanza, 2004).

A seguir, em relação às limitações do presente trabalho, devido às limitações que existem em relação ao tamanho de uma dissertação de mestrado e o tempo relativamente curto de análise, não foi possível analisar o caso chinês de CTL encaixando o em um contexto mais completo que tem como pano de fundo o desenvolvimento da indústria de carvão da China. Ao mesmo tempo, outro fator limitante está relacionado ao ponto de partida das análises comparativas. Como objetivo do presente trabalho concentra-se em analisar e comparar o funcionamento geral dos dois SI, somente o segundo bloco de componentes da classificação de Malerba (2002) foi tomado como ponto de partida para a realização da comparação analítica. Ou seja, somente os atos destes agentes empresariais e não empresariais foram tratados como motor de transição dos dois SI.

Por fim, como recomendações para estudos futuros, em primeiro lugar, superando uma das limitações mencionadas, sugere-se, uma análise do caso chinês considerando como ponto de partida a identificação de diferentes motores do desenvolvimento e da transição do SI do setor chinês de combustível líquido a base de carvão. Além disso, sugere-se também uma comparação com os SI do setor de CLA dos EUA já que este tem se envolvido com os CLA por muitos anos e possuem uma experiência completa e rica de CLA de origens diversificadas (gás natural, carvão e biomassa).

Referências Bibliográficas:

A Crise do Etanol, 24/09/2014. Disponível em <http://goo.gl/8gaiVg>. Acesso em: 05/03/2015.

ALMEIDA, E. F; BOMTEMPO, Jose Vitor C. M. *The Performance of Brazilian Biofuels: An Economic, Environmental and Social Ananlysis*. OECD: International Transport Forum, 2007.

ANGELO, C. *Crise do Etanol no Brasil | Scientific American Brasil | Duetto Editorial*, 24/09/2014. Disponível em <http://goo.gl/94kTSu>. Acesso em: 07/02/2015.

BERNAL, J. D. *The Social Function of science*. London: Routledge e Kegan Paul LTD, 1939.

BNDES, FINEP. *Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – PAISS*, 2012. Disponível em <http://goo.gl/aAOZbg>. Acesso em: 13/07/2013.

BNDES. *Programa de apoio à renovação e implantação de novos canaviais - BNDES Prorenova*, 2013. Disponível em [http:// http://goo.gl/qgaXPl](http://http://goo.gl/qgaXPl). Acesso em: 08/08/2013.

BOSCH, Ada K; BOEHMIER, H. *Motor de combustão interna e método para detectar a quantidade de um combustível numa mistura num motor de combustão interna*. BR n. PI8807885, 1988.

CAI, Guotian; ZHANG, Lei. Progressos das Pesquisas na Área de Segurança Energética da China. In: *Progresso de Geografia*, junho de 2005, p. 9.

CARLSSON, B. *Innovation systems: analytical and methodological issues*. Research Policy Volume 31, 2002, Issue 2, 233–245.

CARLSSON, B; Stankiewicz, R. 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, 1995.

Centro Técnico Aeroespacial - CTA. *Avaliação de motores de ciclo Otto veiculares para a adição de etanol na gasolina*. São José dos Campos, 1975a.

Centro Técnico Aeroespacial - CTA. *Pesquisa do uso simultâneo de óleo diesel e*

etanol em motores monocilindros de uso estacionário para a Secretaria de Tecnologia Industrial. São José dos Campos, 1975b.

COOKE, P; URANGA, M; ETXEARRIA, G. *Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions*. Research Policy 26, 1997, p. 475-491.

CHEN, Jialei. 陈家磊; 中国煤液化技术兴衰历程初析; 中国科技史杂志, 第 34 卷。 第二期, 2013 年 .

CHEN, W; & XU, R. *Clean coal technology development in China*. Energy Policy: Elsevier Ltd, June 2009.

ALMEIDA, E. F. de. *The performance of Brazilian biofuels: an economic, environmental and social analysis*, 2007. Disponível em <http://goo.gl/W2DpWk>. Acesso em: 20/11/2014.

DUNHAM, Fabrício Brollo. *Co-evolução da Mudança Tecnológica e Institucional em Sistemas de Inovação: Análise Histórica da Indústria de Álcool Combustível no Brasil*. Rio de Janeiro: Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2009.

DUNHAM, F., Bomtempo, J; FLECK, D. *A estruturação do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro como base para o Proalcool*. Revista Brasileira de Inovação, Campinas, 2011, jan-jun, p. 35-72.

DOLOREUX, D. *What we should know about regional systems of innovation*. Technology in Society, Magazine n. 24, 2002, p. 243-263.

DOLOREUX, D; PARTO, S. *Regional innovation systems: current discourse and unresolved issues*. Technology in Society, Magazine n. 27, 2005, p. 133-153.

DOSI, G; WINTER, S. *Interpreting economic change: evolution, structure and games*. LEM working paper, 2000.

EDQUIST, C. *The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art*. DRUID Conference, 2001.

EDQUIST, C. *Reflections on the systems of innovation approach*. Science and Public Policy, Magazine n. 31, 2004, p. 485-489.

EDQUIST, C. *Systems of innovation: perspectives and challenges*. In: *Fagerberg, Mowery e Nelson (Ed.), The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press.

London, 2005.

EDQUIST, C; HOMMEN, L. *Systems of innovation: theory and policy for the demand side*. Technology in Society. Magazine n. 21, 1999, p. 63-79.

FERRUGEM, K; SANTOS, R. A; LIMA, F. A. *Sistemas De Inovação No Ambito Institucional*. Seminário Interinstitucional de Ensaio, Pesquisas e Extensão/ UNICRUZ, 2012.

Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. *Brasil inovador: o desafio empreendedor - 40 histórias de sucesso de empresas que investem em inovação*. FINEP/IEL. Brasília, 2006.

FREEMAN, C. *Inovação e Ciclos Longos de Desenvolvimento Econômico*. Porto Alegre: Ensaio FEE, 1984.

FREEMAN, C. *Technology Policy and Economic Performance*. Pinter Publishers, 1987.

FREEMAN, C. *The 'National System of Innovation' in historical perspective*. Cambridge Journal of Economics, 1995, p. 5-24.

GEELS, F. *From sectoral systems of innovation to sociotechnical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory*. Research Policy, Magazine n.33, 2004, p. 897-920.

FURTADO, A. T. *Mudança Institucional e Inovação na Indústria Brasileira de Petróleo*. Revista Brasileira de Energia, v. 9, n. 1. Sociedade Brasileira de Planejamento Energético.

FURTADO, C. *Formação econômica do Brasil*. Companhia Editora Nacional. São Paulo, 32ª Edição, 2005.

FURTADO, A. T., Scandiffio, M. I., & Cortez, L. A. (15 October 2010). The Brazilian sugarcane innovation system. *Energy Policy*, Elsevier Ltd.

FURTADO, C. *Formação Econômica do Brasil*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2006.

GEE, S; MCMEEKIN, A. *How innovation systems emerge to solve ecological problems: Biofuels in the United States and Brazil*. Cresi Working Paper: Centre For Research In Economic Sociology And Innovation, 2010.

GEE, S; MCMEEKIN, A. Eco-Innovation Systems and Problem Sequences: The Contrasting Cases of US and Brazilian Biofuels. *Industry and Innovation*, Vol. 18, No. 3, April 2011, p. 301–315.

GIERSDORF, J. *Politics and Economics of Ethanol and Biodiesel Production and Consumption in Brazil*. Leipzig: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige, 2013.

GOLDEMBERG, J. *The Brazilian biofuels industry, Biotechnology for Biofuels*, 2008. Disponível em <http://goo.gl/LFfyed>. Acesso em: 09/10/2014.

Grupo de Economia da Energia. Infopetro, 2013. Disponível em <https://goo.gl/OcSL6d>. Acesso em: 23/11/2014.

HOU, Jianwei. *Estratégias Chinesas de Desenvolvimento de Comércio Exteriores de Petróleo*. Universidade Capital de Economia e Negócios, 2006.

HEKKERT, M. P. et al. *Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change*. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 74, 2007, p. 413-432.

HEKKERT, M. P; NEGRO, S. O. *Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: empirical evidence for earlier claims*. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 76, 2008, p. 584-594.

HESKETH, B. *Technological change in a multicultural context*. *International Encyclopedia of the social & behavioral sciences*, 2004.

NEGRO, S. O; HEKKERT, M. P; SMITS, R. E. *Explaining the failure of Dutch innovation system for biomass digestion - a functional analysis*. *Energy Policy*, v. 35, 2007, p. 925-938.

NEGRO, S. O; SUURS, R. A; HEKKERT, M. P. *The bumpy road of biomass gasification in the Netherlands: explaining the rise and fall of an emerging innovation system*. *Technological forecasting and social change*, v. 75, 2008, p. 57-77.

IEA. *Review Of Worldwide Coal To Liquids R, D&D Activities And The Need For Further Initiatives Within Europe*. IEA Coal Research Ltd. UK, June 2009.

International Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook 2013*.

IPEA. *Biocombustíveis no Brasil: Etanol e Biodiesel*. *Comunicados da Ipea*, 26 de

maio de 2010.

JACOBSSONA, S; Bergek, A. *Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research*. Environmental Innovation and Societal Transitions: Elsevier B.V, 18 April 2011.

JOHNSONA, F. X; SILVEIRA, S. *Pioneer countries in the transition to alternative transport fuels: Comparison of ethanol programmes and policies in Brazil, Malawi and Sweden*. Environmental Innovation and Societal Transitions, Elsevier B.V, 12 August 2013.

KARPLUS, V. J. *Innovation in China's Energy Sector*. Program on Energy and Sustainable Development at the Center for Environmental Science and Policy: Stanford University, March 2007.

KATZ, J. E. *US energy policy: Impact of the Reagan Administration*. University of Texas at Austin, USA: Butterworth & Co (Publishers) Ltd, 1984.

LEFTON, R., & Weiss, D. J. *Oil Dependence Is a Dangerous Habit*, 13 de janeiro de 2010. Disponível em <http://goo.gl/cgUuoI>. Acesso em: 17/11/2014.

LU, X; YU, Z; YU, J; CHEN, G; FAN, M. *Policy study on development and utilization of clean coal technology in China*. Elsevier B.V, 2007.

LUNDEVALL, B. 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, 1993.

LUNDEVALL, B. A. 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, 1988.

LUO, Zuoxian, 罗左县, 无政策难成功, 煤制油产业化期待国家政策扶持, 中国石化, 2011, 01.

MALERBA, F. *Sectoral systems of innovation and production*. Research Policy, Magazine n. 31, 2002, p. 247-264.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation: basic concepts. In: MALERBA, F. (Ed.), *Sectoral Systems of Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004, p. 9-41.

- MALERBA, F. Sectoral systems: how and why innovation differs across sectors. In: *Fagerberg, Mowery e Nelson (Ed.), The Oxford Handbook of Innovation*. London: Oxford University Press, 2005.
- MALERBA, F. *Innovation and the evolution of industries*. Journal of Evolutionary Economics, v. 16, 2006, p. 3-23.
- MALERBA, F; ORSENIGO, L. *Schumpeterian patterns of Innovation are technology-specific*. Research Policy, v. 25, 1996, p. 451-478.
- MALERBA, F; ORSENIGO, L. *Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities*. Industrial and Corporate Change, v. 6, 1997, p. 83-117.
- MALERBA, F, & ORSENIGO, L. *Technological Regimes and Firm Behavior*. Oxford University Press, 1993, p. 45-71.
- MALERBA, F; ORSENIGO, L. *Schumpeterian Patterns of Innovation*. Cambridge Journal of Economics, n. 19, 1995, p. 47-65.
- MARQUES, L. B. *Sistemas Nacionais de Inovação: Um Estudo Comparado Entre o Brasil e a Espanha*. Brasília: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, 2009.
- MENDONÇA, M. L; PITTA, F. T; XAVIER, C. V. *The Sugarcane Industry and the global economic crisis*. TNI Agrarian Justice Programme: Network for Social Justice and Human Rights, June 2013.
- NELSON, R; WINTER, S. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, 1982.
- NELSON, R. R. *National Systems of Innovation: A Comparative Analysis*. Oxford University Press, 1993.
- NELSON, R. R. *Recent evolutionary theorizing about economic change*. Journal of Economic Literature, v. 33, 1995, p. 48-90.
- NELSON, R. R. *The co-evolution of technology, industrial structure and supporting institutions*. Industrial and Corporate Change, v. 3, 1994, p. 47-63.
- NELSON, R. R. *What enables rapid economic progress: what are the needed institutions?* Research Policy, v. 37, 2008, p. 1-11.
- NELSON, R. R; NELSON, K. *Technology, institutions and innovation systems*. Research Policy, v. 31, 2002, p. 265-272.

- NORTH, D. *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press, 1990.
- NEVES, M. R; BATALHA, M. O. *Desenvolvimento e novas tendências do setor sucroalcooleiro*, 2000.
- RIDESA. Histórico, 2013. Disponível em <http://goo.gl/k0uSle>. Acesso em 08/21/2013.
- SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- SCHUMPETER, J. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.
- SCHUMPETER, J. *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profit, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*. Londres, 1911.
- _____. *Suas Capacidades Institucionais e Dinâmicas*. Departamento de Administração e Economia: Universidade Federal de Lavras.
- MILANEZ, Y; NYKO, D; GARCIA, J. L; REIS, B. L. (s.d.). *O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política*. BNDES Setorial, p. 277 – 302.
- MA, Junxiang, 马军祥; 浅谈煤制油技术产业化; 问题探讨, 煤, 136 期
- NYKO, D; GARCIA, J; MILANEZ, A; DUNHAM, F. *A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada*. BNDES Setorial n.32, 2010, pp. 5-48.
- NYKO, D; VALENTE, M; ARTUR, M; TANAKA, A; RODRIGUES, A. *A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural*. BNDES Setorial 37, 2013, pp. 399-442.
- NEGRO, S. O; ALKEMADE, F; HEKKERT, M. P. *Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews: Elsevier Ltd, 30 April 2012.
- NEVES, José Luis. *Pesquisa Qualitativa - Características, Usos e Possibilidades*. Caderno de Pesquisa em Administração, Setembro de 1996.

OLLINAHO, O. I. *Origins of institutional change: Brazilian alcohol fuel program between 1975 and 2000*. Institute of Strategy of Department of Industrial Engineering and Management: School of Science of Aalto University, 2012.

PERRY, H; Landsberg, H. H. *Factores in the Development of a Major US Synthetic Fuel Industry*. NW, Washington DC: Anll. ReJI. Energy, 1981.

RAO, Danzheng. *Manutenção da Segurança Energética da China*. Universidade de Educação do Centro da China, 2006.

NELSON, Richard R. *Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York Oxford: Oxford University Press, 1993.

RODRIGUE, J. P; COMTOIS, C. *Transportation and Energy*, 2013. Disponível em <https://goo.gl/zy1idU>. Acesso em: 05/03/2015.

RONG, F. *Coal liquefaction policy in China: Explaining the policy reversal since 2006*. Elsevier Ltd, 26 October 2011.

ROPUE, Paulo. *A Indústria Continua em Crise*. Agroanalysis, setembro de 2013, pp. 6-9.

CORAZZA, Rosana Icassatti, P. S. *Caminhos do pensamento neo-schumpeteriano: para além das analogias biológicas*. Nova Economia. Belo Horizonte, maio-agosto de 2004, p. 127-155.

SANDALOW, D. *Ethanol: lessons for Brazil, in: A High Growth Strategy for Ethanol*, 2006. Disponível em <http://goo.gl/IQ07XG>. Acesso em: 24/02/2015.

SANDALOW, D. *Ethanol: Lessons from Brazil*. Environment and Energy Project: Brookings Institution, 2011.

Secretaria de Tecnologia Industrial – STI. *Minuta do programa de produção e utilização do etanol*. MIC, Brasília, 1974.

SHEN, Lei; GAO, Tianming; CHENG, Xin. *Política de Carvão da China desde 1979*. Jornal da Sociedade de Carvão da China, outubro de 2011.

SHEN, Xiaobo; 沈小波, 煤制油新局, 封面故事, 中国能源网, 2015, 05.

_____. *Sistema Nacional de Inovação: marco institucional e regulatório brasileiro*. São Paulo: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 09/10/2013.

- SPENC, H. M; RUDA, J. S. (s.d.). *Synthetic Fuels - Policy And Regulation*. University Of Colorado, Law Review, v. 51, p. 465-509.
- SUN, Guodong. *Carvão na China: Recursos e Usos. Tecnologias Avançadas de Carvão*, 2010.
- TANG, H. *Situação e Desenvolvimento da Indústria Química de Carvão da China*. Engenharia Química, outubro de 2010, pp. 1-8.
- TAYLOR, M. Alternative Liquid Fuels: Global Availability, Economics and Environmental Impacts. *EME Consulting*, March 2007.
- TYNER, W. E. *The US Ethanol and Biofuels Boom: Its Origins, Current Status, and Future Prospects*. *BioScience*, v. 58, n. 7, 2008, p. 646 - 653.
- UDOP. *Capital Estrangeiro no Setor Sucroalcooleiro Brasileiro*. Relatório Econômico, 28 de janeiro de 2009, pp. 1-3.
- UNICA. UNICADData, 2013. Disponível em www.unicadata.com.br. Acesso em: 05/07/2013.
- U.S. Energy Information Administration. *Energy Overview by Countries: Brazil*, 1 de outubro de 2013. Disponível em <http://goo.gl/Ve3Vc2>. Acesso em: 27/08/2014.
- U.S. Energy Information Administration. *Energy Overview by Countries: China*, 4 de fevereiro de 2014. Disponível em <http://goo.gl/8cJch5>. Acesso em: 13/11/2014.
- UEKI, Y. *Industrial development and the innovation system of the ethanol sector in Brazil*, *Institute of Developing Economies, Japan*, 2007. Disponível em <http://goo.gl/QGzmDO>. Acesso em: 03/07/2014.
- VERGES, P. H. *Transição do Sistema de Produção e Inovação Sucroalcooleiro*. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- WANG, Y; SKEER, J. *China em Movimento: Explosão do Preço do Petróleo*. Política Energética, janeiro de 2007, pp. 678-691.
- WU, Ning. *China Energy Issues: Energy Intensity, Coal Liquefaction and Carbon Pricing*. Massachusetts Institute of Technology, 27/09/2011.
- WEI, Wei, 韦玮, 我国煤制油产业发展的必要性研究, 煤炭液化, 2005 /11 /总第 293 期

YAN, X; INDERWILDI, O. R; KING, D. A. *Biofuels and synthetic fuels in the US and China: A review of Well-to-Wheel energy use and greenhouse gas emissions with the impact of land-use change*. Energy & Environmental Science, 14th October 2009, p. 190 - 197.

YANG, Lin, 杨林; 煤制油政策有放松迹象, 投资天地, 行业追踪, 2014 年第五期

YUE, Fubing; CUI, Tao, Annual Report on Coal Industry in China: Scientificly Advancing Coal-to Liquid Industry in China; Social Science Academic Press (China), 2014.

ZHANG, Lei. Uma Discussão sobre Segurança Energética. *Economia de Petróleo*, março de 2007.

ZHAO, J. *Reform of China's Energy Institutions and Policies: Historical Evolution and Current Challenges*. Kennedy School of Government: Harvard University, November 2001.

ZHOU, Ailiang; FU, Bianjiang. Situação Atual e Tendência de Desenvolvimento da Indústria Chinesa de Liquidificação de Carvão. *Indústria Química de Carvão do Oeste*, fevereiro de 2007.

ZHOU, Li; RENG, Xiangkun; ZHANG, Xilinag; 周丽, 任相坤, 张希良, 我国煤制油产业政策综述; 化工进展, 进展与评述, 2012 年第 31 卷第 10 期

ZHANG, Shuiwei, 张树伟, 中国煤制油的政策风险; 封面故事; 能源经济网; 2014, 05.