



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara
Departamento de Economia

A Importância da Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento: Um Estudo de Caso da Indústria Brasileira de Química Verde

Discente: Lucas Seneme Ruy¹

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo Fucidji²

Araraquara, novembro de 2013

¹ Graduando em Ciências Econômicas pela Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara (FCLAr/UNESP); membro do Grupo de Estudos em Economia Industrial (GEEIN – UNESP).

² Professor efetivo da FCLAr/UNESP e membro colaborador do GEEIN – UNESP.

LUCAS SENEME RUY

**A IMPORTÂNCIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA O
DESENVOLVIMENTO: UM ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA
BRASILEIRA DE QUÍMICA VERDE**

Monografia apresentada à Universidade Estadual Paulista como exigência para Conclusão do Curso de Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara.

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo Fucidji

Banca Examinadora: Prof^ª. Dr^ª. Stela Luiza de Mattos Ansanelli

ARARAQUARA – S.P.

2013

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, pelo apoio e dedicação que estes tiveram principalmente nos anos de faculdade, pois sem essa base os obstáculos seriam muito mais difíceis de se passar.

A Marina, companheira de estrada por quase seis anos, obrigado pela paciência por todos estes anos, sobretudo agora, época corrida de entrega da monografia.

Aos colegas de faculdade, que sempre me trataram com respeito e amizade. Principalmente aos amigos do GEEIN: Angélica, Mattoso, Palvo, Lúcia, Lourenço, Mariú, Wellington, Hernane, Kléber, Pinho e tantos outros; vocês foram essenciais para a consolidação da minha vida pessoal e profissional!

Aos amigos do Pernas de Pau da Economia: Kenan, Royal, Muriel, Ticano, Rafilski, Messi, Tuvão e tantos outros que passaram pela famosa quadrinha do Carlão... o futebol arte perdeu mais uma equipe de deuses dos gramados.

Aos amigos do CCA, tanto de 2011 quanto de 2012, que com certeza ficará para sempre em minha memória: Fernanda, Velma, Yara, Isabela, Maria Julia, Rafael, Juliana, Leonam, Bruna, Zé, Camila e tantos outros que, por questão de espaço (e não pela questão de importância), não colocá-los-ei: tenham a certeza que para qualquer coisa eu estarei 110% à disposição.

Aos rolês dos campeões! Gaio, Guiga, Renan, Catanduva e Bazooka: o rolê dos campeões não pode acabar, nunca! Hahahahaha... e em 2014 é a vez de ser em Ribeirão Preto (e aeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeee).

Aos professores que eu tive a oportunidade de assistir as aulas e extrair um pouco do conhecimento de cada um, principalmente do nosso querido Mestre.

A mais nova amiga mineira e futura companheira de mestrado, Lívica, por compartilhar toda a ansiedade pré rodada de aceites da ANPEC.

Ao Tucano que brilhantava todas as minhas manhãs de 2010, sempre simpático e feliz com a vida; infelizmente (ou não), ele sumiu, deixando um enorme vazio em nossos corações. Valeu, bicho! você enriqueceu minha cultura acerca da fauna brasileira!

Enfim, é isso aí e vamo que vamo.

Sumário

Resumo	7
Abstract.....	8
Introdução	9
CAPÍTULO I: Revisão Bibliográfica	11
1.1. Caracterização da Indústria Química	11
1.2. Metodologia	11
1.3. Caracterização da Indústria de Química Verde	12
1.4. Contexto Histórico	14
1.5. Contexto Atual e Perspectivas	16
1.6. Conceito de Externalidades e Economia Verde.....	18
1.6.1. Externalidades Positivas e Negativas	18
1.6.2. Imposto de Pigou: o “direito de poluir”	20
1.6.3. Licenças Comercializáveis: regulamentação.....	22
1.6.4. Tecnologias Limpas: simbiose entre externalidades positivas.....	23
CAPÍTULO II: Arcabouço Teórico	25
2.1. O papel da ciência básica e aplicada como fomentadores no crescimento industrial	25
2.2. A Hipótese de Porter e a Simbiose Industrial: Por quê investir na economia verde?	28
2.3. Perfil da ciência e tecnologia ambiental no Brasil.....	31
2.4. Fatores institucionais brasileiros.....	33
2.4.1. Proteção patentária	33
2.4.2. Incentivos governamentais e Regulações Ambientais.....	34
2.4.3. Interação universidade - empresa	36
2.4.4. Políticas industriais recentes e a relação com a química verde	38
CAPÍTULO III: Análise da Indústria de Química Verde Brasileira	43
3.1. Introdução	43
3.2. Biorrefinarias, bioprodutos, biocombustíveis e bioprocessos	44
3.3. Alcoolquímica e Sucroquímica.....	48
3.4. Óleoquímica e Fitoquímica.....	51
3.5. Conversão de CO ₂	55
3.6. Energias Renováveis.....	57

3.7. Conclusão.....	59
Bibliografia utilizada	61

Índice de Anexos

Anexo 1: Classificação dos produtos químicos e farmoquímicos	63
Anexo 2: Mapa de desenvolvimento das biorrefinarias – rota bioquímica e termoquímica no mundo em comparação com o Brasil	64
Anexo 3: Mapa de desenvolvimento alcoolquímica no mundo em comparação com o Brasil.....	65
Anexo 4: Mapa de desenvolvimento tecnológico do tema Conversão de CO ₂ no mundo e no Brasil	66
Anexo 5: Mapa de desenvolvimento do setor de energias renováveis (2010 – 2030) no mundo e no Brasil	67

Índice de Figuras

Figura 1: Definição e exemplos de externalidades	19
Figura 2: Exemplificação das licenças negociáveis.....	22
Figura 3: Esquematisação da passagem de invenção para inovação: vários tipos de inovações e seus graus de incerteza associados.....	26
Figura 4: Estrutura de Governança da RBQV e suas interações	35
Figura 5: Fluxograma teórico das interações de várias instituições e suas diferentes funções no Brasil – aplicado ao caso da Braskem	38
Figura 6: Orientações, diretrizes e instrumentos econômicos específicos para indústria química e recursos renováveis.	40
Figura 7: Diagrama de uma biorrefinaria e o potencial de valor agregados aos produtos gerados pela mesma	45
Figura 8: A cadeia sucroalcooleira no Brasil.....	50
Figura 9: Esquema do processo de biofixação do CO ₂ por microalgas.....	56
Figura 10: Consolidação da química verde através da ciência	60

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Importações e Exportações Brasileiras de produtos químicos de uso industrial - 1991 a 2010	17
Gráfico 2: O custo social afetando as forças de oferta e demanda: caso de uma externalidade negativa	21
Gráfico 3: Análise do mercado de poluição – diferenças entre a aplicação do imposto de Pigou e da regulamentação	23
Gráfico 4: O custo social afetando as forças de oferta e demanda: caso de uma externalidade positiva	24
Gráfico 5: Curva de Kuznets ambiental.....	29
Gráfico 6: Relação de P&D/PIB de 2009 dos países que definiram a questão ambiental como direcionador fundamental do desenvolvimento – quadro comparativo com o investimento em P&D brasileiro.....	32
Gráfico 7: Publicações científicas sobre biorrefinarias - rota bioquímica por país: 1998 – 2009.	47
Gráfico 8: Participação de matérias-primas na matriz energética nacional da produção de biodiesel	51
Gráfico 9: Publicações científicas sobre o tema fitoquímica no mundo, classificadas por país (1999 – 2009)	53
Gráfico 10: Aplicação industrial do CO ₂	56
Gráfico 11: Perfil energético brasileiro em comparação com o mundo	58
Gráfico 12: Publicações científicas com o tema “energias renováveis” por país (1998 – 2009).....	58

Índice de Tabelas

Tabela 1: Os doze princípios da Química Verde.....	14
Tabela 2: Os investimentos necessários na indústria química, em US\$ bilhões, até 2020.	17
Tabela 3: Exemplificação de respostas governamentais para os problemas desenvolvidos na figura 1 – o Estado corrigindo as “falhas de mercado”.....	19
Tabela 4: Modelo parcial de Freeman acerca da relação pesquisa fundamental e aplicada, P&D e estratégias das empresas.	27

Tabela 5: Benefícios da produção ambientalmente sustentável	30
Tabela 6: Os transbordamentos da Economia Verde e seus benefícios.....	31
Tabela 7: As políticas industriais recentes do Brasil	38
Tabela 8: Linhas Temáticas do PAISS	41
Tabela 9: Empresas que obtiveram êxito em seus planos de negócios e em qual linha temática estes se encaixam	42
Tabela 10: Publicações científicas sobre biorrefinarias – rota bioquímica por instituição de origem dos autores.....	48
Tabela 11: Dados comparativos na produção de etanol Brasil x Estados Unidos.....	51
Tabela 12: Características técnicas das principais matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil.....	52
Tabela 13: Publicações científicas de autores brasileiros sobre o tema fitoquímica, segundo as instituições de origem dos autores	54

Resumo

A pesquisa visa mapear e analisar os investimentos, estratégias e perspectivas da indústria de química verde brasileira e mostrar a importância da pesquisa fundamental básica e aplicada no desenvolvimento desta indústria no período recente. Os objetivos secundários são: i) avaliar o papel do governo brasileiro como agente catalisador, estimulando o desenvolvimento da indústria de química verde através de incentivos, subsídios e facilidade em linhas de crédito (principalmente com o BNDES); ii) mapeamento das relações entre empresas, universidades e institutos públicos de pesquisas na área de química verde; iii) a verificação das estratégias no cenário mundial de química verde, ao decorrer do tempo; iv) as questões teóricas e os programas de desenvolvimento, tais como a Rede Brasileira de Química Verde, o Plano Brasil Maior e o PAAIS, e a sua aplicabilidade; v) a continuidade dos investimentos na área, com a descoberta de uma grande jazida de xisto (*shale gas*) nos Estados Unidos e do desenvolvimento tecnológico para extrair petróleo do pré-sal brasileiro e vi) do ritmo de P&D no país com o decorrer do tempo e vii) quando esses produtos atingirem sua maturação, e o qual será o benefício real para a sociedade em geral e o custo para a população, já que, atualmente, produtos considerados sustentáveis, como reciclados, tendem a ter seu preço valorizado consideravelmente frente aos “não sustentáveis”.

Palavras-chave: P&D; Química Verde; Inovação Tecnológica; Tecnologias Ambientais.

Abstract

The objective of the research is to map and analyze the investment, strategies of development and prospects of green chemical industry in Brazil and show the fundamental importance of basic research and applied research in the development of this industry in recent years. The complementary objectives are: (i) to evaluate the role of the Brazilian government as a catalyst, encouraging the development of green chemistry industry through incentives, subsidies and ease in credit lines; ii) mapping of relationships between companies universities and public research institutes in the field of green chemistry; iii) verification of the strategies in the world stage green chemistry, the course of time; iv) the theoretical issues and national plans, and your practicable; v) continued investment in the area, with the worry of them being affected by any matter cyclical such as the discovery of a large deposit of shale gas in the United States and a technological development of oil extraction in Brazil and vi) the pace of R&D for basic and applied in the country with the passage of time.

Keywords: R&D; Green Chemistry; Innovation; Environmental Technologies.

Introdução

A indústria química tem uma importância crucial no funcionamento do tecido industrial nas economias modernas. Dependem de suas atividades indústrias produtoras dos mais variados produtos, desde a agroindústria e a indústria de alimentos até as de maior intensidade tecnológica como a indústria automotiva e a aeroespacial. Embora seja bastante ampla, a indústria química pode ser caracterizada como as empresas que possuem como principal atividade a criação e o desenvolvimento de produtos com base em manipulação química (ABIQUIM, 2010).

Atualmente o setor químico brasileiro, assim como a indústria em geral, busca uma rápida recuperação da recessão mundial de 2008. A elevação dos preços das *commodities* agrícolas no mercado internacional (Suzigan e Furtado, 2010); a elevação da renda da população brasileira e o aquecimento do consumo são fatores importantes para essa reabilitação da economia brasileira frente ao cenário mundial. E essa janela de oportunidade de crescimento possibilita à indústria química investir no desenvolvimento de novas tecnologias, graças às oportunidades que o mercado brasileiro apresenta: (i) a possibilidade de desenvolvimento de fontes alternativas para produção energética e processamento de produtos químicos devido à provável escassez futura do petróleo e às vantagens competitivas e naturais do Brasil em fontes renováveis; (ii) o aumento da competitividade externa do Brasil, via maior solidez das empresas no cenário internacional; (iii) a possibilidade de estar na fronteira tecnológica mundial e ser o líder no setor de química verde, que ainda é uma área cujas tecnologias e conhecimentos ainda são muito incipientes no mundo.

Segundo a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), A indústria de química verde é responsável pelo desenvolvimento e fabricação de produtos químicos (principalmente produtos químicos que substituam os já conhecidos e amplamente utilizados na indústria) que utilizem matérias-primas de fontes renováveis e que diminuam a periculosidade e toxicidade dos resíduos e produtos provenientes dos processos químicos. Com isso, em geral, a característica do insumo básico fornecido à indústria não se altera muito, num processo que não modifica significativamente a estrutura da cadeia produtiva a jusante, embora tenha uma diferença fundamental: a utilização de fontes de matéria-prima renováveis melhora significativamente a eficiência da cadeia produtiva do ponto de vista do desenvolvimento sustentável e ainda

reduz a dependência do petróleo e de seus derivados, cujo preço é instável e cujas fontes não se renovam com o tempo.

A introdução da ciência é uma das formas mais seguras e eficazes de se gerar conhecimento e, possivelmente, inovações tecnológicas para a empresa, gerando lucro para a mesma e diminuindo o *gap* tecnológico em relação à fronteira da tecnologia mundial; a importância da mesma é traduzida nos esforços em P&D das empresas, visando agregar conhecimento (ciência básica) e aplicação direta no processo e no produto (ciência aplicada). Os modelos de ciência básica e estratégia de empresas auxiliarão na caracterização da política científica brasileira dentro do setor de tecnologias ambientais e, mais especificamente, da indústria de química verde.

CAPÍTULO I

1. Revisão Bibliográfica

1.1. Caracterização da Indústria Química

A indústria química caracteriza-se pela criação e desenvolvimento de produtos com base em manipulação química como principal ativo; ela é fornecedora de matérias-primas e produtos um leque bem variado de setores, seja de baixa ou alta tecnologia. Além disso, a própria indústria química têm vários ramos bem diversificados, como defensivos agrícolas, indústria petroquímica, química básica, etc. Além da fabricação de produtos da própria indústria química, ela tem fundamental participação no processo de vários outros setores da economia como na indústria automobilística, com a borracha sintética e o uso de polímeros para a constituição dos veículos; na indústria de cosméticos, devido à manipulação de moléculas; na agricultura em geral; no processo químico dentro da biotecnologia e na indústria de energia, com a transformação de recursos e matérias-primas, entre outras.

A classificação da indústria química ainda gera muitas divergências e dúvidas em seu conceito; então, para uma análise uniforme de dados, será utilizada a análise da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) sobre tal setor e seus subsetores (ver anexo 1).

1.2. Metodologia

O mapeamento das estratégias será feito primeiramente com uma literatura clássica das teorias microeconômicas da inovação e organização industrial (Nelson & Winter, 1982), bem como as estratégias de inovação tecnológica das empresas (Freeman, 1974), o sistema de concorrência via inovações (Schumpeter, 1942), a importância das pesquisas industriais e absorção de conhecimento (Penrose, 1959) e da importância da ciência para a inovação tecnológica (Stokes, 2005); o processo histórico tanto da indústria química como da industrialização em geral e seu desenvolvimento no Brasil (Wongtschowski, 1999 e Silva, 1976) expondo os objetivos estipulados, os atuais e futuros investimentos da indústria química (PNIQ – Abiquim, 2010), do histórico e desenvolvimento da indústria de química verde mundial (Anastas e Kirchhoff, 2002 e Anastas e Warner, 1998) e ainda expondo os paradigmas da economia verde para o desenvolvimento econômico (Daly, 2005, Almeida, 2012 e Veiga, 2008); alguns estudos relacionados a produtos que provém da química verde – mais especificamente o

mercado de polipropileno (De Carvalho e De Toledo, 2002); o desenvolvimento da química verde no Brasil, bem como a tentativa prática de articulação entre os fomentadores de ciência básica – a Rede Brasileira de Química Verde (Carioca e De Almeida, 2011); a importância e os benefícios da trajetória sustentável para a indústria (Porter, 1995 e Kemp e Soete, 1992); e vários artigos relacionados à: (i) estrutura do país para P&D em comparação com outros países e em indústria de baixa, média e alta tecnologia e o incentivo a pesquisa interna (Furtado e Carvalho, 2005); (ii) a rede de interações entre empresas e universidades no Brasil do setor auxiliará na coordenação destes atores com a indústria no desenvolvimento de ciência básica e aplicada no Brasil (Suzigan e Albuquerque, 2008 e Suzigan e Furtado, 2009); (iii) as normas e regulações que o Brasil e o exterior exigem para desenvolver ou importar tal produto; (iv) o plano do governo para fomentar a indústria de base sustentável, através da utilização de insumos básicos sustentáveis (Projeto PIB, 2009) e a (v) importância das patentes no setor (CGEE, 2010). Além de serem utilizados dossiês das principais empresas da indústria química que investem ou investirão na atividade de química verde e sustentabilidade no Brasil.

1.3. Caracterização da Indústria de Química Verde

A indústria de química verde caracteriza-se pelo desenvolvimento e fabricação de produtos e processos químicos que reduzem ou eliminam a utilização de substâncias nocivas e geração de resíduos (Anastas e Kirchhoff, 2002); Correa e Zuin (2009) definiram Química Verde como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente; participando de todos os processos habituais da indústria química convencional, mudando seu insumo básico e sua forma de gestão organizacional devido a: (i) preocupação com o meio-ambiente; (ii) o *marketing* e propaganda das empresas sustentáveis; (iii) programas socioambientais; (iv) escassez futura do petróleo e seus derivados (fonte não renovável); (v) o melhor reaproveitamento de recursos e resíduos, obtendo vantagens de custo e escala e, por consequência, um aumento da produtividade da indústria, com redução de custos dos insumos básicos³. Um estudo da CGEE⁴, intitulado “Química Verde no Brasil: 2010 –

³ Como uma típica economia de escala, com maior produtividade e, por consequência, menor custo unitário.

⁴ Centro de Gestão e Estudos Estratégicos é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

2030”⁵ segmentou a indústria de química verde em nove partes distintas, de acordo com a fonte renovável e sua utilidade:

- ◆ Biorrefinarias: Rota bioquímica;
- ◆ Biorrefinarias: Rota termoquímica;
- ◆ Alcoolquímica;
- ◆ Oleoquímica;
- ◆ Sucroquímica;
- ◆ Conversão de CO₂;
- ◆ Fitoquímica;
- ◆ Bioprodutos, biocombustíveis e bioprocessos;
- ◆ Energias renováveis.

Basicamente as matérias primas renováveis básicas, como água, cana-de-açúcar, energia solar e plantas em geral, aliado à preocupação de reduzir gases tóxicos e maléficos, como o gás carbônico, são as questões que norteiam a utilização da química verde como uma alternativa viável, tanto economicamente quanto ambientalmente, como descrito pelo relatório:

“A expectativa com a diminuição das reservas de petróleo e a elevação dos custos para sua obtenção, aliadas a crescente preocupação com a preservação ambiental vem exigindo soluções tecnológicas imediatas às necessidades de consumo. Este movimento em direção oposta à exploração das fontes fósseis de matéria-prima rompe um paradigma global, mantido por décadas, que foi base para o desenvolvimento de toda uma cadeia industrial” (CGEE⁶, 2010)

Anastas e Warner (1998) elaboraram “Os doze princípios da química verde”, espécie de receituário de boas práticas para o desenvolvimento ótimo da indústria.

⁵ O livro está disponível através do link www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=6528.

⁶ Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, agência de fomento intelectual pertencente ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

Tabela 1: Os doze princípios da Química Verde

1	Melhor prevenir resíduos do que tratá-los ou limpá-los.
2	Métodos sintéticos são importantes para maximizar a incorporação de todos os insumos utilizados no processo para o produto final.
3	Métodos sintéticos devem ser feitos sem gerar o mínimo ou nenhuma toxina ao homem e ao meio-ambiente.
4	Produtos químicos devem ser projetados para preservar a eficácia de suas funções, reduzindo a toxicidade dos resíduos.
5	O uso de substâncias auxiliares, como solventes e catalizadores, devem ser evitados quando possível ou, ao menos, utilizando substâncias inócuas durante o processo.
6	Métodos sintéticos devem ser feitos nas condições normais de temperatura e pressão (Cntp) a fim de diminuir seu impacto econômico e ambiental.
7	Sempre que for possível, utilizar matérias-primas renováveis e que esta seja técnica e economicamente vantajosa.
8	Derivados desnecessários devem ser evitados, pois estes podem emitir toxinas ou substâncias indesejáveis.
9	Reagentes catalíticos são melhores que os reagentes estequiométricos.
10	Produtos químicos devem ser projetados para realizar unicamente a sua função sem afetar o meio ambiente em sua degradação.
11	Os métodos analíticos devem ser desenvolvidos para monitorar o processamento do produto, controlando a formação de toxinas.
12	As substâncias e suas utilizações devem ser escolhidas para minimizar a chance de acidentes, como explosões.

Fonte: Adaptado de Anastas, P. T.; Warner, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice; Oxford University Press: New York, 1998; p 30.

1.4. Contexto Histórico

Antes mesmo do advento da indústria, a química era essencial para o desenvolvimento dos produtos, mesmo que artesanais; desde a alquimia nos tempos da idade média, passando pela massificação da indústria energética, devido à 1ª Revolução Industrial, pelo desenvolvimento da indústria química alemã, a base de carvão até a indústria americana, com base no petróleo, cuja indústria ainda é predominante hoje em dia. No Brasil, algumas indústrias pequenas desenvolveram-se no século XIX, com o comércio de produtos importantes para o indivíduo na época como: sabões e velas, medicamentos, tintas em geral, etc. No início do século XX, o Brasil contava com algumas empresas extrativas, siderúrgicas, papel e celulose e cimento; mas, por mais o Brasil estava passando pelo primeiro “boom” industrial⁷, note-se que esse

⁷ O primeiro surto industrial do Brasil aconteceu entre 1890 e 1920, segundo Silva (1976).

desenvolvimento da indústria brasileira não se comparava, tanto quantitativamente como qualitativamente, com o desenvolvimento das indústrias americanas e europeias; o Brasil vivia o começo da primeira revolução industrial, enquanto os EUA e a Europa já passaram pela 2ª revolução por volta de meio século de antecedência. Durante a década de 1910, o Brasil assistiu a uma grande entrada de empresas multinacionais químicas, como a Bayer, BASF e White Martins.

Teve-se, de fato, o desenvolvimento da indústria química em meados dos anos 50, com a abertura de empresas destinadas ao setor petrolífero, com a abertura de várias refinarias pelo Brasil e, principalmente, pela criação da Petrobras. Algumas outras empresas, de diferentes setores também beneficiaram o desenvolvimento da indústria química no país, como a criação da CVRD (Companhia Vale do Rio Doce – Atual Vale) e da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), de Siderurgia. A partir dos anos 60, houve uma considerável estruturação do setor químico no Brasil, impulsionada por polos petroquímicos (São Paulo em 1972, no estado da Bahia em 1978 e Triunfo/RS em 1982) e a criação da Petroquisa, empresa estatal destinada à implantação das unidades de segunda geração.

Com a abertura comercial dos anos 90, a indústria química brasileira foi prejudicada em virtude da concorrência externa, que oferecia melhor qualidade, mais quantidade e preço atrativo. Por mais que ela se desenvolveu relativamente nos anos 70 e se fortaleceu nos anos 80, a indústria química brasileira estava atrasada em relação às outras nações⁸.

Com o aumento significativo da questão ambiental como fundamental para um desenvolvimento a longo prazo, sem comprometer os recursos naturais e todo o meio ambiente global; nesta mesma época, surgiu a conceituação de química verde, que nasceu para combater os gases tóxicos liberados pelas máquinas e equipamentos produzidos nas décadas anteriores; a eliminação do CFC (clorofluorcarbono), a menor dependência de uma fonte não renovável (petróleo) e pesticidas, venenos e agrotóxicos que agredem menos e que trazem menos doenças ao homem foram as principais causas do surgimento e da consolidação da química verde no mundo. Nos Estados Unidos, o *the Pollution Prevention Act of 90s* foi a regulação pioneira no mundo a explicitar a importância de controle em emissões tóxicas e pesquisas relacionadas a tecnologias ambientais (Anastas e Kirchhoff, 2002). Nos dias atuais, o Brasil é considerado um país

⁸ As empresas brasileiras tinham, conforme dito, um *gap* tecnológico elevado em relação às empresas estrangeiras.

estratégico para esta indústria e desde o início do século está dentro das “rotas da química verde”, através do *Green Chemical Institute* (GCI), um programa de apoio ao desenvolvimento do setor no mundo, cujo Brasil é parceiro internacional; as vantagens competitivas no uso de energias alternativas, a grande biodiversidade e a grande extensão agrícola do país, possibilitando a produção de uma cesta diversificada de produtos agrícolas são os principais destaques que fazem o Brasil ter pré-requisitos necessários para o desenvolvimento desta indústria. Estas condições são necessárias, mas não suficientes e este trabalho visa analisar o quanto o país conseguiu transformar potenciais vantagens em benefícios práticos.

1.5. Contexto Atual e Perspectivas

Houve um significativo aumento do déficit nos anos 90, explicado pela total fragilidade das empresas brasileiras frente à ao ingresso das empresas estrangeiras⁹ pela abertura econômica pós consenso de Washington; as vantagens tecnológicas, de escala e de custo que as empresas de capital estrangeiro tinham acabaram por destruir a maioria das empresas estatais e nacionais no Brasil. Atualmente, o setor químico brasileiro, assim como a indústria em geral, busca uma rápida recuperação da recessão mundial de 2008, a alta dos preços das *commodities* agrícolas no mercado internacional, a elevação da renda da população brasileira e o aquecimento do consumo são fatores importantes para essa recuperação da economia brasileira. E essa janela de oportunidade de crescimento da economia do país, aliado as: (i) possibilidade de desenvolvimento de fontes alternativas para produção energética e processamento de produtos químicos devido à escassez futura do petróleo; (ii) vantagens competitivas e naturais do Brasil em fontes renováveis; (iii) aumento da competitividade externa do Brasil; (iv) possibilidade de estar na fronteira tecnológica mundial e ser o líder no setor de química verde. Em 2009, houve uma significativa queda nas importações como resposta à crise de 2008 e, aliada ao consumo interno aquecido, fizeram o déficit da indústria química reduzir em quase 40% em comparação com o ano de 2008.

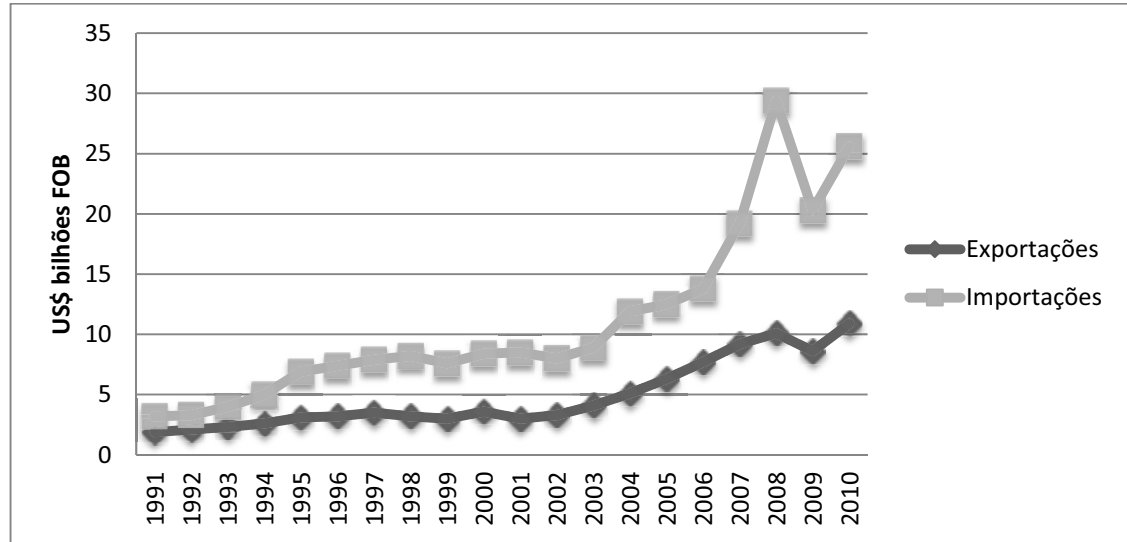
A participação da indústria química no PIB industrial foi de 10,3% em 2007, colocando-a como a 3ª maior participação setorial no Brasil¹⁰; além disso, o desenvolvimento da indústria elevará significativamente o emprego (estima-se, pelo

⁹ Diversos fatores macroeconômicos influenciaram nesse elevado déficit na balança comercial: câmbio valorizado, ineficiência das empresas frente à competitividade das multinacionais, *gap* tecnológico significativo, etc.

¹⁰ De acordo com a PIA (Pesquisa Industrial Anual) – 2007.

Pacto Nacional da Indústria Química, mais de dois milhões de empregos gerados pelos grandes investimentos da indústria até 2020); o caráter de transbordamento, aliado a alta cesta de produtos diretos que as inovações no setor químico beneficiam, mostra a necessidade de se investir pesadamente nessa indústria, criando um *feedback* positivo para a elevação dos investimentos, consequentemente da renda e do emprego¹¹. A tabela abaixo indica as perspectivas de investimentos, levando em conta três principais fatores: a estimativa do crescimento do PIB médio, a relação capital-produção e a elasticidade¹² do setor químico em relação à renda.

Gráfico 1: Importações e Exportações Brasileiras de produtos químicos de uso industrial - 1991 a 2010



Fonte: Adaptado da ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química).

Tabela 2: Os investimentos necessários na indústria química, em US\$ bilhões, até 2020.

Crescimento do PIB	RKP	Elasticidade		
		1	1,25	1,5
3,0%	0,9	47	61	76
	1	52	68	85
	1,1	57	75	93
4,0%	0,9	66	87	111
	1	73	97	123
	1,1	80	107	135
5,0%	0,9	87	118	152
	1	97	131	169
	1,1	107	144	186

Fonte: ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química).

¹¹ O investimento eleva mais que proporcionalmente a renda e o emprego agregado, de acordo com Keynes (1936).

¹² Note que, por ser um setor extremamente estratégico, quando maior a porcentagem de aumento real do PIB, assim como o aumento na relação capital – produto (RKP), e a elasticidade preço - calculada por: com Q sendo a quantidade de bens e P o preço do bem; se a elasticidade-preço é alta (maior que um), maior é o montante necessário de investimentos para a indústria química atingir as metas previstas.

As principais metas a serem alcançadas, segundo o documento da ABIQUIM “Pacto Nacional da Indústria Química”, são as seguintes:

- a) Posicionar a indústria química brasileira entre as cinco maiores do mundo, tornando o país superavitário em produtos químicos e líder em química verde em 2020;
- b) Investir para potencializar a contribuição de setores em que o país tem uma vocação natural;
- c) Investir em pesquisa e desenvolvimento em áreas em que o Brasil tem debilidades;
- d) US\$ 20 bilhões projetados de investimentos nas usinas e na produção em química renovável até 2020;
- e) Investir o equivalente a 1,5% do faturamento total em P&D.

1.6. Conceito de Externalidades e Economia Verde

1.6.1. Externalidades Positivas e Negativas

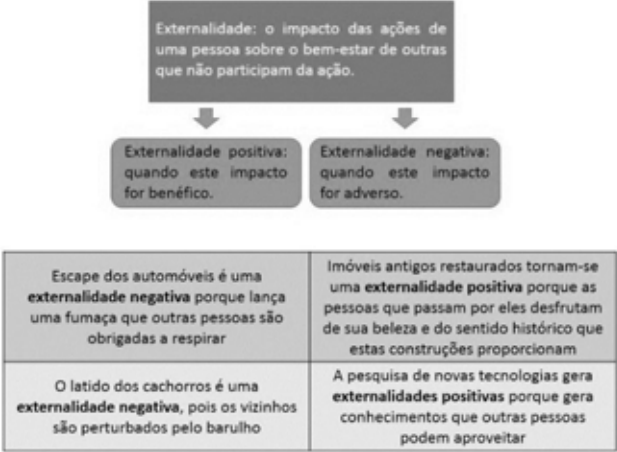
Indubitavelmente, existem dogmas econômicos e, inclusive, trataremos de alguns neste trabalho; um deles são as forças atuantes da oferta e demanda, que estas, e apenas estas, são as responsáveis pela alocação eficiente de recursos visando maximizar o bem-estar da sociedade. A famosa regra da “mão invisível”¹³ então seria a solução de todos os problemas econômicos? Os mercados podem fazer muito bem várias coisas, mas não tudo; não é possível o mercado mensurar todos os benefícios e malefícios gerados – as curvas de oferta e demanda contém informações importantes sobre o custo-benefício, afinal, se o consumidor está disposto a pagar mais, quer dizer que seu benefício é maior, mas elas não contém todas as informações - e, portanto, vislumbrar o aumento ou decréscimo de bem-estar dos indivíduos. É nesse contexto que a intervenção governamental ingressa como a personagem protagonista: corrigindo as “falhas de mercado”¹⁴, ou seja, aquilo que a mão invisível de Adam Smith não consegue controlar efetivamente. No presente trabalho, apenas um tipo de falha de mercado será explorado: as externalidades.

¹³ Metáfora utilizada por Adam Smith em seu livro “A Riqueza das Nações” (1776).

¹⁴ Conceito baseado na teoria do setor público da Welfare Economics que atestava que o mercado não conseguia realizar todas as trocas eficientemente.

Nestes casos, as leis de oferta e demanda não auxiliam para maximizar o bem-estar geral, pois estas levam em consideração apenas os agentes econômicos que participam diretamente da alocação do recurso em questão, enquanto que a geração de externalidades, conforme definição acima, recaem em indivíduos que não participam da ação¹⁵. E como os governos podem intervir na geração de externalidades? O governo entra no mercado para influir sobre as decisões dos agentes econômicos, a fim de maximizar o bem-estar social que o mercado não conseguiu mensurar, penalizando ou proibindo os geradores de externalidades negativas e beneficiando ou incentivando os geradores de externalidades positivas, conforme mostra a tabela 3.

Figura 1: Definição e exemplos de externalidades



Fonte: adaptado de Arvate e Biderman (2005). Economia do setor público no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2005. p. 208.

Tabela 3: Exemplificação de respostas governamentais para os problemas desenvolvidos na figura 1 – o Estado corrigindo as “falhas de mercado”

Em relação ao escape dos automóveis, o governo fixa limites de emissão para os automóveis (proibição); também pode tributar a gasolina a fim de reduzir o uso de automóveis (penalizando)	Os governos, a fim de incentivar a restauração de móveis antigos, podem conceder isenções fiscais para os proprietários que os restaurarem
Sobre o latido dos cachorros, o governo tenta contornar a situação tornando ilegal a “perturbação do sossego”	Para incentivar a pesquisa de novas tecnologias, o governo lança mão do sistema de patentes para dar aos inventores o uso exclusivo de suas invenções durante um certo período

Fonte: adaptado de Arvate e Biderman (2005). Economia do setor público no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2005. p. 208.

¹⁵ O pressuposto aqui é que o objetivo do governo é levar a um bem-estar geral naqueles casos em que o mercado é ineficiente, pois não consegue mensurar corretamente os efeitos de tal alocação de recursos para toda a sociedade – apenas leva em consideração o comprador e o vendedor de tal mercadoria.

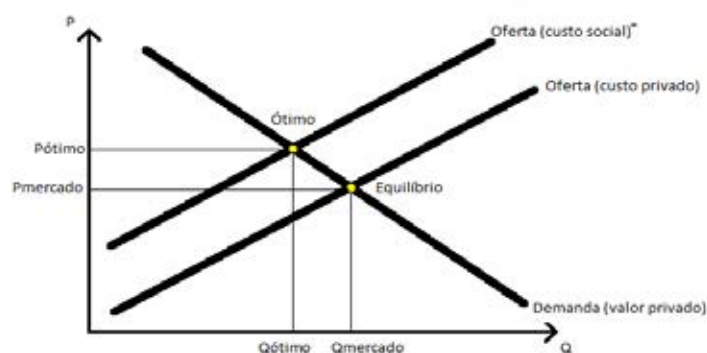
As indústrias que se baseiam no petróleo e outras fontes não renováveis de matérias primas geram externalidades negativas, seja por causa da alta emissão de gases tóxicos ou pelos resíduos descartados na natureza, prejudicando o meio ambiente em geral; para desestimular a indústria a danificar o ecossistema, o governo é capaz de lançar certos comportamentos exigidos ou proibidos, ou seja, o Estado é o ator principal de coordenação para que medidas menos poluidoras sejam implementadas pelas empresas. Existem algumas ferramentas de intervenção dos governos que são justificadas como ações corretivas contra as externalidades negativas de cunho prejudicial ao meio ambiente; segundo Castro (1994), Cavalcanti (2000) e São Paulo (2010), os principais instrumentos que o Estado pode utilizar voltados à questão ambiental são os seguintes: i) taxas ambientais sobre a emissão de resíduos e poluição; ii) licenças comercializáveis; iii) subsídios cruzados; iv) rotulagens e certificações ambientais; v) isenção tributária; vi) sistemas de depósito e reembolso; vii) seguros de responsabilidades; viii) pagamentos por serviços ecossistêmicos; ix) taxas florestais e vinculadas ao uso de recursos renováveis; x) impostos ambientais vinculados à taxa convencional. No escopo do trabalho apenas trataremos o primeiro item, em comparação com o segundo item - as licenças comercializáveis - e também o transbordamento tecnológico via externalidades positivas das tecnologias mais limpas.

1.6.2. Imposto de Pigou¹⁶: o “direito de poluir”

O governo pode atuar no sentido de prejudicar o desenvolvimento de uma externalidade negativa ou beneficiar externalidades positivas internalizando o custo social, ou seja, o real custo da produção de um determinado bem não só pra quem o demanda, e sim para toda a sociedade, ou seja, taxando as empresas que emitem resíduos que prejudicam o meio ambiente e, conseguinte, o bem estar social.

¹⁶ Em homenagem ao economista Arthur Pigou (1877 – 1959).

Gráfico 2: O custo social afetando as forças de oferta e demanda: caso de uma externalidade negativa



* O custo social é igual ao custo privado mais (menos) o custo da externalidade negativa (positiva).

Fonte: Arvate e Biderman (2005). Economia do setor público no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2005. p. 210.

Na presença de uma externalidade negativa no processo produtivo o custo social é maior que o custo privado, empurrando a curva de oferta para a esquerda; como consequência, temos que o ponto ótimo é diferente do ponto de equilíbrio: a quantidade ótima será menor e o preço ótimo, maior. O imposto de Pigou estabelece um imposto de acordo com a poluição ao meio ambiente e, quanto mais a fábrica reduzir esse montante, menor será o dispêndio pago ao governo: de uma certa forma, o imposto contribui para a busca por tecnologias mais limpas, pois a todo momento as empresas buscarão maximizar o seu lucro neste cenário de custo social elevado; um benefício do “direito de poluir” é a rentabilidade aos cofres públicos, bem como a progressiva manutenção do meio ambiente, com menos emissões de gases tóxicos e menor dejetos sendo descartados nos rios e florestas. Em suma, o imposto de Pigou é considerado um direito de poluir pois a atitude de gerar poluição não é um fator proibitivo (como veremos adiante, na regulamentação sim) e sim punitivo e, por esta razão, o imposto a ser cobrado deve ser cuidadosamente bem mensurado, pois um valor não condizente com a poluição gerada, pode causar ou ao fechamento das firmas, se o valor for muito alto; ou a manutenção da poluição, se o valor do imposto for demasiadamente baixo. Ao contrário da maioria dos impostos cobrados¹⁷, o imposto de Pigou consegue aproximar a alocação de recursos próxima ao ótimo social – ao mesmo tempo que traz retornos financeiros para os governos, estes impostos também aumentam a eficiência econômica.

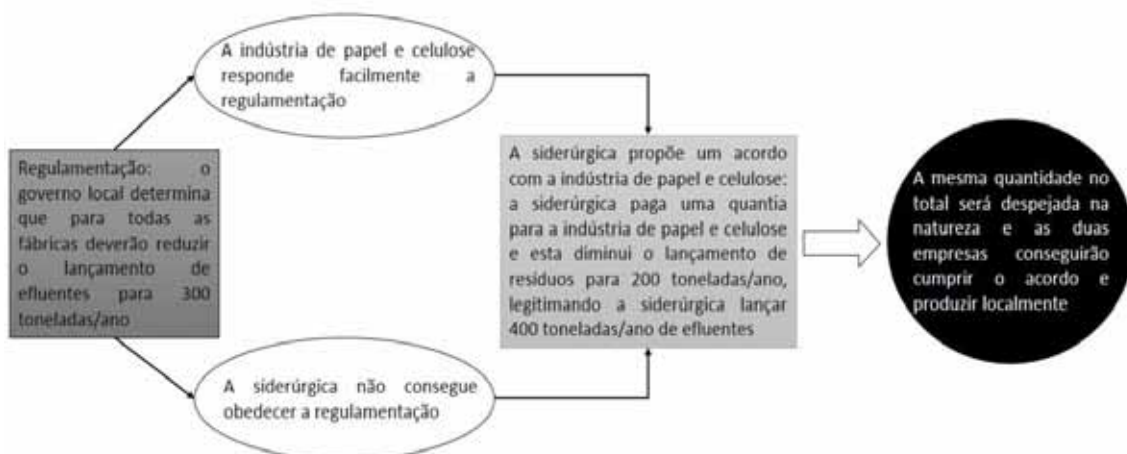
¹⁷ Os impostos cobrados comumente não geram externalidades positivas, principalmente os tributos, cuja definição é: toda prestação pecuniária compulsória, em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada. <<http://www.portaltributario.com.br/glossario.htm>>. A tributação exercida é altamente prejudicial ao bem-estar pois o custo da tributação é maior que os benefícios que são provenientes dela, diminuindo a qualidade de vida e o bem-estar da população (principalmente uma tributação regressiva; para mais informações, consultar Fernandes e Paiva (2009)).

1.6.3. Licenças Comercializáveis: regulamentação

A regulamentação oferece para a empresa a vantagem de, atingindo a meta proposta pelo governo, ela não precisa pagar nenhuma quantia extra para o Estado; a firma não poderá emitir mais que o estabelecido pela regulamentação (política proibitiva). Este tipo de política não tem o mesmo poder de fomentar a pesquisa por tecnologias que diminuam as externalidades negativas que o imposto de Pigou possui, pois quando a empresa cumprir a meta estipulada pelo governo, o seu estímulo para reduzir ainda mais a emissão de poluição será baixo.

Uma crítica fundamental a implementação da regulamentação é que diferentes indústrias e estas possuem diferentes dificuldades para atingir a meta proposta pelo Estado; por exemplo, uma indústria de papel e celulose pode conseguir chegar mais rápido ao nível proposto e para uma siderúrgica seja mais difícil respeitar o limite traçado pela regulamentação.

Figura 2: Exemplificação das licenças negociáveis



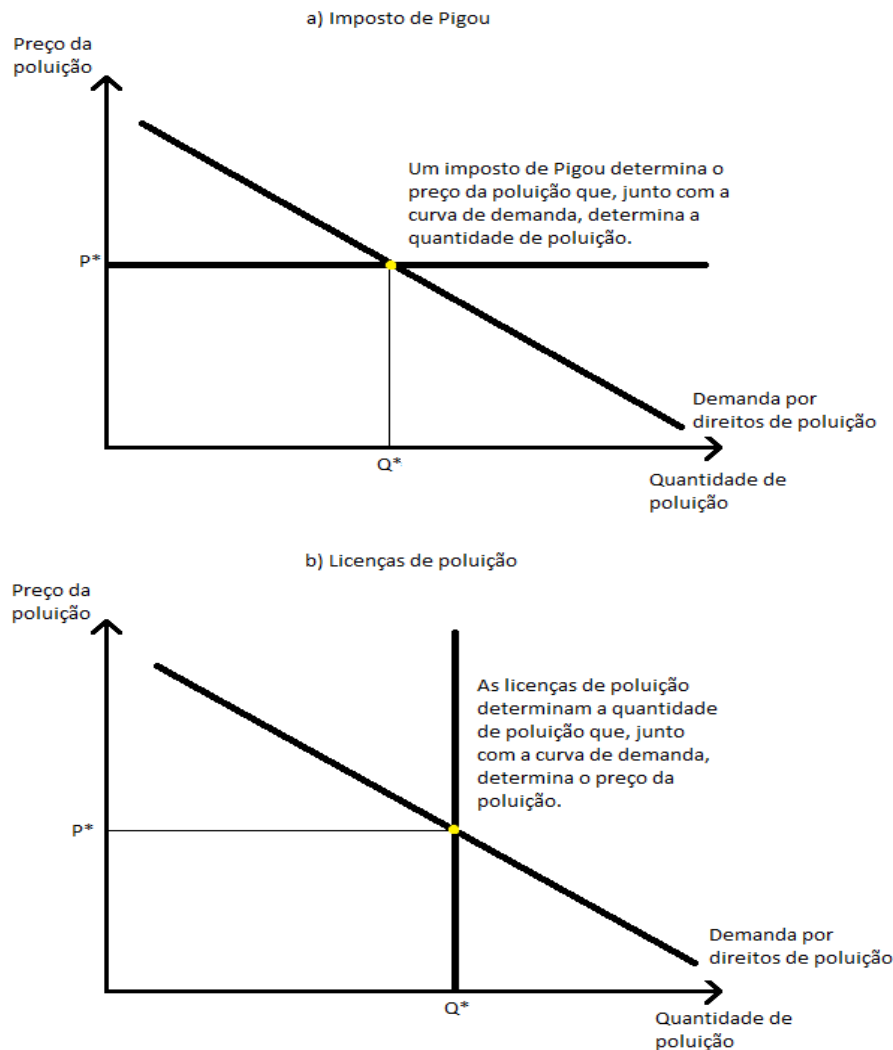
Fonte: adaptado de Arvate e Biderman (2005). Economia do setor público no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2005. p. 220-221.

Pelo esquema acima, as empresas estabelecem uma solução privada para maximizar o bem-estar da sociedade: as duas empresas continuam produzindo produtos para a sociedade e a meta proposta pelo governo, na soma das duas empresas, é respeitada – é um jogo de soma positiva. Essa articulação dos agentes privados em buscar a melhor solução é formulada pelo teorema de Coase¹⁸, cujo cerne da teoria é que os agentes privados conseguem negociar sem ou com pequenos custos de transação

¹⁸ Em homenagem ao economista Ronald Coase (1910 – 2013).

a respeito da alocação de recursos, eles podem resolver seus problemas por si próprios. Em suma, o imposto de Pigou determina o preço da poluição enquanto as licenças de poluição determinam a quantidade de poluição, conforme gráfico abaixo.

Gráfico 3: Análise do mercado de poluição – diferenças entre a aplicação do imposto de Pigou e da regulamentação



Fonte: Arvate e Biderman (2005). Economia do setor público no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2005. p. 221.

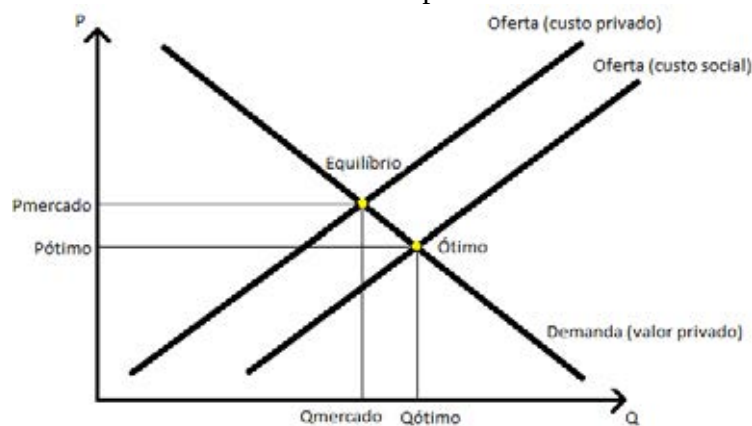
1.6.4. Tecnologias Limpas: simbiose entre externalidades positivas

Como já foi explicitado no trabalho, a pesquisa de novas tecnologias geram externalidades positivas, ou seja, seu custo social está abaixo do custo privado destas; os governos podem estimular os departamentos de P&D das empresas via patentes ou benefícios e incentivos a produzirem conhecimento. Além do papel do desenvolvimento tecnológico, as empresas que possuem em sua cadeia de valor recursos renováveis e não poluentes, bem como a simbiose industrial (São Paulo, 2010): a reciclagem de seus

resíduos, que seriam dejetos jogados na natureza gerando uma externalidade negativa, transforma-os novamente em insumos básicos para a produção, gerando vantagens de custo para a empresa – além de ser vantajoso para a sociedade via diminuição da população, é também vantajosa no sentido de diminuição de custos da empresa.

A geração de tecnologias limpas incorre destas três externalidades fundamentais: a diminuição dos efluentes, vantagens de custos para a empresa e dispersão do conhecimento gerado. Considerando principalmente a “hipótese de Porter”, elaborada por Reydon et al (2007), afirmando que a revisão do processo produtivo, buscando reduzir os impactos ambientais, pode ter como consequência uma redução de custos e ganhos de competitividade, os governos deveriam fomentar a criação de novos produtos e mercados decorrentes da economia verde e estimular à pesquisa e inovação neste segmento industrial, levando benefícios não só para as empresas, mas como para a sociedade, aumentando o bem-estar geral da população – a hipótese de Porter será melhor abordada no capítulo II.

Gráfico 4: O custo social afetando as forças de oferta e demanda: caso de uma externalidade positiva



Fonte: Arvate e Biderman (2005). Economia do setor público no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2005. p. 212.

CAPITULO II

2. Arcabouço Teórico

2.1. O papel da ciência básica e aplicada como fomentadores no crescimento industrial

A ciência básica é utilizada para pesquisas fundamentais acerca da indústria, sem um fim de aplicação econômica direta e relacionada à cadeia de valor da indústria; o objetivo dela é desenvolver competências e agregar conhecimento para futuras pesquisas relacionadas diretamente em melhorar a produção, desde inovações no produto até pequenas modificações, como diferenciação de produto e vantagens de escala. Ou seja, o propósito fundamental da ciência básica é fazer pesquisas direcionadas indiretamente ao sistema produtivo da empresa – é o ponto inicial para realizar uma inovação, principalmente para as tecnologias e indústrias novas, como é o caso da indústria de química verde. Para obter as vantagens da ciência básica é preciso desprender de um capital relativamente alto com a pesquisa, e seu retorno é muito incerto; muitas vezes o investimento sobre a ciência básica não gera nenhum ou pouco rendimento para as empresas em um curto prazo, gerando um desestímulo para os empresários. Freeman (1974) destaca o aspecto de desestímulo do empresário ao realizar a pesquisa fundamental básica, e atribui ao governo, às instituições públicas de pesquisa e as universidades o papel de fomentar e usar tais medidas:

“[...] De um ponto de vista estreitamente econômico, é comum desprezar a pesquisa fundamental interna e considerá-la uma distração cara ou um elefante branco. Ela certamente pode ser isso, e o conselho de muitos economistas e consultores de gestão para deixar a pesquisa fundamental para as universidades tem um fundo de bom-senso. Mas isso pode ser muito estreito. Certamente algumas das inovações “ofensivas” mais bem-sucedidas estavam baseadas em pesquisa fundamental interna. Ou pelo menos as firmas que as estavam realizando assim as descreveram, e tais atividades podem ser legitimamente definidas como pesquisa realizada sem um fim prático específico em vista” (Freeman, original de 1974)

Um alto gasto em pesquisa e desenvolvimento não trata, necessariamente, a certeza de novas inovações: o investimento em P&D é carregado por alguma incerteza¹⁹, pois nada é garantido de que só esse alto gasto refletiria em uma gama maior de inovações daquela empresa; muitas vezes os gastos nessa área, principalmente

¹⁹ A incerteza é conceitualmente diferente do risco; segundo Knight (1921), o risco oferece algum cálculo probabilístico de ocorrer e, portanto, é possível a sua mensuração em algum modelo. Já a incerteza não pode ser calculada e, muito menos, estimada via probabilidade.

relacionados à ciência básica, são considerados como um “elefante branco”²⁰ pelas empresas, privilegiando outras áreas, como a engenharia de produção e *design*, diferenciação de produtos, vantagens de escala e exploração de novos mercados via fusões & aquisições e internacionalização de empresas. As empresas investem no departamento de pesquisa para ter uma maior chance de descobrir (invenção) e torná-la viável, tanto pelo custo de entrada de tal, como ela melhoria da produtividade, tornando-se assim uma inovação; além disso, as invenções que, por ventura, não se transcrevem em inovações será acrescentado no somatório de conhecimento da firma.

O diferencial de uma empresa líder com característica agressiva no mercado para estar na fronteira tecnológica é exatamente o dispêndio em P&D e o esforço para gerar novas inovações tecnológicas: (i) criando e desenvolvendo novos produtos (inovação em produto); (ii) aprimorando a cadeia produtiva da empresa – ou até de toda a indústria – com inovações em processo. No caso da indústria de química verde, as inovações em processo são maioria na mesma.

Figura 3: Esquematisação da passagem de invenção para inovação: vários tipos de inovações e seus graus de incerteza associados.



Fonte: Elaboração Própria.

²⁰ Expressão utilizada por Freeman e Soete (2008) para empresas que qualificam a pesquisa fundamental orientada como um dispêndio elevado e seus retornos incertos.

Tabela 4: Modelo parcial de Freeman acerca da relação pesquisa fundamental e aplicada, P&D e estratégias das empresas.

Estratégias \ P&D	Pesquisa Fundamental Básica	Pesquisa Aplicada
Ofensiva	4	5
Defensiva	2	3
Imitativa	1	2
Dependente	1	1
Tradicional	1	1
Oportunista	1	1

A escala de 1 a 5 indica eficiências de fraca (ou não existente) até muito forte.

Fonte: Adaptado de FREEMAN, C. As inovações e as estratégias das firmas. In: FREEMAN, C.; SOETE, L. (2008). *A Economia da Inovação Industrial*. Campinas: Editora Unicamp. Coleção Clássicos da Inovação, 2008. p. 455-491.

De acordo com as metas do Pacto Nacional da Indústria Química, as estratégias de inovação são fundamentais para alcançar os objetivos propostos; logo, as empresas são o cerne do desenvolvimento tecnológico exigido, portanto, é essencial que suas estratégias possuam um alto gasto em P&D, seja na ciência básica e/ou aplicada. É necessário que as empresas brasileiras alcancem o desenvolvimento industrial de uma forma gradual, é preciso em primeira instância uma estratégia imitativa, com aquisição das máquinas²¹ providas dos países desenvolvidos, juntamente com vários incentivos a pesquisas fundamentais básicas no ramo de química verde. A partir de uma base inicial construída, a indústria de química verde brasileira estará preparada para criar novos processos e em novas tecnologias, que encurtará a distância entre a atual tecnologia (feita no Brasil) e a fronteira da tecnologia mundial; nesse aspecto, as empresas partirão para estratégias mais ousadas, como a estratégia defensiva e ofensiva de inovação. Essas estratégias de inovação têm como condição o alto gasto em P&D, nessa fase, mais relacionada à pesquisa aplicada, majoritariamente das próprias empresas, tanto em produto, mas principalmente em processo.

Existem também as inovações organizacionais²², com a melhoria da gestão produtiva, melhor alocação de recursos e reaproveitamento de resíduos, diminuindo o custo total de produção. As inovações organizacionais são importantes para a química

²¹ Segundo os dados da PINTEC (Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica), aquisição de máquinas e equipamentos entra como inovação.

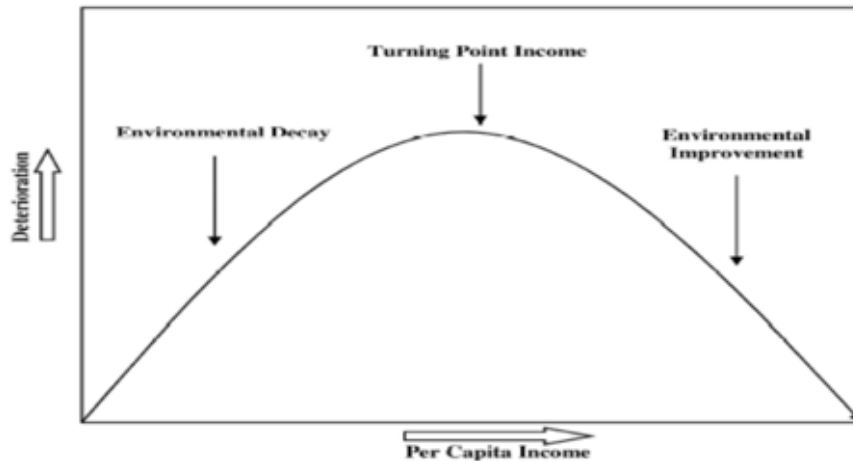
²² As inovações organizacionais não são consideradas inovações tecnológicas, mas são inovações que podem ter impacto significativo na estrutura de produção de uma empresa ou de toda a indústria.

verde, pois ela é uma das peças fundamentais para o reaproveitamento de recursos, aumentando a produtividade e reciclando matérias primas, criando uma parcela de independência perante aos fornecedores de insumos básicos e, aliado a isso, a imagem de uma empresa sustentável gerencialmente aumenta o grau de confiabilidade da sociedade, através do *marketing* verde.

2.2. A Hipótese de Porter e a Simbiose Industrial: Por quê investir na economia verde?

A sustentabilidade vem da necessidade de diminuirmos o nível de atividade econômica do planeta, pois os recursos naturais não são infinitos, ou seja, eles ficam cada vez mais escassos com a sua utilização durante o tempo; os níveis de poluição, devido ao processo de transformação das matérias primas em produtos de consumo para a sociedade acompanha este aumento; segundo um estudo da ONU em 2010, a concentração de gases com efeito de estufa como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso, atingiu os níveis mais elevados desde a revolução industrial, e apesar da recente desaceleração econômica. A vida finita destes recursos veio à tona nos anos 1970, com os primeiros movimentos de conscientização via Conferência de Estocolmo, em 1972 sendo o primeiro grande evento para amenizar os danos ambientais feitos pelo homem; porém, enquanto os países desenvolvidos pregavam o chamado “desenvolvimento zero”, amparado pelos fatos de destruição do planeta, os países subdesenvolvidos, principalmente os que fomentavam a industrialização, como o Brasil, eram fundamentalmente contra, pois a indústria gerava um crescimento econômico maior e mais sustentado e estes países vislumbravam sair da condição de periferia rumo ao primeiro mundo, ou seja, era o desenvolvimento “a qualquer custo” ambiental. A curva de Kuznets ambiental exemplifica tal debate: até chegar a um certo nível de desenvolvimento (mensurado pela renda *per capita* dos países, o crescimento destes é feito através de atitudes poluidoras; a partir do ponto de inversão da curva, a tendência é que a inovação ambiental traga mais retornos de escala que a inovação poluidora, diminuindo a quantidade de emissão de resíduos na natureza.

Gráfico 5: Curva de Kuznets ambiental



Fonte: Ilustração adaptada de Veiga, J. O Prelúdio do Desenvolvimento Sustentável. (2005).

A partir dos anos 90 que a ideia de tecnologias ambientais passou a ser uma alternativa viável economicamente e necessária socialmente, pois a busca pelo lucro dos empresários e a redução de poluentes e reciclagem de resíduos começaram a convergir, graças ao avanço da utilização de outras fontes de matérias-primas renováveis. Além disso, a curva de custo social exemplifica que as externalidades negativas geram efeitos devastadores sobre a população em um todo, diminuindo o bem-estar geral.

Segundo Kemp et al. (2000), existem vários fatores que determinam a busca pela inovação ambiental: i) os incentivos a inovar dependem da intensidade da competição, das condições de custos e demanda, e das condições de apropriabilidade, ou seja, até que ponto uma inovação é capaz de transbordar para a sociedade os benefícios econômicos de sua inovação; ii) a habilidade de assimilar e entrelaçar conhecimento absorvido de diferentes fontes para produzir novos produtos e processos e iii) a capacidade de gerenciar o processo de inovação, via inovações organizacionais e formas eficientes de gestão da empresa. Quando internamente o custo-benefício do controle da poluição é negativo, é necessário que o Estado intervenha através de regulações, punindo os poluidores e beneficiando os ambientalmente corretos; a regulação age como um filtro, mudando o enfoque das firmas no que tange a relação de custo-benefício e, por isso, incentiva a firma a atingir certos padrões ambientalmente desejáveis (Kemp et al, 2000). Lustosa (2003) contribuiu no sentido de, além da regulação ambiental, as pressões de demanda para produtos ambientalmente sustentáveis e dos investidores pela perda de recursos investidos pelo não cumprimento das leis ambientais são fundamentais para fomentar a inovação ambiental.

Tabela 5: Benefícios da produção ambientalmente sustentável

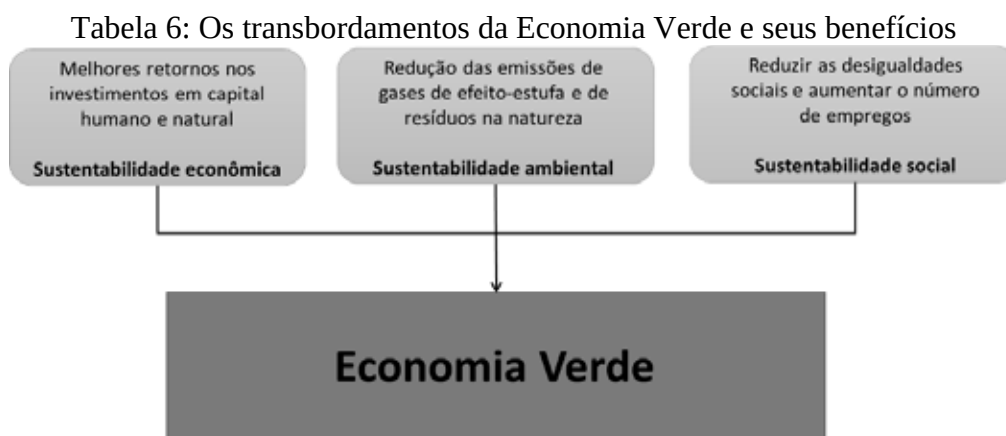
Benefícios Econômicos	Benefícios Estratégicos
Redução do consumo de água, energia e outros insumos	Melhoria da imagem institucional
Reciclagem, venda e aproveitamento de resíduos e diminuição de efluentes	Renovação do portfólio de produtos
Redução de multas e penalidades por poluição	Aumento da produtividade
Contribuição marginal maior de produtos verdes que podem ser vendidos a preços mais altos	Maior comprometimento dos colaboradores e melhoria nas relações de trabalho
Maior participação de mercado devido à inovação dos produtos e menor concorrência	Melhoria e criatividade para novos desafios
Linhas de novos produtos para novos mercados	Melhor relação com os órgãos governamentais, comunidade e ambientalistas
Maior demanda para produtos que contribuam para a diminuição da poluição	Acesso assegurado ao mercado externo
	Melhor adequação aos padrões ambientais exigidos

Fonte: North (1992).

Os dados acima nos permite dizer que, além dos fatores fora da firma, é essencial para a própria diminuição de custos da empresa e, portanto, maior lucratividade, se ela se focar nas inovações ambientais; e é exatamente isso que se refere a Hipótese de Porter: quando as normas ambientais são bem estruturadas, organizadas e aplicadas, podem estimular o desenvolvimento de inovações que acarretam em aumento da competitividade pelas empresas, segundo Reydon et al (2007). Para Reydon et al (2012), se a Hipótese de Porter for válida, é possível que haverá uma mudança de paradigma econômico nos moldes do surgimento das tecnologias da informação e da comunicação (TICs), acabando com o padrão de desenvolvimento fordista, conforme Freeman (1992); ou seja, a mudança do padrão do desenvolvimento do século XX cujo zênite era um trade-off entre crescimento e meio ambiente para um desenvolvimento de *decoupling* entre crescimento econômico e degradação ambiental, ou seja, elevar a produtividade e reduzir o impacto ambiental é considerado uma mudança estrutural no sistema capitalista e o surgimento de um novo *mainstream*. Para Daly (2005), é fundamental que a economia verde siga três passos: i) limitar o uso de todos os recursos a taxas que resultem em *wastes* que possam ser absorvidos pelo ecossistema; ii) explorar os recursos renováveis a taxas que não excedam a capacidade do ecossistema em regenerar esses recursos; iii) explorar recursos não renováveis a taxas que, o quanto possível, não excedam a taxa de desenvolvimento de substitutos renováveis.

Segundo o PNUMA, a Economia Verde representa uma nova forma de produção capitalista porque junta as três sustentabilidades: a econômica, com retornos de escala e

maiores possibilidades de inovações e ganhos de competitividade; a ambiental, pelo uso racional e não agressivo dos recursos naturais, além de fomentar a reciclagem e desencorajar a emissão de resíduos e a social, gerando novos mercados e novas indústrias, haverá mais emprego para os necessitados, além a relação entre firma e trabalhador ser mais próxima, pelo fato do trabalhador saber que a empresa possui uma conscientização ambiental e não vai gerar externalidades negativas para ele.



Fonte: Adaptado do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

2.3. Perfil da ciência e tecnologia ambiental no Brasil

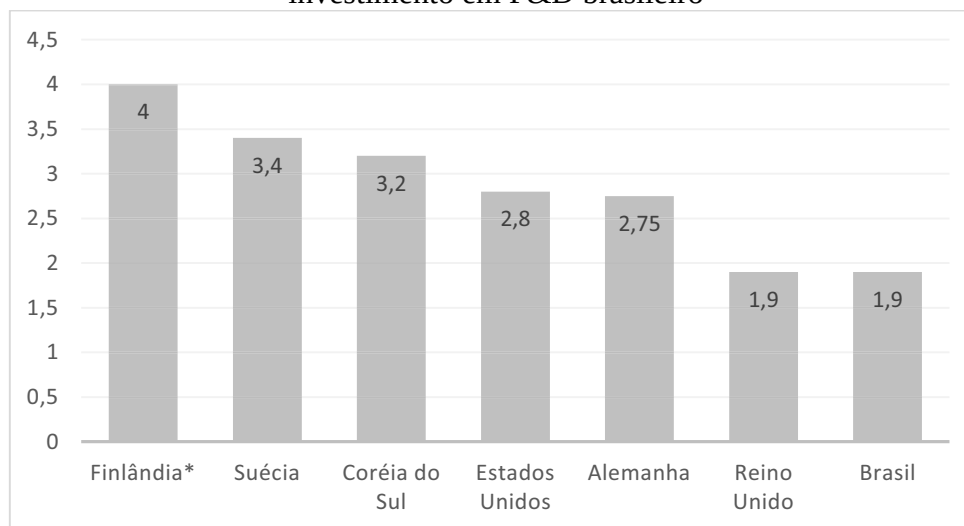
É tratado como um dogma em estratégias de crescimento econômico que o Brasil deve fomentar a produção e a inovação das tecnologias ambientais devido ao seu potencial em energias renováveis e recursos naturais em abundância. Segundo Reydon et al (2012), o Brasil passa atualmente por um processo de determinação de seu posicionamento estratégico como um importante player no mercado internacional e, enquanto a estratégia brasileira não for precisamente definida, definindo claramente seus objetivos, o Brasil pode sofrer perdas competitivas graves.

Poucos foram os países que adotaram a questão ambiental como um fator fundamental nas decisões políticas e econômicas do país; conforme Figueiredo (2011), os Países Nórdicos desenvolveram profundas capacidades tecnológicas inovadoras sustentavelmente ambientais: mineração, florestal, celulose e papel, óleo e gás. Alemanha, Reino Unido, Coréia do Sul e o estado americano da Califórnia foram outros locais que definiram a estratégia ambiental como fundamental para a política de desenvolvimento, enquanto que o Brasil continua tendo 70,3% de suas exportações industriais focadas em produtos de alto potencial poluidor. Rose e Kunze (2009) apontam que, defronte ao fato de fomentar inovações ambientais, o Brasil é um líder

mundial na utilização de energia renovável e fomenta maciçamente investimentos em inovações tecnológicas ambientais corretas, como no setor florestal e de celulose e papel; portanto, a posição ambiental brasileira é ambígua.

Os países que promoveram altas capacidades ambientalmente tecnológicas investem significativamente em P&D, pois qualquer inovação ambiental precisa de muita ciência como base e, portanto, muito recurso para realizar as pesquisas; a inovação ambiental ainda é não é difundida pelas empresas e institutos de pesquisa, aumentando ainda mais seu custo.

Gráfico 6: Relação de P&D/PIB de 2009 dos países que definiram a questão ambiental como direcionador fundamental do desenvolvimento – quadro comparativo com o investimento em P&D brasileiro



*Os dados da Finlândia são de 2011.

Fonte: Adaptado de <http://www.economist.com/node/21531002>.

Também vale ressaltar que o ambiente de interação entre atores que fomentam as inovações tecnológicas são muito bem articulados: países como a Suécia, que tem no alto grau de P&D como prioridade para a promoção da pesquisa pública e da infraestrutura para a pesquisa; países como Coreia e Estados Unidos, que investem mais em ciência básica para consolidar uma base a fim de estimular inovações futuras, principalmente nas tecnologias ambientais; os Países Nórdicos, por sua vez, ultrapassaram a meta de P&D/PIB proposta para os países da OCDE na Agenda de Lisboa – a meta era de 3% e ambos ultrapassaram tal; todos estes países, de acordo com a OCDE, praticam políticas de inovação orientada pela demanda; a Tekes, agência nacional de financiamento à inovação da Finlândia, financia as encomendas públicas pra compartilhar o risco associado ao desenvolvimento de novos produtos e processos; a

Alemanha no ano de 2009 destinou quase € 1 bilhão para atividade de P&D de pequenas e médias empresas; já o Reino Unido, para estimular a sua estratégia ambiental, destinou mais de US\$ 360 milhões para um fundo de apoio financeiro aos investimentos de baixo teor de carbono.

2.4. Fatores institucionais brasileiros

2.4.1. Proteção patentária

Considerando que as estratégias adotam estratégias diferentes de inovação, construindo assim uma relação singular com os gastos em pesquisa e desenvolvimento e, como consequência, com a ciência básica e aplicada, conforme já visto no trabalho, as patentes têm um papel central na consolidação de cada estratégia empresarial, principalmente em um setor não maduro, onde as inovações acontecem com bastante frequência.

De acordo com a literatura²³, as patentes são vistas de perspectivas diferentes de acordo com o tipo de estratégia adotado por cada empresa: para a estratégia ofensiva de inovação, a patente é vista como uma forma legal de proteger suas inovações e invenções, garantindo assim a propriedade intelectual e industrial²⁴ - algo essencial e benéfico para estas empresas, pois essas patentes protegem sua propriedade da concorrência, lhe assegurando o direito dos lucros sobre tal inovação, quando a mesma for aplicada na cadeia produtiva; Para uma estratégia defensiva de inovação, a patente é vista de uma óptica oposta: elas são vistas como referência das atividades de seus concorrentes, cabendo à empresa aproveitar as invenções protegidas, e a partir delas, elaborar algumas inovações e diferenciá-las das patentes “originais”; em suma, ela aproveita algumas brechas das patentes e criam novas inovações – estas que podem superar, em termos de lucratividade, aquelas “patentes inovadoras²⁵”.

Enquanto as empresas com estratégias ofensivas de inovação²⁶ vêm à patente como uma forma de proteger e assegurar o retorno lucrativo da inovação através das patentes, as empresas com estratégias mais defensivas olham as patentes como uma janela de oportunidade para, ao mesmo tempo, observar o que cada empresa está

²³ Literatura de autores da teoria microeconômica evolucionária.

²⁴ Garantido por lei, vide [lei Nº 9.609, de 19 de fevereiro de 1998](#).

²⁵ “Patentes inovadoras” são feitas por empresas com estratégias ofensivas de inovação, de acordo com Freeman (1979)

²⁶ Ainda segundo Freeman (1979).

pesquisando em seu laboratório de P&D e a partir das patentes dos concorrentes, essas empresas usam-nas como base para desenvolver novas inovações e lucrar com elas.

O sistema de patentes para inovações relacionadas à sustentabilidade tem um destaque considerável no Brasil, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) desenvolveu um departamento especial destinado a essas patentes, chamado Patentes Verdes. Esse projeto consiste no desenvolvimento de patentes de inovação (PI) em projetos de caráter sustentável, com a diversificação em direção a fontes renováveis, processo no qual o desenvolvimento da química verde é essencial.

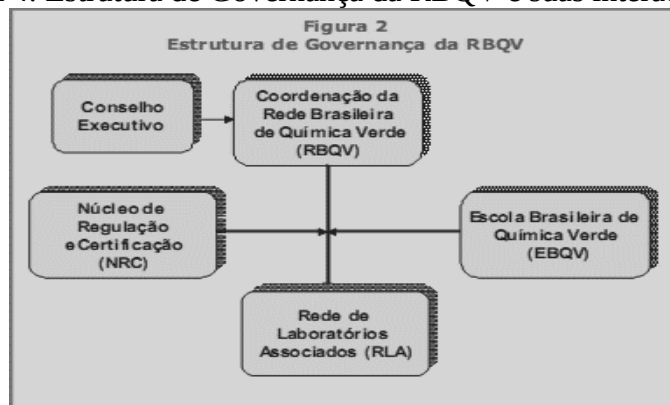
2.4.2. Incentivos governamentais e Regulações Ambientais

Apesar de todos os benefícios que a introdução de insumos e recursos de natureza renovável na cadeia produtiva e na gestão organizacional, as empresas em certo ponto relutam a adquirir essas tecnologias verdes; qualquer mudança que exija um alto esforço de pesquisa e uma rentabilidade incerta sempre causa desconfiança nos empresários, principalmente se esses investimentos em “produtos verdes” não receberem nenhum incentivo governamental para o desenvolvimento.

O desenvolvimento de produtos através da energia de biomassa é o enfoque dos programas setoriais no Brasil; além disso, a química renovável tem uma influência no Fundo Setorial do Petróleo²⁷ apresentando alternativas na produção de energia. A principal tentativa de estimular empresários para investir no ramo veio através do “I Workshop Internacional da Química Verde”, realizado em Fortaleza/CE no ano de 2007, com a proposta de criar a Rede Brasileira de Química Verde (RBQV) com a: (i) Escola Brasileira de Química Verde (EBQV) formando pessoas com o perfil estratégico para atingir as perspectivas propostas pelo Pacto Nacional da Indústria Química; (ii) Rede de Laboratórios Associados, com o intuito de realizar pesquisas e testes e gerar invenções e, posteriormente, inovações em química verde; (iii) e o Núcleo de Regulação e Certificação (NRC), que ficará com a função regulatória, estudar e aprovar tais invenções, função que será aprofundada adiante no trabalho.

²⁷ É o fundo financiado pelo governo (Ministério da Ciência e Tecnologia) para estimular inovações na cadeia produtiva do setor petroquímico, qualificar recursos humanos e promover projetos de desenvolvimento ligado à indústria de petróleo. Para mais informações: <http://www.mct.gov.br>

Figura 4: Estrutura de Governança da RBQV e suas interações



Fonte: CARIOCA, J. O. B., ALMEIDA, M. F. L. “Desenvolvimento da Química Verde no Brasil” RQI - 1º trimestre 2011.

A RBQV basicamente conta com: (i) órgãos de pesquisa (laboratórios); (ii) órgãos que moldam esses experimentos de acordo com as regulações e certificações dos produtos em química verde (NRC); (iii) formação para aprimoramento para trabalho qualificado em química verde, tanto para gestão organizacional como nas inovações tecnológicas com a Escola Brasileira de Química Verde, com sede no Rio de Janeiro.

Além dos incentivos governamentais, como a criação de uma estrutura de inovação em institutos de pesquisas, as regulações e os selos de certificados são essenciais para dar continuidade ao fluxo de conhecimento para esses produtos serem comercializados ou absorvidos dentro da cadeia produtiva da indústria de química verde; eles certificam, por órgãos governamentais, a algumas normas e certificados específicos, como os selos de Atuação Responsável e a ISO²⁸ 14.020 sobre “Rótulos e declarações ambientais – Princípios básicos”, como certificados de reflorestamento, qualidade ambiental, reciclagem de resíduos, certificações orgânicas, consumo de energia, etc. A empresa, através desses certificados, são obrigadas ou direcionadas a se adaptarem com insumos básicos renováveis, reaproveitamento de recursos, troca de matéria-prima e mudar a sua forma de gestão organizacional e de atuação no mercado.

Ao total, são mais de 320 selos ambientais em 42 países diferentes, com selos mundialmente conhecidos e aceitos, como as ISOs, e outros restritos a blocos econômicos ou até países. Os desafios da indústria de química verde brasileira são, não só fazer seus produtos estarem de acordo com as mais diversas regulações e certificados pelo mundo, mas também ser referência mundial na parte de gestão e de regulação. O Núcleo de Regulação e Certificação (NRC) é um órgão que terá essa finalidade,

²⁸ ISO: *International Organization for Standardisation*

moldando e ditando o ritmo dos produtos que as empresas colocam no mercado, seja para consumo interno, seja para exportação.

2.4.3. Interação universidade - empresa

Diferentes instituições²⁹ têm distintos papéis no desenvolvimento industrial, seja de algum setor, como para o país todo, eles ocupam determinadas posições estratégicas. As universidades têm como papel difundir informação e conhecimento para a sociedade, trazendo benefícios sociais e econômicos; os institutos de pesquisa têm como prioridade levar a teoria para a prática, através de exames, testes laboratoriais e desenvolvimento de novos procedimentos que, em alguns casos, serão utilizados por várias indústrias diferentes, melhorando o produto, seja em uma inovação nele próprio, ou na cadeia produtiva, obtendo algum tipo de vantagem para a difusão de tal inovação. E as empresas têm o papel de transmitir e assimilar o conhecimento das universidades (mão de obra qualificada e pesquisas) e dos institutos de pesquisa para sua produção, gerando inovações em seus elos produtivos. A equalização dessa sinfonia é fundamental, pois se eles estiverem interagindo entre si, a frequência, os investimentos, as inovações e, por consequência, a margem de lucro (e, por consequência, o *market share* também) será maior. Além deles, vários outros agentes compõem, como fornecedores, empresas secundárias, empresas de serviços, empresas de distribuição de energia, telefonia, consumidores, empresas consumidoras, e tantos outros que integram o chamado Sistema Nacional de Inovação, com o objetivo de ser uma rede interligada de fluxo de informação e conhecimento entre os diversos agentes, e estes ser repassados em forma de produto para os consumidores e a sociedade em geral.

O desenvolvimento da ciência fundamental básica para um setor importante para o crescimento econômico, juntamente com o desenvolvimento recente da indústria de química verde é, como já foi discutido nos pontos anteriores, é essencial; essa etapa consiste no entrelaçamento entre as invenções e o desenvolvimento dos produtos químicos e as aplicações desta nas empresas, a fim de inovar na cadeia produtiva. Embora sua importância seja grande, as empresas têm obstruções a fazê-las em seus laboratórios de P&D, mesmo que essa prática de internalizar a pesquisa básica – ou “pesquisa fundamental orientada” – tenha muitos casos de sucesso. No entanto, (Freeman e Soete, 2008) descreve com relação às empresas americanas, que já tem um

²⁹ Define-se como instituição: “padrões socialmente compartilhados de comportamento e/ou pensamento” (DEQUECH, 2009).

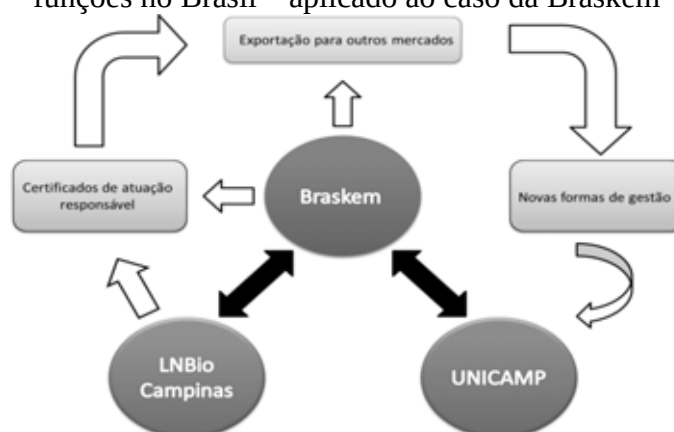
histórico de pesquisas, direcionamento de universidades no auxílio delas, e que seu sistema nacional de inovação é bem articulado; no Brasil, esse histórico de pesquisas, bem como as interações do SNI, de acordo com Suzigan e Albuquerque (2008) foi tardio, limitado e problemático, fazendo essas interações entre universidades e empresas através da pesquisa básica seja fundamental para o desenvolvimento da indústria.

Esse início tardio e limitado das universidades e instituições de C&T se reflete hoje em uma fragmentação e esboço de um Sistema Nacional de Inovação; No Brasil, existem poucos pontos de interação entre universidades, institutos de pesquisa e empresas para o desenvolvimento de processo e produto e na indústria de química verde, por mais que seja essencial essa articulação entre essas diferentes esferas de conhecimento e informação, ainda é bastante limitado: só a Braskem – a maior empresa química de capital nacional, que investe e investirá, de acordo com suas perspectivas, pesadamente na indústria de química verde, sendo a principal empresa para atingir as expectativas do plano – em 2008, oficializou uma parceria com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) para o desenvolvimento de processos em química verde e, em 2010, articulou-se com o LNBio – Campinas (Laboratório Nacional de Biociências).

Os planos de articulação teóricos na indústria de química verde são promissores: A criação da Rede Brasileira de Indústria Química e seus órgãos competentes, juntamente com o aumento dos investimentos em P&D - o Pacto Nacional da Indústria Química tem como uma de suas metas, como já comentado, que os investimentos em P&D estejam na casa de 1,5% do faturamento total das empresas; em comparação com outras indústrias brasileiras é consideravelmente alto³⁰; em relação a outros países, principalmente os desenvolvidos, ainda é um percentual baixo – e sua interação, articulando um esboço de SNI, potencializará a indústria de química verde no Brasil; abaixo, um fluxograma simples de interações entre os agentes, levando em consideração as interações Braskem, Unicamp e LNBio. Notemos que a aproximação geográfica é fundamental para o êxito das relações científicas entre os diversos agentes geradores de inovações; tanto a Unicamp quanto o Laboratório Nacional de Biociências estão em Campinas/SP, cerca de 100 quilômetros de São Paulo, local onde é instalada a sede administrativa da Braskem.

³⁰ Para mais dados comparativos, ver Furtado e Carvalho (2005).

Figura 5: Fluxograma teórico das interações de várias instituições e suas diferentes funções no Brasil – aplicado ao caso da Braskem



Fonte: Elaboração própria.

2.4.4. Políticas industriais recentes e a relação com a química verde

Desde o início do século XXI o Brasil tem lançado vários programas setoriais visando o aumento da competitividade destes no mercado doméstico e estrangeiro e também alguns programas industriais, cujo alicerce se reside na expectativa de estimular a pesquisa e desenvolvimento das empresas; de acordo com a literatura evolucionária, a geração de inovação é essencial para manter as empresas eficientes no mercado interno e externo, pois a sobrevivência delas está no dinamismo das invenções aplicadas aos produtos e processos. A partir de 2003, com a posse do governo Lula, a política industrial ganha um novo enfoque: os planos industriais.

Tabela 7: As políticas industriais recentes do Brasil

2003 – 2007	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE)
2007 – 2010	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI)
2008 – 2010	Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)
2011 – 2014	Plano Brasil Maior

Fonte: Elaboração Própria; dados extraídos de <<http://www.abdi.com.br>>

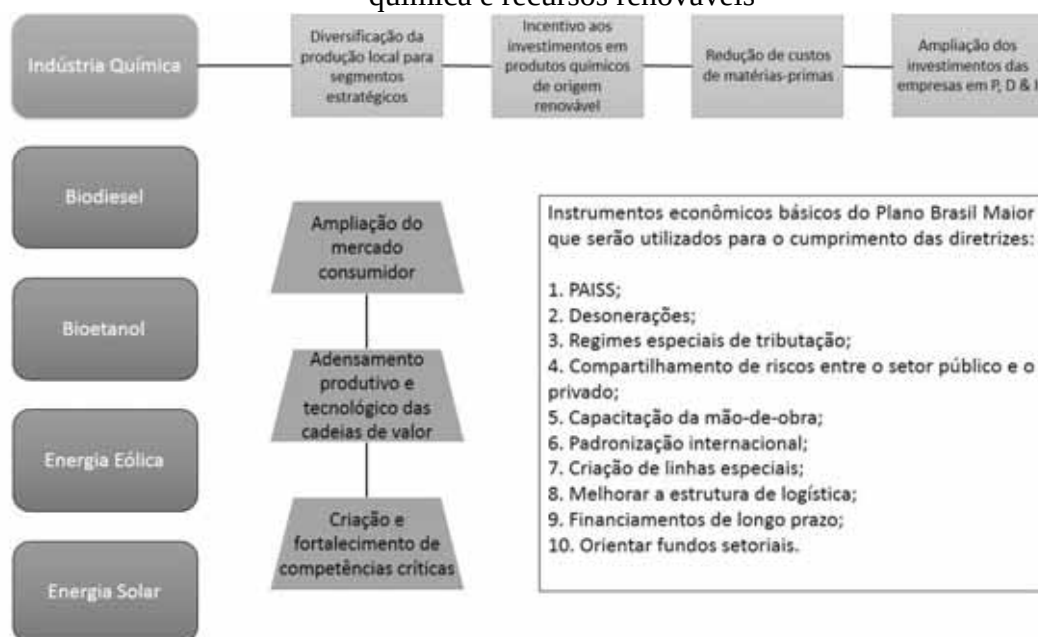
Para Thirwall (2002) e Tregenna (2002), o crescimento pela ótica da indústria tem mais vantagens do que pelos outros setores da economia: i) efeitos de encadeamento na cadeia produtiva são mais fortes na indústria; ii) a produtividade na indústria é uma função crescente da produção industrial – ou seja, existem retornos crescentes de escala; iii) a maior parte da mudança tecnológica ocorre na indústria – ela é a principal difusora do progresso tecnológico; iv) elasticidade renda das importações

de manufaturas é maior do que das commodities; portanto, a industrialização é tida como essencial para o crescimento de longo prazo. E é nessa teoria que o governo se baseia, buscando retomar um ciclo de crescimento industrial para fomentar o desenvolvimento através destas políticas.

Segundo Sarti e Hiratuka (2010), as políticas industriais feitas pelo Brasil, por mais que não atingissem as metas estipuladas nos planos, conseguiu reverter, ao menos temporariamente, o quadro de desindustrialização em duas formas: uma via expansão do mercado consumidor doméstico (2004 – 2006) e a outra pela ampliação da formação bruta de capital fixo (2007 – 2009); conforme Mercadante (2010), estas políticas também desencadearam efeitos positivos durante a recessão de 2008, via política anticíclica, aumentando a participação industrial na economia brasileira graças a ação primordial do Estado.

No escopo deste trabalho será apenas avaliado a participação da indústria de química verde no plano vigente, o Plano Brasil Maior; ou seja, a atual perspectiva sobre este setor e os instrumentos econômicos fundamentais do plano no cumprimento das metas estabelecidas. Na atual política industrial, não há uma especificação para a química verde, entrando neste conceito dois setores diferentes: indústria química e energias renováveis; ambos parte do Bloco II – Sistemas produtivos intensivos em escala; estes blocos. As orientações estratégicas gerais do plano são: i) promover a inovação e o desenvolvimento tecnológico; ii) criar e fortalecer competências críticas da economia nacional; iii) aumentar o adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor; iv) ampliar os mercados internos e externos das empresas brasileiras; v) crescimento socialmente inclusivo e ambientalmente sustentável; vi) ampliar os níveis de produtividade e competitividade da indústria brasileira.

Figura 6: Orientações, diretrizes e instrumentos econômicos específicos para indústria química e recursos renováveis



Fonte: Elaboração própria, dados extraídos do Plano Brasil Maior <http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/wp-content/uploads/cartilha_brasilmaior.pdf>.

Majoritariamente, os instrumentos são utilizados para driblar a ineficiência do sistema econômico brasileiro, como a tributação, a vulnerabilidade do agente privado no investimento produtivo, a baixa mão de obra qualificada e a péssima infraestrutura de transportes do país. Um destes instrumentos fogem a estas regras: o PAAIS, que é um programa setorial de incentivo a inovação na indústria química e em energias renováveis.

O Programa de Apoio à Inovação dos setores Sucroenergético e Sucroquímico PAISS é um programa do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) em conjunto com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), cujo objetivo é fomentar os projetos dos setores sucroenergético e sucroquímico via seleção de planos de negócios que estimulem ou tornem mais eficientes o desenvolvimento, a produção e a comercialização destes dois setores, cuja tecnologia ainda é incipiente no país. O BNDES e o FINEP entram como parceiros via empréstimo de recursos e maior coordenação das ações de fomento inovativo. Os instrumentos de crédito do BNDES são: i) “Capital inovador” através do Plano de Investimento em Inovação (PII), capacitando a empresa a realizar atividades de inovação de forma contínua e estruturada; ii) “Inovação produção” visando a melhora na capacidade produtiva via expansão e/ou modernização, além de uma P&D que norteie tal aumento de eficiência

na produção, apresentando oportunidades comprovadas de mercado; iii) “Inovação tecnológica” apoiando projetos de alto risco e oportunidade de mercado, compreendendo o desenvolvimento de produtos e/ou processos novos ou significativamente aprimorados e iv) “Participação acionária” dando prioridade as pequenas e médias empresas que podem receber participação direta ou via fundos de investimentos fechados. Além disso, existe um apoio financeiro via Fundo Tecnológico, o BNDES Funtec, fomentando projetos que estimulem o desenvolvimento tecnológico e da inovação de interesse estratégico para o país. Já a FINEP possui um programa de financiamento com taxas fixas para planos de investimentos estratégicos em inovação, o Inova Brasil; além disso, a empresa poderá dispor de até R\$ 10 milhões de reais via Fundo Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (FNDCT) e valor mínimo de R\$ 1 milhão de reais, com prazo de execução de até 36 meses. A estimativa é que, considerando todos estes instrumentos, o programa disponibilize até R\$ 1 bilhão para as empresas. As linhas temáticas do PAISS estão na tabela a seguir.

Tabela 8: Linhas Temáticas do PAISS

Linhas Temáticas	
1. Bioetanol de 2ª Geração	1.1. Desenvolvimento de tecnologias de coleta e transporte de palha de cana-de-açúcar; 1.2. Otimização de processos de pré-tratamento de biomassa de cana para hidrólise; 1.3. Desenvolvimento dos processos de produção de enzimas e/ou processos de hidrólise de material lignocelulósico oriundo da biomassa da cana-de-açúcar; 1.4. Desenvolvimento de microrganismos e/ou de processos de fermentação de pentoses; 1.5. Integração e escalonamento de processos para produção de etanol celulósico.
2. Novos produtos de cana-de-açúcar	2.1. Desenvolvimento de novos produtos diretamente obtidos a partir da biomassa da cana-de-açúcar por meio de processos biotecnológicos; 2.2. Integração e escalonamento de processos para produção de novos produtos diretamente obtidos a partir da biomassa da cana-de-açúcar.
3. Gaseificação: Tecnologias, equipamentos, processos e catalisadores	3.1. Desenvolvimento de tecnologias de pré-tratamento de biomassas de cana-de-açúcar para gaseificação; 3.2. Desenvolvimento de tecnologias de gaseificação de biomassas de cana-de-açúcar, especialmente quanto à otimização dos parâmetros de processos e/ou redução nos custos de capital dos equipamentos; 3.3. Desenvolvimento de sistemas de purificação e gases; 3.4. Desenvolvimento de catalisadores associados à conversão de gás de síntese em produtos.

Fonte: Adaptado de BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atualizacao/Inovacao/paiss/>

Atualmente 25 empresas obtiveram aprovação em seus planos de negócios para receber o financiamento do programa; 30 projetos foram selecionados pela comissão avaliadora do BNDES-FINEP. Note-se que majoritariamente as empresas possuem capital estrangeiro, tendo em vista o número baixo de empresas nacionais que conseguem se articular e criar planos de negócios satisfatórios para receber os vastos recursos do PAISS.

O PAISS representa um avanço organizacional, no sentido de ser um programa setorial, cujo objetivo é essencialmente estimular a inovação tecnológica em setores

estratégicos da química verde, como o sucroenergético e o sucroquímico e que possui uma quantidade grande de recursos. O fato de uma política setorial ser organizada por duas das maiores financiadoras e coordenadora de grandes projetos da economia nacional; é válido ressaltar também que grandes empresas do ramo químico, como a Petrobras, Dow Brasil, VTT Brasil e Du Pont participam deste projeto, mostrando e eficiência organizacional e a seriedade do projeto na visão do empresariado, juntamente com incentivos ao fomento de inovação das pequenas e médias empresas, vis-à-vis a uma linha especial de financiamento do BNDES que as beneficia, a Participação Acionária.

Tabela 9: Empresas que obtiveram êxito em seus planos de negócios e em qual linha temática estes se encaixam

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

Fonte: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/pais_planos_selecionados.pdf>

Os pontos negativos se verificam na falta de estruturação de um Sistema Nacional de Inovação; por mais que o PAAIS seja um programa positivo, o Brasil hoje não possui um ambiente propício para a realização de inovações via financiamento da própria empresa ou a interações com outros atores de fomento a inovação tecnológica, como institutos de pesquisa privados ou públicos e universidades, conforme já foi exposto no trabalho; Aliado a isso, a confiabilidade pequena dos agentes nas políticas macroeconômicas do governo desestimulam o empresariado local e a pequena quantidade de empresas nacionais que obtiveram aprovação em seus planos de negócios geram uma certa incerteza quanto a efetividade futura do programa.

CAPÍTULO III

3. Análise da indústria de química verde brasileira

3.1. Introdução

Essa parte do trabalho destina-se a mapear as atividades das indústrias de química verde, comparando-as com o pensamento teórico exposto no capítulo anterior e analisando-as, discutindo pontos positivos e negativos para o objetivo estipulado; para tal análise, será caracterizado cada subsetor pertencente à química verde, expor suas potencialidades e o quão é investido e a perspectiva de desenvolvimento no país; além disso, haverá um mapeamento de empresas e da trajetória tecnológica destas e do setor como um todo e, por último, uma comparação entre outros países adeptos de tecnologias ambientais com o Brasil. Será bastante comum na análise a inter-relação entre os diferentes subsetores, seja pela matéria prima utilizada, pela cadeia de valor ou pelo produto final gerado; a indústria de química verde é articulada entre todos os subsetores, gerando um ganho em vários subsetores quando existe uma vantagem produtiva.

Neste tópico será realizado o estudo sobre as matérias primas fundamentais de cada subsetor da química verde e se estas existem em abundância no Brasil em relação ao mundo via produtividade. As matérias-primas essenciais para o desenvolvimento da química verde, de acordo com Vaz Júnior (2011) são: algodão, amendoim, canola, dendê, girassol, mamona e soja (oleaginosas) e a cana-de-açúcar e o sorgo (sacarinas e lignocelulósicas) das quais várias apresentam vantagens comparativas, como a soja, que possui uma produção de escala pelo Brasil todo, acarretando em um bom sistema de logística e o domínio tecnológico brasileiro, consolidando os parâmetros básicos do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), segundo Laviola e Alves (2011).

Esse problema de acompanhamento tecnológico e de fomentar a inovação fica claro no artigo de Suzigan e Furtado (2006), que investigam as razões das políticas industriais e tecnológicas, mesmo quando bem formuladas, encontrarem dificuldades na implementação em países com *gap* tecnológico e buscam superá-lo em termos industriais e tecnológicos. Para os autores, as frustrações na implementação destas políticas tem sido gerada pela organização institucional da área e prevalece um razoável consenso para reforma desta organização institucional, porém esta reforma apresenta

grandes dificuldades, sendo que o ponto nevrálgico é o da coordenação. A ineficácia institucional na implementação de uma política industrial e tecnológica no Brasil decorre de sua complexidade: precariedade dos órgãos na mobilização de recursos e administração de instrumentos dispersos e desarticulados. Muitas instituições possuem práticas antigas de políticas que não se enquadram no atual cenário de competição internacional. Para reforma destas instituições, as dificuldades que impedem são de natureza técnica e política. No que concerne a técnica, é preciso que as instituições adquiram uma visão de política industrial moderna e funções bem definidas entre as instituições, instrumentos e recursos adequados, além de um quadro técnico estável, treinado e qualificado. A dificuldade política, que é apontada como a principal, concerne no fato de que muitas instituições tornaram-se objetos de acordos políticos que as tornam ineficientes. Falta de coordenação, envelhecimento e instituições altamente burocratizadas são os principais obstáculos para a maior disseminação de ciência e tecnologia no Brasil, e esta é essencial, ilustrado pelos países que definiram a questão ambiental como fundamental para a política econômica, para o desenvolvimento de tecnologias novas e incipientes, como na indústria de química verde; foi mostrado que o Brasil tem vantagens comparativas nos insumos básicos desta indústria, mas esta vantagem se torna em certo ponto insignificante vis-à-vis os elos fragilizados e debilitados entre protagonistas da inovação tecnológica.

Os dados foram extraídos do relatório do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, pautado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, que fizeram uma análise geral do setor de química verde e suas perspectivas no mundo (2010 até 2030). Nestas análises, os dados de produção intelectual são extraídos da base *Web of Science*³¹. Os anexos vinculados aos setores da indústria de química verde são as perspectivas que o relatório aponta em relação ao mundo em comparação com a previsão de desenvolvimento brasileiro; a linha vermelha representa a trajetória tecnológica ao longo do tempo que a indústria terá que percorrer para alcançar as metas projetadas em 2030.

3.2. Biorrefinarias, bioproductos, biocombustíveis e bioprocessos

Conforme Vaz Júnior (2011), o conceito de biorrefinaria é bastante recente no país e seu objetivo é fundamental para a consolidação da química verde (e da economia

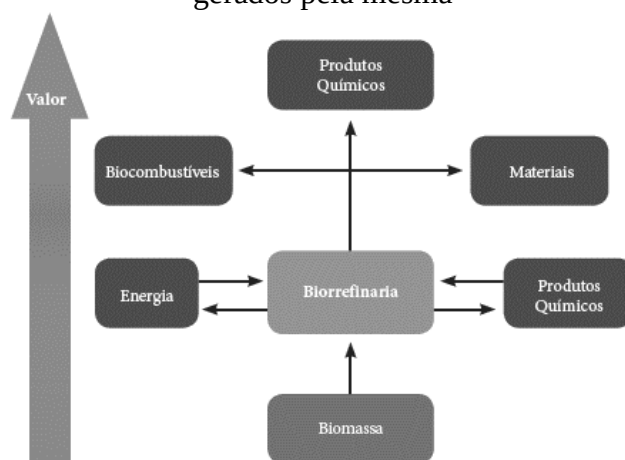
³¹ Para maiores informações, acessar o sítio http://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81

verde no geral): substituir processos e produtos baseados em matérias-primas não renováveis, como o petróleo por insumos que utilizem a biomassa como matéria-prima.

“O conceito de biorrefinaria no Brasil ainda é recente e, apesar de ter uma grande importância socioeconômica devido ao aproveitamento mais eficiente da biomassa, traz um grande número de questões conceituais e de cenários técnico-econômicos a ser definidos. Tais questões estão diretamente relacionadas ao entendimento do potencial da biomassa para um país, como o Brasil, que é grande produtor de matérias-primas e ao *modus operandi* mais adequado para sua discussão e para o seu completo desenvolvimento.” (Vaz Júnior, 2011).

Basicamente a biorrefinaria tem como objetivo manter a estrutura de cadeia de valor dos produtos químicos, mudando apenas a sua matéria-prima, seja por fatores ambientais (utilização de matéria-prima renovável e diminuição de efluentes), econômicos (diminuição de custos e eficiência produtiva) e sociais (melhor relação das empresas com a natureza e ambiente limpo gerando externalidades positivas para a qualidade de vida)³².

Figura 7: Diagrama de uma biorrefinaria e o potencial de valor agregados aos produtos gerados pela mesma



Fonte: adaptado da Sociedade Ibero-Americana para o Desenvolvimento das Biorrefinarias (SOCIEDADE IBERO-AMERICANA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS BIORREFINARIAS, 2011).

O conceito de biorrefinaria³³ deriva-se da tentativa de elaborar o chamado etanol de segunda geração, ou seja, o etanol produzido do bagaço do material; no Brasil, o bagaço da cana-de-açúcar é altamente produtivo para o etanol de segunda geração, mas

³² A biorrefinaria segue as premissas para se ter uma economia verde, conforme já explicitado no trabalho.

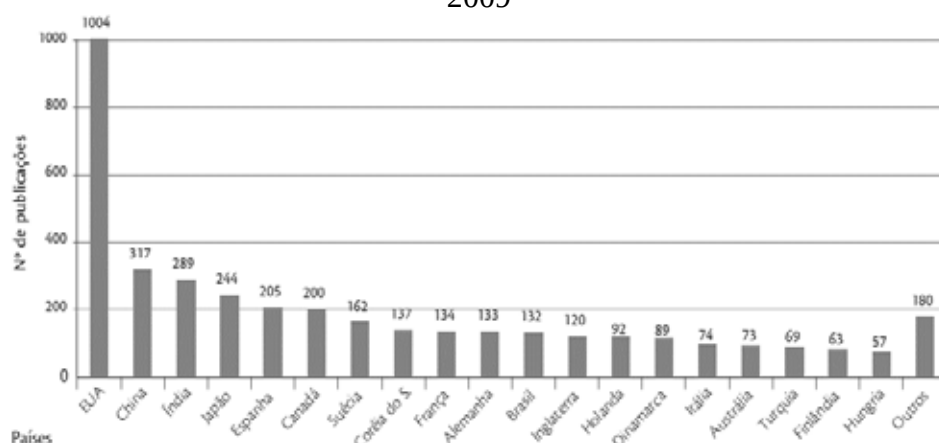
³³ Para mais informações entre as diferenças do etanol de primeira e segunda geração e suas perspectivas para o Brasil <<http://www.bioetanol.org.br/noticias/detalhe.php?ID=MzQz>>

este também compete com a geração de energia elétrica, proveniente também do bagaço da cana e, exatamente por isso, a biorrefinaria seria essencial: em um mesmo espaço, biocombustíveis, produtos químicos, materiais e energia elétrica podem ser gerados a partir de biomassa. A partir da biorrefinaria, seria possível desenvolver os chamados bioprodutos e bioprocessos (entre eles, os biocombustíveis).

É fundamental ressaltar que a inovação não vem apenas da matéria-prima; os produtos gerados na biorrefinaria podem ser tanto de baixo valor agregado, como geração de energia através da biomassa até de alto valor agregado, como produtos químicos e o biodiesel; é possível portanto, investir em recursos naturais e *commodities* agrícolas como insumos básicos para produtos de alto valor agregado, mas, recentemente, o efeito China, tem causado um efeito negativo na economia industrial via re-primarização da pauta exportadora, diminuindo o valor agregado das exportações (Reydon et al, 2007); pois a biorrefinaria no Brasil é utilizada apenas para geração de energia e biocombustíveis, ou seja não é plenamente aproveitada.

E por que estes setores não operam conforme o modelo teórico? Um país com uma grande vantagem competitiva em biomassa, principalmente em cana de açúcar e soja, produtos cujo o Brasil é um dos maiores produtores mundiais, juntamente com o fato do principal programa de desenvolvimento do país, o Plano Brasil Maior, dar um enfoque significativo ao plano de instalação de biorrefinarias no país, esbarra na falta de condições estruturais para desenvolver o subsetor. As biorrefinarias são citadas por governantes, empresários e analistas como a indústria do futuro e que o Brasil pode se aproveitar deste subsetor para ingressar mundialmente em sua estratégia de focalizar a questão ambiental, mas, por enquanto, pouquíssimo tem sido feito para tal; enquanto outros países já possuem grandes investimentos e fortes elos entre inovação e sustentabilidade, conforme já explicitado no capítulo anterior.

Gráfico 7: Publicações científicas sobre biorrefinarias - rota bioquímica por país: 1998 – 2009



Fonte: CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

O Brasil publica relativamente bastante no tema de biorrefinarias, principalmente se relacionarmos que Inglaterra (Reino Unido) e Finlândia, que definiram a questão ambiental como estratégia de desenvolvimento publicaram menos³⁴. Porém, quando as publicações científicas são observadas por instituição de origem dos autores, nenhuma instituição brasileira se figura entre as 20 instituições que mais publicam; a Universidade de São Paulo, a Universidade Estadual de Campinas e a Universidade Federal do Paraná, com 29, 13 e 12, respectivamente são as instituições que mais publicam no Brasil sobre este tema. Quando focamos para a rota termoquímica, ou seja, na manutenção da estrutura de refino do petróleo, mas com biomassa de insumo, as perspectivas são ainda piores: o Brasil possui apenas 2,5% das publicações mundiais sobre o tema, com novamente a USP em destaque, publicando cerca de um quarto dos estudos feitos no Brasil.

Enquanto grandes projetos já foram colocados em prática e, atualmente, funcionam em países desenvolvidos que definiram a estratégia ambiental como o enfoque do desenvolvimento, tais como Estados Unidos, Canadá, Suécia e etc., os projetos brasileiros ainda estão em fase embrionária. Atualmente a vantagem competitiva via abundância de recursos naturais, geração de energias renováveis e biomassa é um instrumento de incentivo à criação de um setor mais amplo e desenvolvido, não só das biorrefinarias, mas como a indústria de química verde em um todo. Mas, os tantos entraves institucionais e tecnológicos que se fazem presente no país

³⁴ O líder são os Estados Unidos, pois eles desenvolveram o conceito e o desenvolvimento de modelos de biorrefinarias no mundo.

diminuem este incentivo, reduzindo o desenvolvimento de tecnologias ambientais e, por consequência, desestimulando a aplicação da economia verde no Brasil.

Tabela 10: Publicações científicas sobre biorrefinarias – rota bioquímica por instituição de origem dos autores

Instituição	País	Número de publicações
National Renewable Energy Laboratories	EUJA	90
Lund University	Suécia	79
US Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA, ARS)	EUJA	72
Dartmouth College	EUJA	60
Chinese Academy of Science	China	59
Michigan State University	EUJA	56
Technical University of Denmark	Dinamarca	56
University British Columbia	Canadá	50
North Carolina State University	EUJA	42
Universidade de Vigo	Espanha	38
University of Wisconsin	EUJA	38
University of Florida	EUJA	36
Auburn University	EUJA	35
Kyoto University	Japão	35
Texas A&M University	EUJA	35
Agriculture & Agri Food Canada	Canadá	33
Purdue University	EUJA	33
Institut National de la Recherche Agronomique	França	32
University of Geórgia	EUJA	31
Cornell University	EUJA	29

Fonte: CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

A trajetória tecnológica destes países desenvolvidos em comparação com o Brasil é a diferença entre o cenário atual de desenvolvimento destas tecnologias, muitas já incluídas na cadeia de valor das firmas, como é o caso dos países líderes em tecnologias ambientais e uma perspectiva e potenciais vantagens deste setor no futuro; as vantagens competitivas que o Brasil possui (e estas são tratadas como um dogma para a realização destes investimentos) se torna pouco significativa em um processo de produção que o país está novamente afastado da fronteira tecnológica. Na rota termoquímica, a diferença é ainda mais gritante, fruto da prioridade brasileira no processo bioquímico, facilitado pelos biocombustíveis e geração de energia elétrica (ver anexo 2).

3.3. Alcoolquímica e Sucroquímica

A Alcoolquímica é um setor cujo objetivo é o desenvolvimento de produtos químicos com base no álcool etílico; no Brasil, surgiu em 1920, mas foi abandonada com a consolidação da petroquímica até 1975, data de lançamento do programa

Proálcool. A partir desta data, muitas empresas de álcoolquímica ressurgiram no cenário nacional e, conseqüentemente, a P&D atingiu seu clímax nos anos 80. A partir de 1982, começou uma série de fatores que desestimularam novamente a produção destes, via retirada de subsídios e, nos anos 90, via valorização do real. Muitos insumos básicos para a indústria química que antes eram produzidos internamente começaram a ser importados, gerando o déficit crônico no setor químico brasileiro.

O desenvolvimento da álcoolquímica é essencial para combater este déficit estrutural; a desvalorização da moeda local em 2011 nos deu um cenário claro desta falha: como muitos produtos químicos, principalmente insumos básicos são importados, a desvalorização do Real trouxe grandes dificuldades, visto que o preço dos produtos importados aumentou significativamente, aumentando este déficit. O Proálcool gerou grandes investimentos em P&D e a produção doméstica supria tranquilamente a demanda doméstica.

O desenvolvimento da álcoolquímica atualmente é bastante promissor: empresas como a Dow Chemical, que lançou no país o polietileno verde e a Braskem, empresa de capital nacional que investe também na fabricação de plásticos com base no álcool etílico e esta inclusive passa pelo fenômeno da internacionalização. A Braskem possui duas parcerias fundamentais: em 2008, com o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) e, em 2010, com a UNICAMP para o desenvolvimento de ciência básica e aplicada principalmente no segmento de álcoolquímica (ver figura 6); além disso, foi acordado entre a empresa e a FAPESP para os estudos em ciência básica em biopolímeros cerca de R\$9 milhões.

Existe uma melhor perspectiva na álcoolquímica brasileira em comparação com o mundo: as facilidades do polipropileno verde, do polietileno e o acetato de etila (utilizado por tintas) guiam a economia brasileira, através das grandes empresas brasileiras com vastos financiamentos do BNDES, como a Braskem e Oxiten e empresas estrangeiras que operam no mercado brasileiro, como a Dow Chemical e a BASF, colocam o Brasil em um poder de igualdade com o resto do mundo neste subsetor, sendo essencial para uma perspectiva positiva em relação a diminuição do déficit na indústria (ver anexo 3).

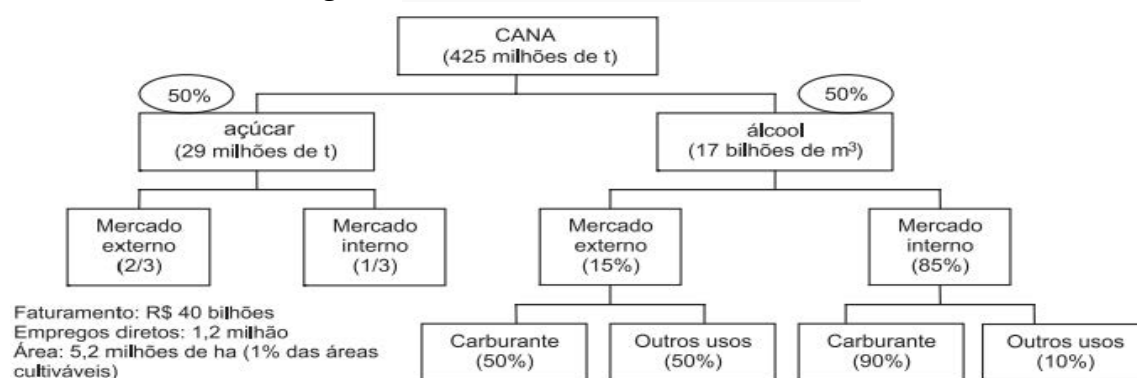
A sucroquímica é o desenvolvimento de produtos químicos com base na cana-de-açúcar, seja caldo de cana, bagaço e palha. Esta é essencial para a mudança de paradigma tecnológico no Brasil pela alta vantagem da cultura da cana. Esta vantagem se reflete na quantidade significativa de estudos científicos sobre este tema: o Brasil

possui o 11º lugar e a USP destaca-se em oitavo lugar por instituições no mundo, com 44 publicações de 1999 até 2009, números fora da curva normal brasileira, devido a fragilidade do incentivo em publicações – estas estão concentradas nos setores de energia, farmacêutico, alimentício e agricultura. Ainda assim, as empresas que possuem patentes globais não contam com nenhuma empresa brasileira, afastando-a da fronteira tecnológica.

A maioria das patentes são baseadas na sacarose (caldo da cana), deixando de lado o potencial do bagaço e da palha, a parte sólida da cana-de-açúcar, deixando um potencial insumo para aumentar a eficiência da indústria química via preceitos da economia verde. As características fundamentais da estruturação do setor sucroquímico até 2030 foi elaborado pelo CGEE (2010), vislumbrando diferentes etapas de desenvolvimento tecnológico para alcançar um mercado global neste subsetor.

A cana-de-açúcar é a principal matéria prima renovável que abastece a indústria de química verde: as biorrefinarias, a álcoolquímica, a sucroquímica, os bioprodutos, bioprocessos e as energias renováveis; na cana encontra-se a vantagem mais significativa do país, visto que o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2011) e praticamente metade da produção é transformada em etanol, enquanto a outra metade se transforma em açúcar.

Figura 8: A cadeia sucroalcooleira no Brasil



Fonte: UNICA (União da Indústria da Cana-de-açúcar).

Por mais que o Brasil possuía vantagens comparativas sobre a cana-de-açúcar, a produção do etanol (principal biocombustível utilizado no mundo) brasileira está em segundo lugar, abaixo do etanol do milho estadunidense, que é menos produtivo e mais custoso que a sacarose da cana-de-açúcar. Além destas, a cana-de-açúcar brasileira é ineficiente, pois apenas 6,5% da tonelada de cana-de-açúcar é transformada em etanol;

enquanto os países desenvolvidos investem pesadamente em inovações para fomentar a produção de etanol e, por mais que o Brasil possua vantagens comparativas neste produto, pois a cana-de-açúcar é a matéria-prima mais eficiente de produção de etanol, não consegue acompanhar tecnologicamente os outros países e acaba perdendo eficiência (Leite, 2011).

Tabela 11: Dados comparativos na produção de etanol Brasil x Estados Unidos

Característica	Brasil	USA
Matéria-prima	Sacarose da cana-de-açúcar	Amido do milho
Produção em 2008 (MMgalões)	6.472	9.000
Terras aráveis (MMha)	~ 550	~ 350
Área plantada/produção (%)	1	3,7
Produtividade (L ha ⁻¹)	7.400	3.900
Produtividade energética	~ 9 vezes	~ 1,5 vez
Redução de emissões (%)	80 - 90	10 - 30
Participação no mercado de combustíveis fósseis (%)	~ 50	~ 5
Postos de venda	33.070 (100%)	1.963 (1%)
Custo de produção (USD galão ⁻¹)	0,83	1,14
Subsidio agrícola (USD galão ⁻¹)	0	0,45

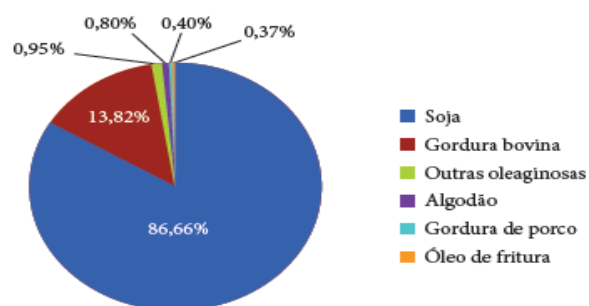
Fonte: World Economic Forum (2010).

3.4. Óleoquímica e Fitoquímica

A oleoquímica é um subsetor da química verde que se baseia em transformação de óleos vegetais e animais em produtos químicos com um maior valor agregado; estes são fundamentais para o desenvolvimento do biodiesel. Ao contrário da alcoolquímica, a oleoquímica teve seu clímax antes do advento da petroquímica, ou seja, no início do século passado e só agora vem ganhando importância pela via da escassez do petróleo como fonte de matéria-prima.

O Dendê é a oleaginosa que apresenta a maior produtividade e o Brasil possui a maior produção mundial desta matéria-prima, mas infelizmente a sua participação na produção de biodiesel é irrisória, não aparecendo no gráfico de principais matérias-primas utilizadas.

Gráfico 8: Participação de matérias-primas na matriz energética nacional da produção de biodiesel



Fonte: ANP, mês de referência Março/2011.

Tabela 12: Características técnicas das principais matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil

Matéria-prima	% óleo	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Produção de óleo (kg ha ⁻¹)
Soja	18	3.000	540
Algodão	20	1.900	360
Girassol	42	1.500	630
Amendoim	45	1.800	800
Dendê	20	20.000	4.000
Mamona	47	1.500	705
Canola	40	1.300	500

Fonte: Laviola e Alves (2011).

É empírico observar que, apesar da grande vantagem comparativa brasileira nos insumos básicos da química verde, ou seja, em matéria prima renovável, o país desperdiça algumas destas, como o dendê, que possui uma grande produtividade de óleo para uso em biorrefinarias, bioprocessos e sucroquímica³⁵, possui uma parcela praticamente invisível no uso do biodiesel; só a soja possui quase 87% da matéria-prima oleaginosa para uso em biodiesel, enquanto que as oleaginosas ambientais, tais como mamona, dendê e girassol, são menos representativas que gorduras animais.

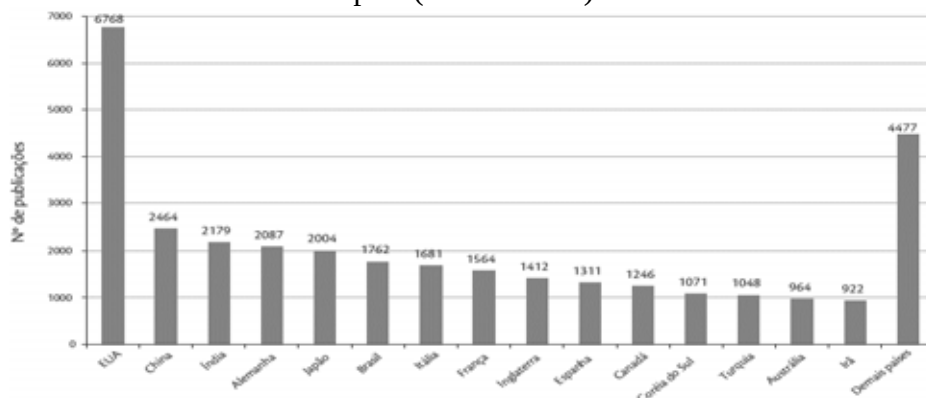
A fitoquímica é a geração e o desenvolvimento de produtos químicos com base em plantas em geral, seja plantas medicinais, aromáticas e alimentícias, consolidando e desenvolvendo diversas áreas industriais como a indústria farmacêutica (fitoterápicos e plantas medicinais), higiene pessoal e cosméticos (aromáticas), agrotóxicos e pesticidas e indústria de alimentos. Como a biodiversidade brasileira é muito ampla, a fitoquímica é mais um segmento da química verde que o Brasil possui grandes vantagens comparativas, ou seja, um potencial líder mundial do setor; atualmente, o setor cresce 7% a.a. no mundo e sua importância vêm ampliando significativamente, principalmente

³⁵ Os subsetores da indústria de química verde são altamente relacionados, principalmente na utilização de matérias-primas renováveis: todos os subsetores podem se aproveitar de recursos naturais, tais como o Dendê.

pelo potencial de prevenir e remediar algumas doenças e o uso de plantas como base na produção química diminui a emissão e gases tóxicos por produtos sintéticos e artificiais.

E por esta evolução no uso da fitoquímica como base de produção para muitas indústrias (principalmente para a indústria de alimentos, pela biotecnologia e farmacologia, pelos institutos de ciências farmacêuticas) que a produção científica sobre estas aumentou significativamente no mundo, com o Brasil em sexto lugar no ranking de países que mais produzem artigos sobre a fitoquímica, com 1762 publicações; a USP é a terceira instituição que mais publica no mundo sobre o tema, em 10º está a Universidade Federal do Ceará e em 18º a UNICAMP, com 266, 172 e 144 publicações, respectivamente. Pela ótica de geração de ciência via número de artigos, o Brasil consegue acompanhar a tendência do uso da biotecnologia e das ciências farmacêuticas para o desenvolvimento de produtos fitoquímicos.

Gráfico 9: Publicações científicas sobre o tema fitoquímica no mundo, classificadas por país (1999 – 2009)



Fonte: CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

O maior núcleo de pesquisa sobre fitoterápicos está na Ásia Oriental, pois as 15 instituições que mais publicam sobre o subtema fitoterápicos, 13 estão nesta região (as exceções são a *Univesity of Exeter*, na Inglaterra e *Harvard University*, nos EUA). O Brasil possui fragilidades a pesquisa nos fitoterápicos, tendo apenas 117 artigos publicados em dez anos (de 1999 a 2009). No subtema biopesticidas de origem vegetal, a vantagem científica é consolidada nos Estados Unidos: das 19 instituições que mais publicam sobre o subtema, nove são estadunidenses; a USP figura no ranking em sexto lugar, com 34 publicações de um total de 120 publicações brasileiras.

Se, nos dois subtemas anteriores, o Brasil figura como coadjuvante no cenário internacional, em aromas e fragrâncias a posição do país muda: é o terceiro país que

mais possui artigos científicos e três instituições brasileiras (USP, UFC e UNICAMP) configuraram-se entre as instituições que mais publicam sobre aromas e fragrâncias.

A maioria das pesquisas feitas no Brasil são por parte de universidades, ou seja, poucos institutos de pesquisa participam do processo de aprendizado tecnológico e de disseminação da ciência básica e aplicada; dentre eles, se destacam a Embrapa e o Museu Paraense Emilio Goeldi. Outras instituições também merecem destaque, como a Fiocruz e o Instituto Nacional do Câncer, ambos no Rio de Janeiro, e os grupos de pesquisa de várias universidades brasileiras: são mais de 100 grupos de pesquisa por todo o Brasil que investigam os fitoterápicos, os biopesticidas de origem vegetal e aromas e fragrâncias.

Tabela 13: Publicações científicas de autores brasileiros sobre o tema fitoquímica, segundo as instituições de origem dos autores

Instituição	Estado	Número de publicações
Universidade de São Paulo	São Paulo	266
Universidade Federal do Ceará	Ceará	172
Universidade Federal do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	161
Universidade Estadual de Campinas	São Paulo	144
Universidade Estadual Paulista (UNESP)	São Paulo	122
Universidade Federal de Santa Catarina	Santa Catarina	87
Universidade Federal da Paraíba	Paraíba	69
Universidade Federal do Pará	Pará	60
Universidade Estadual do Ceará	Ceará	58
Universidade Federal de Pernambuco	Pernambuco	58
Universidade Federal de Viçosa	Minas Gerais	58
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	56
Universidade Federal de Minas Gerais	Minas Gerais	53
Universidade Federal do Paraná	Paraná	52
Museu Paraense Emilio Goeldi	Pará	51
Universidade Estadual de Maringá	Paraná	49
Embrapa	Rio de Janeiro	48

Fonte: CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

Segundo o relatório do CGEE (2010), vários fatores contribuem para o crescente aumento deste setor no cenário nacional: (i) participação crescente da mulher brasileira no mercado de trabalho; (ii) utilização de tecnologia de ponta e o consequente aumento da produtividade, favorecendo os preços praticados pelo setor, que tem aumentos menores do que os índices de preços da economia em geral; (iii) lançamentos constantes de novos produtos, buscando atender cada vez mais as necessidades do mercado; e (iv) aumento da expectativa de vida, o que traz a necessidade de conservar uma aparência e imagem de juventude.

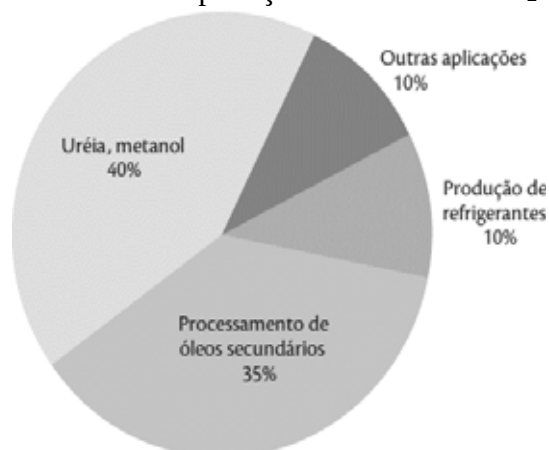
3.5. Conversão de CO₂

É fundamental para a economia verde a diminuição da emissão do gás carbônico, por ele afetar negativamente o bioma: a emissão de gases geradores de efeito estufa (GEE) é um dos principais fatores para a danificação antrópica do meio ambiente.

Atualmente, há um impasse sobre os protocolos que diminuem a emissão de CO₂ na atmosfera: ao mesmo tempo que vários países, como o Brasil, entraram no protocolo e se comprometeram a cumprir suas metas, outros países como China e Estados Unidos o ratificaram; a esperança era que na COP15 (15ª Convenção das Partes 15, realizada em Copenhague) que houvesse um acordo formal de combate as mudanças climáticas após Protocolo de Kyoto, mas não houve acordo e, hoje, não existe nenhum acordo formal para combate a emissão dos chamados GEEs.

É essencial o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e a substituição do petróleo como matéria prima, pois a maioria da emissão destes gases tóxicos são feitos a partir de combustíveis fósseis. A proposta de conversão de CO₂ é que não seja descartado na natureza, e sim utilizado em outros processos da indústria, gerando uma espécie de reciclagem do gás carbônico, gerando ganhos ambientais e econômicos, via Simbiose Industrial, como já foi explicitada a sua teoria, no capítulo II. A utilização do CO₂ no processo produtivo atingirá muitas indústrias a jusante do processo químico: desde a indústria farmacêutica, utilizado no processo de extração de princípios ativos até na indústria alimentícia, refrigerando e congelando alimentos. Em 2012, a China foi o país que emitiu mais gás carbônico no mundo: cerca de 300 milhões de toneladas de gases em relação ao ano de 2011, segundo a Agência Internacional de Energia (AIE). Os Estados Unidos e a Europa conseguiram reduzir o volume de CO₂ expelido, fruto da desaceleração da economia; o Brasil, assim como os BRICs, aumentaram a emissão de gás carbônico na atmosfera.

Gráfico 10: Aplicação industrial do CO₂



Fonte: CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

Figura 9: Esquema do processo de biofixação do CO₂ por microalgas



Fonte: CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

A produção científica do Brasil está em 2% da produção de artigos sobre o tema conversão de CO₂ em todo o mundo; a captação e conversão do gás carbônico não depende de vantagens comparativas em insumos básicos e recursos naturais, deixando o Brasil em uma posição frágil: o fomento a química verde provém exatamente do argumento destas vantagens na produtividade e, se algum setor não corresponde a estas vantagens, ele não recebe incentivos para o desenvolvimento de tal. Países desenvolvidos e com uma grande capacidade tecnológica, como EUA, China, Japão, Coreia do Sul mais a região da União Europeia são as principais fomentadoras de ciência neste segmento da química verde. No segmento de biofixação por microalgas, por ser algo muito incipiente, poucos estudos foram realizados; no Brasil, apenas sete artigos foram publicados (sendo três da Universidade Federal do Rio Grande). Já na

produção de patentes, o país possui apenas uma patente em biofixação de CO₂ por microalgas, registrada mundialmente na base de dados *Derwent Innovations Index*.

Segundo o relatório do CGEE (2010), as tecnologias de conversão de CO₂, embora promissoras, ainda não estão em escala comercial; será necessário um grande esforço científico e tecnológico para que esse setor promissor possa atingir a sociedade através de novos produtos e novos processos; é necessário o setor sair da “pesquisa de bancada” rumo à “pesquisa de escala”, envolvendo agentes fundamentais para o desenvolvimento tecnológicos: empresas, universidades e institutos de pesquisas (Suzigan e Albuquerque, 2008). O mapa tecnológico mundial mostra que a conversão de CO₂ ainda está em fase inicial em todo o mundo (ver anexo 4); o Brasil poderá aproveitar diversas bases de outros processos da química verde (pois todos os setores estão interligados) para fomentar a conversão de gás carbônico.

3.6. Energias Renováveis

O cenário da dependência global por produtos não renováveis ainda assusta: apenas 13% do suprimento mundial de energia primária vem de fontes renováveis – energia proveniente de recursos naturais, que pela utilização destes, emite menos efluentes no meio ambiente e diminui o grau de dependência do petróleo, matéria prima que possui três barreiras econômicas: i) apenas alguns países possuem significativos campos de petróleo, sendo assim, a dependência do petróleo seria majoritariamente via importação; ii) a volatilidade dos preços do petróleo e iii) o petróleo é um recurso não renovável, ou seja, sua quantidade no mundo diminui com o passar do tempo.

No âmbito social, além de gerar uma pior qualidade de vida da população via queima de combustíveis fósseis, as relações sociais de uma empresa ambientalmente sustentável com seus funcionários é melhor, pois estes saberão que a empresa é responsável com a natureza e, consequentemente, com o nível de bem-estar social (IEDI, 2005). Mais da metade da emissão de CO₂ é proveniente dos combustíveis (transporte) e da geração de energia, para o primeiro, além dos biocombustíveis já citados anteriormente, a energia elétrica e via hidrogênio são fontes sustentáveis para o desenvolvimento ambiental dos meios de transportes; para a geração de energia, é importante ressaltar que este é mais um tema cuja vantagem competitiva é brasileira: a grande geração de energia renovável no Brasil, contrastando com o panorama global, teoricamente incentivaria a busca do país por um maior desenvolvimento tecnológico

buscando a eficiência econômica. Ao contrário do que ocorre no mundo, mais de 75% da matriz energética brasileira provém de usinas hidrelétricas³⁶

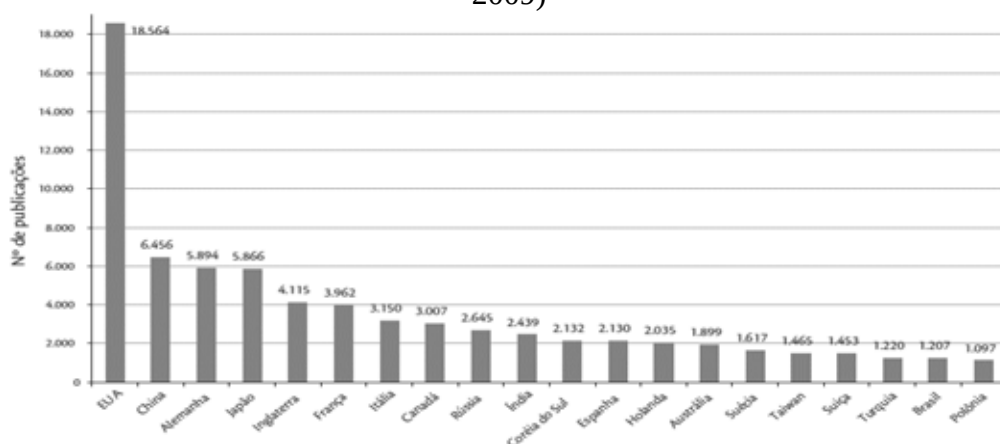
Gráfico 11: Perfil energético brasileiro em comparação com o mundo



Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Novamente, é empírico que o Brasil perde mais uma característica positiva em detrimento da ausência de estrutura científica e tecnológica do país (ver anexo 5). Embora a produção científica interna tenha aumentando bastante (de 1998 – 2009, houve um aumento de 312% - maior que a tendência de aumento global (268%), esta produção frente ao mundo é baixa: o Brasil ocupa apenas a 19ª posição, com 1,76% da produção global de artigos com o tema “energias renováveis”. Inteiramente, a instituição que mais publica sobre o setor é a USP, com 275 publicações nestes 11 anos.

Gráfico 12: Publicações científicas com o tema “energias renováveis” por país (1998 – 2009)



Fonte: CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

³⁶ Mais de 80% é composto por energias renováveis; no mundo, esse número cai para 13%.

Na questão das patentes, o Brasil não aparece com nenhuma registrada no *Derwent Innovations Index* sobre este setor no período do levantamento, ou seja, de 1998 até 2009. A baixa colocação no ranking deste setor, aliado a descoberta do pré-sal brasileiro colocam em dúvida o potencial energético brasileiro: os investimentos que deveriam ser em longo prazo, com uma estratégia eficaz de desenvolvimento, responde negativamente a questões científicas no Brasil (quantidade relativamente pequena de artigos publicados e nenhuma patente brasileira registrada em 11 anos) e a questões estratégicas (com o programa do pré-sal, a questão das energias renováveis ficou em segundo plano na ótica do investimento governamental).

3.7. Conclusão

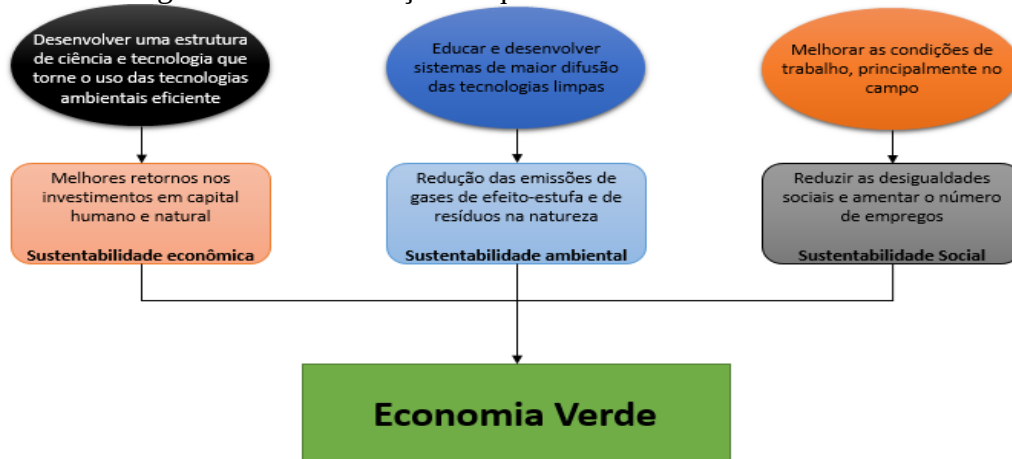
A análise intra-setorial foi essencial para concluirmos vários problemas na concepção da indústria de química verde brasileira: i) baixo aproveitamento de produtos primários que são potenciais insumos para a indústria química, como o sorgo e o dendê; ii) a falta de articulação entre os diversos subsetores desta indústria, visto que este é um elemento fundamental para o sucesso da química verde: o transbordamento entre os subsetores; iii) a ausência de estímulos científicos, bem como a falta de coordenação e o envelhecimento das instituições (Suzigan e Furtado, 2010) são determinantes no padrão da química verde brasileira, sempre aquém da fronteira mundial da tecnologia; iv) ausência total de registro internacional de patentes, seja por instituições fomentadoras de ciência básica ou pelas empresas e v) a incipiência desta indústria no Brasil, bem como nenhum resultado prático de articulações institucionais, como a RBQV e de programas de desenvolvimento, como o PAISS e o Plano Brasil Maior adiam o desenvolvimento da química verde no país.

Estabelecendo um contra-argumento, o Brasil atualmente não deve, neste momento, colocar a questão ambiental como estratégia de desenvolvimento econômico (ao contrário do que diz Reydon et al, 2012), pois é preciso ter uma maior eficiência tecnológica para atingir o grau de sustentabilidade econômica: é fundamental que estes problemas de desenvolvimento da C, T&I e de fomento à inovação tecnológica sejam solucionados.

A vantagem em recursos naturais e energia renovável que o Brasil possui se torna praticamente insignificante sem uma base tecnológica consolidada. As tecnologias ambientais em geral não podem ser ineficientes; todo e qualquer tipo de custo produtivo que não se concretize em retorno pela firma será considerado como um passo na direção

errada; ou seja, atuarão como a teoria dos desenvolvimentistas do século XX, segundo Reydon et al (2012), não se deslocam ou regressam para a economia “não sustentável”, atingindo um grau maior de produtividade e, consequentemente, de lucro³⁷.

Figura 10: Consolidação da química verde através da ciência



Fonte: Elaboração própria

É fundamental ressaltar também que, na ausência de regulações e imposições taxativas ou proibitivas, a economia verde deve ser algo que traga mais eficiência para o processo produtivo da firma; se, como já exposto, as instituições de fomento à inovação no Brasil são envelhecidas, descoordenadas e altamente burocratizadas, criando barreiras ao desenvolvimento tecnológico, os empresários não verão vantagem para “tornar sustentável” a cadeia de valor, pois o alto risco da inovação em um setor que a tecnologia ainda é incipiente aliado com a ineficiência da estrutura de promoção da ciência são fatores fundamentais para desestimular as inovações ambientais; neste caso, a mudança de paradigma não traria ganhos de eficiência, quebrando um dos pilares da economia verde. A falta de estrutura científica é visível no número de publicações e patentes brasileira vis-à-vis aos outros países.

³⁷ Segundo Krugman (2010), a economia chegará em um ponto que os países não produtores de produtos sustentáveis serão boicotados pelos sustentáveis, a fim de pressionar estes pelo comércio para adicionarem a questão ambiental como estratégia de desenvolvimento do país; embora o raciocínio esteja correto, estamos em uma época de indefinição sobre acordos mundiais em redução de poluentes, ou seja, atualmente o argumento de Krugman não é visível no comércio internacional.

Bibliografia utilizada

- ABIQUIM, Associação Brasileira da Indústria Química, Pacto Nacional da Indústria Química, São Paulo, Brasil, junho de 2010. Disponível em: http://www.abiquim.org.br/pacto/Pacto_Nacional_Abiquim.pdf
- ALMEIDA, L. T. de. Economia verde: a reiteração de ideias à espera de ações. Institutos de Estudos Avançados (IEA-USP) 26 (74), 2012.
- ANASTAS, P. T.; KIRCHHOFF, M. M. (2002) Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry, *Acc. Chem. Res.*, 35: 686–694.
- ARVATE E BIDERMAN (2005). Economia do setor público no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- BRASIL. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Química Verde no Brasil: 2010 – 2030. Organização Social supervisionada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 2010.
- BRASIL. Projeto PIB: Sistema Produtivo 05 – Perspectivas de Investimentos em Insumos Básicos (2009).
- CARIOCA, J; DE ALMEIDA, M. Desenvolvimento da Química Verde no Brasil (2011).
- DALY, H. E...; FARLEY, J. *Ecological Economics: Principles and Applications*. Washington DC: Island Press, 2004.
- DE CARVALHO, J; DE TOLEDO, J. A Contribuição dos Programas da Qualidade na Competitividade: Estudo de Caso no Mercado Brasileiro de Polipropileno (2002).
- DIEGUES, A. C. S. Desenvolvimento Sustentável ou Sociedades Sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas. *São Paulo em Perspectiva*, 6 (1-2):22 – 29, janeiro/junho 1992.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. (2008). *A Economia da Inovação Industrial*. Campinas: Editora Unicamp. Coleção Clássicos da Inovação.
- FURTADO, A; CARVALHO, R. Padrões de Intensidade Tecnológica da Indústria Brasileira: Um Estudo Comparativo com os Países Centrais (2005).
- KEMP, R & SOETE, L. *The Greening of Technological Progress* (1992)
- NELSON & WINTER. A Necessidade de uma Teoria Evolucionária. In: NELSON & WINTER. *Uma Teoria Evolucionária da Mudança Econômica*. Campinas: Editora Unicamp, 2008. p 45-81 (Original de 1982).

NORTH, K. Environmental business management: an introduction. Geneva: International Labor Office (ILO), 1992.

PENROSE, E. A economia da diversificação. Revista de Administração de Empresas, Rio de Janeiro, v.4, nº19, p.7-30, set/out, 1979

PORTER, M. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship (1995).

REYDON, B. P.; CAVINI, R. A.; ESCOBAR, H. E.; FARIA, H. M. A competitividade verde enquanto estratégia empresarial resolve o problema ambiental? Campinas: Unicamp. IE, jul. 2007.

REYDON, B. P.; PORTUGAL, N. S.; PORTUGAL JR., P. S. A sustentabilidade ambiental como direcionador estratégico ao processo de reindustrialização no Brasil. Economia e Sociedade, Campinas, v. 21, Número Especial, p. 889-907, dez. 2012.

ROSENBERG, N. (1982). On technological expectations. In ROSENBERG. *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente - Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Economia Verde: desenvolvimento, meio ambiente e qualidade de vida no Estado de São Paulo. CARVALHO, C. T. R. L. (coord.) São Paulo: SMA/CPLA, 2010.

SCHUMPETER, J. A. O Processo de Destruição Criadora (1942) in Capitalismo, Socialismo e Democracia. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

SILVA, Sérgio. Expansão Cafeeira e Origens da Indústria no Brasil. São Paulo: Ed. Alfa Ômega, 1976.

STOKES, D. (2005) O Quadrante de Pasteur – a ciência básica e a inovação tecnológica. Clássicos da Inovação. Editora da Unicamp.

SUZIGAN, W; ALBUQUERQUE, E. A Interação entre Universidades e Empresas em Perspectiva Histórica no Brasil (2008).

SUZIGAN, W; FURTADO, J. As Instituições e Políticas Industriais e Tecnológicas: Reflexões a Partir da Experiência Brasileira. Est. econ., São Paulo, v. 40, n. 1, p. 7-41, JANEIRO-MARÇO 2010.

VEIGA, J. O Prelúdio do Desenvolvimento Sustentável (2005).

WONGTSCHOWSKI, P. Indústria Química – Riscos e Oportunidades. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

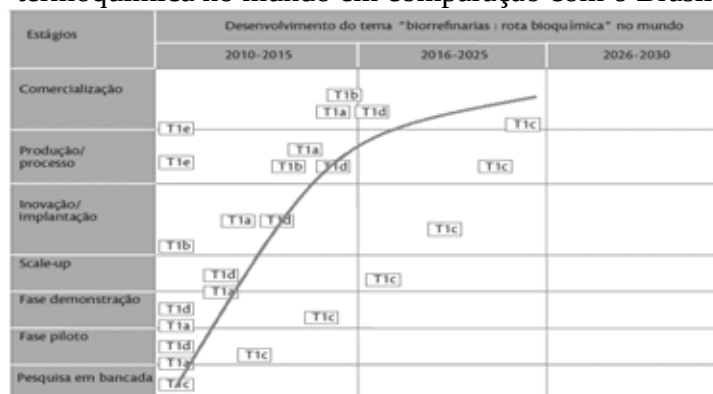
WONGTSCHOWSKI, P. Indústria Química: Desafios e Oportunidades, 2011.

Anexo 1: Classificação dos produtos químicos e farmoquímicos

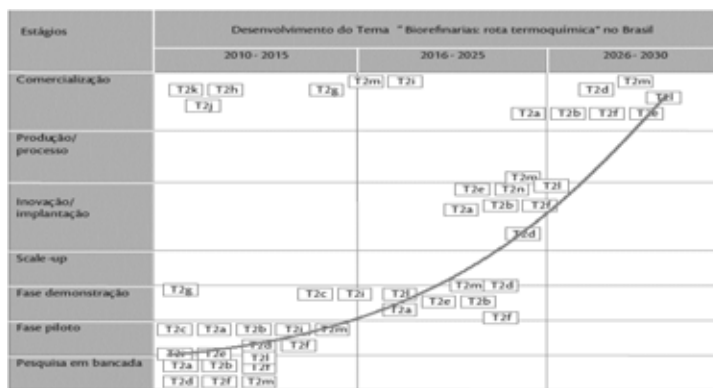
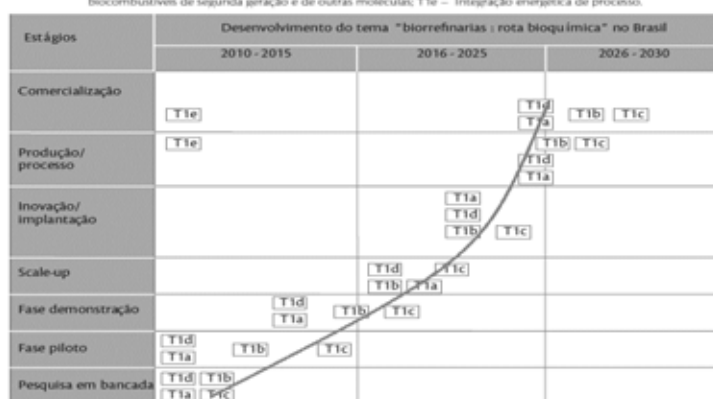
20.1 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS INORGÂNICOS	20.2 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS	20.3 FABRICAÇÃO DE RESINAS E ELASTÔMEROS
20.11-8 Fabricação de cloro e álcalis	20.21-5 Fabricação de produtos petroquímicos básicos	20.31-2 Fabricação de resinas termoplásticas
20.12-6 Fabricação de intermediários para fertilizantes	20.22-3 Fabricação de intermediários para plastificantes, resinas e fibras	20.32-1 Fabricação de resinas termofixas
20.13-4 Fabricação de adubos e fertilizantes	20.29-1 Fabricação de produtos químicos orgânicos não especificados anteriormente	20.33-9 Fabricação de elastômeros
20.14-2 Fabricação de gases industriais	20.5 FABRICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E DESINFESTANTES DOMISSANITÁRIOS	20.6 FABRICAÇÃO DE SABÕES, DETERGENTES, PRODUTOS DE LIMPEZA, COSMÉTICOS, PRODUTOS DE PERFUMARIA E DE HIGIENE PESSOAL
20.19-3 Fabricação de produtos químicos inorgânicos não especificados anteriormente	20.51-7 Fabricação de defensivos agrícolas	20.61-4 Fabricação de sabões e detergentes sintéticos
20.4 FABRICAÇÃO DE FIBRAS ARTIFICIAIS E SINTÉTICAS	20.52-5 Fabricação de desinfestantes domissanitários	20.62-2 Fabricação de produtos de limpeza e polimento
20.40-1 Fabricação de fibras artificiais e sintéticas	20.9 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS E PREPARADOS QUÍMICOS DIVERSOS	20.63-1 Fabricação de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal
20.7 FABRICAÇÃO DE TINTAS, VERNIZES, ESMALTES, LACAS E PRODUTOS AFINES	20.91-6 Fabricação de adesivos e selantes	21.1 FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS
20.71-1 Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes e lacas	20.92-4 Fabricação de explosivos	21.0-6 Fabricação de produtos farmoquímicos
20.72-0 Fabricação de tintas de impressão	20.93-2 Fabricação de aditivos de uso industrial	
20.73-8 Fabricação de impermeabilizantes, solventes e produtos afins	20.94-1 Fabricação de catalisadores	
	20.99-1 Fabricação de produtos químicos não especificados anteriormente	

Fonte: Elaboração própria; adaptado da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) – Divisões 20 e 21.

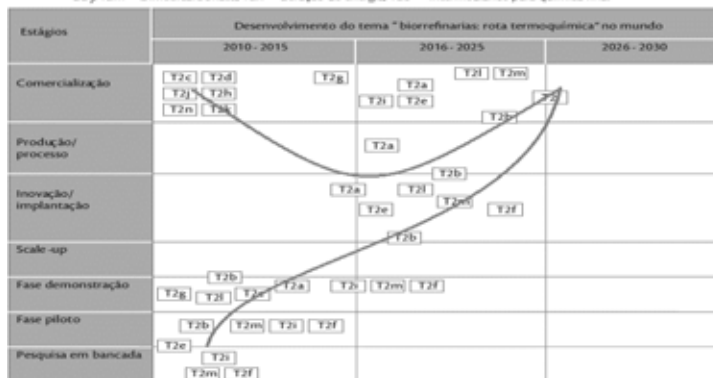
Anexo 2: Mapa de desenvolvimento das biorrefinarias – rota bioquímica e termoquímica no mundo em comparação com o Brasil



Notação: T1a – Pré-tratamento da biomassa; T1b – Produção de celulases; T1c – Biologia molecular; T1d – Produção de biocombustíveis de segunda geração e de outras moléculas; T1e – Integração energética de processo.

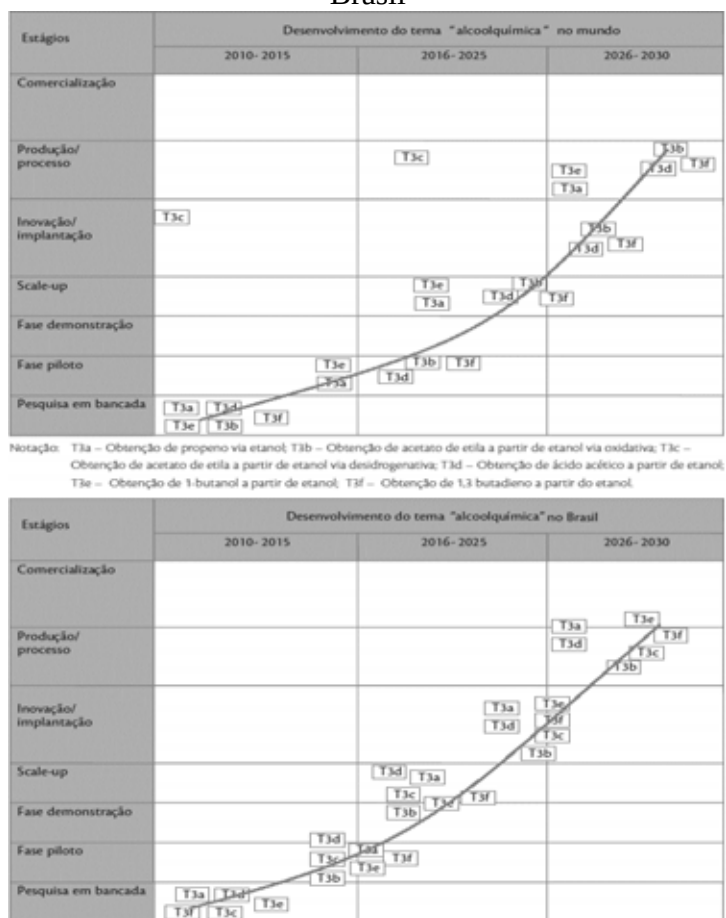


Notação: T2a – Gaseificação para síntese química; T2b – Pirólise; T2c – Fischer-Tropsch; T2d – Metanol; T2e – DME rota direta; T2f – Etanol e outros álcoois de alto peso molecular; T2g – H₂O; T2h – Hidrocrackeamento catalítico (HCC); T2i – Hidrodesparafinação (HDS); T2j – Síntese de amônia; T2k – Síntese de uréia; T2l – Síntese de metanol a partir de CO₂; T2m – Dimetilcarbonato; T2n – Geração de energia; T2o – Intermediários para química fina.



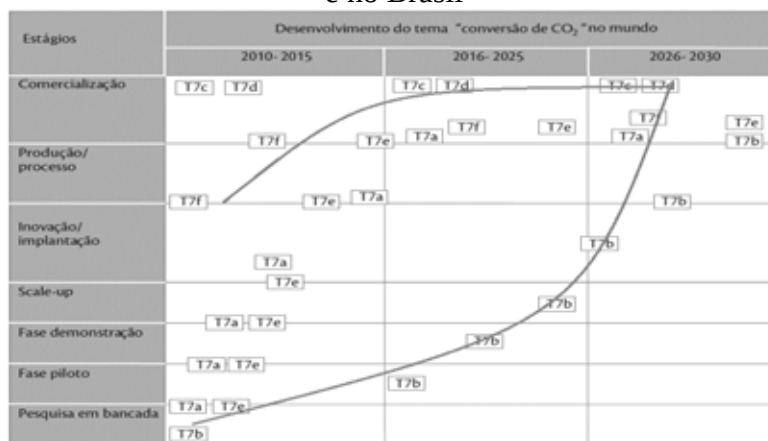
Fonte: Adaptado de CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

Anexo 3: Mapa de desenvolvimento alcoolquímica no mundo em comparação com o Brasil

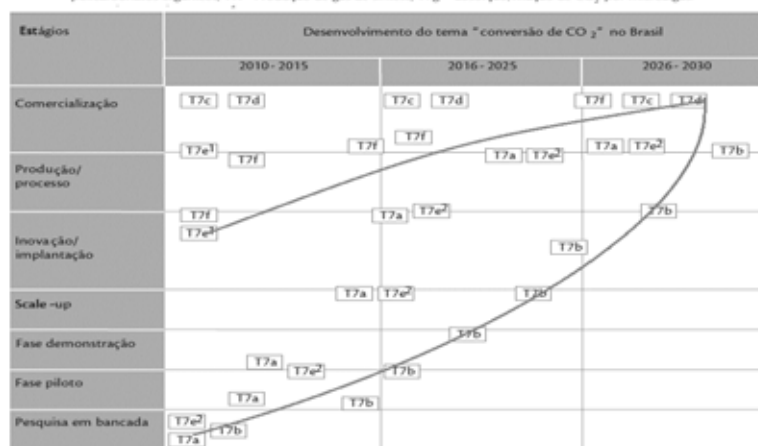


Fonte: Adaptado de CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

Anexo 4: Mapa de desenvolvimento tecnológico do tema Conversão de CO₂ no mundo e no Brasil

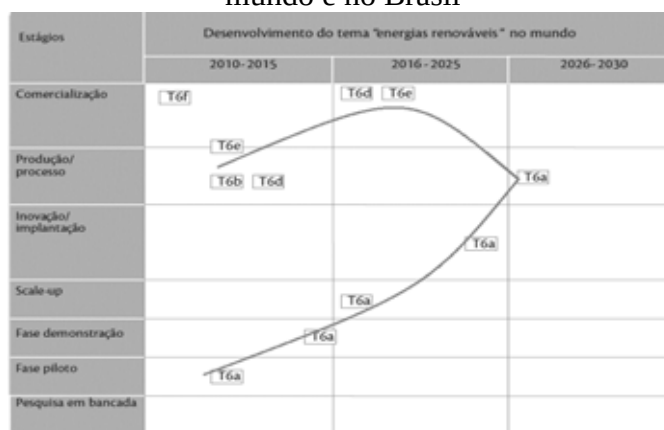


Notação: T7a – Redução química de CO₂; T7b – Reações de condensação com CO₂; T7c – Produção de uréia; T7d – Produção de bicarbonato; T7e¹ – Produção de carbonatos e policarbonatos orgânicos; T7e² – Produção de novos carbonatos e policarbonatos orgânicos; T7f – Produção de gás de síntese; T7g – absorção/fixação de CO₂ por microalgas.

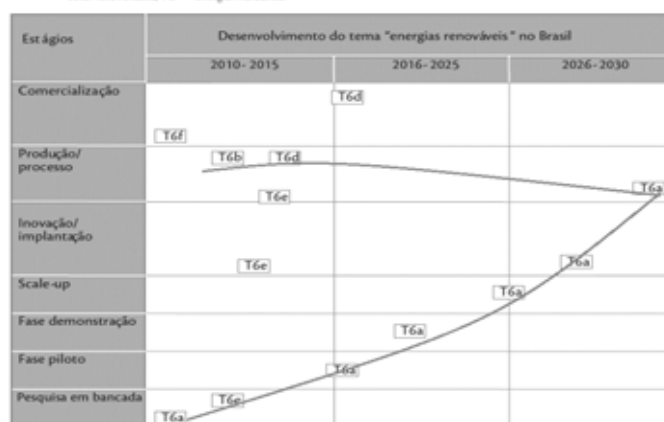


Fonte: Adaptado de CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).

Anexo 5: Mapa de desenvolvimento do setor de energias renováveis (2010 – 2030) no mundo e no Brasil



Notação: T6a – Produção biológica de hidrogênio; T6b – Biogás; T6c – Eficiência energética; T6d – Energia eólica; T6e – Energia solar fotovoltaica; T6f – Energia hidráulica.



Fonte: Adaptado de CGEE: Química verde no Brasil: 2010 – 2030 (2010).