

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

FABIO DE ALMEIDA OROSKI

MODELOS DE NEGÓCIO E TRANSIÇÃO DE SISTEMAS

TECNOLÓGICOS: o caso dos bioplásticos

RIO DE JANEIRO

FEVEREIRO/ 2013

Fabio de Almeida Oroski

**MODELOS DE NEGÓCIO E TRANSIÇÃO DE SISTEMAS
TECNOLÓGICOS: o caso dos bioplásticos**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadores:

Professor: José Vitor Bomtempo, D.Sc

Professora: Flávia Chaves Alves, D.Sc

Rio de Janeiro

2013

FOLHA DE APROVAÇÃO**MODELOS DE NEGÓCIO E TRANSIÇÃO DE SISTEMAS
TECNOLÓGICOS: o caso dos bioplásticos**

FABIO DE ALMEIDA OROSKI

PESQUISA DE TESE DE DOUTORADO APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS

Rio de Janeiro, 04 de fevereiro de 2013.

Aprovada por:

Prof. José Vitor Bomtempo Martins, D.Sc. – Orientador, EQ/UFRJ

Prof^a. Flávia Chaves Alves, D.Sc. – Orientadora, EQ/UFRJ

Prof. Adriano Proença, D.Sc. – COPPE/UFRJ

Prof. Edmar Luiz Fagundes de Almeida, D.Sc. – IE/UFRJ

Prof. Estevão Freire, D.Sc. – EQ/UFRJ

Prof. Paulo Luiz de Andrade Coutinho, D.Sc. – BRASKEM

Prof. Suzana Borschiver, D.Sc. – EQ/UFRJ

Rio de Janeiro, RJ- Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA

O745m Oroski, Fabio de Almeida.

Modelos de Negócio e Transição de Sistemas Tecnológicos: o caso dos bioplásticos/ Fabio de Almeida Oroski. – 2013.

xv, 195 f.: il.

Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2013.

Orientadores: José Vitor Bomtempo Martins e Flávia Chaves Alves

1. Modelos de Negócio. 2. Transição de Sistemas Tecnológicos. 3. *Tipping point*. 4. Bioplásticos. – Teses. I. Bomtempo Martins, José Vitor. (Orient.). II. Alves, Flávia Chaves (Orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química. IV. Modelos de Negócio e Transição de Sistemas Tecnológicos: o caso dos bioplásticos.

CDD: 668.41

Dedico esta tese à minha mãe Sandra, meu maior exemplo.

Agradecimentos

Ao meu orientador e mentor, Prof. José Vitor Bomtempo, pelo incentivo e apoio de sempre, pela amizade, confiança e inspiração.

A minha orientadora, Profa. Flávia Chaves Alves, pelo incentivo e apoio de sempre e suas preciosas contribuições.

Aos meus pais, Sandra e Valdir, por terem me proporcionado a oportunidade de estudar, pelo carinho, apoio, amizade e compreensão.

Ao Guto, pelo apoio e incentivo aos projetos pessoais e profissionais.

A Alessandra, minha irmã, pelo apoio e incentivo de sempre.

Ao nosso pequeno Miguel, que tanto amo, e que me manteve um pouco distante nesta fase final de elaboração da tese.

Aos meus amigos, em especial, Mônica, Mara, Débora, Lucymar, Fabrício, Cadu, Mônica e Rosita.

Aos amigos Manuel Quintela e Gilda Bouch, pelo aprendizado e carinho.

A Profa. Suzana Borschiver, pelo incentivo e parceria.

Ao Paulo Coutinho, obrigado por participar mais uma vez da minha trajetória acadêmica.

Aos componentes desta estimada banca pelo prestígio e atenção ao nosso trabalho.

Ao Sr. Antônio Morschbacker, profissional da Braskem pela atenção e entrevista concedida.

A Escola de Química, por ter me oferecido excelentes professores.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro.

RESUMO

OROSKI, Fabio de Almeida. **MODELOS DE NEGÓCIO E TRANSIÇÃO DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS: o caso dos bioplásticos**. Orientadores: José Vitor Bomtempo e Flávia Chaves Alves: Rio de Janeiro: UFRJ / Escola de Química, 2013. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos).

Esta tese discute os conceitos de transição tecnológica e modelo de negócio e propõe sua aplicação na trajetória dos bioplásticos, com o objetivo de identificar fatores críticos para uma maior participação desses materiais no consumo futuro dos plásticos. Para os bioplásticos, considerados inovações sistêmicas, identificou-se a importância de conciliar fatores ambientais e fatores intra-organizacionais, permitindo destacar a relevância das firmas inovadoras no processo de transição dos sistemas tecnológicos. Neste estudo, propôs-se a utilização dos modelos de negócio como unidade de análise e observação da transição dos sistemas tecnológicos. A partir da análise de material coletado em literatura específica e entrevista, foram elaborados ensaios que permitiram identificar como fatores críticos o desempenho dos produtos, as relações entre inovadores e utilizadores finais, os modelos de negócio, ativos complementares, os valores organizacionais das firmas inovadoras, fatores ambientais como a disponibilidade e o tipo de recurso financiador, entre outros. Duas dimensões foram apontadas como fundamentais para a observação dos fatores críticos: a primeira, relacionada ao tipo de bioplástico (um novo material ou um produto já difundido no regime), e a segunda, se a inovação é conduzida por uma firma pertencente ao regime ou por uma firma emergente. A agenda para o desenvolvimento destes materiais é, portanto, composta por múltiplos fatores (intra-firma e ambientais), o que exigirá esforços dos atores para a sua compreensão e coordenação. Os resultados apontaram que para a maior participação dos bioplásticos no futuro, tanto aspectos ambientais quanto aqueles referentes ao ambiente devem ser considerados.

ABSTRACT

OROSKI, Fabio de Almeida. **MODELOS DE NEGÓCIO E TRANSIÇÃO DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS: o caso dos bioplásticos**. Orientadores: José Vitor Bomtempo e Flávia Chaves Alves: Rio de Janeiro: UFRJ / Escola de Química, 2013. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos).

This thesis aims to apply the concepts of technological transition and business model in the trajectory of bioplastics, considered systemic innovations. This study identifies the importance of reconciling environmental factors and intra-organizational factors, allowing highlight the importance of innovating firms in the transition process of technological systems. Therefore, it was proposed the use of business models as the unit of analysis and observation of the transition of technological systems. From the analysis of material collected in specific literature and interview, tests were developed that allowed the identification of critical factors such as product performance, relationships between innovators and end users, business models, complementary assets, organizational values of innovating firms, environmental factors such as the availability and type of resource funding, among others. Two dimensions were identified as crucial for the observation of the critical factors: the first related to the type of bioplastic (a new material or one already widespread in the regime produced from renewable sources), and second, whether the innovation is driven by an incumbent firm of regime or by a emergent firm as technological startups). The agenda for the development of these materials is therefore composed of multiple factors (intra-firm and environmental), which requires efforts by actors to further their understanding and coordination. The results showed that both environmental aspects as those concerning the environment must be considered for the largest consumption of bioplastics in the future.

INDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	16
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2. QUESTÕES DA PESQUISA	25
1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA	26
1.4. ESTRUTURA DA PESQUISA	26
CAPÍTULO 2 - ENSAIO 1: O TIPPING POINT DOS BIOPLÁSTICOS: TRANSIÇÃO DE NICHOS PARA O REGIME?	30
2.1. INTRODUÇÃO	30
2.2. ARGUMENTOS TEÓRICOS	37
2.2.1. O <i>TIPPING POINT</i> DE GLADWELL E SEUS FATORES CRÍTICOS	37
2.2.2. A PERSPECTIVA MULTINÍVEL (PMN) DE GEELS	41
2.2.3. O CONTEXTO DA TRANSIÇÃO NOS REGIMES SOCIOTÉCNICOS	44
2.3. BREVE OBSERVAÇÃO DE DOIS EXEMPLOS PARA DISCUTIR A TRANSIÇÃO DOS BIOPLÁSTICOS: O CASO DO PLA (NÃO <i>DROP IN</i>) E O CASO DO PE VERDE (<i>DROP IN</i>)	48
2.3.1. A TRAJETÓRIA DO PLA: DOS NICHOS À EXPLORAÇÃO DE NOVOS MERCADOS E APLICAÇÕES	48
2.3.2. A TRAJETÓRIA DO PE VERDE DA BRASKEM	61
2.3.3. A DINÂMICA DA TRANSIÇÃO DOS EXEMPLOS EXPLORADOS	68
2.4. <i>DROP IN</i> OU NÃO <i>DROP IN</i> ?	73
2.5. O PAPEL DO AMBIENTE NA TRANSIÇÃO	77
2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81

CAPÍTULO 3 - ENSAIO 2: EXPLORAÇÃO DA DINÂMICA DO MODELO DE NEGÓCIO EM UMA FIRMA STARTUP: A IMPORTÂNCIA DA ORIGEM DOS RECURSOS EXTERNOS	83
3.1. INTRODUÇÃO	83
3.2. O MODELO DE NEGÓCIO (MN), SEUS COMPONENTES E A DINÂMICA	86
3.3. A ORIGEM DOS RECURSOS: UMA NOVA PROPOSTA PARA O RCOV	91
3.4. A DINÂMICA DO MN DA METABOLIX: UMA <i>STARTUP</i> NO SEGMENTO DE BIOPLÁSTICOS	100
3.4.1. A METABOLIX E AS FASES DE SUA TRAJETÓRIA	101
3.4.2. A CONSTRUÇÃO DO RCOV ADAPTADO PARA A METABOLIX	113
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
CAPÍTULO 4 - ENSAIO 3: EXPLORAÇÃO DA DINÂMICA DOS MODELOS DE NEGÓCIO EM UMA EMPRESA PETROQUÍMICA: ADAPTAÇÕES OU NOVOS MODELOS DE NEGÓCIO?	120
4.1. INTRODUÇÃO	120
4.2. ARGUMENTOS TEÓRICOS	122
4.2.1. A DECISÃO SOBRE A ALOCAÇÃO DE RECURSOS	123
4.2.2. MODELOS DE NEGÓCIO PARA INOVAR	125
4.2.3. MODELOS DE NEGÓCIO E A DECISÃO SOBRE ALOCAÇÃO DE RECURSOS	129
4.3. ESTUDO DE CASO: O PROJETO PE VERDE DA BRASKEM	133
4.3.1. METODOLOGIA	133
4.3.2. TRAJETÓRIA DO PE VERDE DA BRASKEM	134
4.3.3. EXPLORAÇÃO DO MN DO PE VERDE ATRAVÉS DO RCOV ADAPTADO	144
4.3.4. RESULTADOS DO PROJETO PE VERDE	154
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	160

CAPÍTULO 5 - LIÇÕES APRENDIDAS COM OS ENSAIOS	162
5.1. LIÇÕES APRENDIDAS NO PRIMEIRO ENSAIO	162
5.2. LIÇÕES APRENDIDAS NO SEGUNDO ENSAIO	165
5.3. LIÇÕES APRENDIDAS NO TERCEIRO ENSAIO	166
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS	169
6.1. CONCLUSÕES	169
6.2. COMENTÁRIOS FINAIS	172
6.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE PESQUISA	173
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175
ANEXO 1 – ROTEIRO DA ENTREVISTA BRASKEM	195

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Classificação dos bioplásticos quanto à biodegradabilidade e fontes de matérias-primas	23
Figura 1.2: Estrutura da Tese: Relação entre os ensaios, os objetivos específicos e o objetivo geral	29
Figura 2.1: Projeção da capacidade mundial dos bioplásticos (biodegradáveis e não biodegradáveis), em kt/ano	32
Figura 2.2: Comparação entre a projeção anterior e atual da capacidade mundial dos bioplásticos (biodegradáveis e não biodegradáveis), em kt/ano	32
Figura 2.3: Abertura da capacidade mundial dos bioplásticos (biodegradáveis e não biodegradáveis) por polímero em 2016.	33
Figura 2.4: Diferentes estágios da transição de inovações sistêmicas	43
Figura 2.5: Perspectiva multinível: dos nichos para o regime.	45
Figura 2.6: Evolução da produção mundial dos plásticos, em milhões de toneladas.	49
Figura 2.7: Processos de obtenção do poli(ácido lático), PLA via condensação e por polimerização por abertura de anel.	54
Figura 2.8: Evolução do PLA: PLA de 2ª geração	56
Figura 2.9: Esquema simplificado da produção do PE verde de cana-de-açúcar	63
Figura 2.10: Esquema ilustrativo do sistema sociotécnico de um bioplástico.	80
Figura 3.1: Modelo RCOV e os principais componentes do modelo de negócio.	88
Figura 3.2: Tipos de alianças estratégicas.	94
Figura 3.3: <i>Framework</i> RCOV adaptado.	99
Figura 3.4: Evolução do preço das ações da Metabolix.	101
Figura 3.5: Evolução das despesas da Metabolix (US\$ milhões)	107
Figura 3.6: Evolução do Resultado Operacional da Metabolix (US\$ milhões)	110
Figura 3.7: Nova proposição de valor da Metabolix.	111
Figura 3.8: Aplicação do RCOV adaptado para Metabolix: 2ª fase	116
Figura 4.1: Suscetibilidade a mudanças das dimensões das limitações estratégicas.	125
Figura 4.2: Rotinas organizacionais para a implementação da Gestão da Inovação pelas firmas.	128
Figura 4.3: RCOV adaptado pela origem dos recursos externos.	130
Figura 4.4: Quatro lógicas e amplitude da transformação dos MN das firmas.	132
Figura 4.5: Relacionamentos da Braskem com utilizadores finais na cadeia produtiva.	151
Figura 4.6: Estratégia da Braskem em bioplásticos.	156
Figura 4.7: RCOV adaptado aplicado ao PE verde.	159

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1: Exemplos de bioplásticos e projetos.	24
Quadro 2.1: Fatores críticos para o <i>Tipping point</i> .	40
Quadro 2.2: Principais atores, origem e movimentos.	52
Quadro 2.3: Projeções das Empresas (Produtoras) para Aplicações do PLA.	56
Quadro 2.4: Dimensões críticas para a transição do PLA.	61
Quadro 2.5: Dimensões críticas para a transição do PE verde.	68
Quadro 2.6: Observação das dimensões críticas para a transição nos exemplos do PLA e do PE verde.	73
Quadro 3.1: Exemplos de mudanças voluntárias e emergentes de um MN.	90
Quadro 3.2: Tipos de financiamentos da inovação para firmas emergentes e estabelecidas.	95
Quadro 3.3: Tipos de financiamento das inovação e entrada na firma emergente (<i>startup</i>).	96
Quadro 3.4: Fases da trajetória da Metabolix.	102
Quadro 3.5: Fases da trajetória da Metabolix e elementos do RCOV adaptado.	112
Quadro 3.6: Movimentos que explicam a 2ª fase da trajetória da Metabolix.	115
Quadro 4.1: Comparação entre Visão 2020 x Visões anteriores da Braskem.	142
Quadro 4.2: Mudanças observadas nos elementos centrais RCOV do MN do PE verde.	155
Quadro 4.3: Movimentos que explicam a trajetória do PE verde (1ª onda)	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Evolução do número de funcionários por atividade.	106
Tabela 3.2: Evolução da receita e sua abertura por fonte.	108

SIGLAS

BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CENPES	Centro de Pesquisas da Petrobras
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
DOE	<i>US Department of Energy</i>
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IPO	<i>Initial Public Offerings</i>
Jv	<i>joint venture</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MN	Modelo de Negócio
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology (US)</i>
O	<i>Organization</i>
OECD	<i>Organization for Cooperarion and Development</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PMN	Perspectiva Multinível
RBV	<i>Resource-based view</i>
RC	<i>Resources and Competences</i>
RCOV	<i>Resources, Competences, Organization and Value Proposition</i>
ROP	<i>Ring Opening Polymerization</i>
SEC	<i>US Securities and Exchange Comission</i>
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP	Universidade de Campinas
V	<i>Value Proposition</i>
VC	<i>Venture Capital</i>

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar um breve contexto sobre as dificuldades a cerca do desenvolvimento de inovações sistêmicas, em particular os bioplásticos. Estas inovações envolvem uma análise multidimensional, composta por fatores intra-organizacionais, relativos às firmas inovadoras e por fatores ambientais, que compõem o sistema sociotécnico. Ressalta-se a importância de se explorar o processo de desenvolvimento das inovações sistêmicas e a identificação dos desafios inerentes à transição tecnológica. Compõem este capítulo os objetivos e as justificativas para a proposição do desenvolvimento da tese.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de inovação tecnológica traz uma grande incerteza para os agentes envolvidos na decisão de investir, por estes não possuírem uma visão nítida do processo em curso e da natureza dinâmica de sua evolução. Tal incerteza se intensifica diante das transições tecnológicas, pois representam um exercício com complexidade relevante, envolvendo diversos fatores, por vezes inter-relacionados dentro de contextos múltiplos, que tornam difícil sua compreensão e impedem uma leitura adequada das variáveis responsáveis por sua deflagração, o que prejudica uma ação proativa por parte dos agentes envolvidos. Por conseguinte, justifica-se um esforço dos agentes para a identificação e maior compreensão dos fatores críticos e mecanismos de transição dos sistemas tecnológicos.

Para Rogers (1962), a difusão se define como o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de canais em um período de tempo entre membros de um sistema social. A teoria de Rogers identifica, portanto, como principais elementos da difusão de novas ideias: a inovação em si, o processo de comunicação e seus canais, o tempo, e os membros do sistema social. Battisti (2010) define difusão tecnológica a partir do surgimento de um novo produto ou tecnologia, cujo mecanismo se define pelo crescimento absoluto ou relativo do

número de usuários ou donos da tecnologia em um determinado período de tempo. O processo pelo qual uma tecnologia se espalha refere-se à difusão de uma nova tecnologia (BATTISTI, 2010).

Enquanto, a maioria dos estudos¹ define a difusão pela mensuração da abrangência de uma inovação, em números de usuários ou unidades comercializadas, este estudo abordará a difusão através da perspectiva da transição dos sistemas tecnológicos e das transformações nos sistemas sociais envolvidos. Esta abordagem sistêmica é justificada para a compreensão das chamadas inovações disruptivas. As inovações disruptivas foram apresentadas por Christensen (1997) como aquelas que permitem a criação de novas proposições de valor e mercados. Estas inovações não são sustentadoras, ou seja, não são orientadas pelo aumento do desempenho dos produtos estabelecidos em mercados dominantes. Estas inovações provocam grandes transformações nos sistemas sociais. O termo tem sido frequentemente utilizado para nomear inovações que provocam mudanças estruturais significativas, como a criação de novos mercados, padrões tecnológicos, estruturas industriais, etc.

O foco dessas inovações sistêmicas recai sobre as transformações do chamado sistema sociotécnico, definido por Geels (2002) como um conjunto de atores, regras, padrões, tecnologias, produtos, etc. A transformação de sistemas tecnológicos vigentes não pode ser explicada apenas por fatores tecnológicos ou econômicos. A transição sistêmica envolve múltiplos interesses de diferentes agentes. Geels (2002) explora a transição tecnológica de inovações sistêmicas através de uma visão em diferentes níveis, ressaltando as mudanças no âmbito tecnológico, social, econômico, legal, político e cultural. As inovações sistêmicas são aquelas que não se restringem apenas às novidades em produtos ou aplicações específicas, mas que implicam em profundas transformações, impactando firmas, governos, países e sociedade, em geral (GEELS, 2005).

Nos últimos anos, a lente analítica sobre estudos de inovação e do ambiente tenderam a se afastar do nível da empresa. Tais estudos tornaram-se mais amplos, reorientados para os processos que ligam os sistemas e tecnologias às necessidades de habitação, mobilidade, alimentação, comunicação, lazer e assim por diante. Estes regimes "sociotécnicos" tornaram-se a unidade focal de análise e o desafio é transformá-los em configurações sustentáveis (BERKHOUT, 2002).

¹ Projeções e modelos descritivos da difusão de inovações têm sido objetos de interesse acadêmico e prático desde os anos sessenta quando trabalhos pioneiros de Fourt e Woodlock (1960), Mansfield (1961) Floyd (1962), Rogers (1962), Chow (1967) e Bass (1969) surgiram (*apud* MEADE, 2006).

Não raramente, as inovações disruptivas exigem o desenvolvimento de modelos de negócio (MN) específicos para a sua implementação. Christensen (1997) afirma que os MN acionados pelas tecnologias é que criam o impacto de ruptura. Os MN (OSTERWALDER, 2004; MAGRETTA, 2002; SHAFFER *et al*; 2005; ZOTT; 2011) representam como as firmas inovadoras irão entregar sua proposição de valor para os clientes e os *stakeholders*. Podem ter uma abordagem tanto descritiva (definição de atores e seus papéis), o que facilita a comunicação da firma com o ambiente para a busca de recursos que permitem inovar; como também, uma abordagem dinâmica, que suporta a compreensão das transformações dos elementos da firma e suas relações com o ambiente e a estratégia organizacional (DEMIL e LECOCQ, 2010). Portanto, para que se compreenda a transição dos sistemas tecnológicos, os MN tornam-se uma unidade de análise importante para a atenção das firmas.

Os Bioplásticos como Inovações Sistêmicas

Dentre inúmeros exemplos de inovações sistêmicas², cujo processo de transição apresenta-se em curso, destaca-se o caso dos bioplásticos. Os bioplásticos representam inovações sistêmicas, pois envolvem múltiplos fatores, atores, produtos, aplicações e mercados distintos. Sua transição não depende apenas de suas propriedades e desempenhos técnicos, sendo também necessárias significativas transformações no âmbito social.

Portanto, entende-se que uma ampla compreensão sobre o desenvolvimento dos bioplásticos não deve ser limitada à análise de casos específicos de inovações em tecnologias de produto ou processos de produção, mas sim, relacionar tais inovações com o sistema social, pontuando os estímulos necessários para a transformação das estruturas existentes. A maior inserção dos bioplásticos representa uma transição do sistema tecnológico atual, dominado pela petroquímica para um sistema pautado por uma nova lógica sobre matérias-primas, tecnologias, produtos e firmas.

Os bioplásticos são polímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, como: milho, cana-de-açúcar, batata, beterraba, celulose e outras biomassas e ainda, óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou outra planta oleaginosa. Apresentam-se como materiais alternativos aos plásticos convencionais, produzidos a partir de matéria-

² A importância da abordagem sistêmica já tinha sido explorada, através do conceito de sistemas nacionais de inovação, principalmente por Freeman (1987), Lundvall (1992) e Nelson e Winter (1982).

prima de origem fóssil (CGEE, 2006; EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2009; LANDEWEERD *et al*, 2011; LANGEVELD e DIXON, 2011; PILLAI, 2010).

Existem três principais formas de obtenção dos bioplásticos:

- utilização dos polímeros naturais, como os polímeros de amido (PA), e os polissacarídeos, modificados quimicamente ou não, produzidos a partir de amido extraído de milho, batata, trigo ou mandioca. Podem ser utilizados na produção de embalagens e itens de descarte rápido e em blendas com polímeros sintéticos, na confecção de filmes flexíveis (CGEE, 2006);

- produção de monômeros a partir de fontes de carbono renováveis e polimerização em etapa seguinte; como por exemplo, o poli (lactídeo) PLA, um poliéster produzido por síntese química a partir de ácido láctico obtido por fermentação bacteriana de glicose extraído do milho, com uso potencial na confecção de embalagens, itens de descarte rápido e fibras para vestimentas e forrações; o polietileno verde (PE verde), produzido a partir do monômero eteno, obtido pela desidratação do etanol, produzido pela fermentação de biomassa, como cana-de-açúcar (CGEE, 2006);

- produção de biopolímeros diretamente nos microorganismos, como é o caso dos polihidroxialcanoatos (PHA), que constituem uma ampla família de poliésteres produzidos por bactérias através de biossíntese direta de carboidratos de cana-de-açúcar ou de milho, ou de óleos vegetais extraídos principalmente de soja e palma (BRITO *et al*, 2011). Suas propriedades e sua biodegradabilidade oferecem potencial para substituição de polímeros não degradáveis como o polietileno e o polipropileno. Além disso, seus grupos funcionais provêm oportunidades para modificações adicionais.

O atual cenário de instabilidade nos preços do petróleo e seus impactos sobre os custos de obtenção dos derivados, aliado à valorização social de soluções ambientalmente corretas, geram um contexto supostamente positivo de transição dos sistemas de produção de energia e materiais à utilização de alternativas aos fósseis. Com isto, nota-se o maior interesse em torno do desenvolvimento dos bioprodutos, incluindo nestes os chamados bioplásticos.

Em decorrência deste cenário, a literatura científica relacionada aos bioplásticos tem crescido de forma expressiva³, atestando o interesse da pesquisa no tema. Contudo, compreender como se desenvolverá a chamada bioeconomia⁴, na qual se insere a produção dos bioplásticos, é uma questão árdua pela grande disponibilidade de variáveis envolvidas, como a grande dispersão tecnológica, o desconhecimento do nível de competências existentes dos atores envolvidos e, também, sobre quais ativos e MN serão necessários para o seu desenvolvimento.

Embora se perceba um contexto supostamente favorável aos bioplásticos (EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2009; ICIS, 2012b), vários projetos de desenvolvimento desses materiais fracassaram ou ao menos, apresentaram resultados abaixo das expectativas iniciais. Com isso, a análise do processo de transição dos bioplásticos torna-se um estudo valioso para uma maior compreensão do processo de inovação e transição dos sistemas tecnológicos.

Mesmo na área dos biocombustíveis, com o surgimento de escalas maiores, tecnologias dominantes e a presença de grandes grupos econômicos, o futuro dessas alternativas ainda parece distante. Para os chamados bioplásticos, a mais ampla variedade se traduz em maior complexidade e baixa compreensão sobre os aspectos de seleção e difusão das estratégias tecnológicas futuras. A observação dos inúmeros projetos de pesquisa em andamento sugere que a indústria de produtos químicos a partir da biomassa encontra-se em fase de experimentação (BOMTEMPO, 2010).

A complexidade do tema que se inicia pela discussão das possíveis tecnologias “vencedoras” se estende para outro ponto de questionamento: que aspectos poderiam promover, de fato, a transição tecnológica dos bioplásticos, ainda, em sua maioria, “confinados” em nichos com aplicações específicas para mercados mais amplos?

O atual estágio da bioeconomia, em que residem múltiplas opções de tecnologias de conversão, grande diversidade de matérias-primas e produtos, é definido pela variedade (BOMTEMPO, 2010; BOMTEMPO e ALVES, 2011). Espera-se que ao longo do tempo, dentro da dinâmica da inovação, ocorra um processo de seleção. Essa seleção constitui um

³ Uma consulta ao portal de artigos e publicações científicas *Web of Science* resultou em 850 publicações no ano de 2011 contra 300 publicações observadas no ano 2000, um crescimento de 167%. Foram utilizadas as expressões *bioplastics or biopolymers* como termos de busca. Consulta realizada em 20 de outubro de 2012.

⁴ O termo Bioeconomia foi definido pela OECD como um conjunto de atividades econômicas relacionadas à inovação, desenvolvimento, produção e uso de bioprodutos e bioprocessos, com forte potencial de geração de mudanças socioeconômicas para os países (OECD, 2009).

desafio para os agentes envolvidos em seu desenvolvimento. Entre esses agentes estão empresas químicas e petroquímicas, produtoras dos plásticos convencionais, que desenvolveram suas competências tecnológicas e mercadológicas orientadas para fatores como custo, escala e disponibilidade de matérias-primas.

Algumas questões norteiam a discussão sobre o processo de transição dos bioplásticos:

- Há sinais na trajetória de desenvolvimento dos bioplásticos que permitam inferir alguma expectativa de aceleração no processo de adoção desses materiais?

- Ocorrerá uma transição da demanda atual, que comporta somente volumes discretos, para uma demanda mais robusta, composta por volumes maiores que levem à indústria para o crescimento em escala?

Em contra ponto às iniciativas fracassadas, recentemente, tem-se visto um número crescente e significativo de projetos, atores e investimentos (BIOMASS MAGAZINE, 2011; ICIS, 2012b) estimulando a discussão se os bioprodutos teriam atingido o chamado *tipping point*, definido por Gladwell (2000) como um aumento significativo na taxa de crescimento de uma ocorrência, caracterizando um movimento epidêmico. Especificamente, no caso dos bioplásticos, as projeções de crescimento da capacidade de produção têm apontado taxas anuais acima de 30%, o que levaria a oferta atual de um milhão de toneladas para seis milhões de toneladas no prazo de cinco anos (EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2012b).

Bioplásticos: *drop in* e não *drop in*

Nas projeções de demanda futura para os bioplásticos, alguns foram apontados com maiores chances de sucesso em sua difusão, seja pelas propriedades técnicas, maior abrangência nas aplicações, expectativas de redução de custo, etc. Entre eles, encontram-se os chamados polímeros verdes, que compõem as soluções *drop in*. Esses materiais apresentaram, portanto, uma maior atenção de diferentes agentes envolvidos nos últimos anos. Naturalmente, foram observados anúncios de vários projetos de plantas comerciais e investimentos em desenvolvimento para a produção desses materiais.

Os materiais *drop in* são aqueles que apresentam propriedades técnicas idênticas ou muito próximas aos materiais de origem fóssil, produzidos a partir de matéria-prima renovável, sendo não biodegradáveis (EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2012a).

Sua maior participação nas projeções atuais deve-se ao anúncio de projetos recentes que envolvem a participação das petroquímicas e dos chamados utilizadores finais.

O termo polímero verde será atribuído aos polímeros sintetizados a partir de matéria-prima proveniente de fontes fósseis, mas que, devido a avanços tecnológicos passaram também a ser obtidos a partir de matéria-prima proveniente de fontes renováveis (BRITO *et al.*, 2011). Desta forma, para diferenciar o polímero obtido a partir de matéria-prima de fonte renovável do obtido a partir fontes fósseis, o termo “verde” é acrescentado ao nome do polímero. Exemplos de polímeros verdes são: o polietileno verde (PE verde) e o policloreto de vinila verde (PVC verde), os quais mantêm as mesmas características dos polímeros obtidos de fontes fósseis. Nem o PE e o PVC verde são biodegradáveis, entretanto, pelo fato de serem provenientes de fontes renováveis, são classificados como bioplásticos.

Na cadeia de produtiva dos polímeros, estão as firmas petroquímicas, as empresas transformadoras e os utilizadores finais. As petroquímicas são empresas que produzem os polímeros a partir de matérias-primas fósseis, como petróleo e gás natural, e dominam a oferta desses materiais. Estima-se que no mundo sejam produzidas cerca de 280 milhões de toneladas de polímeros de base fóssil (PLASTICS EUROPE, 2012), aqui neste estudo denominados como polímeros petroquímicos, convencionais ou tradicionais. As transformadoras são as empresas que processam os polímeros para a fabricação de produtos e artefatos plásticos, como embalagens, peças automotivas, brinquedos, etc. Os utilizadores finais são as empresas que compram os transformados plásticos, como bens intermediários ou bens finais. Entre eles, estão as indústrias de bens de consumo, alimentos, higiene, limpeza, brinquedos, varejo, automobilístico, construção civil, etc.

Os bioplásticos ou biopolímeros podem não ser necessariamente biodegradáveis. Por exemplo, os polímeros de amido (PA) são biodegradáveis e *biobased* (produzidos a partir de fonte renovável), já o PE verde é *biobased*, mas não é biodegradável. Além disso, materiais de fonte não renovável podem apresentar alguma degradabilidade, pela introdução de modificadores como copolímeros. Vale ressaltar que a biodegradabilidade de um material dependerá das condições de compostagem. A Figura 1.1 ilustra as diferentes classificações para os bioplásticos.

Entre os *drop in* estão os materiais 100% *biobased* ou parcialmente produzidos a partir de biomassa, entre eles, o PE verde, PP verde e o PET verde. A cadeia de valor exige apenas adaptações no chamado *upstream*, ou seja, no início da cadeia. As etapas de processamento do

material (transformação ou conversão), uso, reciclagem e recuperação seguem as mesmas trajetórias dos produtos correlatos fósseis, com isso, não exigem investimentos em ativos complementares (TEECE, 1986) e específicos. Seu benefício reside na origem renovável (*biobased*) com melhora na performance ambiental (redução de emissões de gases de efeito estufa, por exemplo) e no menor custo de mudança (PORTER, 1980) para os agentes da cadeia.

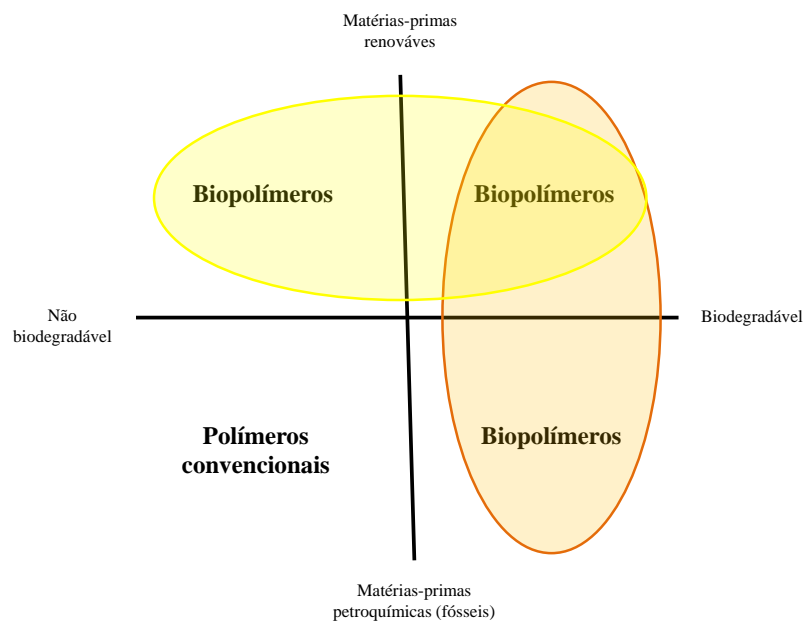


Figura 1.1. Classificação dos bioplásticos quanto à biodegradabilidade e fontes de matérias-primas.

Fonte: Purac (2011a).

Alguns projetos e atores envolvidos com o desenvolvimento dos bioplásticos são mostrados no Quadro 1.1. Neste, estão exemplos de bioplásticos *drop in* e não *drop in*, biodegradáveis e não biodegradáveis. A biodegradabilidade de um material ocorre quando o mesmo é usado como nutriente pelos microorganismos (bactérias, fungo, algas), os quais devem possuir enzimas adequadas para romper algumas das ligações químicas da cadeia principal do polímero, sendo necessárias condições favoráveis para a atuação dos microorganismos, como temperatura, umidade, pH e disponibilidade de oxigênio. Portanto, as

condições de compostagem são fundamentais para garantir os requisitos necessários à biodegradabilidade (BRITO *et al*, 2011).

Quadro 1.1. Exemplos de bioplásticos e projetos.

Biodegradáveis	Biodegradáveis e biobased	Biobased
Poliésteres sintéticos (BASF, Mitsubishi)	Polilactídeo PLA (Natureworks, Purac/Synbra, Futerro)	Bio-PDO (Du Pont)
Álcool polivinílico	Materiais a base de amido (Novamont, Sphere-Biotec, Plantic)	PE a partir de bioetanol (Braskem, DOW)
	Materiais celulósicos (Innovia, etc)	PVC a partir de bioetanol (SolVin)
	Compostos PLA/ blendas (BASF, Purac)	PP a partir de bioetanol (Braskem)
	Polihidroxicanoatos PHA (Telles, Kaneka)	Poliamidas (Arkema, BASF, etc)

Fonte: Purac (2011a).

O Desafio da Transição

Várias projeções sobre o potencial de desenvolvimento dos chamados bioprodutos têm sido realizadas por governos, institutos de pesquisa, consultorias e empresas. Tais projeções apontam grande potencial de geração de oportunidades, tanto para firmas emergentes quanto para firmas estabelecidas, que atuam em mercados como a produção de petroquímicos, químicos, alimentos, etc. Essas projeções se baseiam na continuidade de um contexto favorável ao desenvolvimento da bioeconomia. Um grande e sustentável mercado tem sido previsto para tecnologias de produção de produtos químicos, materiais e medicamentos à base de biomassa, que irá complementar a demanda por matérias-primas energéticas e fomentar a demanda por alimentos e produtos agrícolas (OECD, 2009). Tal desenvolvimento deverá ser apoiado por etapas de processamento energeticamente eficientes e de baixo custo (LANGEVELD *et al*, 2010).

Apesar das projeções apontarem uma baixa participação dos bioplásticos no consumo total de plásticos, algo em torno de 4% em 2020 (WOLF *et al*, 2005; EUROPEAN

BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2012b), seu crescimento proporcional proposto é considerável, o que não reduz os desafios dos atores envolvidos.

Uma observação sobre os diferentes tipos de biopolímeros, localização dos projetos, processos produtivos e diversas aplicações, mostram que estes materiais são um mercado emergente caracterizado por novas sinergias e alta colaboração de um vasto grupo de diferentes atores dos setores da química, biotecnológico, agricultura e bens de consumo (WOLF *et al.*, 2005). Tal contexto torna-se desafiador para a compreensão do processo inovativo e para a proposição de ferramentas de gestão.

Entende-se que essa nova indústria representa uma oportunidade de renovação econômica e crescimento para os países e para as firmas. Espera-se um contexto explicado não apenas por uma substituição de materiais (do fóssil para o renovável), mas por uma combinação de recursos e competências em um ambiente marcado pela variedade. Esse futuro, ainda incerto, entretanto, já sinaliza a importância de governos, firmas e sociedade buscarem maior conhecimento sobre as opções tecnológicas e modelos de negócio em desenvolvimento.

Os pontos explorados nesta seção justificam uma abordagem sistêmica para a compreensão do *tipping point* dos bioplásticos, discutindo o papel das firmas como agentes promovedores dessas transformações.

1.2. QUESTÕES DA PESQUISA

A presente pesquisa busca responder as seguintes questões:

- (1) Dada a importância dos modelos de negócio para as inovações disruptivas, qual o seu papel na transição dos sistemas tecnológicos?**
- (2) Quais são os fatores críticos, intra-firma e fatores ambientais, para que ocorra a transição dos bioplásticos?**

1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA

A presente Tese de Doutorado tem como objetivo geral (**OG**) **explorar o processo de desenvolvimento de inovações sistêmicas, visando identificar os fatores críticos para que os bioplásticos tenham maior representatividade no consumo futuro dos plásticos, dando ênfase ao papel dos modelos de negócio das firmas inovadoras na transição dos sistemas tecnológicos.**

Como forma de se alcançar o objetivo geral, propõem-se os seguintes objetivos específicos (OE):

- **OE1:** Identificar os fatores críticos para que se alcance o *tipping point* dos bioplásticos e as principais diferenças no desenvolvimento de *drop in* e não *drop in*.
- **OE2:** Explorar o papel das firmas para o desenvolvimento dos bioplásticos através da observação de seus modelos de negócio e das diferenças entre uma firma petroquímica, estabelecida, e por uma firma *startup*, emergente.

1.4. ESTRUTURA DA PESQUISA

A presente tese está estruturada, em seis capítulos, sendo esta introdução, o primeiro capítulo. Os capítulos 2, 3 e 4 exploram os objetivos específicos descritos anteriormente e são constituídos de três ensaios com formatação de artigos, em uma abordagem de natureza exploratória e qualitativa sobre exemplos relevantes dentro da trajetória dos bioplásticos. Cada ensaio pode ser lido separadamente, apresentando uma estrutura independente. Dessa forma, propõe-se que as perguntas da tese e os objetivos específicos sejam mais facilmente percebidos. O capítulo 5 apresenta uma discussão sobre os resultados encontrados para o alcance do objetivo geral proposto por esta tese. O capítulo 6 apresenta as principais conclusões do estudo.

A seguir, são brevemente mostrados como os três ensaios foram elaborados para o alcance dos objetivos:

a) Ensaio 1 (capítulo 2): “O *Tipping Point* dos Bioplásticos: transição dos nichos para o regime?”:

Este ensaio explora alguns pontos importantes para o desenvolvimento da tese:

- o primeiro deles, é a própria discussão em torno do *tipping point*, conceito explorado por Gladwell⁵ (2000). O *tipping point* é o ponto em que uma tendência se reforça para se tornar marcante e o processo ganha velocidade, observando-se um movimento epidêmico, altas taxas de adoção em curto espaço de tempo (GLADWELL, 2000). Mas, afinal, quais seriam os fatores críticos para a deflagração do *tipping point* dos bioplásticos? Como esses fatores podem ser observados a partir das dimensões encontradas na literatura da inovação? Com isso, pode-se então afirmar que a reunião de recursos, como firmas, projetos, tecnologias e financiamentos, já representa o *tipping point* dos bioplásticos?

Já que os bioplásticos representam inovações sistêmicas, adotar-se-á uma abordagem sociotécnica (GEELS, 2002) para explorar o contexto da transição tecnológica e das transformações sociais, econômicas, tecnológicas e culturais. De onde surgem: sempre de nichos de mercado ou podem ser concebidas dentro dos regimes estabelecidos?

Dentro da perspectiva dos bioplásticos, nota-se a maior participação dos chamados *drop in*. A separação entre *drop in* e não *drop in*, de fato, leva a uma observação de contextos diferentes na transição desses materiais ao regime⁶?

b) Ensaio 2 (capítulo 3): “Exploração da Dinâmica do Modelo de Negócio em uma firma *startup*: a importância da origem dos recursos”:

Este ensaio explora alguns pontos importantes para o desenvolvimento da tese:

- o primeiro deles, a importância dos MN para as firmas inovadoras. Discute-se a capacidade de resposta e adaptação do MN face às mudanças advindas de fatores internos e externos à firma. O MN constitui uma ferramenta importante para a observação das transformações nos elementos estruturantes da firma?

⁵ O autor apresenta o conceito de *tipping point* em seu livro, de caráter jornalístico, não acadêmico, para explorar os movimentos epidêmicos, dando ênfase aos aspectos sociais. O termo vem sendo utilizado por consultores e executivos para definir o crescimento rápido de um produto, porém sem rigor acadêmico e exploração dos fatores deflagradores.

⁶ O conceito de regime será explorado na seção seguinte a partir da perspectiva multinível de Geels (2002). O regime significa um conjunto social definido por atores, práticas, padrões, estruturas industriais.

- o segundo, é a exploração da inovação em uma firma *start up* de base tecnológica, as vantagens e desvantagens de ser uma firma emergente, percorrendo as diferentes fases de sua trajetória e pontuando as principais modificações em seu MN e suas relações com o ambiente.

- o terceiro, é ressaltar a importância à atenção ao tipo de recurso que a firma acessa para inovar.

c) Ensaio 3 (capítulo 4): “Exploração da Dinâmica dos Modelos de Negócio em uma empresa petroquímica: adaptações ou novos modelos de negócio?”:

Este ensaio explora alguns pontos importantes para o desenvolvimento da tese:

- o primeiro deles, a inovação em uma firma petroquímica, já estabelecida, que produz e comercializa polímeros convencionais e que, portanto, acessa ativos complementares já existentes e disponíveis; vantagens e desvantagens por ser uma firma estabelecida, a necessidade ou não de se desenvolver um novo MN ou a possibilidade de utilizar o MN estabelecido para os polímeros convencionais.

- o segundo, é ressaltar as principais transformações organizacionais provocadas pelo projeto inovador à firma e sua possível relação com mudanças de direção estratégica.

Na Figura 1.2, é mostrado como os ensaios atenderão aos objetivos específicos e, por conseguinte, o objetivo geral da tese.

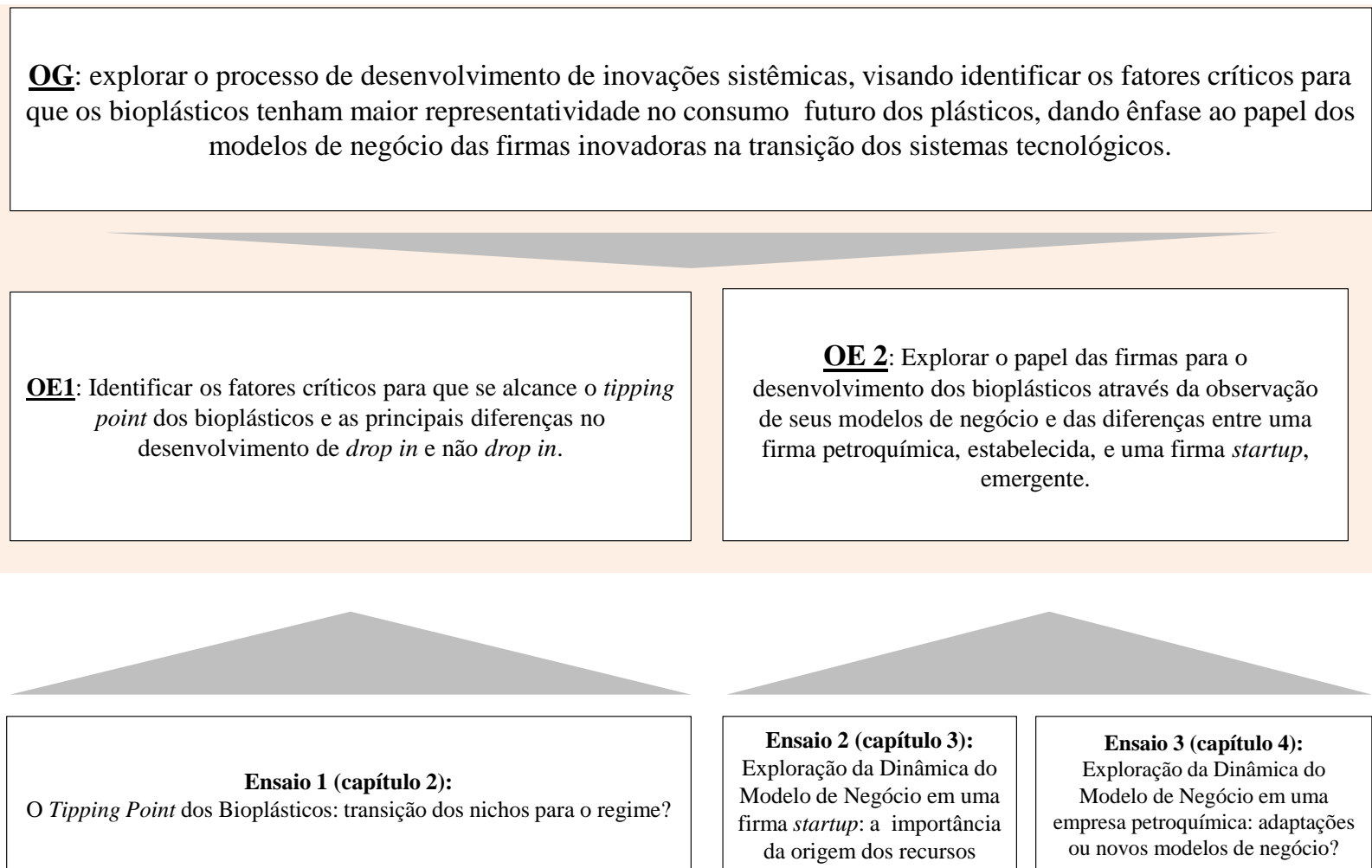


Figura 1.2. Estrutura da tese: Relação entre os ensaios, os objetivos específicos e o objetivo geral.

Fonte: Elaboração própria.

CAPÍTULO 2

ENSAIO 1: O *TIPPING POINT* DOS BIOPLÁSTICOS: TRANSIÇÃO DE NICHOS PARA O REGIME?

2.1. INTRODUÇÃO

Observa-se um crescente interesse no desenvolvimento dos bioplásticos, tanto no que tange às inovações de produtos quanto em tecnologias de produção e uso de matérias-primas. Tal interesse é justificado pelo contexto favorável aos bioprodutos (LANGEVELD *et al*, 2010), como uma solução alternativa ao uso do petróleo para a produção dos plásticos, além de uma demanda por produtos e processos que gerem menor *footprint*⁷ ambiental. Os bioplásticos são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de biomassa, matérias-primas de fontes renováveis, como: milho, cana-de-açúcar, beterraba, celulose e outros.

Recentemente, tem-se discutido se os bioplásticos teriam atingido o chamado *tipping point*. O *tipping point*, no sentido adaptado de Gladwell (2000), é o ponto em que uma tendência se reforça para se tornar marcante e atingir um efeito notável; é o limiar de desenvolvimento de um processo que ganha velocidade e a partir daí se consolida. Um conjunto de elementos deve ser reunido para que o *tipping point* ocorra. Sua deflagração para ser caracterizada depende da observação de altas taxas de adoção em pouco espaço de tempo, semelhante a um movimento epidêmico (GLADWELL, 2000).

A introdução da abordagem de Gladwell (2000) se torna uma contribuição interessante para a discussão a cerca dos fatores que deflagram o processo de transição tecnológica, pois não foi escrita em situações clássicas de inovações tecnológicas, que giram em torno de fatos visivelmente relevantes, tendo como objeto, produtos e processos de natureza técnica. Gladwell (2000) relaciona a deflagração do *tipping point* com a observação de aspectos por vezes ignorados, devido a sua aparente menor

⁷ *Footprint* ambiental: refere-se ao termo “pegada” de carbono, utilizado para expressar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), emitidos durante o ciclo de vida de um produto ou serviço, ou seja, as emissões que ocorreram desde a produção de matérias-primas até o seu descarte final

relevância. No ensaio proposto, procura-se inferir um rigor científico ao termo apresentado por Gladwell (2000), aproximando-o das variáveis utilizadas na literatura acadêmica e científica sobre os estudos de inovação.

Alguns especialistas defendem que o acúmulo de recursos e competências na trajetória de desenvolvimento dos materiais, em combinação ao grande número de empresas, configura um ponto crítico para a deflagração do *tipping point* dos bioplásticos. Estima-se que atualmente existam aproximadamente 2.000 empresas nos Estados Unidos, que produzem e distribuem perto de 20.000 bioprodutos ou “produtos verdes” para consumidores e aplicações industriais (ICIS, 2012a).

Em 2011, a consultoria Lux Research⁸ publicou relatório em que afirmava a indústria de bioprodutos ter alcançado o *tipping point* se baseando principalmente no crescimento esperado da oferta (BIOMASS MAGAZINE, 2011). O termo *tipping point* vem sendo incorporado à discussão dos bioplásticos, principalmente por consultorias, entretanto não tem sido atribuído um embasamento teórico que suporte sua aplicação para enriquecer a discussão em torno dos fatores críticos para a transição tecnológica.

Embora as projeções de capacidade de produção dos bioplásticos apontem taxas robustas de crescimento, sua participação sobre a capacidade global dos plásticos de base fóssil parece modesta. A capacidade atual dos bioplásticos esteve em torno de um milhão de toneladas/ano em 2011, o que representou menos de 1% da capacidade global dos plásticos convencionais. Apesar da baixa representatividade, a capacidade total global deverá passar para seis milhões de toneladas/ano (EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2012b), o que representa um crescimento médio anual estimado de 31%. Ou seja, no prazo de cinco anos a capacidade atual seria multiplicada em torno de seis vezes. O crescimento acelerado pode ser considerado como *tipping point*?

O crescimento mais significativo entre os bioplásticos é esperado para os produtos não biodegradáveis (ver Figura 2.1), especialmente o tereftalato de polietileno (PET) e o polietileno (PE), obtidos a partir de biomassa, denominados *drop in*. Portanto, justifica-se compreender porque os bioplásticos *drop in* ocupam maior espaço nas projeções recentes. Diferentemente das projeções anteriores que apostavam maior participação dos materiais biodegradáveis e não *drop in* (ver Figura 2.2).

⁸ A Lux Research é uma consultoria internacional de pesquisa e estudos sobre tecnologias emergentes.

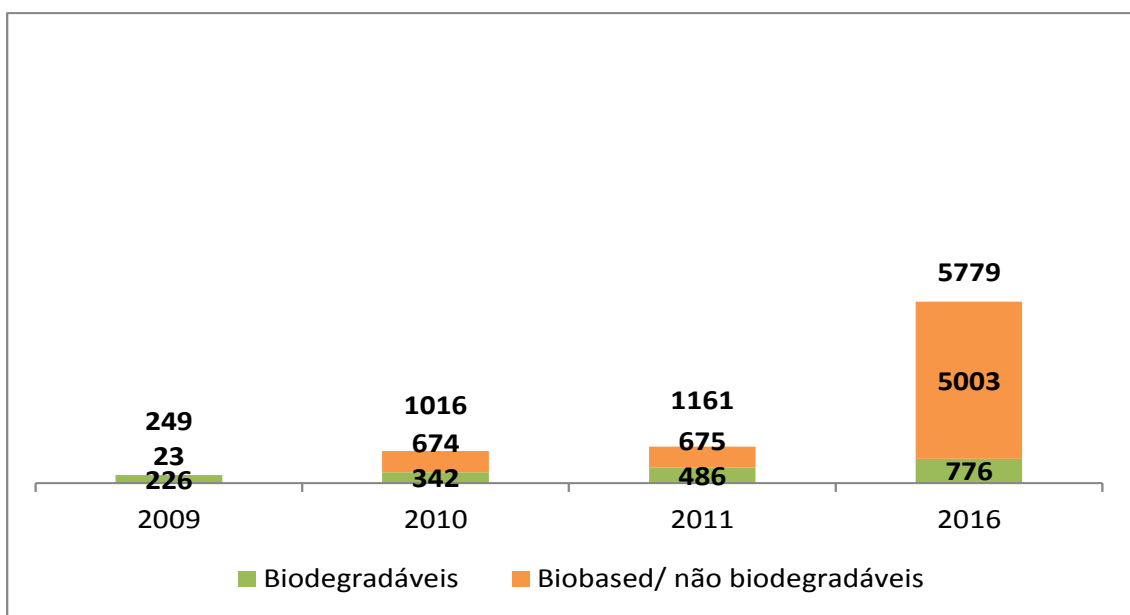


Figura 2.1. Projeção da capacidade mundial dos bioplásticos (biodegradáveis e não biodegradáveis), em kt/ano.

Fonte: European Bioplastics Association (2012b).

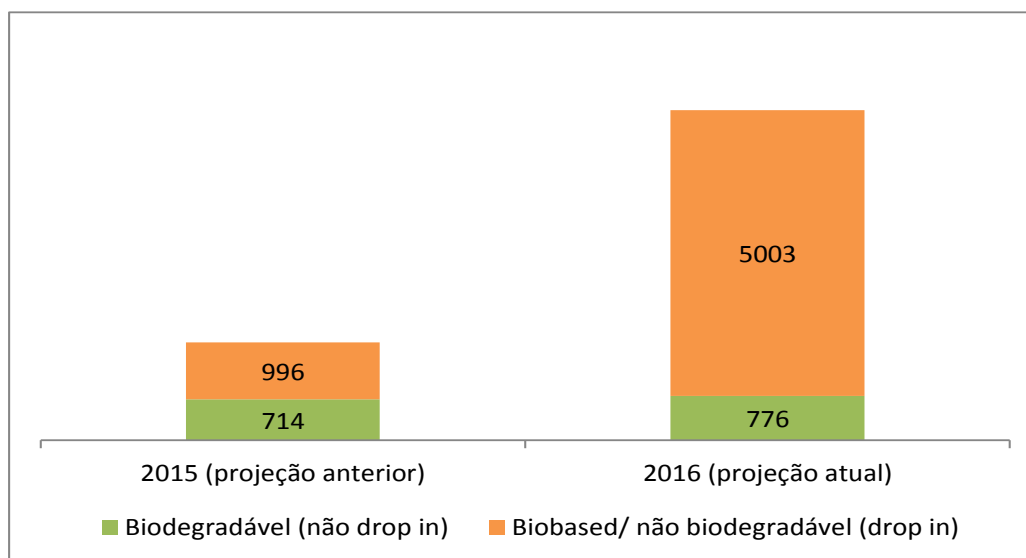


Figura 2.2. Comparação entre a projeção anterior e atual da capacidade mundial dos bioplásticos (biodegradáveis e não biodegradáveis), em kt/ano.

Fonte: European Bioplastics Association (2012b).

De acordo com estimativas recentes da European Bioplastics Association⁹, publicadas em outubro de 2012, os materiais *drop in* deverão representar 86% da capacidade total de produção dos bioplásticos em 2016. Entre os *drop in*, destacam-se o PET e o PE verde, o que pode ser visualizado na Figura 2.3. Somente o PET verde deverá responder por 80% da capacidade total prevista, impulsionado por sua significativa demanda para a produção de garrafas da indústria de refrigerantes (ICIS, 2012; COCA-COLA, 2012), sinalizando a importância dos utilizadores finais no processo de adoção dos bioplásticos.

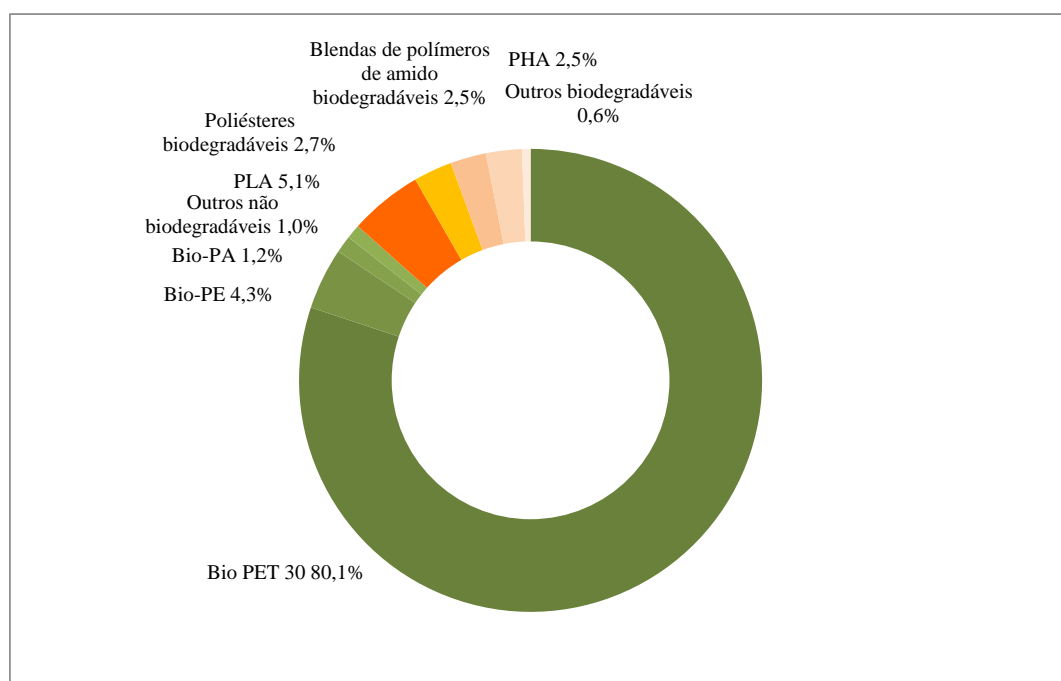


Figura 2.3. Abertura da capacidade mundial dos bioplásticos (biodegradáveis e não biodegradáveis) por polímero em 2016.

Fonte: European Bioplastics Association (2012b).

Os materiais *drop in* são aqueles que apresentam propriedades técnicas idênticas ou muito próximas aos materiais de origem fóssil, porém produzidos a partir de matéria-prima renovável (*biobased*). Interessante destacar que a maior participação dos bioplásticos *drop in* nas projeções de capacidade de produção dos bioplásticos é recente, devido aos anúncios de projetos para a produção destes materiais com participação ativa

⁹ A European Bioplastics Association, fundada em 1993, reúne e representa 75 empresas do setor de bioplásticos na Europa.

dos utilizadores finais. Os utilizadores finais são as empresas que compram os transformados plásticos, em sua maioria, embalagens. Entre eles, estão as indústrias de bens de consumo, higiene, limpeza, cosméticos, brinquedos, varejo, etc.

Entende-se que para atingir o *tipping point*, os bioplásticos deverão sair de nichos, onde atendem aplicações específicas, e alcançar mercados de volume, atualmente dominados pelos plásticos de origem fóssil, provocando transformações nos regimes existentes. Para isso, faz-se necessário mais do que o crescimento observado do número de empresas e projetos envolvidos. Mudanças estruturais em regimes estabelecidos, definidos por normas, regulamentos, padrões tecnológicos e de consumo são essenciais. Com isso, formula-se uma pergunta central para exploração neste trabalho: quais são os fatores críticos para a transição dos bioplásticos em direção aos mercados mais amplos?

Geels (2002; 2005) explora a transição de inovações sistêmicas através da perspectiva multinível (PMN), ressaltando a necessidade de mudanças não meramente tecnológicas, mas, sobretudo, mudanças nos âmbitos social, comportamental, legal, cultural e econômico. A exploração da denominada transição tecnológica por Geels (2002) passa pela afirmação de diferentes níveis sociotécnicos, definidos por distintos agentes, regras, padrões, comportamentos, etc. Geels (2002) explora como as inovações sistêmicas e as transições tecnológicas ocorrem e busca a identificação de padrões e mecanismos particulares para tais processos. Sua abordagem é valiosa para a compreensão da transição dos bioplásticos, pois incorpora não apenas uma visão centralizada sobre os agentes mais próximos da inovação, levando em conta as transformações estruturais e sociais como pilares para explicar as inovações sistêmicas.

As inovações sistêmicas são aquelas que não se restringem apenas a novidades em produtos ou aplicações específicas, mas que implicam relevantes mudanças nos regimes existentes. As profundas transformações provocadas pela transição do uso do carvão para o uso do petróleo na economia e suas drásticas mudanças para as firmas, governos, países e sociedade são um exemplo de transição sociotécnica explorada por Geels (2005). Ou seja, para que se alcance o *tipping point* dos bioplásticos é necessário que ocorra a transição destes materiais para o regime.

Múltiplos fatores, atores, produtos, mercados e aplicações constituem o contexto de transição dos bioplásticos, configurando-os como inovações sistêmicas. Sua difusão

não se restringe apenas às propriedades técnicas dos materiais, exigindo transformações nas estruturas sociais, não necessariamente mais próximas à inovação. A visão sistêmica une uma visão sobre os aspectos tecnológicos e econômicos com uma visão relacionada à sociologia da inovação.

Portanto, entende-se que uma ampla compreensão sobre o desenvolvimento dos bioplásticos não deve ser limitada à análise de casos específicos de inovações em tecnologias de produto ou processos de produção, mas sim, relacionar tais inovações com o sistema social, pontuando os estímulos necessários para a transformação do regime existente e dos fatores críticos para a difusão dos bioplásticos dentro da perspectiva dos bioprodutos, como uma indústria emergente.

Theinsathid *et al* (2011) exploraram a percepção dos *stakeholders* e *lead users* (VON HIPPEL, 1988) no que diz respeito à adoção de bioplásticos, mais especificamente, no segmento de filmes para embalagens alimentícias inovadoras na indústria de carne processada na Tailândia. Os principais resultados mostraram que o baixo desempenho técnico é a principal barreira à comercialização e que o apoio do governo no sentido de estimular investimentos no setor e o maior envolvimento dos usuários é fundamental. Além disso, a pesquisa mostrou que, naquele país, do lado do consumidor, não havia uma pré-disposição para pagar um preço superior a 10-15% no preço do produto, o que restringe o patamar de custo possível observado para os novos produtos.

Segundo Rotmans *et al* (2000), a demanda por soluções sustentáveis para problemas complexos como a oferta de energia, transportes, produção de alimentos, remédios e produtos químicos, requer a necessidade de mudanças ou transições estruturais no longo prazo. Tais problemas complexos, por envolverem vários agentes e incertezas, não podem ser resolvidos a partir de abordagens simplificadas, exigindo inovações sistêmicas que promovam a transição dos atuais sistemas tecnológicos.

Com isso, a discussão do *tipping point* passa pela observação de fatores críticos para a transição de inovações sistêmicas. Propõe-se enriquecer a discussão da transição dos sistemas tecnológicos com aspectos sociais, o que é proposto por Geels (2002) em sua abordagem sociotécnica e por Gladwell (2000), que discute fenômenos sociais epidêmicos através de casos expressivos em que os fatores deflagradores são reunidos.

O objetivo deste capítulo é, portanto, a identificação de fatores críticos para a transição dos bioplásticos, propondo uma análise das possíveis transformações que estes materiais podem provocar nos sistemas tecnológicos existentes, identificando as principais diferenças na dinâmica de desenvolvimento entre os bioplásticos *drop in* e não *drop in*. Para isso, serão utilizados como referencial teórico a perspectiva multinível (PMN) de Geels (2002), com sua abordagem sociotécnica e, também, os fatores críticos para a deflagração de epidemias, apontados por Gladwell (2000). Tão importante quanto a identificação de tais fatores é a compreensão de como se estabelecem e alteram a dinâmica entre os diferentes níveis do sistema sociotécnico.

- Metodologia

Neste ensaio é desenvolvido um quadro analítico a partir de Geels (2002) e Gladwell (2000) com dois casos ilustrativos. O primeiro, o PLA, polilactídeo ou poli(ácido láctico), um bioplástico, que surgiu como um promissor “campeão” à substituição dos plásticos convencionais, mas que aos poucos foi perdendo fôlego em seu processo de difusão. Tal exemplo poderá ser rico para demonstrar as dificuldades da chamada transição dos materiais não *drop in* de nichos para o regime¹⁰. O segundo caso é do PE verde, um bioplástico idêntico ao polietileno de base fóssil em estrutura e propriedades técnicas, porém obtido a partir de matéria-prima renovável, um exemplo de material *drop in*. Ambos apresentam produção em escala comercial.

A exploração de dois exemplos de bioplásticos, em supostas condições diferentes na perspectiva de transição, poderá trazer reflexões sobre os desafios para a transição desses materiais.

Este ensaio está estruturado em quatro seções. A primeira, esta introdução. A segunda seção é uma revisão dos conceitos teóricos que serão utilizados para a exploração da transição dos bioplásticos. A terceira seção apresenta os dois exemplos de bioplásticos, cujas trajetórias são exploradas à luz dos argumentos teóricos e a quarta seção traz as considerações finais resultantes da observação dos casos e dos conceitos teóricos empregados.

¹⁰ O conceito de regime será explorado na seção seguinte a partir da perspectiva multinível de Geels (2002). O regime significa um conjunto social definido por atores, práticas, padrões, estruturas industriais.

2.2. ARGUMENTOS TEÓRICOS

Nesta seção são utilizados argumentos teóricos que subsidiarão a exploração dos exemplos para a construção do quadro analítico proposto neste ensaio. Objetiva-se, primeiramente, discutir o conceito de *tipping point* e evidenciar sua importância para a compreensão da transição dos sistemas tecnológicos. Em seguida, são apresentados os argumentos de Geels (2002; 2005) para que as inovações sistêmicas sejam compreendidas por uma perspectiva em diferentes níveis ou conjuntos sociais, o que permite uma exploração dos fatores para a transição dos sistemas tecnológicos.

Enquanto Gladwell (2000) reúne diferentes fatores para que uma tendência se confirme como um movimento, traduzido por uma aceleração nas transformações do tecido social, Geels (2002) preocupa-se em conciliar as correntes evolucionárias (DOSI, 1982; NELSON e WINTER, 1982) que se concentram mais na tecnologia e as correntes sociotécnicas propriamente ditas, ampliando o campo de análise das chamadas inovações sistêmicas.

2.2.1. O TIPPING POINT DE GLADWELL E SEUS FATORES CRÍTICOS

Gladwell (2000), em seu livro *The Tipping Point*¹¹, defende que pequenos fatos podem trazer grandes efeitos nos eventos epidêmicos e traz reflexões sobre fatores deflagradores da difusão. O *tipping point* (Gladwell, 2000) constitui uma forma interessante para a compreensão do processo que leva ao surgimento de uma epidemia, sendo caracterizado por uma alteração brusca no ritmo de crescimento, absorção ou difusão do objeto de estudo, o “momento” decisivo em uma epidemia, quando tudo pode mudar de repente. Quando uma epidemia é deflagrada, “algo aconteceu”, ocorreu o “desequilíbrio”. A possibilidade de mudança súbita é a essência do *tipping point* e seria, portanto, um ponto de difícil observação e aceitação pelos estudiosos, já que há uma tendência de se atribuir causas relevantes para grandes eventos. Com isso, pequenos eventos deflagradores do movimento epidêmico são geralmente ignorados nos estudos sociais.

¹¹ Traduzido para o português como O Ponto da Virada.

Há diversas maneiras de se encadear uma epidemia, pois tais fenômenos envolvem a ação de diferentes agentes: os transmissores, o agente infeccioso e o ambiente em que o agente atua (GLADWELL, 2000). A partir destes elementos, Gladwell (2000) propõe as três regras para o *tipping point*: a Regra dos Eleitos, o Fator de Fixação e o Poder do Contexto – como forma de compreender as epidemias, sucintamente explicados a seguir:

Regra dos Eleitos: Ao definir os eleitos, Gladwell (2000) destaca a importância dos conectores, aqueles que transmitem as informações – e dos especialistas (*experts*) – aqueles que detêm o conhecimento. Os eleitos são os propagadores do vírus - novo conceito, ideia, produto, processo, tecnologia ou negócio, enfim, a inovação. Os “eleitos” têm uma função primordial no processo inovativo, pois podem acelerar a convergência e reduzir a dispersão inicial inerente à fase fluida (ABERNATHY e UTTERBACK, 1978), concentrando e direcionando esforços em direções mais promissoras (ARTHUR, 1989), de forma a potencializar os recursos existentes e aumentar as chances de sucesso da inovação.

O processo de difusão das inovações pode, por exemplo, ser acelerado com o uso de formadores de opinião (WEIMANN, 1991; BURT, 1997; VALENTE, 1999), destacando a importância de se identificar as características desses agentes pelos inovadores, assim como, a proposição de ações para a formação de agendas que definam claramente os propósitos da inovação.

Utterback (1994) e Von Hippel (1988) defendem a comunicação entre produtores e usuários como fator crítico no processo inovativo. Essa aproximação possibilita a percepção de frequentes lacunas entre as capacitações do produto ofertado e as reais necessidades e desejos dos clientes. A gestão desse contato pode determinar a adoção de uma inovação por um usuário, que diante de uma aproximação e esforço do proponente, poderá se engajar no processo de melhorias e adaptações do produto primeiramente oferecido. Muitos clientes promovem as adaptações (VON HIPPEL, 1988) e criam condições para que uma inovação seja adotada e surjam *designs* dominantes (ABERNATHY e UTTERBACK, 1978).

Gladwell (2000) atribui aos eleitos a função de promover o “contágio”. Entre os eleitos, estão os especialistas, aqueles que dominam o conhecimento e os conectores, os formadores de opinião. No grupo de “especialistas”, estão os chamados agentes

complementadores (LEONARD-BARTON, 1992; TEECE, 1992), detentores de competências específicas que viabilizam a entrega da proposição de valor ao cliente. Os complementadores podem ter origem nos fornecedores ou nos próprios usuários, atuando fortemente no processo de inovação tecnológica, através de melhorias adaptativas ao produto que lhe permita a melhor aplicação e captura dos benefícios proporcionados (VON HIPPEL, 1988; TEECE, 1992).

Além dos especialistas, sugere-se a verificação da presença de conectores, responsáveis pelas conexões entre os usuários e a “novidade”. A identificação de um conector recai sobre a sua influência no ambiente da inovação. A adoção de uma inovação por um *player* renomado indica aos outros uma maior segurança no processo de decisão, assim como facilita o apoio financeiro de instituições públicas ao desenvolvimento de determinadas inovações.

Os chamados ativos complementares (TEECE, 1986) viabilizam o acesso das inovações ao mercado, através de serviços de apoio complementares, como canais de distribuição, assistência técnica, marketing, outros.

Fator de Fixação: Gladwell (2000) destaca a necessidade de uma mensagem permitir ou não a sua transmissão, relevando a importância de seu conteúdo. O autor vê o fator de fixação como algo relacionado à comunicação, através da percepção de um elemento que desperte e promova a atenção e, defende que “pequenos” detalhes, aparentemente insignificantes, são responsáveis pela fixação de novas ideias.

Espera-se que o “conteúdo” da mensagem tenha relevância para que ocorra o “contágio” (GLADWELL, 2000). Todavia, Gladwell (2000) preocupa-se mais em definir o fator de fixação como um “elemento” de comunicação do que um atributo da inovação em si. Aproximando este elemento à literatura clássica das inovações tecnológicas, estende-se o fator de fixação para o conceito de proposição de valor.

A proposição de valor (CHRISTENSEN, 1997; CHESBROUGH e ROSENBLOOM, 2002; DEMIL e LECOCQ, 2010) traduz o valor que se deseja “entregar” aos clientes. Entende-se que o fator de fixação estaria, por exemplo, nas vantagens comparativas da inovação (ROGERS, 2003) e nas complementaridades de fornecedores e clientes, como a logística de acesso e entrega, assistência técnica, outros (TEECE, 1992). O *design* dominante (ABERNATHY e UTTERBACK, 1978) deve

refletir a proposição de valor da firma, sendo definido como aquele que conquista a fidelidade do mercado e que competidores e inovadores procuram aderir se esperam ter alguma participação relevante no mercado. Novamente ressalta-se que os aspectos tecnológicos, que envolvem o processo de produção e o *design* do produto, são extremamente importantes, mas não suficientes para a difusão de uma inovação.

Poder do Contexto: O terceiro princípio da transmissão epidêmica de Gladwell (2000) é o Poder do Contexto, que se compreende como as condições e circunstâncias do tempo e do lugar em que ocorrem, ou seja, as condições do ambiente para a epidemia. Para Gladwell (2000), os agentes são extremamente sensíveis às mudanças do contexto e essas alterações contextuais podem deflagrar uma epidemia. O Contexto, no sentido apresentado por Gladwell (2000), sugere o ambiente da inovação.

Entre os elementos que indicam se o contexto é favorável ou não à inovação, estão: normas, regulamentos, políticas governamentais, acesso à tecnologia, acesso e a disponibilidade de matérias-primas, disponibilidade de linhas de financiamento para a inovação, entre outros. No Quadro 2.1, são mostrados exemplos de variáveis típicas na literatura clássica da inovação, relacionadas aos três fatores críticos para o *tipping point*.

Quadro 2.1. Fatores críticos para o *Tipping point*.

Fatores críticos para o <i>Tipping Point</i>	Elementos constituintes (exemplos)
Fator de fixação	Proposição de valor (vantagens técnicas comparativas, como melhores propriedades técnicas; menor custo de produção; menores investimentos em ativos complementares específicos, etc).
Regra dos Eleitos	Agentes complementadores (fornecedores de aditivos, blendas, máquinas e equipamentos, serviços de apoio, etc); produtores especializados; agentes formadores de opinião; agentes que detêm a governança sobre a cadeia produtiva; outros.
Poder do Contexto	Normas, regulamentos, padrões de consumo, políticas governamentais, o acesso à tecnologia, o acesso e a disponibilidade de matérias-primas, linhas de financiamento para a inovação, outros.

Fonte: Elaboração própria a partir de Gladwell (2000).

Os fatores críticos apontados por Gladwell (2000) indicam uma transformação em direção ao *tipping point*. O *tipping point*, portanto, não é definido apenas pela

reunião de tais fatores críticos, mas como resultado das transformações provocadas por estes fatores nos sistemas sociais. Por tal razão, torna-se possível aproximar o *tipping point* à abordagem sociotécnica de Geels (2002; 2011).

2.2.2. A PERSPECTIVA MULTINÍVEL (PMN) DE GEELS

As chamadas inovações sistêmicas envolvem: *múltiplos atores*, um grande número de agentes, incluindo firmas, consumidores, governo, institutos de pesquisa, entre outros; *múltiplos fatores*, pois não resultam de mudanças em apenas um fator, e sim de mudanças em diversos fatores que provocam mudanças em outros fatores em um sistema interligado e cascadeado, resumidamente uma combinação de transformações de natureza técnica, regulatória, social e comportamental; *múltiplos níveis*, pois, implica em mudanças em vários níveis – desde os nichos, passando pelos regimes até mudanças sociais e culturais em contextos mais distantes da inovação; e finalmente, *tempo de desenvolvimento* decorrente dessas mudanças multidimensionais. A evolução das inovações sistêmicas provocam transformações nos sistemas que não podem ser explicadas apenas como mudanças tecnológicas, já que estas envolvem fortemente alterações no contexto social.

As transições de sistemas tecnológicos são processos de transformação em que ocorrem mudanças na sociedade ou em subsistemas complexos em um período extenso. Refere-se a uma dinâmica no estado de equilíbrio: o equilíbrio existente é superado por um novo equilíbrio (KEMP e ROTMANS, 2001; 2004).

Para a compreensão da transição de inovações sistêmicas, Geels (2002) propõe uma abordagem através da PMN. A PMN é baseada em conceitos sociológicos, com foco sobre as atividades de pessoas e regras, que proveem o contexto de ação e interpretação dos agentes. Constitui um modelo multidimensional, cujos atores são restringidos pelas regras estabelecidas e pelo tempo, definido por três diferentes níveis sociais ou locais de prática: nichos, regime e paisagem.

Os *nichos* (GEELS, 2002; KEMP *et al*, 1998; ROTMANS *et al*, 2000) são espaços protegidos que permitem o aprendizado tecnológico e garantem o tempo necessário para promover a ascensão de *designs* dominantes (ABERNATHY e UTTERBACK, 1978) e adaptações, antes que a inovação emerja para níveis superiores.

A proteção nos nichos tem origem nos requerimentos específicos exigidos e desenvolvidos para aplicações particulares. Vale destacar que algumas inovações permanecem em nichos e não necessariamente ascendem ao regime.

O *regime sociotécnico* (GEELS, 2002; BERKHOUT, 2002; BERKHOUT *et al*, 2004) é caracterizado por dimensões como: tecnologias, práticas dos usuários e aplicações; significado simbólico da tecnologia; infraestruturas; estrutura da indústria; políticas e conhecimento. Ou seja, onde se localizam produtos estabilizados e tecnologias amplamente aceitas, estoques de conhecimento, práticas de uso, protocolos, técnicas, expectativas, normas e regulações, um nível ditado pelas regras formais, normativas e cognitivas. Tais produtos e tecnologias são fortemente “moldados” pelos conceitos, regras e agendas (problemas) do regime existente. O regime é o nível em que se confrontam os agentes atuantes em nichos com atores que não necessariamente compartilham as mesmas regras. Esse “encontro” é definido pelo confronto direto de padrões e normas e subsequentes potenciais mudanças promovidas nas regras estabelecidas.

A *paisagem sociotécnica* (GEELS, 2002) é aquela que denota o contexto da sociedade, de seus arranjos e infraestruturas, caracterizada por diversos fatores heterogêneos, como preço do óleo, crescimento econômico, guerras, imigrações, valores normativos e culturais, fatores políticos, problemas ambientais. A paisagem é a região onde interagem os diversos e heterogêneos atores, dentro de um contexto supostamente estável com regras estabelecidas, cuja mudança é mais lenta e difícil do que em níveis inferiores. Da paisagem saem interferências dinâmicas para os regimes e nichos e, vice-versa.

Por fim, a PMN indica as transições tecnológicas como processos interativos de mudança aos níveis de nichos e de regimes sociotécnicos, ambos inseridos em uma paisagem exterior de fatores. A difusão de novos produtos ou tecnologias ocorre em uma PMN a partir da interação entre os diferentes níveis. Logo, a compreensão do *tipping point* de uma inovação remete a uma análise de como seus fatores críticos agem sobre os nichos, os regimes e a paisagem sociotécnica e como estes níveis influenciam tais fatores.

Segundo Rotmans *et al* (2000), as transições compreendem fases distintas (ver Figura 2.4): *fase de pré-desenvolvimento*, em que as mudanças são pouco visíveis e com

grande foco em experimentação; *fase de desenvolvimento (take off)*, quando as mudanças se aceleram e o sistema inicia o processo mais intenso de transformação; *fase de ruptura (breakthrough)*, em que as mudanças estruturais ocorrem de forma visível através do acúmulo de transformações socioculturais, econômicas, ecológicas e institucionais, em um processo iterativo, uma fase de forte aceleração do processo em que a aprendizagem e a difusão são coletivas; e finalmente, uma *fase de estabilização*, em que a velocidade das mudanças sociais é decrescente e um novo equilíbrio dinâmico é alcançado. Tal fase de ruptura pode ser uma aproximação do *tipping point* de Gladwell (2000): mudanças relevantes nas estruturas sociais em um ritmo de crescimento acelerado.

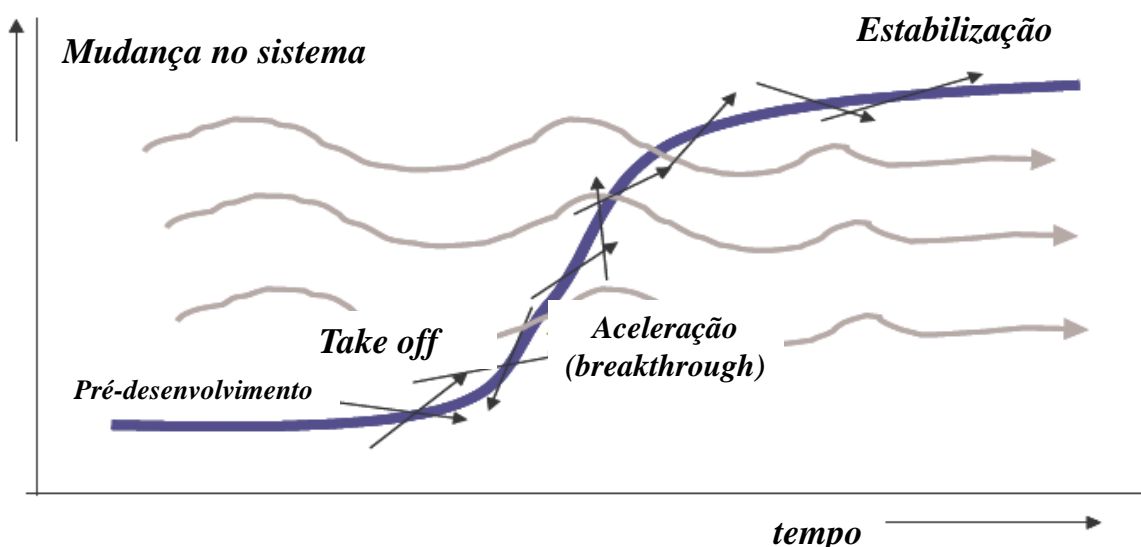


Figura 2.4. Diferentes estágios da transição de inovações sistêmicas.

Fonte: Adaptado de Rotmans *et al* (2000).

Uma transição pode ser acelerada por eventos singulares ou choques, como guerras, acidentes ou crises (como, por exemplo, a do petróleo), mas não é causada por tais eventos. A transição ocorre a partir da co-evolução de lentas mudanças que se acumulam na trajetória da transformação (KEMP e ROTMANS, 2001). O acúmulo de firmas, projetos e recursos envolvidos com o desenvolvimento de uma inovação não significa o *tipping point* ou a ruptura, em que o sistema é efetivamente levado a uma

nova configuração sociotécnica. Esta etapa de acumulação de recursos constitui a fase de pré-desenvolvimento. A decolagem (*take off*), quando as mudanças se aceleram, ocorrerá após um longo período de transformações e interações entre os agentes nos diferentes níveis do sistema sociotécnico.

Embora o *tipping point* seja definido por mudanças relevantes na taxa de crescimento em pouco tempo, para que ele seja alcançado é necessário reunir os chamados fatores críticos. Logo, o “tempo” para deflagrar o *tipping point* deve considerar o período necessário para reunir tais fatores e para promover as transformações no tecido social que levam à transição dos sistemas tecnológicos. Ao contrário de um conceito limitado apenas à quantidade de recursos ou ao crescimento observado, o *tipping point* é definido neste estudo pela transição do sistema tecnológico.

2.2.3. O CONTEXTO DA TRANSIÇÃO NOS REGIMES SOCIOTÉCNICOS

A PMN de Geels (2002) se concentra na transição de inovações de nichos específicos para o regime (ver Figura 2.5), justificada pela importância do tempo para aprendizado e proteção para aumentar a base de conhecimento. Os nichos permitem que as inovações possam ser ajustadas antes do confronto com os regimes existentes, sendo beneficiadas pelo encapsulamento.

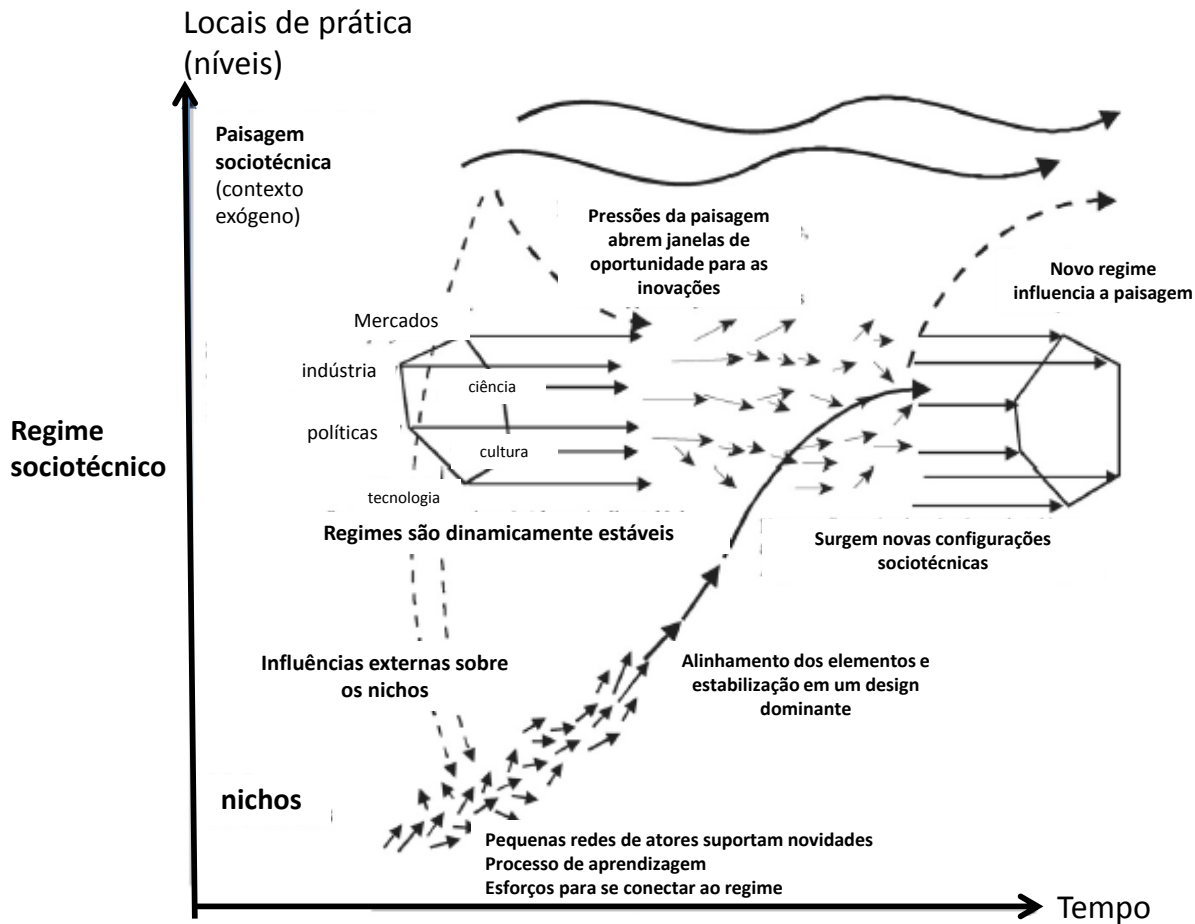


Figura 2.5. Perspectiva Multinível: dos nichos para o regime.

Fonte: Adaptado de Geels (2002).

Berkhout *et al* (2004) afirmam que as inovações não surgem apenas dos nichos, conforme a ênfase à trajetória nicho-regime dada por Geels (2002), mas também têm origem nos regimes existentes. Segundo Berkhout *et al* (2004) há uma dinâmica importante que deve ser explorada dando maior atenção às transformações ao nível dos regimes sociotécnicos. O que, a princípio poderia ser visto simplesmente como o surgimento de um novo regime, é, na verdade, a transformação de um regime existente, dado, por exemplo, por uma ampliação do regime atual com a incorporação de novos padrões, produtos e tecnologias. Tão importante quanto os movimentos *bottom up* (dos nichos para o regime), fortemente explorados por Geels (2002), são os movimentos *top-down* (da paisagem para o regime), permitindo que os nichos possam se conectar aos regimes atuais a partir das chamadas “janelas” de oportunidade.

As transições são muitas vezes influenciadas pelas trajetórias tecnológicas anteriores, paradigmas tecnológicos (DOSI, 1982), pelo *lock in* e pelos rendimentos crescentes de adoção (ARTHUR, 1989). Com isso, supõe-se que as soluções aceitas pelo regime atual são frequentemente aquelas oriundas de uma perspectiva de autopreservação e ganhos de escala. Alguns regimes têm uma capacidade de resposta mais rápida aos estímulos do que outros. Tal capacidade de resposta é denominada por Berkhout *et al* (2004) como capacidade adaptativa. A capacidade adaptativa refere-se à capacidade do regime para reconhecer suas vulnerabilidades às ameaças competitivas e reduzi-las, o que aumenta suas chances para resistir e responder com sucesso às pressões estabelecidas. Embora Berkhout *et al* (2004) não abordem, há de se ressaltar que a capacidade adaptativa não deve ser medida apenas como uma resposta às ameaças, mas também às oportunidades emergentes promovidas pela paisagem e pelos nichos.

Se os recursos necessários para a transição estão disponíveis internamente, então a mudança provável é próxima do caráter incremental dentro das estruturas prevaletentes dos regimes atuais. Se a transição é altamente limitada pela falta de recursos internamente, então a probabilidade e a necessidade de uma ruptura estrutural aumentam consideravelmente. Outra dimensão importante na dinâmica dos regimes sociotécnicos é o grau de coordenação que mede se a mudança pode ser prevista e ativamente coordenada - quer ao nível dos membros do regime ou em um nível mais alto de governança - em resposta às pressões pela ruptura. Esta dimensão procura distinguir entre as transformações do regime, aquelas essencialmente deliberadas, de outras advindas de resultados indesejados e inesperados (BERKHOUT *et al*, 2004).

Quando não há forte coordenação entre os atores, não se percebe uma agenda clara de desenvolvimento que permita a inovação emergir com facilidade. Existem, então, conflitos sobre a natureza da oportunidade a explorar, sobre a avaliação das oportunidades existentes nos nichos, divergências entre os diferentes regimes e visões sobre o futuro; sobre a posição e a participação da paisagem, o que prejudica uma confluência de medidas favoráveis à inovação, como a proposição de políticas e regulações (BERKHOUT *et al*, 2004).

Geels e Schot (2007) rebatem as críticas de Berkhout *et al* (2004), argumentando novamente a favor da atenção aos nichos no processo de transição tecnológica, já que

segundo eles, na maior parte dos casos que envolvem inovações sistêmicas, observa-se a transição na direção nicho-regime, ou seja, tendo sido necessário um processo de aprendizado e ajustes, antes de conectar tais inovações com os regimes existentes e promover a ruptura. Geels (2011) afirma que, embora a importância dos nichos seja ressaltada, admite que a presença e o desenvolvimento dos nichos não bastam para a transição. A ruptura do regime estabelecido dependerá de mudanças no nível do regime e na paisagem. Portanto, o processo de aprendizagem nos nichos e as políticas oriundas da paisagem, proveem um primeiro passo crucial na direção de uma transição.

As políticas governamentais podem estimular a formação de nichos, através de incentivos às pesquisas, à identificação de novidades potenciais em campos específicos que merecem maior desenvolvimento e aprendizado, ao estímulo e à otimização das condições para o aprendizado, tais como o provimento de financiamento para experimentação e a construção de redes entre os atores. Por fim, os instrumentos políticos podem ajudar a estimular as inovações e sua difusão, através de instrumentos financeiros como subsídios, estabelecimento de novos padrões (como padrões de emissões), regulações, etc.

Finalmente, não é só uma questão de adaptação aos regimes predominantes, mas dos regimes se transformarem para “acomodar” a novidade. As novidades têm dificuldades, pois os regimes existentes tendem a se “proteger” das inovações, pois estas mudanças sugerem novas estruturas de governança (OROSKI, 2007). As inovações disruptivas (CHRISTENSEN, 1997) precisam de “atores” que acreditem em seu potencial, sendo necessário atuar em rede com diferentes tipos de atores, incluindo desenvolvedores de tecnologia dispostos a investir tempo, esforços e dinheiro. Também requer usuários que se desviem do regime e que sejam preparados ou interessados em usar a nova tecnologia com claras desvantagens, os *lead users* (VON HIPPEL, 2005), assim como, investidores que aceitem tomar riscos elevados (*venture capital*).

2.3. BREVE OBSERVAÇÃO DE DOIS EXEMPLOS PARA DISCUTIR A TRANSIÇÃO DOS BIOPLÁSTICOS: O CASO DO PLA (NÃO *DROP IN*) E O CASO DO PE VERDE (*DROP IN*)

Neste ensaio, a discussão sobre a deflagração do *tipping point* com a suposta transição dos bioplásticos de nichos para o regime é explorada através de dois casos. Primeiro, o polilactídeo (PLA), material não *drop in*, com uma planta em escala comercial de 140.000 toneladas/ano, localizada nos Estados Unidos e outras pequenas plantas¹² e o segundo, o polietileno verde (PE verde), *drop in*, com uma planta em escala comercial de 200.000 toneladas/ano localizada no Brasil.

A metodologia utilizada é uma exploração de base analítica e qualitativa. Os exemplos foram explorados a partir de fontes secundárias, como relatórios técnicos, apresentações das empresas envolvidas e de especialistas, artigos técnicos e notícias publicadas em mídia e revistas especializadas. Foi realizada, em novembro de 2012, uma entrevista com o engenheiro Antônio Morschbacker, que conduziu o projeto do PE verde da empresa Braskem.

2.3.1. A TRAJETÓRIA DO PLA: DOS NICHOS À EXPLORAÇÃO DE NOVOS MERCADOS E APLICAÇÕES

- O Surgimento do PLA

Bem antes de se pensar no bioplástico PLA como um provável substituto dos plásticos convencionais, o mesmo já era utilizado em áreas específicas, principalmente nas aplicações médicas e na agricultura. Os primeiros esforços de produção do PLA datam de 1932, quando o polímero produzido era de baixo peso molecular e com propriedades mecânicas não adequadas. Trabalhos posteriores conduzidos pela empresa química Du Pont resultaram em um polímero com alto peso molecular, patenteado em 1954, porém sua instabilidade em condições úmidas levou a uma descontinuidade do trabalho nessa área (CGEE, 2006; RASAL *et al*, 2011). Aplicações na área médica

¹² Plantas com capacidade até 10.000 toneladas/ano.

surgiram como a produção de fios de sutura, matrizes de implantes ortopédicos, entre outros. A aplicação na área biomédica é naturalmente explicada pela alta biocompatibilidade do material (BECKER *et al*, 2010). Na agricultura, cresceram aplicações para a produção de filmes biodegradáveis e *containers* (BECKER *et al*, 2010; PANG *et al*, 2010; PILLAI, 2011).

Até então, o PLA estava presente em nichos, atendendo demandas específicas sem confrontos com o regime existente, dominado pelas petroquímicas e o crescimento vertiginoso de suas escalas. Diversos fatores, como o crescimento da demanda, a produção em larga escala e em processos contínuos, os avanços em catálise e a disponibilidade de petróleo e gás, dominaram a lógica da indústria química e petroquímica, levando ao *tipping point* dos plásticos convencionais de base fóssil (SPITZ, 1988; MOWERY e ROSENBERG, 1998; PLASTICS EUROPE, 2012). Em um período aproximado de trinta anos, saiu de 9 mil toneladas em 1940 para 7 milhões de toneladas em 1970, o que é ilustrado na Figura 2.6.

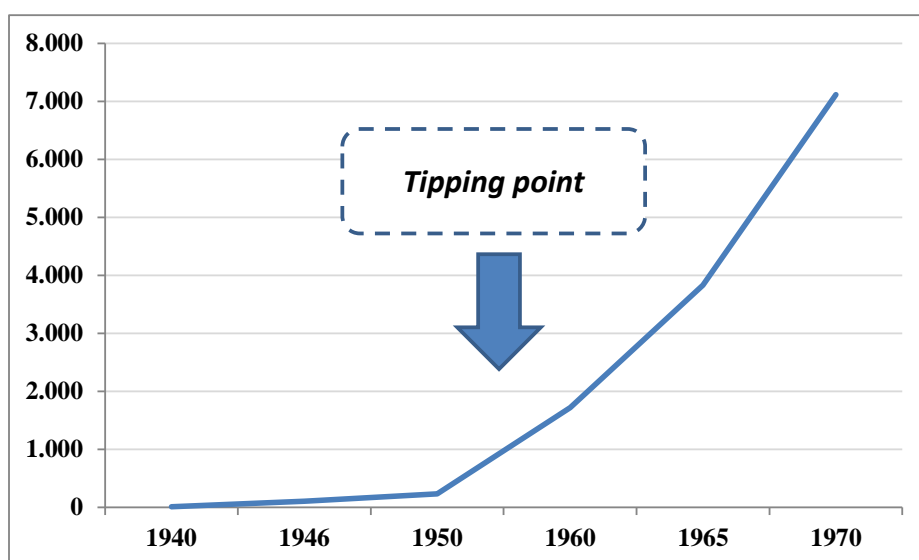


Figura 2.6. Evolução da Produção Mundial de Plásticos, em milhões de toneladas.

Fonte: Spitz (1988).

Todavia, a crise do petróleo ao final dos anos 70, os conflitos geopolíticos nos países de maior produção, o aumento das pressões políticas e da sociedade sobre a indústria quanto às emissões de gases de efeito estufa, formalizada através de mudanças legislativas mais rigorosas (BOMTEMPO, 2010; SANDERS e LAGENVELD, 2010; VOGEL, 2008) criaram um cenário favorável ao desenvolvimento dos produtos verdes. Com isso, somaram-se os incentivos governamentais, atraindo um crescente número de empresas e projetos em torno do desenvolvimento de bioprodutos e processos com a utilização da biomassa como matéria-prima. Logo, o Contexto (GLADWELL, 2000), supostamente favorável aos bioplásticos, atraiu projetos, entre eles o PLA, incentivando o desenvolvimento de tecnologias e produtos que adormeciam em nichos.

No final dos anos 80 e início dos anos 90, observaram-se novos esforços para obter o PLA em escala comercial (CGEE, 2006), em tentativas de se desenvolver alternativas ao uso do petróleo para a produção dos plásticos. Em 1989, a grande produtora de alimentos Cargill criou um projeto para o desenvolvimento do bioplástico produzido a partir de milho. Em 1997, foi anunciado o projeto Dow Cargill, uma *joint venture* com a empresa petroquímica Dow, que formaria uma aliança estratégica entre uma das maiores empresas produtoras de plásticos convencionais do mundo e uma das líderes mundiais no setor de agronegócio e produção de alimentos, que prometia trazer ao mercado o primeiro plástico biodegradável de volume em pouco tempo (ICIS, 2012a). Deste projeto surgiu o maior *player* atual do PLA, a Natureworks, com uma planta de produção com capacidade instalada de 140.000 t/ano, localizada nos Estados Unidos.

Além do surgimento da Natureworks, destacam-se os projetos da Purac e da Futerro. A Purac, a maior produtora mundial de ácido láctico iniciou seu interesse sobre o PLA a partir de 2007. Em 2010, deu partida a uma planta de 75.000 toneladas/ano de lactídeos na Tailândia, reforçando sua estratégia de inserção no desenvolvimento do PLA (PURAC, 2012). Seu modelo de negócio se orienta pela formação de alianças estratégicas com empresas transformadoras e utilizadores finais que invistam em plantas de polimerização para a produção do PLA.

A empresa Purac produz o ácido láctico e o lactídeo, as etapas mais representativas em investimento, deixando as etapas seguintes como a polimerização e a transformação para outras empresas. Para isso, tem se aproximado de transformadores e

utilizadores finais. A Synbra¹³, produtora e transformadora líder na Europa em poliestireno expandido (EPS), foi a primeira empresa a adotar o modelo de negócio da Purac. O acesso ao fornecimento de lactídeo assegurado pela Purac e à tecnologia de produção provida pela Purac e pela empresa de engenharia suíça Sulzer Chemtech propiciou à Synbra a entrada na produção de PLA. Está em operação uma planta de 5.000 t/ano que pode utilizar o lactídeo. O PLA é vendido como substituto do EPS (poliestireno expansível) em embalagens de produtos de consumo duráveis (PURAC, 2009; CHEMICAL WEEK, 2011a).

A empresa aposta que seu modelo de negócio permitirá a difusão do material entre os transformadores e utilizadores finais, já que estes terão o investimento reduzido, pois as etapas de produção do ácido láctico e do lactídeo, que concentram a maior fatia do investimento para a produção do PLA, estarão sob sua responsabilidade. Para estes, restará a menor parcela do investimento, aquela referente à polimerização do lactídeo para obtenção do PLA.

A Futerro, criada em 2007, é uma *joint venture* entre a Galactic, produtora de ácido láctico e pertencente ao grupo Finasucre, importante produtor de açúcar na Europa e a Total Petrochemical, uma das maiores empresas de petróleo do mundo, com volume de negócios expressivo em petroquímicos. No Quadro 2.2, são mostradas de forma resumida as principais movimentações dos três principais atores na trajetória de desenvolvimento do PLA. Entre estes, destacam-se as empresas ligadas à matéria-prima (substrato e ácido láctico).

¹³ A Synbra apresentou vendas da ordem de 300 milhões de euros no ano de 2011 (SYNBRA, 2011).

Quadro 2.2. Principais atores, origem e movimentos.

Principais atores	Origem	Principais movimentos
NATUREWORKS	Criada em 1989 pela Cargill (produtora de alimentos)	1997: <i>joint venture</i> : 50% Dow (petroquímica)/ 50% Cargill; 2005: saída da Dow; 2007: entrada da japonesa Teijin ¹⁴ ; 2009: saída da Teijin; 2011: entrada da PTT Chemicals da Tailândia
PURAC	Maior produtora mundial de ácido láctico.	Parcerias com empresas transformadoras para produção do PLA como Synbra
FUTERRO	Galactic, produtora de ácido láctico e pertencente à Finasucre, importante produtor de açúcar na Europa.	2007: <i>Joint venture</i> 50% Galactic (produtora de ácido láctico)/ 50% Total (petroquímica).

Fonte: European Bioplastics Association (2009); Chemical Week (2011b); Natureworks (2011).

- Processos de Obtenção

O Poli(ácido láctico) (PLA) pode ser obtido por duas rotas distintas: via policondensação de ácidos lácticos (o ácido láctico existe em duas formas isoméricas: o L- e o D-) e por polimerização por abertura de anel (ROP), empregando seus dímeros cíclicos, os lactídeos (JIM JEM *et al*, 2010; KOSIOR, 2006; PILLAI, 2011).

A rota de obtenção via policondensação de ácido láctico, embora mais simples e menos “cara” (PILLAI, 2011), produz apenas polímeros de baixa massa molar (abaixo de 10.000 g/mol) devido às características da reação de condensação, não tendo aplicação prática e comercial. Uma massa molar acima de 150.000 g/mol é necessária para que o PLA possa ter aplicações similares aos plásticos “*commodities*”, o que pode ser alcançado apenas por meio da polimerização de lactídeos via abertura de anel.

Os lactídeos podem ser produzidos a partir dos dois isômeros do ácido láctico, L-lactídeo e o D-lactídeo. Atualmente, o lactídeo mais utilizado para a produção de PLA é o isômero L-lactídeo, proveniente do ácido L-láctico, mas a empresa Purac já dispõe de unidade industrial de produção do isômero D-lactídeo, proveniente do ácido D-láctico (PURAC, 2008).

¹⁴ Empresa japonesa diversificada com atuação nas áreas química, petroquímica e farmacêutica.

A rota de polimerização por abertura de anel (ROP – *Ring Opening Polymerization*) é constituída de duas etapas (ver Figura 2.7). A primeira etapa, a síntese de lactídeos, é a reação de condensação do ácido láctico, em que é produzido um oligômero de ácido láctico com massa molar inferior a 5000 g/mol. Este oligômero sofre em seguida um processo de despolimerização induzida por catalisadores organometálicos, que trouxeram maior controle sobre a reação e o peso molecular, conferindo vantagens à rota ROP, produzindo um lactídeo denominado “cru”, pois contem alto teor de ácido láctico e outras substâncias (água, trímeros e tetrâmeros) que impedem a sua polimerização por abertura de anel. Logo, é necessária a sua purificação, que pode ser obtida por cristalização ou destilação. O processo de produção de lactídeos é, portanto, altamente energético, o que faz com que este monômero tenha custo elevado. Além disso, altos níveis de pureza são necessários para a obtenção de PLA de alta massa molar, o que o torna um processo complexo e dispendioso (JIM JEM *et al*, 2010).

Entre os maiores desafios para a difusão do PLA e a sua transformação em plástico de grande volume está o seu atual processo de produção, cuja etapa de purificação do biopolímero consome muita energia e água e, ainda gera como subproduto uma grande quantidade de gesso, elevando o *footprint* ambiental do biopolímero (PILLAI, 2011).

Esforços que visam à redução de etapas do processo produtivo também fazem parte da agenda de desenvolvimento do PLA. A simplificação do processo de obtenção do ácido láctico pode representar um salto para a redução dos custos de bioplástico (PAL *et al*, 2009).

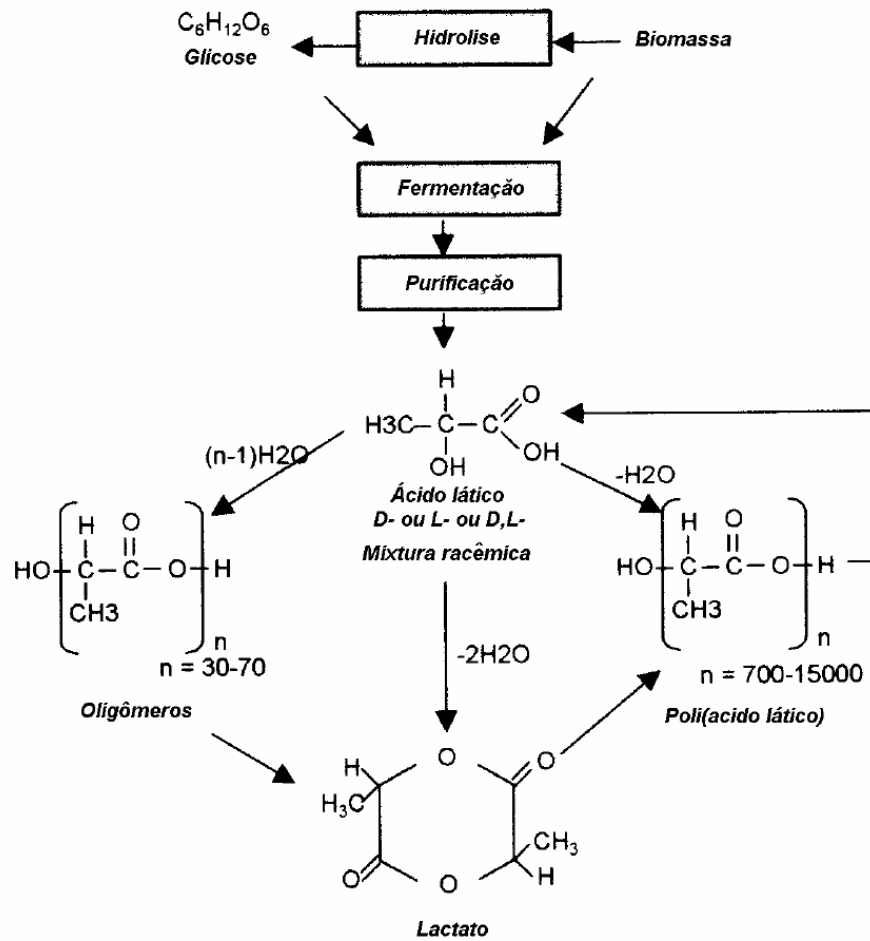


Figura 2.7. Processos de obtenção do poli (ácido láctico), PLA via condensação e por polimerização por abertura de anel.

Fonte: CGEE (2006).

- Propriedades técnicas

Além das dificuldades relacionadas ao processo de obtenção, outras barreiras à adoção do PLA, apontadas pelos potenciais usuários, são as atuais limitações técnicas do produto (THEINSATHID *et al*, 2011). Entre estas, estão a sua baixa taxa de cristalização, a baixa resistência ao impacto, o baixo alongamento na ruptura e a baixa resistência térmica. Sua baixa temperatura de amolecimento impede que ele tenha aplicações nas quais são exigidas temperaturas de aquecimento acima de $45^{\circ}C$ (PILLAI, 2011). Entretanto, essas propriedades têm sido melhoradas pelo emprego de aditivos

ofertados pelos agentes complementadores, os tradicionais atores da petroquímica como Dow, Basf e Du Pont, e as empresas químicas e fornecedoras de blendas como Cereplast, Natureplast, Polyone, Arkema, Sukano e outros (KOSIOR, 2006; EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2009; PLASTICS NEWS, 2011; PLASTICS TECHNOLOGY, 2011).

Novos desenvolvimentos em aditivos e blendas para promover a utilização do PLA em aplicações voltadas para bens semiduráveis são foco das empresas envolvidas com o PLA. Esforços consideráveis têm sido observados para elevar a tolerância do material à temperatura e conferir melhores propriedades mecânicas. Blendas do PLA com plásticos convencionais, como o policarbonato (PC) têm sido aplicadas no Japão para a produção de eletrônicos (JIM JEM *et al*, 2011). Outro exemplo dessas novas aplicações é o caso da aplicação do PLA para a produção de *smartphones* desenvolvida pela Dandelion Research Ltd de Hong Kong, a partir de uma blenda com 90% do PLA da Natureworks (Ingeo) e 10% de outros materiais de origem não fóssil (PLASTICS TECHNOLOGY, 2011).

Tem-se observado a evolução do produto, vide o surgimento do chamado PLA de segunda geração, desenvolvido pela empresa Purac, líder mundial na fabricação de ácido láctico, principal matéria-prima para a produção do bioplástico, que melhorou algumas de suas características. A evolução reside sobre o uso de catalisadores estereoespecíficos que permitem a produção de estereocomplexos e levam à produção de materiais com resistência térmica na faixa de 230 °C (BECKER *et al*, 2010).

As propriedades mecânicas dos PLAs são influenciadas fortemente pela cristalinidade dos polímeros. A estereocomplexidade do bioplástico pode melhorar as propriedades de tensão. O PLA de segunda geração apresenta maior grau de cristalinidade e a combinação deste PLA, de melhor propriedade térmica, com agentes modificadores de impacto e/ou cargas inorgânicas, aliado ao fato do PLA já possuir intrinsecamente alto módulo de elasticidade, permitirá que o material possa ter aplicações como plásticos de engenharia, competindo com plásticos utilizados em aplicações estruturais, como o ABS, HIPS e PC (PURAC, 2009). A Figura 2.8 ilustra a evolução do chamado PLA de segunda geração.

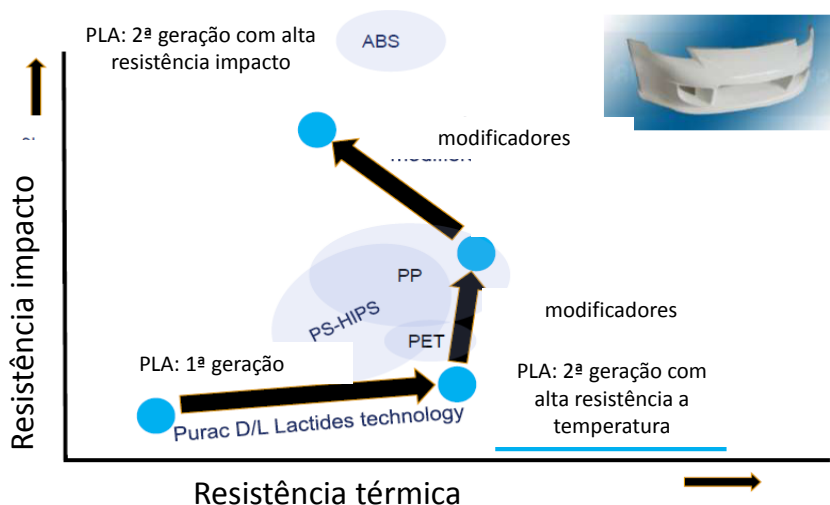


Figura 2.8. Evolução do PLA: PLA de 2ª geração.

Fonte: Purac (2009).

Os esforços acima listados na tentativa de introduzir novas aplicações para o PLA pode ser observado nas expectativas da Natureworks e da Purac para o desenvolvimento do produto nos próximos anos. Diferentemente da atual concentração do produto no mercado de embalagens, os produtores apostam em uma maior diversificação, o que pode ser visualizado no Quadro 2.3.

Quadro 2.3. Projeções das empresas (produtoras) para Aplicações do PLA.

	% da produção total em 2007	% da produção total em 2020	
		Natureworks	Purac
Embalagens	70%	20%	10%
Construção			20%
Agricultura	1%		
Transporte		20%	20%
Eletrônicos	1%	10%	10%
Têxteis	28%	50%	50%
Total	100%	100%	100%

Fonte: European Bioplastics Association (2009).

- Custos de Produção

O preço de sua principal matéria-prima, o açúcar, tem sido um obstáculo para a criação de um contexto realmente favorável para a competição. A *commodity* açúcar tem apresentado fortes oscilações em seu preço¹⁵, conferindo ao PLA e à indústria a partir de biomassa, uma instabilidade que contraria um dos pontos deflagradores de sua difusão: a fuga da volatilidade dos preços dos plásticos convencionais, vulneráveis ao preço do petróleo e de seus derivados. O açúcar chega a representar cerca de 80% do custo variável de produção do PLA (WOLF *et al*, 2005). Portanto, não se hesita afirmar que o PLA é um açúcar na forma de polímero.

O custo do PLA pode ser significativamente reduzido com avanços no chamado açúcar de segunda geração, açúcares obtidos a partir de materiais lignocelulósicos. Entretanto, de certa forma, este desenvolvimento não é uma agenda exclusiva dos atores envolvidos com os bioplásticos, e sim, da chamada bioeconomia (LANGEVELD, 2010), que engloba a produção de biocombustíveis, biopolímeros e outros bioprodutos. Com isso, a agenda de desenvolvimento exige esforços consideráveis de coordenação.

Segundo Bomtempo (2011), a corrida para desenvolver novos processos e produtos que formarão a bioindústria do futuro envolve as buscas por matérias primas adequadas, principalmente no caso dos processos baseados em biotecnologia. Tal corrida, denominada “*sugar rush*”, tenta garantir o acesso à matéria-prima para que os projetos em estágio piloto possam fazer o *scale up* para os estágios de demonstração e comercial. Observam-se duas corridas do açúcar: uma de curto prazo e de natureza comercial/estratégica para assegurar o melhor açúcar que existe hoje e a outra de natureza tecnológica para buscar o abundante açúcar presente nas plantas em geral, já que 60% do material lignocelulósico é composto de açúcares: celulose e hemicelulose (BOMTEMPO, 2011).

Outra possibilidade de redução nos custos de produção do PLA reside na simplificação de seu processo de produção, com menor consumo de água e energia (PAL *et al*, 2009). Apesar da redução observada nos preços do PLA nos últimos dez anos, ele ainda tem um valor 25% superior aos polímeros convencionais (ICIS, 2011).

¹⁵ Consulta aos preços do açúcar em <http://www.indexmundi.com>

- Verificação dos Fatores Críticos do *Tipping Point* na Trajetória do PLA

a) Fator de fixação

O PLA, quando atuava apenas em nichos, tinha a biodegradabilidade e a biocompatibilidade como características marcantes para a sua adoção. Ao tentar migrar para mercados fora de tais aplicações específicas, o material teve que oferecer melhores propriedades técnicas, como mecânicas e térmicas. Notam-se esforços através de modificações promovidas por aditivos e blendas do bioplástico com outros materiais. Outro ponto de superação ao bioplástico é que ele passou a ser visto como potencial contaminante do processo de reciclagem dos plásticos convencionais (RASAL *et al*, 2010; EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2009).

As análises do ciclo de vida (ACV) do produto e de seu custo se inserem como fatores essenciais para a adoção, cuja decisão não se resume apenas à biodegradabilidade ou origem do material (*biobased*). Materiais biodegradáveis podem apresentar balanços desfavoráveis do ponto de vista ambiental, quando seus processos de produção e purificação consomem elevada quantidade de água ou energia, caso do processo atual do PLA.

Percebem-se, portanto, uma série de desafios para o desenvolvimento do produto e para o processo de obtenção do PLA que poderiam promover melhorias em propriedades técnicas, reduzindo restrições em algumas aplicações e custos de produção competitivos em relação aos polímeros convencionais.

b) Regra dos Eleitos

Os complementadores, em sua maioria, fornecedores de aditivos e de blendas, permitem modificações nas propriedades do material e ampliar a gama de aplicações para o PLA. Os produtores de aditivos têm se empenhado e contribuído de forma representativa no desenvolvimento de soluções para problemas considerados crônicos ao PLA. Estes participantes, que estão entre os “eleitos” apontados por Gladwell (2000), são fundamentais para a transição do PLA. Pode-se afirmar que, além de especialistas, estes agentes agem como comunicadores e vendedores, pois contribuem para aumentar

o conhecimento do material entre os utilizadores finais, formando um tecido social em torno do produto.

No regime atual, dominado pelos produtos petroquímicos, estão os potenciais utilizadores finais, empresas que compram os materiais transformados, como as indústrias de bens de consumo, higiene, limpeza, alimentos, varejo, etc. Estes atores têm papel determinante no processo de inovação (VON HIPPEL, 1988) e na adoção de novos materiais, como os bioplásticos. São agentes detentores da governança, exercendo forte coordenação das atividades da cadeia produtiva dos plásticos (OROSKI, 2007). Os utilizadores finais decidem qual material adotar ou substituir, portanto, uma maior aproximação com estes agentes torna-se uma condição básica para que ocorra a transição nicho-regime. A formação de parcerias com utilizadores finais, sobretudo com aqueles que exercem prestígio entre outros atores da cadeia, é uma estratégia a ser tomada pelo inovador. Ao longo de sua trajetória, a Natureworks promoveu parcerias com as empresas Danone, Wal Mart, Toyota, entre outros (NATUREWORKS, 2012; ICIS, 2011), sinalizado a atenção dada a este aspecto.

Em sua trajetória, não surgiram novos produtores importantes e destaca-se uma participação limitada dos produtores petroquímicos na condução dos projetos que envolvem o PLA.

c) Poder do Contexto

O contexto favorável às soluções alternativas aos materiais de origem fóssil estimulou o ressurgimento do interesse nos bioplásticos, entre eles o PLA. A participação dos governos é primordial para o desenvolvimento dos bioplásticos, atuando através de políticas e programas de apoio à adoção, criação de mecanismos normativos, fornecimento de linhas de financiamento diferenciadas para pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, incentivos à cooperação entre empresas e universidades e, finalmente, provendo capital para projetos de alto risco tecnológico.

Segundo Hermann *et al* (2011), todavia, ainda parecem tímidas as ações governamentais voltadas para estimular o uso da biomassa para a produção de bioprodutos. As políticas atuais concentram-se no uso da biomassa para a produção de energia e combustíveis e entre as políticas vigentes observadas para o uso da biomassa

na produção de bioprodutos não há convergência. Algumas se orientam pelo estímulo ao uso da biomassa e outras pela avaliação da análise do ciclo de vida do produto. E ainda, as medidas concentram-se em grupos de produtos específicos, como o uso de sacolas plásticas (HERMANN *et al*, 2011).

Na Europa, a Comissão Européia criou um grupo para discutir e apoiar as iniciativas ligadas ao desenvolvimento dos bioprodutos, *Advisory Group for Bio-based Products*, formado por governos nacionais, empresas e acadêmicos. Tal comissão estabeleceu prioridades como a permissão para a redução de impostos sobre os bioprodutos e a liberação dos bioplásticos para entrarem nos sistemas de reciclagem, compostagem ou recuperação energética, dependendo do tipo de bioplástico (EUROPEAN COMMISSION, 2009). Em 2012, os Estados Unidos lançaram o *National Bioeconomy Blueprint*, que insere a bioeconomia como um dos pilares para o desenvolvimento econômico norte-americano, esperando promover a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias através de suas agências governamentais (THE WHITE HOUSE, 2012). No Japão, o governo estabeleceu uma meta de penetração de 20% dos bioplásticos até 2020 (JAPAN BIOPLASTICS ASSOCIATION, 2012).

Nos Estados Unidos e em alguns países da Europa, mecanismos normativos como o estabelecimento de preferências por bioprodutos nas compras governamentais são condicionadas à avaliação da performance dos materiais, sua disponibilidade e competitividade em custos, o que limita sua maior penetração. Resta conferir o avanço de medidas e programas em futuro próximo que permitam a criação de quadros regulatórios favoráveis à maior participação dos bioplásticos.

As dimensões críticas, retiradas dos fatores chave do *tipping point*, para a transição do PLA de mercados específicos para o regime, discutidas anteriormente são resumidas no Quadro 2.4 a seguir.

Quadro 2.4. Dimensões críticas para a transição do PLA.

Dimensões críticas	PLA: do nicho para o regime?
Fator de fixação	Material <i>biobased</i> , biodegradável. Observam-se esforços para melhorar as propriedades técnicas, simplificar processos de obtenção, reduzir seu custo de produção e permitir maior gama de aplicações do material.
Regra dos Eleitos	Os atores relacionados à matéria-prima, biomassa e ácido lático lideram os projetos de desenvolvimento do PLA; agentes complementadores, como fornecedores de aditivos e blendas, contribuem para melhorias de propriedades e aumentam o grau de conhecimento do material; utilizadores finais agem como “comunicadores” da adoção e participam do processo de inovação.
Poder do Contexto	A paisagem estimulou soluções alternativas ao regime atual baseado em petróleo como matéria-prima para a produção dos plásticos. Os estímulos envolvem a maior consciência ambiental, maior apelo por produtos como menor <i>footprint</i> ambiental e incentivos governamentais, como doações e legislações a favor do uso dos bioplásticos, colaboram para aumentar o número de projetos e firmas participantes. Quanto aos incentivos governamentais, há ainda necessidade de maior convergência nas ações propostas.

Fonte: Elaboração própria.

Os pontos explorados neste exemplo demonstram a dificuldade do PLA para se consolidar como um plástico de volume e com maior penetração em mercados fora de nichos, principalmente na dimensão Fator de Fixação, visto a necessidade de evolução das propriedades técnicas do produto, redução do custo de produção e simplificação do processo de produção. A visão do CEO da Natureworks, Marc Verbruggen, ratifica esta afirmação. Para ele, a próxima batalha da empresa está no *downstream*, ou seja, na luta contra os polímeros de base fóssil. O executivo destaca que entre os principais desafios dos bioplásticos precisam superar estão relacionados à matéria-prima, custo e análise de ciclo de vida do produto (PLASTICS TECHNOLOGY, 2011).

2.3.2. A TRAJETÓRIA DO PE VERDE DA BRASKEM

Dois projetos para a produção em escala comercial do polietileno verde (PE verde) foram anunciados nos anos 2000, ambos no Brasil: o projeto da petroquímica brasileira Braskem e da petroquímica norte-americana Dow.

O projeto da Dow, anunciado em 2007, para uma planta de 350.000 toneladas/ano de polietileno com expectativa inicial de partida em 2011, depois de atrasos em sua execução, foi recentemente cancelado pela empresa. Em parceria com a japonesa Mitsui, o projeto seria o maior investimento da Dow na área de renováveis, totalmente integrado, ou seja, envolveria as etapas desde a plantação de cana-de-açúcar, produção de etanol e até a posterior produção de eteno e polietileno (DOW, 2011; ICIS, 2011). O projeto, estimado em US\$ 1,5 bilhão, foi descontinuado com a justificativa dada pela Dow em se dedicar no curto prazo aos projetos mais rentáveis, sobretudo nos Estados Unidos, após a descoberta de grandes reservas de “*shale gas*”, o que impactou drasticamente o preço do gás natural, permitindo o retorno da petroquímica ao país (VALOR ECONÔMICO, 2012).

- Processo de obtenção

O monômero eteno é produzido a partir da desidratação do etanol, obtido da fermentação da biomassa cana-de-açúcar. Um esquema da produção do PE verde é ilustrado na Figura 2.9, mais adiante.

Já havia na empresa a tecnologia para a produção do eteno a partir de cana-de-açúcar. Nos anos 80, a Salgema, uma das empresas que depois fariam parte da Braskem, já produzia 100.000 toneladas/ano de eteno verde utilizado para a produção do PVC. Outro ponto que somou à decisão de investir no PE verde é que havia uma capacidade de polimerização disponível no estado do Rio Grande do Sul, o que reduziu drasticamente o investimento da empresa para produzir o PE verde (MORSCHBACKER, 2012).

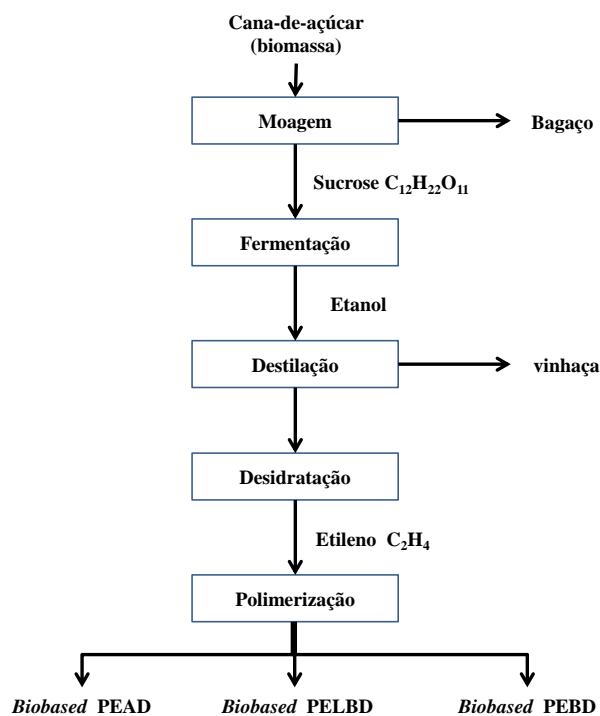


Figura 2.9. Esquema simplificado da produção do PE verde de cana-de-açúcar.

Fonte: Elaboração própria.

- Propriedades técnicas

O PE verde é idêntico ao PE petroquímico em propriedades físicas. Por terem as mesmas propriedades técnicas e de processabilidade da resina fóssil, não há necessidade de novos investimentos em equipamentos e ajustes técnicos para processar o plástico verde. Essa é uma vantagem importante para a indústria de transformação (BRASKEM, 2012a). Por ser uma solução *drop in*, o material já é amplamente conhecido por suas propriedades técnicas e não requereu investimentos em aprendizado para aplicações já amplamente difundidas entre as empresas transformadoras e os utilizadores finais. E ainda, não exigiu ajustes ou mudanças em máquinas e equipamentos dos transformadores, o que reduz o custo de mudança dos utilizadores finais.

Para cada tonelada de polietileno verde produzido são capturados e fixados até 2,5 toneladas de CO₂, o que traz uma balança sustentável para o produto, em contraposição ao PE petroquímico que emite 2,1 toneladas de CO₂ por tonelada produzida do polímero. A Braskem justifica a reciclabilidade do produto por seu alto

valor agregado e pela possibilidade de ser reciclado várias vezes, permitindo que o CO₂ capturado durante o cultivo da cana-de-açúcar permaneça fixado.

Em 2011 o PE verde da Braskem recebeu a certificação máxima da empresa belga Vinçotte, principal instituição de avaliação de produtos com conteúdo de origem renovável. Tal certificação permite a utilização do selo “*Ok biobased*”.

- Custos de Produção

A produção de polímeros verdes exige das empresas inovadoras uma nova lógica de acesso à matéria-prima, muito diferente da lógica da escala e disponibilidade das matérias-primas fósseis na petroquímica. Os projetos exigem parcerias com empresas produtoras de substrato, como cana-de-açúcar, milho, beterraba e outros e, gestão logística sobre o recebimento dessas matérias-primas. Seus custos de produção dependem fortemente dos preços de aquisição do etanol, que por sua vez segue os preços de sua matéria-prima, o açúcar e os preços de energia.

A incerteza em investimentos baseados em etanol pode ser endereçada à insegurança no suprimento (efeitos sazonais, clima, estrutura da indústria de cana-de-açúcar) e às flutuações na oferta de açúcar e consequentes oscilações de seus preços¹⁶, resultado do aquecimento de mercados, eventuais perdas de safras e menores produções de grandes países fornecedores.

Além da forte oscilação observada nos preços do açúcar, para estabelecer uma indústria a partir do etanol de cana-de-açúcar, faz-se necessária uma articulação para garantia de suprimento da matéria-prima. Para viabilizar o seu projeto, que tem como estimativa o consumo anual de 450 mil metros cúbicos por ano de etanol, representando cerca de 3 a 4% da demanda brasileira, a Braskem precisava estabelecer contratos de fornecimento da matéria-prima. Em março de 2010, a empresa assinou um contrato para fornecimento de etanol com um grande produtor para abastecimento de sua planta de eteno verde que garante uma quantidade anual de etanol suficiente para suprir aproximadamente 26% da capacidade da planta de eteno (RELATÓRIO ANUAL 20 F BRASKEM, 2011).

¹⁶ Preços consultados no site www.indexmundi.com

Um dos fatores que tem ajudado à Braskem na aquisição de etanol foi a recente consolidação do setor (MORSCHBACKER, 2012) que permitiu a empresa negociar com um menor número de fornecedores e atuar não apenas no suprimento, como também, na garantia de boas práticas de sustentabilidade. É razoável admitir que seus clientes não apreciassem comprar um produto “verde”, mas socialmente e ambientalmente incorreto. Para tanto, a empresa desenvolveu o chamado Código de Conduta para Fornecedores de Etanol que atende às exigências da Bonsucro¹⁷ (RELATÓRIO ANUAL 20 F BRASKEM, 2011).

Para viabilizar o recebimento de um volume expressivo de etanol sem interrupções, a empresa investiu em infraestrutura logística, como tanques de armazenagem, obras no Terminal Santa Clara e estocagem na empresa Granel, no Porto de Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul. A logística de recebimento do etanol utiliza a multimodalidade para chegar à planta, podendo ser entregue por via marítima-fluvial ou férrea em sua planta (JORNAL DO COMÉRCIO, 2009; MORSCHBACKER, 2012).

Além das medidas relacionadas à aquisição e logística do etanol, contribuiu para a redução do custo de produção da empresa, a sua localização dentro da central petroquímica da empresa em Triunfo, no Estado do Rio Grande do Sul. Com isso, o projeto se beneficiou da estrutura presente reduzindo o investimento e os custos operacionais da planta. O projeto pode se beneficiar de toda a infraestrutura da empresa, como escritório, laboratório, geração de utilidades, serviços administrativos. Outro ponto importante foi o avanço na área de catalisadores que permitiu uma redução entre 3 e 4% em seu custo de produção¹⁸.

¹⁷ A Bonsucro (Better Sugarcane Initiative) é uma iniciativa global, que desenvolveu um padrão métrico de certificação, e tem como objetivo a promoção da produção sustentável de cana-de-açúcar e seus derivados, nas dimensões social, ambiental e econômica.

¹⁸ Este ponto será explorado com mais detalhes no capítulo 4 desta tese.

- Verificação dos Fatores Críticos do *Tipping Point* na Trajetória do PE verde

a) Fator de fixação

Segundo Morschbacker (2012), o fato do PE verde ser um *drop in* se tornou a grande vantagem comparativa do bioplástico em relação às alternativas em bioplásticos. Essa vantagem reside em menores investimentos em ativos complementares no lado da demanda, já que os transformadores não precisam trocar ou adaptar máquinas e equipamentos, podendo processar o PE verde e o PE petroquímico nos mesmos ativos.

Para os utilizadores finais, além do conceito *biobased* que possibilita ações de marketing junto aos consumidores, por apresentar um produto igual em propriedades técnicas ao polímero petroquímico, permite sua substituição direta sem custos associados.

Outro ponto refere-se à análise favorável de seu ciclo de vida, capturando 2,5 toneladas de CO₂ por tonelada de polímero produzido (BRASKEM, 2012a).

b) Regra dos Eleitos

Para a Braskem, a participação dos utilizadores finais, “eleitos comunicadores” (Gladwell, 2000), foi fundamental para a aprovação do projeto da planta em escala comercial e para a rápida adoção do material pelo mercado. Estes agentes atuaram como comunicadores e transmissores dos elementos que compõem o fator de fixação do PE verde.

A decisão pelo investimento na planta comercial foi impulsionada pela aproximação estabelecida com utilizadores finais, iniciada com a empresa japonesa Toyota que firmou um contrato para a comercialização do material na Ásia através de uma de suas subsidiárias, a Toyota Tsusho (TOYOTA TSUSHO, 2008). Outras parcerias com utilizadores finais seguiram e permitiram uma diminuição dos riscos para o projeto da planta em escala comercial. Desde o início, estas parcerias com os utilizadores finais trouxeram uma grande visibilidade para o projeto e para a empresa, que apesar de ser a líder petroquímica na América Latina era pouco conhecida

internacionalmente (MORSCHBACKER, 2012). A aproximação com os utilizadores finais, agentes do regime existente, até então, compradores dos transformados plásticos produzidos com polímeros convencionais, dava sinais de que o projeto nascia no próprio regime e não estava sendo gerado em algum tipo de nicho específico.

Outro “eleito” é a própria Braskem, grande fornecedora do polietileno convencional, sendo assim, especialista e grande conhecedora das propriedades técnicas do polímero, podendo atuar fortemente no desenvolvimento de aplicações junto aos utilizadores finais.

c) Poder do Contexto

Os projetos do PE verde da Braskem e da Dow surgiram em um período em que a paisagem estimulava soluções alternativas ao uso dos derivados do petróleo ao longo da década de 2000. Conforme já explicado anteriormente, o aumento do apelo dos produtos verdes e os incentivos aos projetos relacionados ao uso da biomassa e à produção de bioprodutos cresceram, estimulando empresas e capitalistas para a realização de investimentos. Portanto, o interesse pelos bioplásticos, em grande parte descobertos antes de tal cenário estimulador, emergiu em uma tentativa clara de deslocá-los dos nichos onde atuavam por décadas, em aplicações específicas e volumes pequenos, para o regime. Mas, ao mesmo tempo, o regime ainda existente, dominado pela produção dos plásticos a partir de origem fóssil, promoveu barreiras importantes aos *drop in* como o PE verde, resultantes de custos ainda elevados, escalas reduzidas, a necessidade de investimentos em ativos complementares e específicos e incertezas no suprimento de matérias-primas.

Os pontos explorados neste exemplo demonstram que o PE verde conseguiu reunir fatores positivos para compor as dimensões críticas para o *tipping point*, apesar de o material ter como fragilidade a sua forte dependência à oferta e aos preços do etanol e do açúcar. Ficou clara a importância da aproximação com os utilizadores finais para a realização do projeto e sua adoção pelo mercado. As dimensões críticas, retiradas dos fatores chave do *tipping point*, explorados nesta seção, para a transição do PE verde para o regime são mostradas no Quadro 2.5 a seguir.

Quadro 2.5. Dimensões críticas para a transição do PE verde.

Dimensões críticas	PE verde: transição para o regime?
Fator de fixação	<i>Biobased, drop in</i> (propriedades idênticas ao material convencional), menor <i>footprint</i> ambiental comparado ao PE convencional, menor custo de mudança para os utilizadores finais (conhecimento adquirido e amplamente difundido, menores investimentos em ativos específicos).
Regra dos Eleitos	As empresas petroquímicas (“especialistas”) conduzem os projetos de PE verde, pois dominam os conhecimentos de polimerização e acessam ativos complementares. A forte aproximação com os utilizadores finais promove o material ao mercado (“comunicadores”).
Poder do Contexto	A paisagem estimulou soluções alternativas ao regime atual baseado em petróleo como matéria-prima para a produção dos plásticos. Os estímulos envolvem a maior consciência ambiental, maior apelo por produtos como menor <i>footprint</i> ambiental e incentivos governamentais, como doações e legislações a favor do uso dos bioplásticos, colaboram para aumentar o número de projetos e firmas participantes.

Fonte: Elaboração própria.

2.3.3. DINÂMICA DA TRANSIÇÃO DOS EXEMPLOS EXPLORADOS

A transição dos bioplásticos, inovações sistêmicas, envolve a consideração de múltiplos fatores e não apenas as questões relacionadas às propriedades técnicas dos materiais. Os dois exemplos explorados, o PLA, não *drop in* e o PE verde, *drop in*, sinalizam perspectivas diferentes na dinâmica de transição dos bioplásticos, que serão exploradas nesta seção. Os dois exemplos evidenciam como a transição dos bioplásticos pode apresentar dinâmicas distintas, dependendo se um material é *drop in* ou não *drop in*. Tal abordagem é valiosa para que se tenha uma melhor compreensão da transição desses materiais, o que permite o endereçamento de ações específicas para os agentes envolvidos, como as empresas inovadoras, fornecedores, utilizadores finais, transformadoras, governos e a sociedade, em um contexto mais amplo dos impactos destes materiais sobre o regime sociotécnico.

O PLA, biopolímero não *drop in*, ainda precisa de ajustes consideráveis tanto em propriedades do material quanto em simplificação de seu processo produtivo e redução

de custos para que se criem condições de competir com os plásticos convencionais e não se limite ao confinamento em nichos específicos de mercado ou a uma participação tímida em mercados mais amplos. Esta é uma trajetória desafiadora para o material, liderada pelas empresas Natureworks e Purac, mais ativas em seu processo de desenvolvimento. Inicialmente encapsulado em nichos de mercado, a partir de estímulos da paisagem em busca de alternativas ao petróleo para a produção de polímeros, ele tenta alcançar o regime.

A localização dos recursos para a transição encontra-se, em sua maioria, dentro do regime sociotécnico existente, o petroquímico e, percebe-se baixa coordenação na resposta aos estímulos promovidos pela paisagem. Para que este bioplástico possa atingir volumes que o caracterize como “plástico de volume” são necessárias algumas ações, definidas como capacidades adaptativas por Berkhout (2002), como:

- a criação e o desenvolvimento de novos mercados para o PLA, atualmente dominados pelos plásticos convencionais de base fóssil, havendo, portanto um confronto entre as propriedades do PLA e de materiais sucedâneos, como o PET, o PP e PS;

- a formação de parcerias com utilizadores finais e transformadores é recomendada para: reduzir as assimetrias de informação entre os agentes, o que contribui para a percepção de risco e oportunismo entre os agentes e acelerar o nível de conhecimento e aprendizado do mercado. Tais utilizadores e transformadores precisam investir em novos ativos ou promover significativas adaptações em ativos existentes, como máquinas e equipamentos, além de acessar novos conhecimentos (propriedades físicas para aplicação do material) que levem ao desenvolvimento de novas aplicações;

- a aquisição de novos conhecimentos para proporcionar melhorias no processo e no produto, cujas propriedades ainda limitam o PLA a algumas aplicações de nicho. Em processos, observam-se esforços para a redução do número de etapas e para a simplificação da etapa de purificação com conseqüente redução do custo de produção. O desenvolvimento de matérias-primas mais competitivas, como o uso do açúcar de segunda geração, pode representar custos mais competitivos aos bioplásticos. Em relação ao produto, o PLA apresenta algumas propriedades que são inadequadas para uma série de aplicações no regime, como por exemplo, baixa taxa de cristalização, baixa resistência ao impacto, baixo alongamento na ruptura e baixa resistência térmica. Outras

dificuldades técnicas apresentadas pelo PLA referem-se às propriedades de barreira inferiores a outros polímeros para pequenas moléculas, como oxigênio e vapor d'água (PILLAI, 2011; RASAL *et al*, 2010). Entretanto, essas propriedades podem ser melhoradas pelo emprego de aditivos.

Para criar uma agenda ao PLA, esperam-se esforços relevantes diante de uma observação de uma extensa frente de desenvolvimentos em produto e processo. Inicialmente vendido por sua biodegradabilidade, o material tem sido ofertado ao mercado por suas propriedades técnicas e, inclusive, têm sido empregados aditivos para aumentar o seu tempo de vida em aplicações voltadas para produtos semiduráveis. Os produtores do PLA ainda não parecem ter definido os segmentos a serem explorados e, portanto, priorizados. Na trajetória do PLA passaram diferentes atores, desde produtores de açúcar, produtores de ácido láctico, empresas petroquímicas, fornecedores de aditivos, produtores de blendas, transformadores e utilizadores finais. São múltiplos atores que podem ter “visões” naturalmente diferenciadas para a formação de uma agenda convergente.

O projeto Natureworks, que nasceu da Cargill, produtora de açúcar, foi em busca de um parceiro no regime predominante, a petroquímica, para ter acesso às competências relacionadas à conversão do material e ao desenvolvimento de aplicações. A ausência de um agente mais próximo ao *downstream* representa uma barreira importante para a transição. A Purac, produtora de ácido láctico, portanto, distante das competências relacionadas ao *downstream* (polimerização e transformação), propõe um MN diferenciado para participar da difusão do PLA.

Em particular, a trajetória do PLA apresenta uma presença marcante dos produtores de biomassa (Cargill, Finasucre) e do ácido láctico (Purac, Galactic), em contraposição a uma participação mais tímida dos agentes relacionados à petroquímica. Participam atores mais próximos à matéria-prima (*upstream*) e distantes dos transformadores e utilizadores finais (*downstream*), o que empreende um desafio importante para o desenvolvimento do PLA. A consequência direta deste fato é que o desenvolvimento do PLA por estes atores exigirá determinados ativos complementares ainda não acessados.

Um ponto que merece destaque no contexto da transição dos bioplásticos é que ainda há incertezas de quais serão os atores que conduzirão e dominarão os projetos de

desenvolvimento desses materiais: aqueles ligados à matéria-prima (açúcar), aqueles mais próximos da demanda ou ambos? Não definidos os condutores, maior a dificuldade para a coordenação e a formação de uma agenda de desenvolvimento.

Finalmente, a transição proposta para o PLA para se tornar um plástico de volume envolve uma agenda desafiadora em várias dimensões (produto, processo, tecnologia, matéria-prima, reciclagem, MN), tendo os inovadores que acessar recursos e agentes localizados dentro do regime dominado pela petroquímica.

A trajetória do PE verde, *drop in*, indicou que a inovação surgiu dentro do próprio regime sociotécnico existente e não de nichos específicos. Isto porque os recursos e os agentes necessários encontravam-se no regime, pois:

- não houve a necessidade de criação de novos mercados, já que o mercado para o PE verde (*drop in*) faz parte do regime existente, tratando-se do mesmo material em propriedades técnicas ao petroquímico;

- o PE verde utilizou os mesmos ativos do PE petroquímico no *downstream* (máquinas e equipamentos de transformação) sem exigir investimentos em especificidades. Os custos de mudança (PORTER, 1980) para os utilizadores finais são reduzidos, pois as firmas já conhecem amplamente o material e não é necessário investir em ativos complementares específicos;

- a Braskem, a inovadora, é um agente do próprio regime e se aproximou das firmas utilizadoras finais, também pertencentes ao regime, para garantir sua adoção como material diferenciado. A aproximação direta com essas firmas, como Toyota, Tetra Pak, Nestle, Johnson & Johnson e outros (Braskem, 2012e) proporcionaram um relacionamento direto e o estabelecimento de contratos de fornecimento de longo prazo que trouxeram reduções nas assimetrias de informação entre os agentes, acelerando o nível de conhecimento do mercado sobre o projeto e aumentando a taxa de adoção do bioplástico.

Para produzir o PE verde, a Braskem teve que buscar um recurso “fora” do regime sociotécnico, o suprimento do etanol. A empresa firmou parcerias e acordos de fornecimento com as usinas produtoras de etanol para garantia de suprimento e investiu em uma infraestrutura de recebimento.

A agenda de desenvolvimento dos *drop in* naturalmente se concentra no *upstream*, na maior competitividade ao acesso à matéria-prima, todavia, não necessariamente deve ignorar a chance de desenhar novas abordagens junto aos utilizadores finais e transformadores, o que ficou explícito com o caso Braskem. A empresa realizou contatos diretos com os utilizadores finais, atuação distinta do MN vigente para os polímeros convencionais.

Pode-se afirmar que, neste caso, não há apenas uma competição direta entre o *drop in* e o polímero convencional, podendo haver certa complementaridade e coexistência entre o polímero verde e o polímero convencional. O material convencional reciclado pode ser agregado ao material produzido a partir de fontes renováveis compondo soluções interessantes para algumas aplicações. Morschbacker (2012) citou a utilização de PE convencional reciclado complementado com o PE verde para a fabricação de alguns produtos (exemplo: Johnson e Johnson, que usa PE verde e o PE reciclado para a fabricação da embalagem do protetor solar Sundown).

Finalmente, um quadro analítico que resume as explorações nos exemplos do PLA e do PE verde é mostrado no Quadro 2.6 a seguir. O PLA, um material não *drop in*, que surgiu em nichos, encontra-se em um processo de transição ao regime. O desafio das empresas inovadoras, mais ligadas à matéria-prima (biomassa e ácido lático), está em acessar recursos e articular com agentes do regime. Além disso, a agenda de desenvolvimento é extensa, abrangendo desafios no fornecimento da matéria-prima, processo e no desenvolvimento da demanda. O PE verde, um *drop in*, surgiu dentro do regime, sendo conduzido por uma empresa do regime e com uma agenda de desenvolvimento orientada para o fornecimento de matéria-prima.

Quadro 2.6. Observação das dimensões críticas para a transição nos exemplos do PLA e do PE verde.

DIMENSÕES CRÍTICAS	PLA (não <i>drop in</i>)	PE verde (<i>drop in</i>)
Dinâmica da transição	Do nicho para o regime	Surge a partir do regime
Origem dos recursos	Recursos de fora do regime (petroquímico): criação de novos mercados para introdução do PLA (competição com outros polímeros); acesso a novos conhecimentos (melhorias do produto, processo e desenvolvimento do açúcar de segunda geração); necessidade de redução do custo de mudança (investimentos em ativos complementares específicos e assimetria de informação).	Recursos de dentro do regime atual (petroquímico): mercados já existentes; produto com as mesmas propriedades técnicas do PE petroquímico e amplamente conhecido; utilização de ativos complementares já disponíveis, menores investimentos; relação direta com os utilizadores finais (redução de assimetrias de informação).
Agenda	<i>Upstream</i> (fornecimento de matéria-prima), processo de produção e no <i>downstream</i> (desenvolvimento de demanda)	<i>Upstream</i> (fornecimento de matéria-prima)

Fonte: Elaboração própria.

2.4. DROP IN OU NÃO DROP IN?

Entre os bioplásticos, uma divisão entre materiais *drop in* e não *drop in* parece tomar maior importância recentemente, visto a inversão no peso conferido aos primeiros para a projeção da oferta futura. Os materiais *drop in*, como o PE verde, têm encontrado maior espaço nas projeções futuras para os bioplásticos. Esse maior espaço advém de uma menor percepção de riscos pelos agentes envolvidos, principalmente os utilizadores finais, pois os *drop in* emergem sem a necessidade de confronto com o *downstream* no regime estabelecido e exigem mudanças estruturais gerenciáveis pelos inovadores. Ou seja, o *drop in* PE verde não saiu de um nicho específico, tendo sido desenvolvido dentro do regime existente (a petroquímica) e de acordo com as políticas, normas e restrições vigentes. Atende à paisagem quando esta pressiona o regime atual em busca de uma alternativa ao petróleo (conceito *biobased*) e ao regime quando seu

desenvolvimento não rompe com as regras atuais (menor impacto em firmas, ativos complementares, estrutura de governança, padrões de consumo).

A mais rápida adesão das firmas inovadoras e dos utilizadores finais aos *drop in*, comunica ao mercado e à sociedade que estes se interessam pelos bioplásticos, mas com certa “cautela” pelo menos no primeiro momento. Suas escolhas são certamente orientadas pela opção de menor risco e investimento e refletem condições e estímulos propostos pela paisagem.

Patrick R. Gruber, CEO da Gevo, empresa que planeja produzir butanol a partir de fontes renováveis para a produção de químicos e combustíveis, atuou por mais de vinte anos na Cargill dentro do projeto de desenvolvimento do PLA. Em entrevista à *Chemical & Engineering News* (2011) dividiu as lições aprendidas com o projeto:

“To a consumer, a cup is a cup is a plastic cup.” But to industrial customers, PLA represented additional costs. Tests had to be conducted. Supply chains had to be redirected. Molding machines had to be changed. “Lesson learned: Don’t do anything new,” Gruber concluded. He has taken this lesson with him to Gevo. The company plans to sell biobased isobutyl alcohol, a four-carbon alcohol, as a drop-in replacement for petrochemically derived isobutyl alcohol. And as a fuel component, isobutyl alcohol can be blended directly with gasoline with fewer complications than ethanol.

“Our game is really all about cleaner, greener, cost competitive or cheaper; to make the exact same molecules that the petrochemical industry knows how to use—and use reliably. From that we can make a business,” Gruber says.

The other lesson he took away from his time at NatureWorks was about money. Building a facility to scale up PLA manufacturing cost \$300 million. For a young enterprise, that level of capital investment can be a handicap when it has to compete against established firms. “It was brutal, expensive, and hard,” Gruber says. “I’m not doing that again.” (*Chemical and Engineering News*, 2011, p.14-16)

A posição de Gruber ilustra as dificuldades enfrentadas pelos materiais não *drop in* como o PLA, que por ser um material relativamente “novo” ao regime, ainda com propriedades técnicas limitadas e custos de produção elevados, sofre certa pressão diante dos investidores e competidores.

Parece que, neste momento, somente a biodegradabilidade não representa uma proposição de valor capaz de levar os bioplásticos não *drop in* para mercados mais amplos. Esta ampliação no fator de fixação vem exigindo das empresas inovadoras maior habilidade para lidar com o regime existente na tentativa de uma agenda de

desenvolvimento. A definição de quais atributos devem direcionar seus produtos poderá ser um ponto chave de “liga” com o regime e a paisagem.

Ao observar a maior participação dos *drop in* na oferta futura dos bioplásticos, uma pergunta deve ser endereçada sobre a transição desses materiais: o crescimento dos *drop in* pode de alguma forma contribuir para a transição dos não *drop in*? Acredita-se que alguns pontos reforçam o pressuposto de que o avanço nos chamados *drop in* pode, pelo menos nesta fase inicial, contribuir para a estruturação da futura indústria dos bioplásticos, tais como:

- **Crescimento do conceito *biobased*:** supõe-se que com a expansão dos materiais *drop in*, o conceito *biobased*, ou seja, produzido a partir de fontes renováveis, será mais difundido e aceito entre firmas, utilizadores finais, consumidores, formuladores de políticas públicas e sociedade em geral. Tal difusão certamente contribuirá para que a indústria avance para outras soluções que ofereçam produtos *biobased*.

- **Estruturação da Cadeia Logística:** o crescimento dos *drop in* permitirá uma maior importância dos bioplásticos sobre a demanda de matérias-primas renováveis. É uma oportunidade para o alcance de escala, desenvolvimento de tecnologias de seleção e tratamento de matérias-primas e estímulos adicionais para o desenvolvimento do açúcar de segunda geração. A escala obtida com os *drop in* reduzirá parte dos investimentos necessários para o desenvolvimento dos não *drop in*, via economia de escala em suprimento de matérias-primas e economia de escopo, quanto aos ativos complementares relacionados à oferta. Maior será também o aprendizado para lidar com a nova lógica que envolve as matérias-primas renováveis, sendo esta bem distante daquela observada nas matérias-primas de origem fóssil.

- **Formação de firmas e projetos bem-sucedidos:** Quanto mais projetos em escala comercial e bem-sucedidos, ainda que primeiramente, no conceito *biobased* não biodegradável, maior será a atração de novas firmas e investidores para os projetos relacionados aos bioplásticos. Além disso, reduz parte da incerteza atribuída à nova indústria por financiadores públicos ou privados, o que é essencial para atrair diferentes tipos de origens de recursos para financiamento dos projetos e redução do custo de capital.

Por exemplo, um projeto como do PE verde da Braskem, *drop in*, criado e desenvolvido dentro do regime existente já foi capaz de estimular novos investimentos da firma em bioprodutos não necessariamente *drop in* (MORSCHBAKER, 2012). Supõe-se, portanto, a identificação de um mecanismo de reforço a partir dos *drop in* para o desenvolvimento de soluções não *drop in*.

O caso PLA explora as principais dificuldades de um material não *drop in*: “novo” para o regime, com baixo grau de conhecimento do mercado sobre suas propriedades; requer ajustes em propriedades; demanda adaptações e investimentos em ativos complementares e específicos; é necessário criar novos mercados e aplicações; compete com os polímeros convencionais, o que o põe em desvantagem já que os custos de obtenção são comparativamente elevados devido aos processos complexos e às baixas escalas de produção.

O caso PE verde deixa de forma visível as vantagens de um *drop in* na transição para o regime: material idêntico ao plástico convencional em propriedades e, portanto, pode utilizar os ativos complementares dos plásticos convencionais sem necessidade de ativos específicos, o que reduz o custo de mudança dos utilizadores finais; suas propriedades são conhecidas dos transformadores e utilizadores finais; utiliza recursos de dentro do regime predominante, a petroquímica.

Tais vantagens não significam que as soluções *drop in* não representem desafios para as firmas inovadoras e adaptações no regime. Tanto os não *drop in* quanto os *drop in* precisam acessar matérias-primas competitivas, processos de produção mais eficientes e escalas de produção maiores para uma competição com os polímeros convencionais se desejam dispor de maior participação no consumo de termoplásticos e não depender exclusivamente do preço do petróleo, como estímulo ou desestímulo para a sua produção.

Vale observar o quanto a indústria de bioplásticos poderá se limitar aos *drop in* em uma postura conservadora diante dos riscos observados nas trajetórias dos não *drop in*.

2.5. O PAPEL DO AMBIENTE NA TRANSIÇÃO

Os termoplásticos surgiram no contexto do crescimento da escala do refino e da abundância de matéria-prima (SPITZ, 1988; MOWERY e ROSENBERG, 1998). Como resultado, a indústria voltou-se para o aumento da versatilidade dos materiais e no subsequente crescimento das aplicações para a maior absorção dos polímeros. O rápido crescimento da produção no período pós-guerra foi impulsionado pelo aumento significativo do uso do polietileno, talvez o mais versátil entre os termoplásticos.

O polietileno, descoberto pela inglesa Imperial Chemical Industries (ICI), antes da Segunda Guerra Mundial, foi amplamente utilizado em aplicações militares durante o conflito, mostrando nitidamente que o material se encontrava em nichos específicos de aplicações. Entretanto, a liberalização do licenciamento de suas patentes, determinada pelo Departamento de Justiça dos Estados Unidos em uma sentença do processo antitruste contra a norte-americana Du Pont, que havia licenciado a tecnologia da ICI, permitiu a entrada de novos produtores do polietileno e sua rápida difusão (SPITZ, 1988; MOWERY e ROSENBERG, 1998).

Sob pressão do governo dos EUA, e como resultado dos projetos de produção conjunta durante a Segunda Grande Guerra, as tecnologias de processamento de produtos químicos e petroquímicos de grande escala foram amplamente difundidas entre as empresas dos Estados Unidos. Barreiras de entrada baseadas em tecnologia e patentes na indústria química foram reduzidas o que permitiu que as empresas de petróleo entrassem no ramo petroquímico (SPITZ, 1988; MOWERY e ROSENBERG, 1998).

O polipropileno, cuja produção comercial iniciou em 1957, época em que PE, PVC e PS já eram produzidos em escala e encontravam grande crescimento de demanda, teve como fatores críticos para a sua ascensão como plástico de volume, o desenvolvimento em catálise, que permitiu melhorias na qualidade do produto e a abundância de sua matéria-prima, o monômero propeno, largamente disponível. O custo de oportunidade do propeno era praticamente o seu valor energético. Com uma demanda favorável à introdução de materiais de baixo custo, a motivação para a produção do PP atraiu diversos competidores da indústria petroquímica (BOMTEMPO, 1994; SPITZ, 1988; LANDAU, 1998).

Vários fatores críticos se reuniram para o *tipping point* dos termoplásticos: o aprendizado no período da Guerra, com as aplicações específicas, a abundância de matéria-prima, derivada do crescimento do refino, o aumento da demanda por produtos com custos de produção competitivos que pudessem substituir materiais sucedâneos como madeira, vidro, alumínio e papel; o avanço da engenharia química que permitiu as grandes escalas de produção, o governo atuando sobre o contexto da difusão tecnológica e os avanços tecnológicos em catálise. É um exemplo de transição intencional, definida pela ampla utilização de recursos externos ao regime predominante e alta coordenação. A coordenação elevada é observada pelos estímulos congruentes da paisagem para a transformação, como a participação mútua dos governos e das firmas para o estímulo a tais materiais.

Já os bioplásticos surgem em um contexto de variedade em matérias-primas, tecnologias, produtos e aplicações, o que gera um esforço maior de coordenação. É um cenário um tanto “desconhecido”: Como formar uma agenda de inovação? Em que investir (tipo de produto, tecnologia, processo)? Quem vai ganhar o “jogo”?

O sistema sociotécnico dos bioplásticos, ilustrado na Figura 2.10, a partir dos atores identificados neste ensaio, abriga os fatores críticos para sua transição ao regime e deixa evidente o desafio para a coordenação. Tal sistema é composto por múltiplos agentes, relações, motivações e interesses, portanto, exige coordenação para a proposição de uma agenda.

Trata-se de uma indústria emergente em processo de transição. Entre os bioplásticos, alguns já haviam sido desenvolvidos muito tempo antes dos estímulos promovidos pela paisagem no final dos anos noventa: preços elevados do petróleo, maior consciência ambiental e surgimento de incentivos governamentais. Entretanto, com tais estímulos, rapidamente cresceu o interesse pelo desenvolvimento dos bioprodutos e em particular, os biopolímeros. Portanto, a paisagem sociotécnica abriu “janelas” de oportunidade para que diversos projetos e firmas inovadoras surgissem rapidamente.

O papel do ambiente é extremamente valioso para a transição tecnológica das inovações sistêmicas. Geels (2005) afirma que a difusão e o *breakthrough* (KEMPS *et al*, 2000) dependem tanto de circunstâncias externas quanto de fatores internos, embora estes não sejam explorados pelo autor. O governo, através de incentivos, subsídios,

doações, linhas de financiamento e mudanças nas legislações e padrões de emissão e descarte, torna-se um ator primordial para a transição das inovações sistêmicas, como é o caso dos bioplásticos.

O papel central do governo no apoio à pesquisa acadêmica, aliado à concessão de financiamentos para a realização de pesquisas pelas firmas permite a ampliação da difusão de novas tecnologias (FREEMANN, 1987; LUNDVALL, 1992). Além dos fatores explorados, o governo pode atuar colaborando para a formação de uma agenda de desenvolvimento.

A presença de um sistema nacional de inovação estruturado permite que esforços descoordenados possam ser alinhados em torno de uma agenda de desenvolvimento e inovação, através de um constructo social entre diferentes agentes e interesses (LUNDVALL, 1992). Tal caráter sistêmico torna-se imprescindível para o desenvolvimento de inovações com grande potencial de transformação social.

A introdução de políticas mais restritivas ao polímero de base fóssil, assim como o crescimento de incentivos governamentais e a disponibilidade de capital de risco para o financiamento de projetos configuram medidas importantes para acelerar a difusão dos bioplásticos. Deve-se, todavia, questionar a magnitude e a efetividade das ações governamentais propostas para estimular a transição desses materiais.

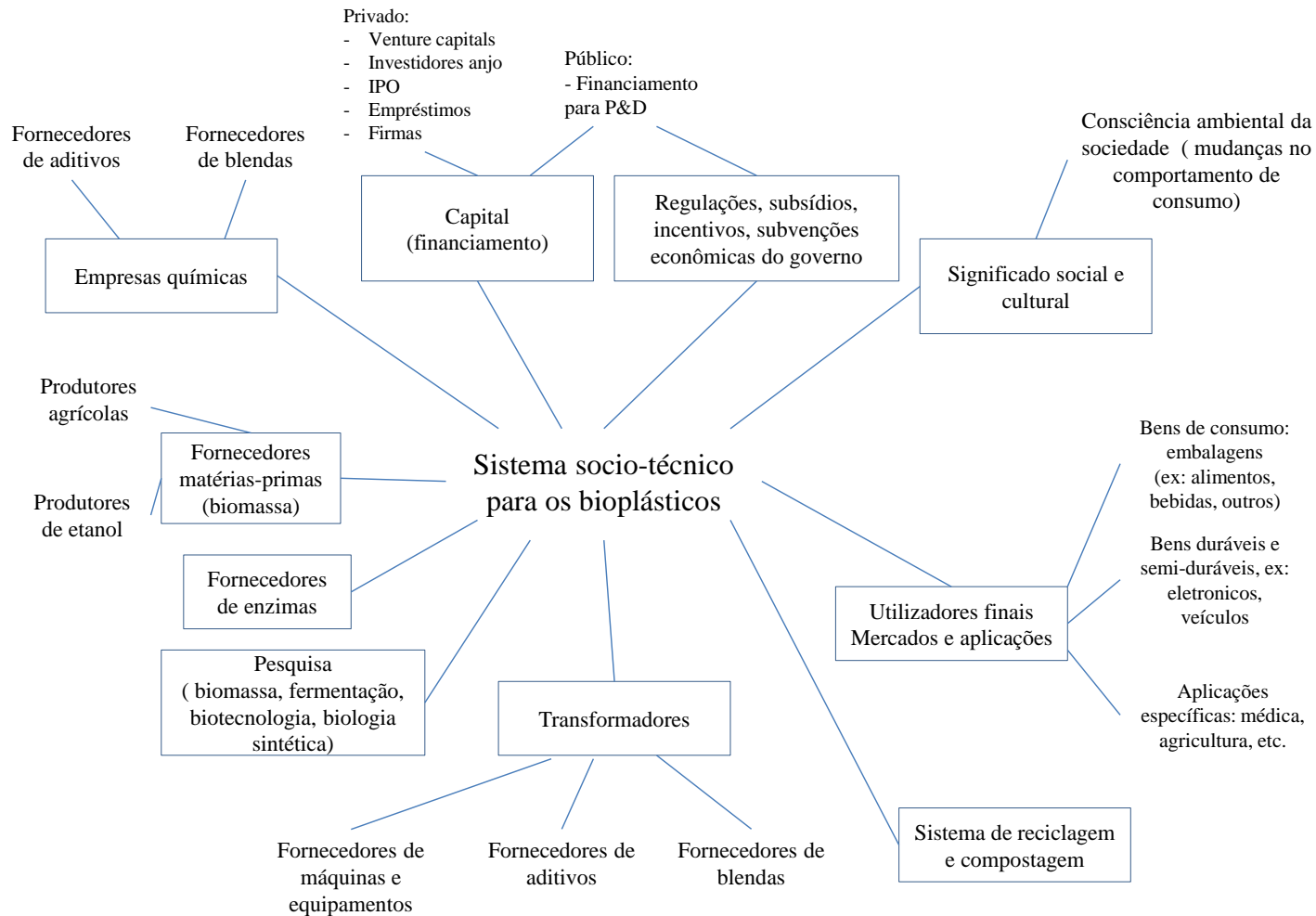


Figura 2.10. Esquema que ilustra o sistema sociotécnico dos bioplásticos.

Fonte: Elaboração própria.

2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do PLA e do PE verde serem exemplos de bioplásticos com plantas em escala comercial, não seria razoável admitir o atingimento do *tipping point* dos bioplásticos:

- primeiro, porque o conceito do *tipping point* parece se adequar mais ao conjunto de bioplásticos do que a um material em particular, já que neste estudo seu conceito aproxima-se à transição de um sistema. O sucesso de vários projetos e produtos diferentes somados irá configurar o *tipping point*, pois se trata de uma inovação sistêmica, que envolve múltiplos fatores, produtos e regras. Inclusive, é razoável apostar que alguns bioplásticos deverão permanecer em nichos de mercado, assim como ocorreu com os chamados plásticos de alta performance de origem fóssil.

- segundo, apesar de se ter acumulado uma massa crítica de iniciativas e projetos em andamento, os bioplásticos ainda não apresentaram uma representatividade em volume, mesmo em conjunto, e com isso, são penalizados em escala e MN para competir com os polímeros convencionais em custo. Quanto maior a soma dos projetos individuais, maior será a sua importância dentro da chamada bioeconomia, o que facilita a maior entrada de recursos para a inovação.

- terceiro, o tempo é outra variável importante ao processo de transição tecnológica (GEELS, 2005). A difusão de inovações radicais tipicamente ocorre em períodos longos, devido à necessidade de ajustes nos diferentes níveis dos sistemas sociotécnicos. Embora o crescimento observado no *tipping point* (Gladwell, 2000) ou a fase de ruptura (ROTMANS *et al*, 2000), aconteça em um período curto, em alta velocidade, antes é necessário um período extenso (fase de desenvolvimento) para reunir recursos, agentes e base de conhecimento.

Quando se questionam os fatores críticos para a transição dos bioplásticos, a exploração do tema leva ao estudo de inovações sistêmicas que envolvem transformações sociotécnicas, como a adoção pelos utilizadores finais e transformadores, mudanças nos hábitos dos consumidores, adaptações nos sistemas atuais de compostagem e reciclagem, legislações que regem sobre o uso de bioplásticos, entre outras. Entre os fatores críticos, estão: as características do produto, como desempenho comparativo aos plásticos convencionais; custo de produção, dependente

dos avanços na simplificação dos processos produtivos e no aumento das escalas de produção e o desenvolvimento do açúcar de segunda geração; custos de mudança dos utilizadores finais, definidos principalmente pelos investimentos em ativos complementares e específicos e no esforço de aprendizado; logística de fornecimento da matéria-prima; incentivos governamentais; preço do petróleo; aumento da consciência ambiental; modelos de negócio; entre outros.

Finalmente, não é possível afirmar que os bioplásticos tenham alcançado o *tipping point*. Embora se observe o número relevante de projetos, firmas e uma expectativa de aumento da oferta, fatores críticos ainda não foram alcançados. O *tipping point* desses materiais, *drop in* ou não *drop in*, dependerá de transformações sociais nas relações entre os atores. Tais transformações sociais garantirão que os bioplásticos emergam ao regime e possam coexistir com os plásticos convencionais.

Este ensaio mostrou a importância do sistema sociotécnico para a transição dos bioplásticos. Todavia, é necessário ressaltar a importância dos projetos individuais conduzidos pelas firmas inovadoras. Tais iniciativas, que a princípio parecem isoladas, representam um esforço de transição importante destes materiais ao regime quando vistas em conjunto. Para Geels (2005), a difusão ocorre quando há um acúmulo de nichos em direção ao regime. Estas experiências, aparentemente isoladas, trazem aprendizado e deixam evidentes os desafios para uma futura transição. Sugere-se, portanto, que além da análise do ambiente, as firmas e seus projetos, a partir de variáveis internas, sejam estudados para compreender como interagem com os aspectos ambientais presentes no sistema sociotécnico. Para isso, uma exploração dos MN propostos pelas firmas poderá ser um instrumento interessante para perceber como tais firmas reagem ao ambiente e também o influenciam.

CAPÍTULO 3

ENSAIO 2: EXPLORAÇÃO DA DINÂMICA DO MODELO DE NEGÓCIO EM UMA FIRMA *STARTUP*: A IMPORTÂNCIA DA ORIGEM DOS RECURSOS EXTERNOS

3.1. INTRODUÇÃO

O contexto favorável aos chamados produtos químicos verdes, justificado pelos altos preços do petróleo e sua volatilidade, o crescimento dos incentivos governamentais e mudanças legislativas mais rigorosas quanto à emissão de gases de efeito estufa (BOMTEMPO, 2010; SANDERS e LAGENVELD, 2010; VOGEL, 2008), atraiu um número crescente de empresas em torno dos bioprodutos. Nessa área, observa-se um número relevante de projetos em andamento, orientados para o desenvolvimento de tecnologias e modelos de negócio (MN) que permitam sua transição de nichos específicos em direção ao regime, com escalas comerciais.

Como se trata de uma indústria emergente figuram várias firmas e MN distintos em meio às incertezas diante de várias opções em tecnologias, matérias-primas e produtos (COUTINHO E BOMTEMPO, 2011). A compreensão de como esses novos negócios serão estruturados ratifica a importância de se estudar as firmas que participam de tal processo e seus respectivos MN. Entre estas se encontram as produtoras de plásticos de base fóssil, como por exemplo, Braskem, Dow e Basf; as firmas ligadas à matéria-prima, como as produtoras de açúcar, Cargill e Galactic e ainda, as chamadas *startups* de base tecnológica.

A criação das *startups* de crescimento acelerado tem em sua origem uma base tecnológica e a necessidade de viabilizá-la comercialmente. Apesar das restrições de capacidade de investimento e estrutura, as *startups* têm sido de grande importância para diversas indústrias, como as de semicondutores, comunicação, biotecnologia e internet (HITT, 2005). As *startups* possibilitam que empresas já estabelecidas, condicionadas inicialmente ao *path dependence* e *lock in* (ARTHUR, 1989), traduzidos pela rigidez de competências e aos processos burocráticos, conduzam externamente projetos de ruptura tecnológica. O desenvolvimento de tais inovações é facilitado nas *startups*, pois suas estruturas organizacionais são dotadas de certa autonomia (PISANO, SHUEN e

TEECE, 1988) . As firmas de alta tecnologia são aquelas que priorizam a inovação em sua estratégia de negócios, empregando maiores recursos em P&D e alta participação de cientistas e engenheiros em sua equipe (MILKOVICH, 1987). Essas empresas podem ter origem a partir de *spin offs* de institutos de pesquisa de universidades ou de empresas já estabelecidas, como forma de viabilizar novos negócios.

As empresas estabelecidas podem não saber como lidar com novas tecnologias, utilizando *spin offs* para inovar em MN e tecnologias (CHESBROUGH, 2010). A inovação em MN, através de *startups*, foi explorada por Chesbrough e Rosenbloom (2002) que estudaram porque várias tecnologias criadas no centro de pesquisas da empresa Xerox (PARC) falharam. A maioria dos projetos que deram frutos foram aqueles desenvolvidos por ex-funcionários do centro de pesquisa, lançando suas próprias empresas, *startups* de base tecnológica, independentes e financiadas por capital de risco. Mesmo que, inicialmente as *startups* atuem apenas em mercados menores e específicos, como os nichos tecnológicos (GEELS, 2002), aparentemente protegidos do regime sociotécnico, seus MN são fundamentais para o sucesso das inovações tecnológicas e se tornam fatores críticos quando estas decidem caminhar em direção a mercados maiores.

Os MN refletem a lógica da firma (CASADESUS-MASANELL e RICART, 2010) que representa como esta competirá no mercado e entregará sua proposição de valor (CHESBROUGH, 2010). Os MN criam e capturam valor (MAGRETTA, 2002) e respondem às mudanças do ambiente. Assim, configuram como uma das dimensões críticas para o crescimento individual das firmas e conseqüentemente, para o crescimento da demanda dos diversos bioplásticos entre os utilizadores finais.

Torna-se, portanto, fundamental discutir como as firmas envolvidas com o desenvolvimento dos bioplásticos deverão estruturar seus recursos e competências e definir suas proposições de valor para alcançar mercados maiores, competindo com os plásticos convencionais de origem fóssil.

A identificação das firmas e seus MN que participam do processo de transição dos bioplásticos de nichos para o regime é valiosa, mas carece de aprofundamento. Vale investigar quais os efeitos possíveis da origem dos recursos que viabilizam tais projetos sobre suas perspectivas de desenvolvimento. Entende-se que a origem dos recursos

externos pode afetar as decisões das firmas inovadoras e seus MN, portanto, seu estudo explicará como algumas decisões tomadas pelos agentes detentores dos recursos afetam tais firmas. Decisões quanto ao tipo de recursos nas fases iniciais do projeto são críticas para o crescimento e até a sobrevivência das firmas, o que é especialmente válido para os setores de alta tecnologia. Para uma *startup* não basta acessar recursos, faz-se necessário distinguir quais fontes são mais estrategicamente alinhadas com seus objetivos e com a fase em que se encontra (OZMEL *et al*, 2012).

Christensen e Raynor (2003) classificam a origem do recurso para o financiamento da inovação como dinheiro bom ou dinheiro mau, explorando como a fonte e os tipos de recursos podem ajudar ou mesmo representar o fracasso da inovação. Os autores exploram como a tolerância em relação ao crescimento ou aos resultados financeiros pode configurar mudanças significativas para as firmas e seus MN. Acredita-se que a origem dos recursos utilizados pela firma para viabilizar o crescimento influenciam as decisões sobre o MN. Entre as diversas fontes de financiamento das firmas inovadoras estão *venture capital*, sócio investidor, *grants*, financiamentos convencionais e aberturas de capital (MELO, 2010).

A exploração da transição sociotécnica em torno dos bioplásticos, através de dimensões críticas que pautarão o crescimento de sua demanda, exigirá uma atenção às firmas inovadoras, suas trajetórias, seus MN, o ambiente e a origem dos recursos para inovar. Como os MN podem gerar condições que viabilizem estratégias de crescimento dos projetos do nicho para o regime e como estas estratégias podem ser alteradas pelo tipo de origem dos recursos utilizados?

Logo, o presente ensaio tem como objetivo central compreender como os MN podem ser alterados e responder às mudanças ambientais, positivas ou negativas ao negócio, para conduzir as firmas ao crescimento e ainda, como a origem dos recursos externos pode afetar as decisões da firma inovadora.

Com essa finalidade, os componentes centrais dos MN e a dinâmica estabelecida entre tais elementos e o ambiente da firma deverão ser identificados. A relação entre os elementos do MN e o ambiente da firma constitui uma análise crítica para que se compreenda como os fatores internos à firma (intra-firma) podem responder às mudanças ambientais e à origem dos recursos externos viabilizadores da inovação. Esta

dinâmica entre elementos internos e externos, por vezes, ignorada nas múltiplas abordagens sobre MN, mais preocupadas em sua identificação ou ainda, tentativa de priorização, amplia a percepção da real contribuição do MN no contexto de uma inovação sistêmica.

O capítulo está organizado em cinco principais seções. Esta primeira seção traz uma breve introdução do tema. Na segunda seção, discutem-se os elementos principais do MN e a dinâmica entre esses elementos e o ambiente (DEMIL, LECOCQ e WARNIER, 2006). Na terceira seção, explora-se a importância da origem dos recursos na dinâmica do MN. Na quarta seção, é apresentada a trajetória da empresa Metabolix, uma *startup* que conduz um dos mais importantes projetos de desenvolvimento dos bioplásticos, os polihidroxialcanoatos (PHA) e como seu MN responde às principais mudanças do ambiente ao longo da trajetória da firma. Na quinta seção, são apresentadas algumas considerações para a discussão em torno da questão de pesquisa explorada.

3.2. O MODELO DE NEGÓCIO (MN), SEUS COMPONENTES E A DINÂMICA

O MN¹⁹ é um instrumento essencial para firmas estabelecidas ou emergentes, tanto do ponto de vista normativo quanto do ponto de vista gerencial, auxiliando a firma na busca por investidores para o negócio. Para Magretta (2002), um bom MN é essencial para o sucesso de uma organização, representando uma nova ou uma melhor maneira de criar e capturar valor para as organizações, gerando novas demandas e fontes de receitas. O MN descreve como as partes de um negócio se combinam e interagem. Segundo Casadesus-Masanell e Ricart (2010), o MN se refere à lógica da firma, a maneira como esta opera e como cria valor para seus acionistas, clientes e *stakeholders*. Já a estratégia se refere à escolha do MN através do qual a firma irá competir no mercado.

Demil, Lecocq e Warnier (2006) conceituam MN como a descrição da articulação entre os seus diferentes componentes ou "blocos de construção", para

¹⁹ Para a exploração do conceito de MN foi realizada uma revisão teórica a partir de trabalhos de Zott (2011), Teece (2010), Chesbrough e Rosenbloom (2002), Shafer *et al* (2005), Onetti *et al* (2010), Casadesus-Masanell e Ricart (2010).

produzir uma proposição de valor ao mercado, gerando valor à firma. Em linhas gerais, dois diferentes usos do conceito podem ser identificados. O primeiro uso refere-se à abordagem estática, voltada essencialmente para a descrição e a coerência entre seus componentes principais. O segundo uso do conceito representa uma abordagem dinâmica e transformacional, em que o MN é considerado como uma ferramenta da firma para enfrentar as mudanças ambientais e tem foco na inovação, seja na firma ou no próprio MN em si. Nesta abordagem, Demil, Lecocq e Warnier (2006) destacam a criação de um MN sustentável, raramente observado em uma fase inicial, pois seu desenvolvimento requer uma dinâmica de mudanças, adaptações e melhorias progressivas. Os MN teriam a função de proporcionar a “consistência interna” e auxiliar a firma no processo de adaptação às mudanças positivas ou negativas impostas pelo ambiente.

A abordagem estática permite a construção de tipologias e o estudo das relações entre um dado MN e o desempenho da firma, porém mostra-se limitada ao descrever o processo de evolução do MN. Do ponto de vista gerencial, a abordagem estática dá uma imagem consistente do MN através da organização de seus diferentes componentes, facilitando a comunicação e o entendimento, o que pode ser particularmente importante para as firmas emergentes com o objetivo de ganhar a confiança de potenciais investidores.

Demil, Lecocq e Warnier (2006) conciliam as duas abordagens (estática e dinâmica) para lidar com as interações entre os blocos de construção (*building blocks*) do MN e sugerem a aplicação do *framework* RCOV (ver Figura 3.1), inspirado pela visão penrosiana da firma que reside na visão dinâmica do crescimento das organizações pelos serviços gerados pelos recursos. A exploração dos principais componentes de uma firma explica o seu crescimento.

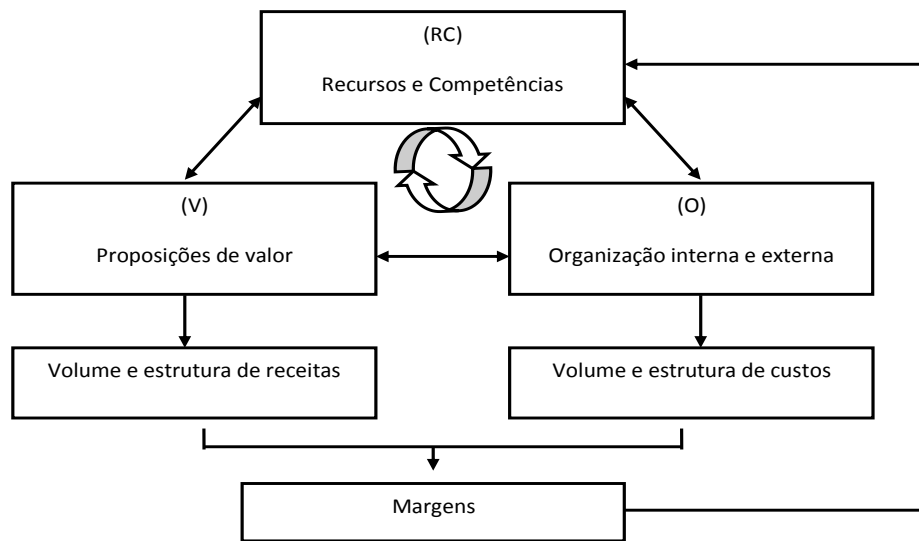


Figura 3.1. Modelo RCOV e os principais componentes do modelo de negócio.

Fonte: Demil, Lecocq e Warnier (2006).

O valor que um determinado conjunto de recursos pode proporcionar à firma dependerá de sua capacidade de gestão para extrair valor da sua utilização e para criar combinações mais ou menos inovadoras. A acumulação de recursos ao longo da história da firma promoverá mudanças em sua estrutura, podendo habilitá-la ao desenvolvimento de novas oportunidades e proposições de valor nos mercados atuais ou futuros.

Seguindo a visão do crescimento da firma de Penrose (1959), Demil, Lecocq e Warnier (2006) propõem a estrutura de um MN a partir de três componentes centrais: seus Recursos e Competências (RC), sua Estrutura Organizacional (O) e suas Proposições para a Entrega de Valor (V):

- Recursos e Competências (RC): conjunto de recursos e competências acumulados pela firma, que englobam ativos tangíveis e intangíveis, como por exemplo, o *know how* tecnológico, traduzido em patentes e tecnologias desenvolvidas;

- Estrutura organizacional (O): conjunto de atividades da firma e as relações que estabelece com outras organizações para combinar e explorar seus recursos. Inclui a chamada “cadeia de valor” das atividades, ou seja, o conjunto de múltiplos processos

discretos que compõem as atividades da firma e sua rede de valor formada pelas relações com *stakeholders* externos (fornecedores, clientes, competidores, reguladores);

- Proposições de valor (V): conjunto de propostas de valor oferecidas aos clientes, sob a forma de produtos e serviços. Para sua compreensão, é importante identificar como e para quem são entregues, ou seja, as diferentes formas de geração de receitas da firma. A firma pode explorar diferentes propostas de valor a tipos distintos de "clientes" - os consumidores finais, fornecedores, complementadores, concorrentes ou patrocinadores - particularmente no caso de vários mercados.

Estes três componentes principais (recursos e competências, organização, proposições de valor) abrangem vários elementos diferentes (tipos de recursos, parcerias com empresas diferentes dentro da rede de valor, tipos de produtos oferecidos aos clientes, etc), sendo as estruturas de volume, receitas e custos da organização uma consequência direta destes. A diferença entre receitas e custos gera uma margem (valor capturado pela organização) que pode alimentar o estoque de recursos e competências e, por conseguinte, determinar a sustentabilidade do MN ao longo do tempo (DEMIL e LECOCQ, 2010).

A dinâmica do *framework* RCOV refere-se ao resultado das interações entre os seus recursos, sua organização e a capacidade da firma para criar novas proposições de valor aos mercados. A decisão sobre a manutenção, ajustes ou adaptações mais relevantes em seu MN faz parte dos desafios das firmas que vão definindo suas estruturas com o tempo. Por fim, a dinâmica é dada pela interação entre seus componentes centrais e a resposta aos estímulos ambientais (positivos ou negativos). O ambiente, considerado uma variável exógena à firma, não se configura como um elemento do *framework*, sendo incorporado ao modelo através dos *inputs* (mudanças voluntárias ou emergentes) e das respostas do MN, o que é mostrado no Quadro 3.1. As mudanças podem ser voluntárias, com origem na empresa ou emergentes, com origem no ambiente, positivas ou negativas (DEMIL e LECOCQ, 2010).

Quadro 3.1. Exemplos de mudanças voluntárias e emergentes de um MN.

Componentes afetados	Exemplos de mudanças voluntárias	Exemplos de mudanças emergentes (positiva + e negativa -)
<i>Recursos e Competências</i>	Uma empresa adquire firmas <i>start ups</i> que aprofundam seu conhecimento ou recruta novos perfis de funcionários	O custo do aumento do recurso (-) leva a acumulação de novos clientes que cria uma base instalada maior de clientes que poderá ser valorada (+).
<i>Organização</i>	Uma empresa decide terceirizar parte de suas atividades para reduzir custos	Clientes ou fornecedores estão se concentrando, liderando uma mudança na governança da rede de valor (-) ou a produtividade da firma aumenta devido ao aprendizado e economias de escala (+)
<i>Proposição de valor</i>	Uma empresa enriquece sua proposição de valor com a adição de novos serviços nos produtos oferecidos	Uma proposição de valor é depreciada pela oferta de substitutos ou concorrentes (-) ou a marca de uma empresa adquire uma maior reputação ao longo do tempo (+)

Fonte: Demil, Lecocq e Warnier (2006).

Geralmente, uma empresa promoverá uma mudança em seu MN quando o desempenho é pobre ou está em declínio (DEMIL e LECOCQ, 2010). No entanto, o desempenho insatisfatório pode ser apenas transitório e independente da adequação do MN, como é o caso das empresas *startups* ou novas unidades de negócios, que frequentemente suportam perdas por períodos consideráveis antes de gerar lucros, observados somente na fase operacional. Portanto, neste caso, a consistência interna do MN deve ser avaliada a partir de outros indicadores que não apenas as margens, como a sua capacidade para atrair recursos, a evolução do valor de suas ações no mercado, a aproximação com o mercado e clientes, a construção de uma rede de valor, etc.

Os fatores externos referem-se às restrições ou oportunidades ocasionadas por mudanças ambientais ou choques externos que podem perturbar o funcionamento normal da organização de forma abrupta. Uma firma pode prever algumas mudanças ambientais, como a chegada de novos concorrentes agressivos, a entrada de um novo recurso na firma ou o surgimento de substitutos que podem exigir uma mudança em seu MN, mas alguns fatores externos podem ocorrer de forma inesperada.

O sucesso de um MN atual, que *a priori* fortalece seus fundamentos, aumenta o conhecimento da empresa sobre o uso eficiente dos recursos e leva a descobertas de novas utilizações (ou combinações de usos) e proposições de valor, podendo criar *core rigidities* (LEONARD-BARTON, 1992) e gerando barreiras à mudança, o que impede a inovação disruptiva. Este é um dilema que as *startups* precisam lidar com certa habilidade, pois seu crescimento pode criar dificuldades para continuar inovando, o que pode lhe custar a sobrevivência no futuro.

Em suma, as mudanças podem surgir a partir de um ou mais componentes do MN, podem ter uma origem interna e/ou externa à firma. As mudanças podem gerar círculos virtuosos ou viciosos, ambos, possíveis de prejudicar a sustentabilidade do MN e os resultados da firma.

3.3. A ORIGEM DOS RECURSOS: UMA NOVA PROPOSTA PARA O RCOV

Uma das críticas à teoria baseada em recursos da firma de Penrose (1959) é que esta confere limitada importância para o ambiente na definição do crescimento das firmas. A visão baseada em recursos (RBV) vê as firmas como sistemas superiores e estruturas que geram lucros a partir dos recursos internos e não pelo posicionamento da firma no mercado, abordagem explorada por Porter (1980), o que reduz a importância do ambiente na compreensão da mudança. Um intenso debate entre acadêmicos tem discutido a importância relativa dos fatores internos e dos fatores ambientais para a competitividade das firmas (HART, 1995). Collis e Montgomery (1995) defendem a inclusão da análise do ambiente externo no conceito de RBV, já que os valores dos recursos são determinados a partir de sua interação com o mercado. Para Teece *et al* (1997), o acúmulo de competências pela firma não lhe garantirá vantagem competitiva. Teece *et al* (1997) definem as capacitações dinâmicas como a habilidade da firma para integrar, construir e reconfigurar competências internas e externas para responder às mudanças ambientais. O termo dinâmico se refere à capacidade da firma de renovar competências para enfrentar as mudanças no ambiente de negócios (TEECE *et al*, 1997). As capacitações dinâmicas refletem a habilidade da firma para alcançar novas formas de vantagens competitivas, diferentes daquelas concebidas pela dependência do caminho (LEONARD-BARTON, 1992). Ou seja, destaca-se a habilidade da firma em

responder o ambiente para a geração de vantagens competitivas que não advém apenas dos elementos centrais do RCOV. Logo, a consistência interna do MN, mostrada por Demil, Lecocq e Warnier (2006), não pode ser explicada somente pelos elementos centrais do MN, e sim, por suas relações com o ambiente.

O RCOV de Lecocq, Demil e Warnier (2006) não destaca o ambiente, sendo este tratado através dos impactos que gera sobre os elementos centrais do MN. Todavia, sugere-se maior destaque ao mesmo, já que em determinadas circunstâncias apresentará maior influência sobre receitas, custos e margens da firma. Os MN podem ser beneficiados com doações, subsídios e incentivos governamentais, barreiras a produtos substitutos e legislações específicas. Ou seja, a simples análise dos elementos componentes do MN não é capaz de explicar inteiramente os resultados da firma, até porque, algumas condições ambientais podem perdurar por certo tempo, logo, resultados positivos por períodos extensos não necessariamente confirmam a consistência interna de um MN. Em indústrias emergentes, o processo de transição tecnológica (GEELS, 2002) é significativamente afetado pela paisagem e pelos regimes existentes, representados pelas normas, regras, práticas e legislações.

Um dos elementos que residem fora da firma e, portanto, não faz parte do MN, mas o afeta, é a origem dos recursos externos. Por ser baseado na visão de Penrose (1959), o RCOV não se preocupa em responder de onde vêm tais recursos para viabilizar e financiar a inovação e muito menos questiona as relações da firma inovadora com as fontes de tais recursos, concentrando-se na dinâmica interna entre os elementos centrais do MN e em respostas ao ambiente. O RCOV não explora como a origem de recursos (financeiros e não financeiros) transforma o MN, criando vantagens competitivas ou limitações estratégicas à firma. Pfeffer e Salancik (1978) argumentam que devido à dependência das firmas por recursos externos, estas precisam acessá-los e as organizações provedoras de recursos podem demandar certas ações para continuar provendo tais recursos à firma, o que restringe suas decisões. Logo, há um certo controle sobre o comportamento da firma por recursos externos.

A escolha da estrutura de financiamento é orientada pela tentativa de se alcançar a combinação ótima das fontes de recursos de acordo com as condições de retorno, risco e prazo da inovação (MELO, 2010). Logo, inovações disruptivas mostram-se cercadas de incertezas nas expectativas para tais condições. É importante identificar tais situações

diferenciadas para o desenvolvimento das inovações. Entende-se que a capacidade da firma estabelecida para atrair recursos é diferente de uma firma emergente, sendo a primeira beneficiada pela trajetória que definiu o acúmulo de recursos e competências e sua legitimidade diante de potenciais parceiros e investidores. Logo, para as firmas emergentes que estão iniciando suas atividades, a dinâmica de atração dos recursos é distinta, assim como a origem dos recursos para viabilizar a inovação.

As firmas estabelecidas utilizam garantias formais para acessar linhas de financiamento e projetos de risco elevado. Seus projetos em estágios avançados, já geradores de receitas e lucros, são utilizados como garantias. Além do sistema financeiro, podem utilizar recursos próprios advindos de lucros acumulados, resultantes de suas operações, emitir ações se forem de capital aberto e ainda emitir títulos ao mercado (BAUM e SILVERMAN, 2004; MELO, 2010).

Os recursos acumulados pela firma têm grande influência sobre a aquisição e a origem de novos recursos. As firmas que acumulam patentes, por exemplo, mostram ao mercado o acúmulo de conhecimento técnico e tem maior chance de atrair novos recursos. Outro exemplo é a presença de especialistas e pesquisadores renomados no corpo de funcionários da empresa. Para as *startups*, que naturalmente não acumularam lucros, para atrair recursos devem utilizar seu capital intelectual e humano para facilitar o acesso aos recursos e atrair parceiros.

Uma estratégia de formação de parcerias e alianças estratégicas pode viabilizar o acesso aos recursos para a firma inovar. Baum e Silverman (2004) citam que as firmas que possuem capital intelectual, capital humano e alianças têm maior probabilidade de acessar recursos financeiros e possuem maior probabilidade de atrair parceiros estratégicos em sua trajetória.

As alianças constituem estratégias interessantes, tanto para firmas estabelecidas quanto para as firmas emergentes. Barney (1996) categoriza as alianças em três tipos: alianças sem participação acionária, alianças com participação acionária e *joint-ventures* (ver Figura 3.2).

As alianças estratégicas permitem o acesso das firmas, estabelecidas ou emergentes, aos recursos financeiros e não financeiros. Entre os recursos não financeiros estão aqueles relacionados aos ativos complementares (TEECE, 1986) que

suportam o desenvolvimento das inovações. Dois tipos de complementaridades permitem que as inovações sejam viabilizadas e entregues ao mercado: as relacionadas à demanda, como o desenvolvimento de produtos e serviços complementares; e as relacionadas à oferta, como os ativos relacionados à distribuição e assistência técnica (TEECE, 1986).

As vantagens das alianças são particularmente fortes quando o acesso ao conhecimento e aos recursos demanda tempo para as firmas inovadoras (TEECE, 1992). Baum e Silverman (2004) destacam que as firmas que conseguem estabelecer alianças tanto no *downstream* quanto no *upstream* são mais ágeis para atrair recursos e realizar ofertas públicas de ações, facilitando a trajetória de crescimento.

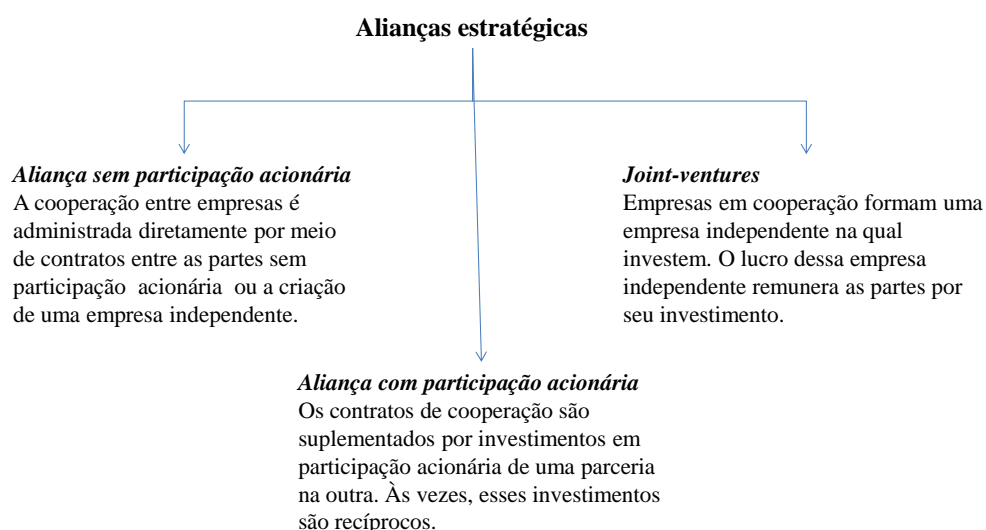


Figura 3.2. Tipos de alianças estratégicas.

Fonte: Barney (1996).

Uma discussão importante reside sobre os tipos de recursos financeiros que compõem a firma. O tipo de dinheiro recebido pelos novos negócios de crescimento acelerado representa uma escolha preliminar decisiva para as firmas inovadoras. São decisões cruciais, pois o tipo e a quantidade de recursos definem a expectativa dos investidores a serem atendidas no processo de desenvolvimento do negócio. Tais expectativas podem exercer forte influência sobre os tipos de mercados e canais a serem almejados ou rejeitados pelo projeto (CHRISTENSEN e RAYNOR, 2003). Logo, conclui-se que a origem do dinheiro tem papel determinante sobre a dinâmica do MN e

seus elementos centrais, os recursos e competências (RC), a proposição de valor (V) e a organização interna e externa (O).

Há diversas formas de se financiar um projeto de inovação: recursos próprios, lucros acumulados, sócios- *venture capital* (VC), sócios-*business angels*, sócios- *private equity*, alianças estratégicas (*joint ventures*), financiamentos com instituições bancárias públicas ou privadas, incentivos governamentais como subsídios ou acesso a linhas de financiamento especiais com custos de capital diferenciado, subvenções econômicas, oferta inicial pública de suas ações, os IPOs (*initial public offerings*) e mais recentemente, a modalidade *crowd funding*. Tais modalidades são sucintamente explicadas no Quadro 3.2 a seguir.

Quadro 3.2. Tipos de financiamentos da inovação de firmas emergentes e estabelecidas.

Origem de Recursos Financeiros	Descrição
Recursos próprios (sócios)	Utilização de recursos próprios dos sócios-fundadores da firma ou recursos da firma estabelecida.
Governo	O governo pode atuar através de doações (<i>grants</i>), subvenções econômicas, desenvolvimento de linhas de financiamento com custo de capital diferenciado, carências maiores, etc.
Investidores Anjo	Também conhecidos como anjos de negócios, eles são profissionais experientes, bem-sucedidos, capitalizados e dispostos a participar da criação de <i>startups</i> . Em troca de seu dinheiro, orientação, <i>networking</i> e dedicação em geral, o investidor anjo torna-se um sócio da <i>startup</i> .
<i>Venture capitals</i> (capital de risco)	Empresas de <i>venture capital</i> aplicam recursos em <i>startups</i> que já tenham testado seus produtos e ideias de negócio e estejam prontas para crescer. São empresas que buscam várias oportunidades de investimento em negócios caracterizados por risco e uso de tecnologia.
Lucros acumulados	Em estágios mais avançados, as firmas emergentes já acumulam recursos provenientes da operação.
Oferta pública de ações (IPO)	Oferta de ações da empresa em Bolsa de Valores, possível para aquelas que abrem seu capital.
<i>Private Equity</i>	Investimentos realizados por instituições em firmas geralmente ainda não listadas em Bolsa de Valores.
<i>Crowdfunding</i>	Instituições (geralmente <i>sites</i>) que reúnem investidores individuais que compram “cotas” e financiam determinado projeto ou firma para permitir sua viabilização.

Fonte: Elaboração própria a partir de Tidd *et al* (1997); Rocha (2008), Baum e Silverman (2004); Revista Exame (2012).

A discussão sobre a origem dos recursos deve ser agregada à identificação da fase em que se encontra a firma em sua trajetória. Os estágios iniciais, que sinalizam maiores riscos, costumemente atraem tipos de recursos distintos daqueles disponibilizados em estágios mais avançados para o desenvolvimento de um novo negócio de base tecnológica e de risco. A partir de literatura sobre *startups* elaborou-se um quadro (ver Quadro 3.3) que sugere os tipos mais adequados a cada fase na trajetória da firma emergente. Os critérios de alocação das fontes de recursos às fases seguiu a literatura utilizada sobre o financiamento de *startups*.

Quadro 3.3. Tipos de financiamentos da inovação e entrada na firma emergente (*startup*).

Fontes de Recursos Financeiros	Estágio de desenvolvimento de uma <i>startup</i>			
	Concepção/ Criação	Estágio inicial	Crescimento/ Expansão	Maturidade
Lucros acumulados			X	X
Governo (doações, subvenções e incentivos)	X	X	X	X
Investidores anjos (<i>business angels</i>)	X	X		
Sócios- venture capital		X	X	
Sócios – alianças estratégicas			X	
Abertura de capital (IPO)			X	X
Financiamentos bancários			X	X

Fonte: Elaboração própria a partir de Ozmel *et al* (2012); Rocha (2008); Melo (2010)

Para Christensen e Raynor (2003), o melhor dinheiro durante os primeiros anos de um novo negócio deve ser paciente com o crescimento e impaciente com o lucro. A paciência com o crescimento é explicada por ser um negócio de ruptura, que exige mudanças e adaptações significativas, que por sua vez demanda tempo. A falta de paciência com o crescimento pode levar a uma escolha sustentadora, distante da ruptura, ou seja, influencia diretamente a proposição de valor do novo negócio em uma direção mais conservadora. A impaciência com o lucro serve como um motor para que os

executivos não se acomodem com a estratégia deliberada²⁰ e possam partir para uma estratégia emergente, fruto de ajustes e mudanças ao longo do caminho. Para as firmas *startups* há uma natural pressão sobre seus resultados financeiros, já que não é raro nos estágios iniciais a observação de fluxos de caixa negativos.

Entre as diversas fontes de financiamento, o governo talvez seja o dinheiro mais paciente com o crescimento, exercendo um papel fundamental para que surjam inovações disruptivas. As subvenções econômicas são fortemente empregadas nas atividades de P&D das firmas inovadoras que trazem projetos de alto risco tecnológico (TIDD *et al*, 1997; OZMEL *et al*, 2012). Esse tipo de financiamento permite que sejam testadas diversas opções em produtos e processos, presentes nas fases fluidas iniciais da inovação (ABERNATHY e UTTERBACK, 1978).

Os *venture capitals* (VC) ou capitais de risco são opções de financiamento quando as *startups* são formadas (MELO, 2010). Não representam apenas uma fonte de recursos financeiros para a firma, podendo desempenhar um papel de profissionalização da gestão e uma acreditação ao mercado, o que facilita a formação de futuras alianças com outras firmas para acessar ativos complementares e mais adiante facilitam um IPO da firma (OZMEL *et al*, 2012). As *startups* geralmente são imaturas em estágios iniciais e operam com rotinas de baixa performance, já que sua estrutura organizacional é orientada apenas para atividades relacionadas a P&D. Ou seja, o VC pode exercer um papel importante na futura performance da firma. As empresas de VC não agem apenas como identificadoras de firmas vencedoras, elas podem atuar como propulsoras do sucesso da firma e facilitar o acesso a outros recursos para o seu crescimento (BAUM e SILVERMAN, 2004).

Em geral, as VC saem do negócio a partir da abertura de capital, o que sugere uma propensão a acelerar o desenvolvimento dos negócios. Com muita frequência, os investimentos em capital de risco não deram certo, porque o contexto empresarial de onde proveio o capital demonstrou impaciência com o crescimento e paciência perversa com a rentabilidade (CHRISTENSEN e RAYNOR, 2003).

Os recursos advindos das alianças estratégicas estão diretamente expostos ao contexto da fonte de investimento. Quando esta fonte passa a demandar que os projetos

²⁰ Os conceitos de estratégia deliberada e estratégia emergente foram apresentados por Mintzberg em *Patterns In Strategy Formation*, publicado em *Management Science* em 1978.

tornem-se grandes rapidamente, a probabilidade de sucesso é drasticamente reduzida. Nos períodos de baixos resultados, os novos empreendimentos de crescimento acelerado que não trouxeram contribuições significativas e imediatas para o restabelecimento da saúde financeira da empresa, são frequentemente questionados e posteriormente sacrificados, ainda que esse projeto tenha sido aprovado anteriormente como o acesso da firma ao futuro. Escolhe-se a sobrevivência do presente e põe-se fim ao futuro. O instinto de conservação sobrepõe-se à necessidade de crescimento (CHRISTENSEN e RAYNOR, 2003).

Após a adoção de uma estratégia emergente para chegar ao caminho do sucesso, a jovem firma que encontrou o produto capaz de entregar sua proposição de valor, concentrará esforços para controlar o processo estratégico e afastá-lo de novas influências e deliberadamente direciona a maior parte de seus recursos para a exploração da oportunidade. Este movimento, que pode indicar o sucesso em uma fase, implica uma resistência ao desenvolvimento de novos negócios de ruptura em uma fase posterior. É uma fase típica em que os recursos são aplicados para explorar os recursos e competências acumulados e recuperar o retorno do investimento aplicado em fases iniciais (CHRISTENSEN e RAYNOR, 2003; MELO, 2010). Neste momento, a firma emergente se prepara para crescer e passa a investir seus recursos para formar uma estrutura administrativa e implementar processos e burocracias em sua estrutura organizacional. Logo, este mecanismo de auto reforço da estrutura levará a firma para limitações estratégicas (LEONARD-BARTON, 1995) e futura perda de competitividade.

Por fim, conclui-se que há uma dinâmica importante entre a origem dos recursos (financeiros e não financeiros) e o MN, que deve ser incorporada ao *framework* RCOV. Esta dinâmica confere maior participação do ambiente ao RCOV, permitindo uma melhor compreensão da chamada consistência interna do MN apresentada por Demil, Lecocq e Warnier (2006) e o sentido dinâmico do MN diante da inovação. A perspectiva da abordagem dinâmica se amplia e é melhor compreendida, quando se discutem a origem dos recursos externos e sua “paciência” ao crescimento da firma, influenciando suas decisões e mudanças no MN. Propõe-se, portanto, que a origem dos recursos seja inserida no *framework* RCOV, o que é ilustrado na Figura 3.3.

Os resultados da firma influenciam não apenas seus recursos e competências (RC), mas também determinam a origem de recursos para o MN. Há uma relação dinâmica entre origem e recursos como um ponto de alimentação para o MN. O acúmulo de recursos e competências representados por capital humano, técnico e financeiro é observado pelas fontes de recursos externos em suas tomadas de decisão (investir ou não investir?), como por exemplo, o sucesso no desenvolvimento de uma tecnologia ou o número de pedidos de patentes.

O elemento Organização do RCOV, explicado pela estrutura interna e pelas parcerias, é melhor compreendido quando se estuda a origem das alianças e dos recursos externos. Determinadas parcerias e alianças também podem facilitar a entrada de novos tipos específicos de recursos, como IPO, sócio investidores e capitais de riscos. A formação de *joint ventures* explica a origem de recursos externos quando as *startups* estão se preparando para crescer e viabilizar comercialmente suas tecnologias.

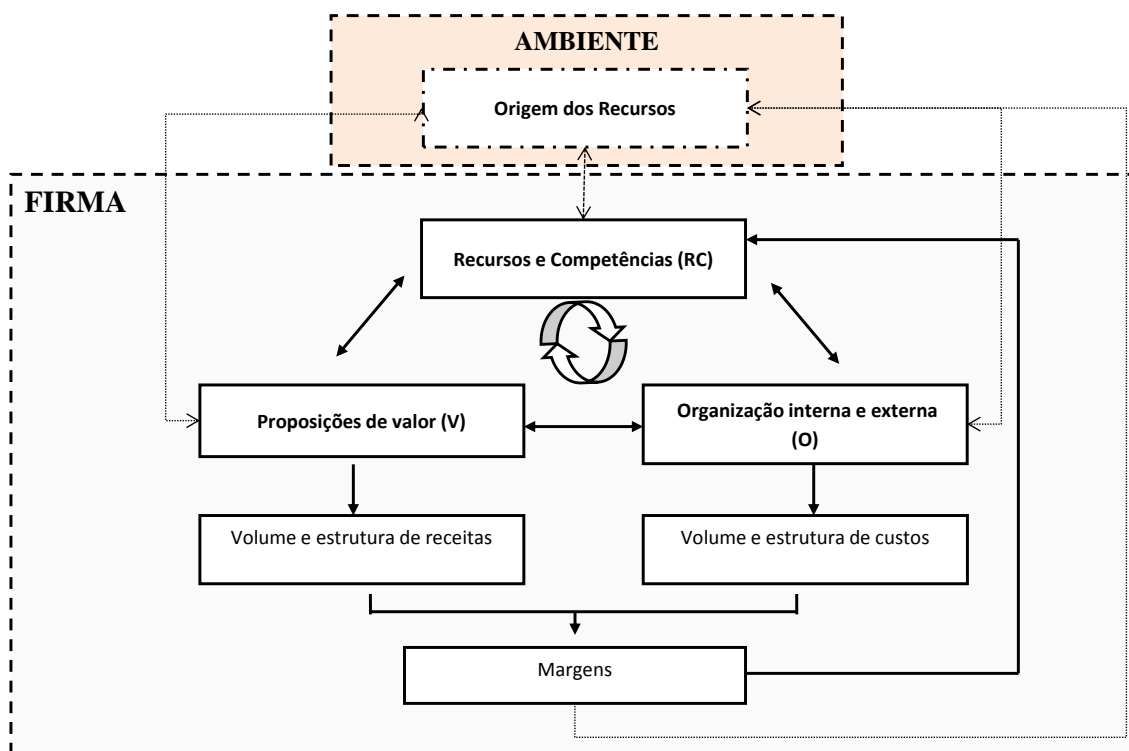


Figura 3.3. Framework RCOV adaptado.

Fonte: Elaboração própria a partir de adaptação de Demil, Lecocq e Warnier (2006).

A discussão sobre a origem dos recursos também se insere no contexto das firmas estabelecidas, que diante de uma alocação de recursos comprometida com

projetos sustentadores precisam acessar recursos externos para viabilizar suas inovações disruptivas. Quando esses recursos são obtidos internamente, deve-se avaliar o nível de paciência com a inovação.

3.4. A DINÂMICA DO MN DA METABOLIX: UMA *STARTUP* NO SEGMENTO DE BIOPLÁSTICOS

Propõe-se que neste ensaio seja estudada a trajetória da empresa Metabolix. A Metabolix é uma *startup*, criada em 1992 a partir de um *spin off* do MIT (Massachusetts Institute of Technology) e que atualmente conduz um dos projetos mais importantes de produção do bioplástico PHA, inicialmente apontado entre os bioplásticos não *drop in* de maior demanda projetada. Este exemplo torna-se rico para o estudo de MN, pois traz elementos interessantes para exploração: primeiro, trata-se de uma *startup*, uma firma criada para explorar uma oportunidade tecnológica e que tem como desafios o desenvolvimento da tecnologia e a construção e consolidação de uma estrutura organizacional; segundo, porque se trata de um bioplástico, sendo este um exemplo de produto dentro de uma indústria emergente; terceiro, a trajetória da Metabolix aponta significativas mudanças em componentes do MN, o que cria oportunidades para que seja explorada uma abordagem dinâmica do MN.

Atualmente, a *startup* encontra-se em uma fase de readaptação do seu MN como resposta a fatores adversos à sua trajetória de crescimento: desde seu IPO, em 2006, as ações da Metabolix encontram-se no patamar mais baixo de suas cotações (ver Figura 3.4); em 2012, sua parceria com a norte-americana ADM, produtora do agronegócio, foi encerrada com o fim da *joint venture* (jv) Telles e, portanto, a empresa perdeu seu ativo de produção em escala comercial e seu sócio investidor. Desde a sua formação, foram observadas mudanças relevantes nos elementos de seu MN e no ambiente, como será descrito a seguir.



Figura 3.4. Evolução do preço das ações da Metabolix.

Fonte: NASDAQ, 2012.

3.4.1. A METABOLIX E AS FASES DE SUA TRAJETÓRIA

A metodologia utilizada neste estudo para a compreensão do MN da Metabolix é de caráter exploratório, a partir de fontes secundárias divulgadas pela empresa, prioritariamente os relatórios anuais 10-K de 2004 a 2012 e *press releases* oficiais, disponíveis em seu *website*. O Form 10-K é um relatório anual requerido pelo *U.S. Securities and Exchange Commission* (SEC), que permite uma compreensão da performance de uma empresa de capital aberto. O 10-K inclui informações como a histórico da empresa, sua estrutura organizacional, ativos, subsidiárias e relatórios financeiros auditados, entre outras informações.

Outras fontes secundárias, diferentes dos relatórios 10-K, devidamente citadas, como artigos e notícias em revistas e *websites* especializados foram utilizadas, porém em menor volume, apenas para complementar as informações obtidas nos relatórios oficiais da empresa. Inicialmente, propõe-se que a trajetória da Metabolix seja analisada a partir de três fases distintas, mostradas no Quadro 3.4.

Os relatórios 10-K utilizados podem ser acessados através do endereço <http://ir.metabolix.com/index.cfm> ou www.sec.gov.

Quadro 3.4. Fases da trajetória da Metabolix.

Fases	Descrição/ Foco	Período
1ª fase: Inicial	Da fundação à Telles (<i>ju</i> com a ADM) Foco: desenvolvimento da tecnologia para o <i>scale up</i> .	1992-2006 (14 anos)
2ª fase: Crescimento	Telles: <i>ju</i> com a ADM. Foco: <i>scale up</i> da operação.	2006-2012 (6 anos)
3ª fase: Downsizing	Finalização da Telles: saída da ADM Foco: readaptação para seguir em “frente”.	2012- diante (6 meses)

Fonte: Elaboração própria.

Fase Inicial – da fundação a Telles (1992-2006): Propõe-se como fase inicial aquela que começa na formação da Metabolix e vai até a fundação da Telles, *joint venture* com a empresa ADM. Ao final dos anos 1980, ferramentas de engenharia genética tinham avançado significativamente, e os microorganismos já estavam sendo geneticamente modificados para produzir diversos tipos de produtos. No MIT, Dr. Oliver Peoples, e Dr. Anthony Sinskey, fundadores da Metabolix, identificaram os genes-chave necessários para a biossíntese dos PHA, aumentando a capacidade de estocagem do biopolímero produzido nas células, condição fundamental para viabilizar uma futura produção comercial. A utilização de organismos geneticamente modificados, em substituição às estirpes do tipo selvagem, permitiu maior nível de controle sobre o processo e maior eficiência e produtividade no processo fermentativo, fundamental para a viabilidade comercial do projeto e *scale up*.

Em 1992, foi fundada a Metabolix, um *spin off* do MIT, iniciando uma série de investimentos no desenvolvimento da tecnologia de produção de bioprodutos, principalmente o bioplástico PHA. Em 1981, a empresa Imperial Chemical Industries ("ICI"), desenvolveu um processo de fermentação controlada, usando uma estirpe de tipo selvagem de bactérias para produzir um co-polímero de PHA, introduzido comercialmente como Biopol. Embora, várias aplicações tenham sido desenvolvidas para o Biopol, o custo de produzir o polímero utilizando as estirpes bacterianas naturais foi proibitivamente elevado, além de propriedades de desempenho limitadas. Os ativos

Biopol foram vendidos para a empresa Monsanto no final dos anos 80 e mais adiante, adquiridos pela Metabolix, que passou a deter a propriedade das patentes.

Na década de 2000, o preço do petróleo saiu de um patamar de US\$ 20/ barril para valores acima de US\$ 100/barril (referência Brent), estimulando o surgimento de investimentos governamentais e privados em projetos relacionados ao uso da biomassa. Além da elevação do preço do petróleo e de sua volatilidade, ressalta-se o aumento da consciência e do conhecimento da população e das empresas sobre questões relacionadas à sustentabilidade.

Este contexto permitiu a aproximação com parceiros importantes, como o DOE (Departamento de Energia dos Estados Unidos), através de uma linha de financiamento para pesquisas em bioplásticos e também com o National Institute of Standards and Technology (NIST). A Metabolix contou com incentivos do governo norte-americano (DOE e Departamento de Agricultura) e do governo canadense (Ministério da Agricultura) para o desenvolvimento tecnológico de matérias-primas alternativas renováveis para a produção de bioprodutos.

Nesta fase, as receitas da Metabolix foram provenientes quase em sua totalidade pelas doações governamentais, em torno de US\$ 8 milhões, típico recurso na trajetória das *startups* que estão distantes da comercialização e ainda não apresentam garantias formais para obter outros tipos de recursos, como financiamentos obtidos via instituições bancárias.

A aproximação da Metabolix com potenciais sócios investidores, como a Basf, BP e a ADM, também foi iniciada nesta fase. Em 2003 foi estabelecido um acordo de colaboração tecnológica com a Basf interessada em conhecer o PHA, porém não teve continuidade. Em 2004, a Metabolix assinou um acordo que celebrou uma aliança tecnológica e um contrato de opção com a ADM Polymer Corporation ("ADM Polymer"), subsidiária da ADM (Archer Daniels Midland). A lógica do acordo era: a Metabolix forneceria tecnologia, licenças e serviços de P&D e a ADM ofereceria prestação de serviços de produção e capital financeiro, necessários para a produção do biopolímero em escala comercial. O contrato de opção referia-se à possibilidade de um acordo comercial entre as empresas a partir da criação de uma *joint venture*. Em 2005, a empresa estabeleceu um acordo de colaboração tecnológica com a petroquímica BP que

previa também estudos de viabilidade econômica para a produção comercial do PHA, porém não foi adiante.

A parceria com a ADM permitiria o financiamento da planta em escala comercial de 50.000 t/ano, partindo de uma planta piloto com capacidade de 120 t/ano. O *scale up* de suas operações exigiu da firma a aproximação com um parceiro estratégico, representando o início de mudanças significativas nos elementos Recursos e Competências (RC) com acesso aos recursos financeiros para a construção da planta e capital de giro na fase pré-comercial, como também, no elemento Organização (O).

A entrada da ADM como sócio investidor no projeto da Metabolix foi estimulada, segundo declarações oficiais da empresa, pelo ambiente, no qual os preços elevados e a volatilidade do petróleo impulsionaram as grandes empresas a estudarem novas alternativas, como também, por uma estratégia de diversificação e orientação para a formação de *joint ventures* tecnológicas, como observado abaixo em um trecho extraído de seu relatório anual de atividades referente ao ano 2004:

“O que poderia orientar uma expansão contínua da demanda por combustíveis alternativos? Os preços do petróleo provavelmente são o fator mais relevante, em razão da demanda e de outras variáveis. Entre os componentes do preço de cada barril de petróleo, há premissas geopolíticas e ambientais que podem mudar drasticamente de um dia para o outro. Para mitigar o risco – e maximizar a oportunidade –, a ADM está voltada para essas chances de negócio em diversas frentes. Investimentos diretos, *joint ventures*, licenciamento e outras abordagens fornecem os meios para capturar potenciais fluxos de receita e lucratividade, sob a cuidadosa gestão de cada iniciativa. A ADM intensificou a ênfase em licenciamento e *joint ventures* tecnológicas como um meio de diversificar suas linhas de produtos, aumentar o fluxo de valor em instalações já ativas e distribuir o risco entre múltiplos investimentos (ADM ANNUAL REPORT, 2005).”

Fase Crescimento – *Joint Venture* Telles (2006-2012): A *joint venture* Telles, criada em 2006, era a união do desenvolvimento tecnológico, promovido pela Metabolix e o acesso à matéria-prima, milho (biomassa) e recursos financeiros da gigante do setor de produção de alimentos ADM. Ainda em 2006, houve o anúncio da construção de uma unidade de fermentação para a produção de 50.000 toneladas/ano que entraria em operação no ano de 2008. A planta seria construída no estado americano de Iowa, dentro das instalações industriais da ADM.

A ADM assumiu a responsabilidade pelo financiamento da construção das instalações de produção comercial (montante de US\$ 433 milhões), além de arcar com as necessidades de capital de giro da Telles. Após o início das vendas comerciais, a Telles pagaria *royalties* à Metabolix por todo bioplástico vendido e à ADM pelos serviços de produção (detentora da planta produtiva). Além disso, a Telles pagaria à Metabolix pelas atividades de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e formulações.

Ainda em 2006, a Metabolix realizou uma oferta pública inicial (IPO) de suas ações para levantar recursos para o financiamento e a compra de equipamentos para as plantas piloto e comercial, cobrir suas necessidades de capital de giro, incluindo as atividades de marketing e produção durante a fase pré-comercial, pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias, produtos e outras biomassas e a contratação de pessoal adicional para atividades de pesquisa e desenvolvimento. A empresa levantou recursos no total de US\$ 95 milhões.

De 2006 a 2011, nota-se uma série de mudanças na estrutura organizacional (O) da Metabolix: um aumento do quantitativo de funcionários (ver Tabela 3.1) e como consequência disto, uma elevação significativa de suas despesas operacionais (ver Figura 3.5), nitidamente marcando duas fases distintas em sua trajetória. A empresa partiu de um total de 42 funcionários em 2005 e iniciou a segunda fase de sua trajetória com 59 funcionários em 2006, atingindo seu máximo *headcount* com 119 colaboradores em 2011. Suas despesas operacionais obviamente acompanharam tal crescimento: de US\$ 8,7 milhões (média anual entre 2001 e 2005) para US\$ 34 milhões (média anual entre 2006 e 2011), um crescimento de 289%.

Tabela 3.1. Evolução do número de funcionários por atividade.

Atividade	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	(Março-2012)
P&D	31 74%	39 66%	49 64%	64 65%	69 64%	72 62%	75 63%	59 66%
Vendas e Marketing	3 7%	7 12%	9 12%	7 7%	9 8%	6 5%	7 6%	0 0%
Administração	8 19%	13 22%	19 25%	27 28%	29 27%	38 33%	37 31%	31 34%
Total	42	59	77	98	107	116	119	90

Fonte: elaborado a partir de Metabolix Annual Reports (2005 a 2011) e Metabolix Third Quarter Report (2012).

O crescimento da área administrativa, que inicialmente representava 19% do *headcount* em 2005 e passou para 31%, em 2011, é resultado direto de sua trajetória rumo à produção e comercialização em escala do produto, exemplificando uma tentativa de mudança no perfil da empresa: de uma empresa *startup* para uma empresa operacional. A empresa, que registrou despesas administrativas em torno de US\$ 3 milhões (média anual entre 2001 e 2005), atingiu uma média de US\$ 15 milhões (média anual entre 2006 e 2011), representando um crescimento de 387%. A área de P&D também apresentou forte crescimento e as despesas evoluíram: de US\$ 5,7 milhões (média anual entre 2001 e 2005) para US\$ 21,4 milhões, (média anual entre 2006 e 2011), um crescimento de 310%. Ao longo da trajetória de crescimento de sua área de P&D, a Metabolix passou de um número de 12 PhD's em 2005 para 29 PhD's em 2009, o que sinalizou a corrida da firma para a construção de uma massa crítica maior para o fortalecimento de suas competências tecnológicas, entre estas o desenvolvimento de novas aplicações para o produto.

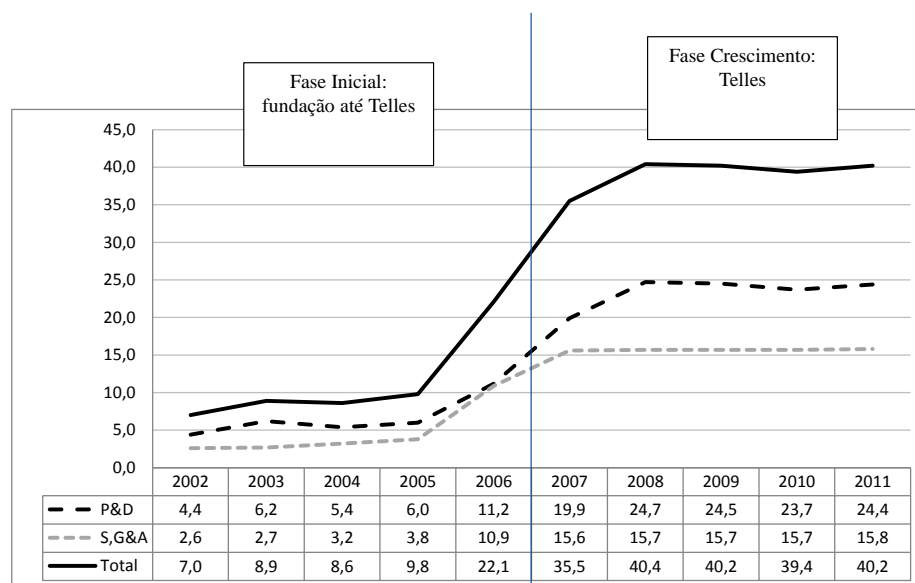


Figura 3.5. Evolução das despesas da Metabolix (US\$ milhões).

Fonte: elaborado a partir de Metabolix Annual Report (2006-2011).

Durante a segunda fase de sua trajetória, orientada pela perspectiva de produção em escala comercial (recurso de 50.000 t/ano), a firma concentrou esforços em ampliar o número de aplicações possíveis para seu material, atuando em diversos segmentos. Em seus relatórios anuais de 2007 a 2010, a Metabolix declarou a intenção de prospectar mais de 100 clientes para o desenvolvimento destas aplicações. Em 2006, a empresa já tinha mais de 60 aplicações diferentes em desenvolvimento para o PHA em 40 diferentes potenciais utilizadores finais. Ao fim deste período, a Metabolix acumulou 480 pedidos de patentes nos EUA, 230 em outros países e mais de 50 patentes licenciadas.

Como “valor” para seus clientes, além da biodegradabilidade e da origem renovável (conceito *biobased*), a empresa percebeu uma oportunidade de diferenciação através de ações voluntárias, como a criação da marca registrada Mirel, que permitiu a identificação do material nas embalagens dos produtos comercializados pelos seus clientes. A certificação internacional do produto com conteúdo de origem renovável e biodegradável, recebida pela instituição belga Vinçotte, permitiu sua comercialização com os selos “*ok biodegradability soil*” e “*ok biodegradability water*”, evidenciando sua biodegradabilidade em condições específicas no solo e na água.

Desde 2001, foram mais de US\$ 15 milhões de recursos provenientes de fundos governamentais para atividades de P&D. Estes recursos sob a forma de doações (os chamados *grants*) participam da estrutura de receitas da firma desde sua fundação (ver Tabela 3.2), tendo maior peso até a entrada da ADM. Como as receitas obtidas não são suficientes para cobrir as despesas advindas de sua fase de crescimento, a firma acelera sua ida ao mercado com a abertura de capital (IPO) e obtém recursos financeiros de sua aliança estratégica com a ADM.

Tabela 3.2. Evolução da receita e sua abertura por fonte.

<i>Abertura da Receita por fonte</i>	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Doações governamentais	ND ²¹	2,2	3,2	2,4	1,8	0,9	1,2	1,1	0,1	0,9
Licenciamento e royalties	ND	0,1	0,4	0,2	0,3	0,7	0,1	0,1	0,2	0,5
Serviços de P&D	ND	0,1	0,1	0,1	2,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0
Total	2,0	2,4	3,7	2,8	4,6	1,7	1,6	1,4	0,4	1,4

Fonte: elaborado a partir de Metabolix Annual Reports (2006-2011).

Fase *Downsizing* – Finalização da Telles (2012-em diante): Pouco menos de dois anos após a partida da planta em Iowa, a ADM, em janeiro de 2012, informou o término da aliança comercial com a Metabolix. Em um comunicado oficial ao mercado, a ADM declarou sua decisão de sair do projeto após uma revisão no portfólio de seus negócios e priorização em áreas com entrega de resultados mais rápidos e de menor incerteza:

"Analisamos o nosso portfólio de negócios, identificando áreas que não estão entregando resultados suficientes no momento ou que não se esperam resultados suficientes dentro de um prazo razoável", disse Mark Bemis, representante da ADM. "Infelizmente, a incerteza em torno de custos projetados de capital e de produção, combinada com a taxa de adoção do mercado, levou a retornos financeiros projetados pela ADM muito incertos. Por isso, decidimos sair do negócio,

²¹ ND: dados não disponíveis.

conforme permitido pelo acordo de aliança comercial com Metabolix.
” (ADM ANNUAL REPORT, 2011)

A ADM permaneceu no negócio por sete anos. Interessante notar que, deste período, foram apenas dois anos com a planta em operação. Sua declaração mostra um perfil impaciente com o crescimento quando justifica sua saída pelas incertezas nos custos projetados e nas taxas de adoção do PHA. É razoável admitir que o desenvolvimento comercial de um novo material não tenha um ciclo curto, pois vários investimentos e adaptações são necessários em produto e ativos complementares para permitir sua adoção pelos processadores e utilizadores finais.

A curta e acelerada curva de crescimento do tamanho da empresa foi interrompida com o término da parceria com a ADM. A empresa perdeu seu viés operacional (a planta produtiva), tendo que desmobilizar sua equipe de vendas e marketing. Embora tenha declarado a manutenção de seu time principal (*core team*), houve uma notável redução em sua equipe de P&D, que depois de atingir o pico de 75 funcionários em 2011, rapidamente decresceu para 59 pessoas em 2012.

Resumidamente, foi nítida a tentativa de transição da Metabolix para passar de uma empresa *startup* para tornar-se uma empresa operacional. A diferença entre as baixas receitas e o maior nível de despesas foi coberta pelo caixa obtido no IPO e pelos aportes realizados pela ADM. Como o crescimento de sua estrutura organizacional e de suas despesas operacionais não foram acompanhados por um aumento de receitas (ver Figura 3.6), a necessidade de aportes se elevou drasticamente, o que pode ter pressionado a ADM a reavaliar sua posição no projeto no momento de revisão do seu portfólio de projetos. Não é incomum entre as *startups* a dificuldade de adequar o crescimento de sua estrutura a um ritmo que não seja sustentável por seu MN.

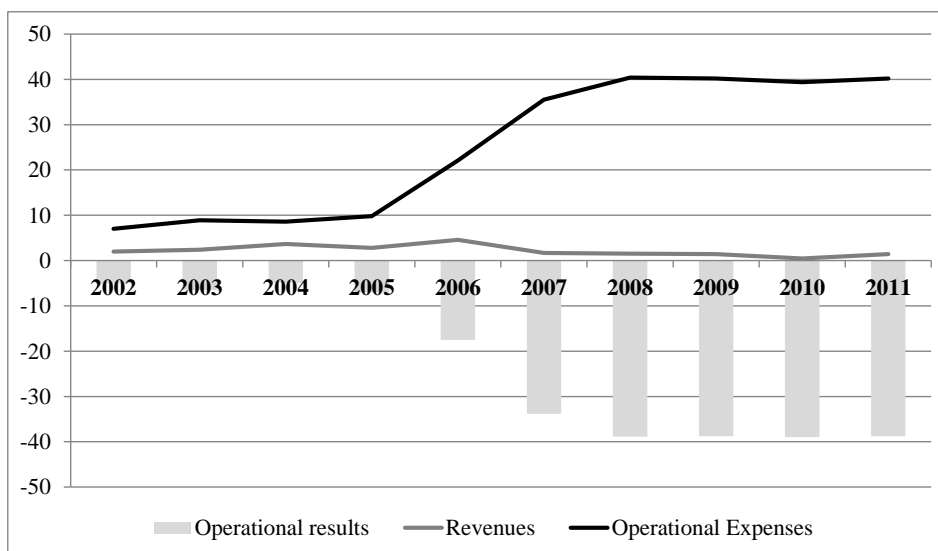


Figura 3.6. Evolução do Resultado Operacional da Metabolix (US\$ milhões).

Fonte: Metabolix Annual Report (2002-2011).

Com o fim da aliança estratégica, a unidade de fermentação localizada dentro das instalações da ADM permaneceu como seu ativo e os direitos sobre os ativos tecnológicos (patentes) permaneceram com a Metabolix, que partiu em busca de novos parceiros. Em julho de 2012, a firma assinou um acordo para a produção do PHA em uma planta de demonstração da firma Antibióticos, localizada na Espanha, que está sendo adaptada por um custo em torno de US\$ 10 milhões.

A perda da planta de Iowa levou a firma a declarar uma nova proposição de valor (V): reduziu seu mercado alvo para 10.000 t/ano, focando em segmentos que valorizassem a biodegradabilidade: uso em agricultura (filmes *mulch*, estufas, envoltórios de fardos, controle de erosão, outros), embalagens para compostos orgânicos, como adubos, resíduos e aplicações em que a degradação marítima é um requisito. Na fase anterior, a empresa declarava interesse em expandir sua atuação para maior número de segmentos, o que aumentou a gama de aplicações desejadas, o que pode ser visto na Figura 3.7. Entre estes, havia um esforço para inserir o PHA principalmente no mercado de embalagens para cosméticos, higiene pessoal, sacolas no varejo, bandejas e filmes para alimentos.

Além disso, a empresa passou a investir no desenvolvimento de copolímeros de PHA, a princípio utilizado como aditivo modificador de propriedades do plástico PVC, como impacto e transparência. O PVC é um polímero com uma vasta gama de usos,

desde construção até a medicina. A demanda global de PVC é estimada em aproximadamente 35 milhões de toneladas. A Metabolix apresentou um estudo intitulado "*New Biobased PHA Rubber Copolymers for PVC Modification*". A empresa desenvolveu uma série de copolímeros de PHA e demonstrou sua miscibilidade com o PVC. Os pesquisadores da Metabolix criaram composições específicas de PHA para melhorar a plasticidade, impacto e modificar o processamento de PVC (METABOLIX, 2012).

Em plastificação, os copolímeros de PHA tiveram performance como moléculas de alto peso molecular, prontamente dispersível em plastificantes, e permitiram formulações de compostos com baixa migração, baixa perda de extraíveis, voláteis e coloração. Em relação à modificação de impacto, os copolímeros de PHA apresentaram bom desempenho e não comprometeram a transparência e estabilidade ao UV do PVC. Resumindo, os estudos demonstraram que os copolímeros de PHA podem produzir melhorias significativas no processamento do PVC e trouxeram um novo mercado para a Metabolix além daqueles que requerem a biodegradabilidade do PHA (METABOLIX, 2012).

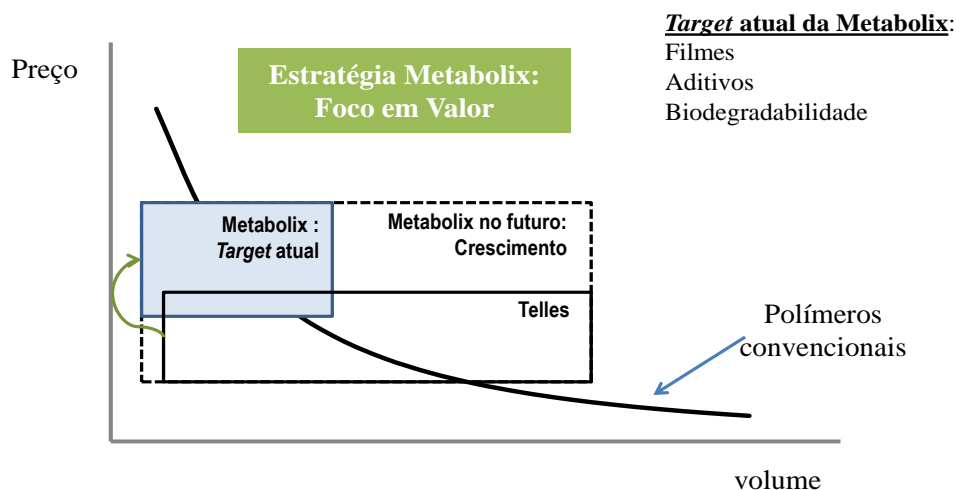


Figura 3.7. Nova proposição de valor da Metabolix.

Fonte: Metabolix (2012).

No Quadro 3.5 são mostrados os três elementos centrais do MN e a origem dos recursos em cada uma das três fases da trajetória da Metabolix, ressaltando que a terceira fase, ainda recente, não apresenta dados suficientes para uma maior exploração. No Quadro 3.5 são explorados os Recursos e Competências, Organização Interna e Externa, Proposição de Valor e Origem dos Recursos. A fase inicial, marcada por uma

estrutura de *startup*, o esforço da firma se concentrou em desenvolver tecnologia de processo para o *scale up*. A empresa se mantinha fundamentalmente com recursos governamentais. A fase de Crescimento, com a formação da Telles, levou a firma ao crescimento da estrutura operacional com foco na produção industrial e comercialização do bioplástico. Os recursos foram provenientes da aliança estratégica com a ADM e a realização do IPO. A fase seguinte, ainda em curso, foi iniciada com uma desmobilização de sua equipe comercial, visto a perda da operação industrial. Novamente, os recursos governamentais tomam maior importância.

Quadro 3.5. Fases da trajetória da Metabolix e elementos do RCOV adaptado.

Elementos do MN	Fase Inicial: da fundação até Telles	Fase Crescimento: <i>joint venture</i> Telles	Fase <i>Downsizing</i>: finalização da Telles
Recursos e Competências	Planta em escala piloto Patentes até 2006: 340 Esforços para tecnologia de produção de PHA.	Planta em escala piloto Planta em escala comercial: 50 kta Patentes até 2011: 480 Tecnologia de produção de em escala industrial e esforços para o desenvolvimento de aplicações.	Planta em escala piloto. Planta industrial: parceria com a Antibióticos 10 kta (partida prevista para 2013) Tecnologia de produção em escala industrial.
Organização interna e externa	Típica de <i>startup</i> : predominantemente P&D	Transição para estrutura operacional: crescimento da equipe comercial, administrativa e P&D.	<i>Downsizing</i> da estrutura: redução da equipe administrativa, comercial e P&D.
Proposição de valor	Orientada para a biodegradabilidade. Nichos.	Competição com polímeros tradicionais. Maior número de aplicações.	Orientada para biodegradabilidade, copolímeros, filmes compostáveis. Nichos: menor gama de aplicações.
Origem dos Recursos	Doações governamentais	Aliança estratégica IPO Doações governamentais	Doações governamentais

. Fonte: Elaboração própria.

3.4.2. A CONSTRUÇÃO DO RCOV ADAPTADO PARA A METABOLIX

A Metabolix, que surgiu como um *spin off* do MIT para explorar uma oportunidade tecnológica em torno dos bioplásticos, tornou-se um instrumento da ADM para viabilizar a sua estratégia declarada de diversificação de negócios (ADM ANNUAL REPORT, 2005). A ADM, com faturamento anual em torno de US\$ 80 bilhões (ADM ANNUAL REPORT, 2011), concentra seus negócios nas áreas de agricultura, processamento de óleos e produção de alimentos, e muito provavelmente teria dificuldades para conduzir um projeto relativamente pequeno e incerto como a produção de bioplásticos internamente.

A entrada dos recursos externos, advindos da aliança estratégica com a ADM e da abertura de capital, imprimiu uma dinâmica ao crescimento da firma, trazendo modificações em seu MN. Essa dinâmica é mostrada nos Quadros 3.6 e na Figura 3.4. O Quadro 3.6 sumariza os movimentos que marcaram o que neste ensaio chamou-se de Fase do Crescimento.

Na primeira fase da trajetória da firma, sua orientação foi o desenvolvimento tecnológico que permitisse investir no crescimento de suas operações. Para isso, portanto, precisava acessar recursos financeiros, contando com incentivos governamentais. A parceria com a ADM significou a oportunidade para deixar essa estrutura predominantemente de P&D em busca de uma estrutura operacional. Esta segunda fase trouxe modificações significativas para a firma, como a contratação de pessoal na área administrativa e comercial e um novo recurso central, a planta industrial que levou a firma a abrir o campo de desenvolvimento de aplicações. Neste momento, a firma tenta tirar o PHA dos nichos de mercado para mercados de maior volume. Apesar dos esforços para inserir o produto em mercados mais amplos, todavia, percebeu-se uma baixa adoção que aliada aos resultados financeiros negativos fortaleceu a ruptura na trajetória deliberada de crescimento da estrutura.

A entrada de recursos permitiu a empresa crescer sua estrutura e buscar uma organização interna típica de uma empresa operacional. Consequentemente, as despesas operacionais cresceram e pressionaram a necessidade de caixa. A lenta adoção do PHA pelo mercado não levou ao crescimento das receitas operacionais. As perdas acumularam-se e o valor das ações da empresa mostrou queda significativa. Estes

fatores mostram um ciclo não sustentável, ilustrado na Figura 3.6, quando os recursos financiadores não são pacientes com o crescimento e, além disso, não agem para promover modificações ou adaptações necessárias.

Deve-se ressaltar que a inovação em questão, é sistêmica, e envolve fatores múltiplos (atores, interesses, regras, estruturas) e transformações no regime estabelecido, portanto, demanda tempo. Ou seja, uma simples análise do RCOV, olhando apenas para os elementos centrais do MN poderia inicialmente levar a conclusão de que este não apresentou “consistência interna”, pois não houve uma adequação entre recursos, proposição de valor e organização, levando a receitas menores que custos e perdas acumuladas. Todavia, por se tratar de uma inovação sistêmica e uma *startup* em início de operação, boa parte das respostas necessárias para compreender a dinâmica do MN se encontra no ambiente. Nele, estão fatores críticos para a adoção do material e a origem dos recursos que a firma emergente acessou para crescer.

A saída da ADM, justificada pela empresa pelos resultados obtidos e pela incerteza do negócio (ADM ANNUAL REPORT, 2011), foi de fato impulsionada por estas razões ou foi condicionada às pressões por uma maior rentabilidade de seus negócios? Não é difícil aceitar que o processo de desenvolvimento dos bioplásticos demanda tempo, pois altera relações e regras do regime, logo levar os bioplásticos de nichos com aplicações específicas para mercados amplos não se dará apenas pelas iniciativas individuais das *startups*. A mudança de regras dos regimes atuais (GEELS, 2002) como regulações, leis, normas comportamentais, padrões de consumo, agendas de inovação, exigirá a participação das empresas produtoras, governos, consumidores, fornecedores e complementadores.

O RCOV adaptado para a origem dos recursos, mostrado na Figura 3.8, todavia, permite que se compreenda melhor o papel da origem dos recursos e se olhe com mais atenção ao ambiente como um elemento determinante para o desempenho e as escolhas da firma.

Quadro 3.6. Movimentos que explicam a 2ª fase da trajetória da Metabolix.

#	Movimentos da 2ª fase (Fase de Crescimento) na trajetória da Metabolix
1	Início da 2ª fase da Metabolix: formação da Telles (aliança estratégica da firma com a ADM) e abertura de capital e oferta pública de ações (IPO).
2	Recursos (ADM e IPO) financiaram a planta de 50 kta e crescimento da firma.
3	A planta de 50kta leva a firma a ampliar seus mercados de atuação, expandindo as aplicações do produto.
4	O crescimento leva a firma a aumentar a sua estrutura organizacional: estrutura típica de P&D para operacional com aumento das equipes de vendas & marketing e administrativa.
5	O aumento do <i>headcount</i> levou ao crescimento dos custos da firma.
6	A baixa taxa de adoção do PHA não aumentou as receitas operacionais da empresa.
7 e 8	Receitas baixas e custos maiores levaram ao aumento do prejuízo acumulado pela firma e queda acentuada do valor de suas ações.
9	A ADM sai do projeto e termina a Telles. A Metabolix perde o recurso produtivo: planta de 50 kta.
10	Início da 3ª fase da trajetória da Metabolix

Fonte: Elaboração própria.

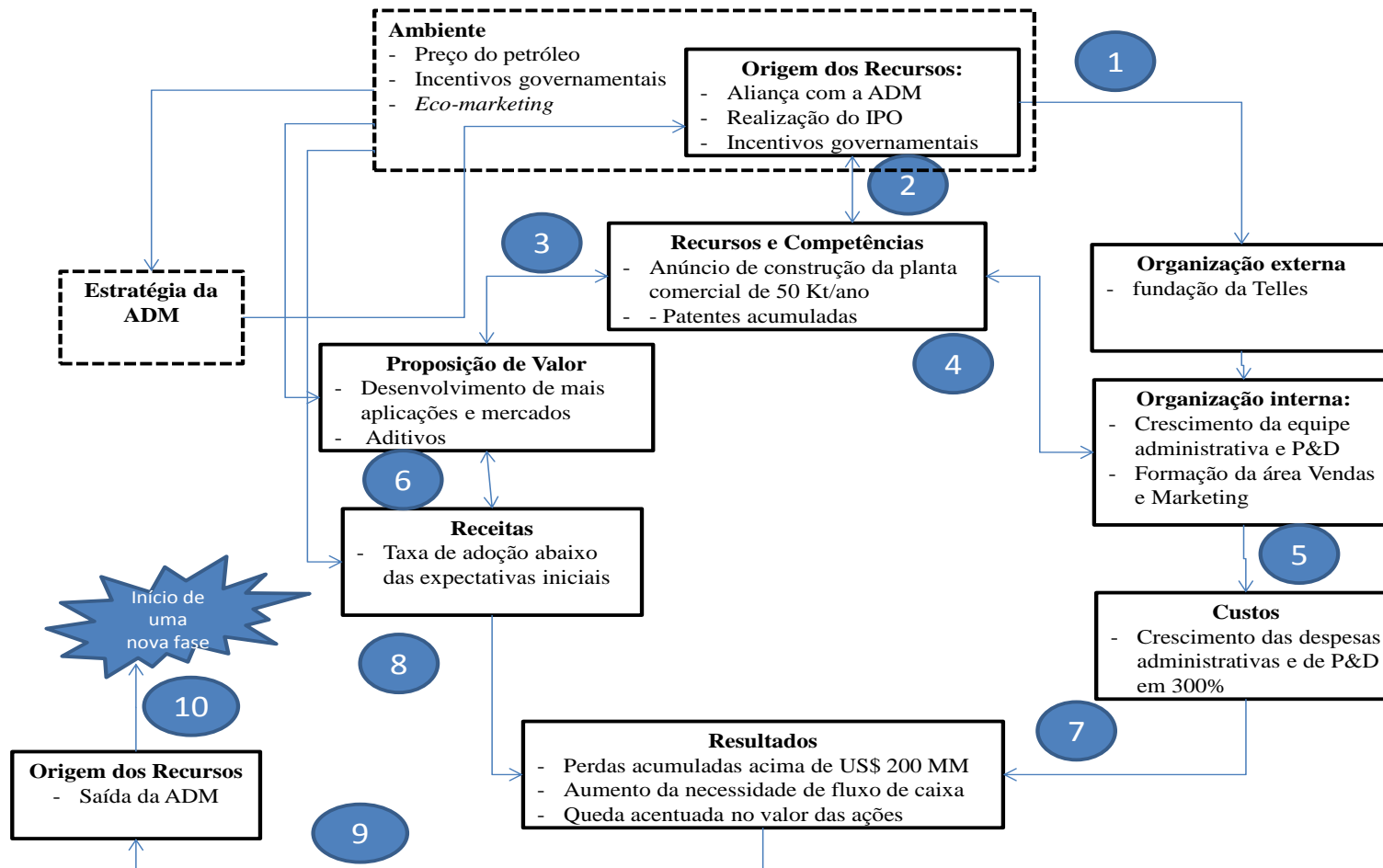


Figura 3.8. Aplicação do RCOV adaptado da Metabolix : 2ª fase.

Fonte: Elaboração própria.

3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os MN constituem ferramentas interessantes para a observação das firmas, pois deixam claro suas estratégias, como por exemplo, o crescimento de uma firma *startup*. Embora a *startup* seja a unidade de análise deste ensaio, é necessário compreender sua origem. Frequentemente *spin offs* de empresas estabelecidas e instituições de pesquisas, as *startups* são instrumentos que viabilizam inovações fora de tais estruturas organizacionais.

Portanto, uma compreensão do processo de desenvolvimento dos bioplásticos exigirá o acompanhamento das *startups* de base tecnológica e da origem de seus recursos. A origem dos recursos externos pode se tornar um elemento decisivo na trajetória destas empresas. Christensen e Raynor (2003) exploram o dinheiro “bom” e o dinheiro “mau” para as *startups* através da “tolerância” em relação aos resultados financeiros e ao tempo de retorno dos novos projetos.

Para complementar tal análise, sugere-se uma compreensão do tipo de recurso externo financiador e seus possíveis efeitos sobre o projeto e conseqüentemente sobre o processo de transição dos bioplásticos. Uma reflexão sobre os recursos mais ou menos adequados dependerá da fase em que se encontra determinado projeto. Em geral, nas fases iniciais, de alto risco e pouca previsibilidade, os incentivos governamentais, como as subvenções econômicas, parecem mais adequados por sua paciência em relação aos resultados e ao tempo. Naturalmente, com o desenvolvimento do projeto e a obtenção de sucessos nos resultados, os riscos parecem menores e facilitam a entrada de outros tipos de recursos, como a formação de *joint ventures*, financiamentos convencionais e a abertura de capital (IPO).

No caso Metabolix, perceberam-se três principais fontes de recursos externos: os incentivos governamentais para pesquisa, a abertura de capital e o sócio investidor. O recurso proveniente da abertura de capital é naturalmente uma fonte impaciente, evidente nos valores descendentes de suas ações e do lado do sócio investidor, a ADM, vale discutir se esta foi pouco tolerante ao deixar a parceria em seis anos.

Tem-se observado empresas de setores tradicionais e indústrias estabelecidas, como do setor petroquímico, automobilístico, alimentos e bens de consumo, financiando direta ou indiretamente o desenvolvimento dos bioplásticos, como Braskem, Du Pont, Dow, Cargill, Basf. Estas empresas têm ideia de quanto tempo é necessário esperar para decidir sobre novos investimentos ou mesmo, desinvestir em *startups*? Estas empresas sabem quais as variáveis mais adequadas para avaliar o desempenho de *startups*? Qual o tempo certo para analisar a consistência interna de seus MN?

É comum que as *startups* tenham que adaptar e promover mudanças nos elementos de seus MN em decorrência de fatores internos e externos. Para que viabilizem suas inovações, precisam quase sempre crescer suas estruturas e se fortalecer, necessitando acessar ativos complementares, como aqueles relacionados ao fornecimento de matéria-prima, produção, distribuição, comercialização e assistência técnica, o que justifica as diversas parcerias observadas na trajetória da Metabolix, caracterizando sua migração para uma fase operacional. O caso Metabolix mostrou de forma clara a evolução do MN na direção de uma estrutura operacional, quando cresce o *headcount* de áreas não relacionadas diretamente ao P&D, como as áreas administrativas, vendas e marketing. Esta mudança em seu MN é comprovada pelo crescimento de suas despesas operacionais. Contudo, não foram acompanhadas pelo crescimento de sua receita operacional, o que gerou aumento da necessidade de capital de giro.

A aproximação com utilizadores finais para promover o conhecimento sobre o PHA e o desenvolvimento de aplicações foi observada pela criação de uma equipe de marketing e comercialização. Outra questão deve ser levantada no caso específico: porque um utilizador final decidiria adotar o PHA, fornecido apenas por um único produtor? Este ponto merecia uma atenção da firma para o estabelecimento de alianças com firmas que viabilizassem acesso aos ativos complementares.

O tempo necessário para alcançar o regime deve levar em consideração a percepção de risco dos utilizadores finais. Portanto, justifica-se uma aproximação, inclusive tendo clientes como agentes financiadores do projeto. A produção do biopolímero PE verde em escala comercial da brasileira Braskem foi impulsionada a partir de parcerias de comercialização com os utilizadores finais (BRASKEM, 2012).

Concluindo, o ensaio contribuiu para investigar a relação do MN com o ambiente de uma *startup* do segmento de bioplásticos e relevar sua importância como objeto da inovação. Todavia, a medida de sucesso de uma *startup* não pode ser atribuída ou limitada apenas ao seu MN, mas à habilidade da *start up* em se adaptar e promover mudanças em tempo para dar respostas necessárias ao ambiente e às suas fontes de recursos. A decisão de ir adiante tem que ponderar a existência ou a possibilidade de criar janelas de oportunidades no regime. Não se trata apenas de um movimento individual, mas de uma observação sobre diferentes movimentos em torno dos bioplásticos. É uma indústria em formação e necessita-se de tempo de aprendizado, cooperação e agenda. Essas razões justificam a adaptação sugerida ao RCOV, inserindo como elemento de análise a origem de recursos externos que representa uma das mais importantes relações da firma com o ambiente.

CAPÍTULO 4

ENSAIO 3: EXPLORAÇÃO DA DINÂMICA DOS MODELOS DE NEGÓCIO EM UMA EMPRESA PETROQUÍMICA: ADAPTAÇÕES OU NOVOS MODELOS DE NEGÓCIO?

4.1 INTRODUÇÃO

Conforme explorado anteriormente (ver capítulo 2 desta tese), a transição dos bioplásticos deve ser compreendida a partir de duas trajetórias distintas de desenvolvimento. Entre os bioplásticos há uma divisão clara entre *drop in* e não *drop in*. Tal abordagem mostra contextos diferentes para a transição desses materiais. Ou seja, a dinâmica que rege a transição de um material *drop in* não é a mesma de um não *drop in*.

O maior espaço observado para os *drop in* nas projeções de oferta futura de bioplásticos advém de vários fatores, sendo o mais importante a menor percepção de riscos pelos agentes envolvidos, principalmente os utilizadores finais, pois emergem com a possibilidade de coexistência com os regimes estabelecidos já que exigem poucas mudanças estruturais no *downstream*, reduzindo os investimentos necessários do lado da demanda. Atendem à paisagem de Geels (2002), quando esta pressiona o regime atual em busca de uma alternativa ao petróleo (conceito *biobased*), e ao regime, quando seu desenvolvimento não rompe com as regras atuais (menor impacto sobre estruturas industriais, padrões, firmas, ativos complementares). Mas, por serem desenvolvidos dentro de regimes estabelecidos e evitarem confronto com tais regras, padrões e normas, pode-se afirmar que os *drop in* não necessitam de MN exclusivos e diferenciados dos MN desenvolvidos para os materiais de base fóssil?

Dada a maior participação dos *drop in* na projeção da capacidade futura de produção dos bioplásticos, é importante compreender quais atores configuram como candidatos mais propensos para conduzir tais projetos. Além disso, cabe investigar as principais transformações exigidas à firma inovadora para desenvolver um material *drop in*.

Vale ressaltar, também, a percepção das firmas inovadoras sobre os riscos envolvidos com os projetos de desenvolvimento dos materiais *drop in* e não *drop in*.

Entre as inovadoras na trajetória dos bioplásticos, devem-se separar as emergentes das estabelecidas. Tal distinção evidencia dinâmicas diferentes para o desenvolvimento dos MN para inovar. As firmas emergentes, as *startups*, são aquelas criadas justamente para viabilizar a inovação tecnológica. Seu surgimento é condicionado à elaboração de um MN que reflita a estratégia (CASADESUS-RICART e MASANELL, 2010) e viabilize a tecnologia, neste caso, fortemente orientado para a difusão comercial do bioplástico e para facilitar a aproximação e a comunicação com potenciais fontes de recursos²².

As firmas estabelecidas inovadoras são aquelas já existentes, como as produtoras de petróleo e gás, químicas, petroquímicas, agronegócio e as produtoras de alimentos, que decidem “olhar” para oportunidades “fora” de seus contextos tradicionais, visando a uma diversificação de matérias-primas, tecnologias, produtos e negócios, ou mesmo, acompanhar as mudanças e progressos em andamento. Entre estas, não é difícil imaginar uma maior participação dos atores petroquímicos na condução de projetos relacionados aos *drop in*. A maior participação é inicialmente explicada pelo acesso aos ativos complementares (TEECE, 1986) necessários à produção e comercialização, já disponíveis e acessados por estas firmas.

Uma pergunta central motiva este estudo: A empresa que já comercializa um plástico convencional correlato (petroquímico), e, portanto, dispõe e acessa ativos complementares para a produção e comercialização, ao desenvolver um *drop in* precisará implementar um novo MN ou adaptações nos MN existentes serão suficientes?

Este ensaio tem como objetivo central explorar as vantagens e as desvantagens para o desenvolvimento dos bioplásticos na perspectiva de uma firma já existente, uma petroquímica, com recursos, processos e valores organizacionais orientados pela lógica da estrutura dominante da indústria, através da exploração da dinâmica transformacional de seus MN.

O estudo examinará a trajetória de desenvolvimento do polietileno verde (PE verde), *drop in*, produzido e comercializado pela petroquímica brasileira Braskem. A Braskem é líder na produção de termoplásticos nas Américas e é uma das dez maiores petroquímicas do mundo. Com uma capacidade de produção em torno de três milhões de toneladas de polietileno, a partir de matérias-primas fósseis, como nafta e gás natural,

²² A exploração da inovação e dos MN em firmas emergentes foi realizada no capítulo 3 desta tese.

a empresa foi pioneira no desenvolvimento e lançamento do PE verde e atualmente possui a maior planta em escala comercial de bioplásticos no mundo (BRASKEM, 2012a). Em setembro de 2010, deu início à produção do eteno verde em escala comercial em uma planta com capacidade anual de 200.000 toneladas. O eteno verde é obtido pela desidratação do etanol produzido a partir da fermentação do açúcar de cana-de-açúcar.

Este ensaio investigará o desenvolvimento do projeto, as principais motivações e barreiras encontradas na empresa e as principais transformações organizacionais necessárias para “abrigar” e desenvolver o projeto.

Tal exploração é motivada pela magnitude dos projetos individuais conduzidos pelas firmas inovadoras para a transição desses materiais ao regime. Acredita-se que o desempenho positivo dessas iniciativas refletirá em sucesso na difusão de novos materiais e em mudanças intra-organizacionais importantes, transformando estruturas, recursos, competências e valores organizacionais.

Este capítulo está estruturado em quatro seções. Esta primeira seção é a introdução ao tema, onde foram pontuadas as questões de interesse. A segunda seção apresenta argumentos teóricos que serão explorados neste ensaio, voltados para a relação entre o MN, estratégia e o processo de alocação de recursos. A terceira seção mostra o estudo de caso do PE verde da Braskem e usa os argumentos explorados na segunda seção. A quarta seção traz as principais conclusões a cerca da exploração

4.2. ARGUMENTOS TEÓRICOS

O acesso aos ativos complementares na decisão das firmas sobre investir ou não investir em uma inovação deve ser tratado com destaque. Na maioria dos casos, o sucesso na comercialização de uma inovação requer uma combinação da tecnologia com ativos relacionados à produção, distribuição, marketing, vendas, assistência técnica e produtos complementares. Estes ativos podem ser ou não especializados (TEECE, 1986), o que justifica uma maior participação das petroquímicas como os atores prováveis para desenvolver os *drop in*. Teece (1986) propôs discutir a decisão sobre a internalização ou contratação desses ativos, a partir de sua importância para a apropriação dos benefícios gerados pela inovação, o grau de especialização e a

disponibilidade de recursos pela firma, sugerindo uma posição favorável dos detentores de ativos complementares em muitas inovações.

O investimento das firmas do regime em soluções *drop in*, a partir da utilização de recursos e competências já existentes, remete a uma expectativa de maiores chances de sucesso nestas iniciativas. No caso dos *drop in*, o acesso aos ativos relacionados à polimerização, transformação, assistência técnica e distribuição conferem uma importante vantagem aos incumbentes, já que seus investimentos são drasticamente reduzidos.

As máquinas e equipamentos para a transformação das resinas em produtos e artefatos plásticos são ativos específicos e dedicados, exigem aportes de investimentos significativos para os transformadores, aprendizado e grande conhecimento sobre as propriedades dos materiais para o desenvolvimento de aplicações. Tais fatos justificam um esforço das firmas inovadoras na obtenção ou contratação de ativos complementares no chamado *downstream*, localizados mais próximos à demanda. As petroquímicas já possuem relacionamentos de longo prazo com empresas transformadoras e alguma aproximação com os utilizadores finais e ainda dominam as propriedades técnicas dos materiais *drop in*. Essas firmas já atuam com equipes de marketing, vendas e assistência técnica para a comercialização dos materiais de base fóssil, idênticos ou muito semelhantes aos *drop in* em propriedades.

Embora se apresente uma expectativa de sucesso das petroquímicas na trajetória de inovação dos *drop in*, devido ao acesso aos ativos complementares e às competências relacionadas à aplicação e comercialização, a competição interna entre os polímeros petroquímicos e os bioplásticos para a alocação de recursos, deve ser levantada, justificando sua exploração neste ensaio.

4.2.1. A DECISÃO SOBRE A ALOCAÇÃO DE RECURSOS

Segundo Christensen e Raynor (2003), o principal motivo pelo qual novos negócios fracassam pode ser atribuído a gerentes ou organizações, cujas capacidades não estão à altura da tarefa. As capacidades de uma organização convertem-se em incapacidades quando se trata de ruptura. Para o autor, a medição da capacidade da firma é compreendida por três fatores: Recursos, Processos e Valores.

Os Recursos (R), o mais tangível dos três fatores, incluem pessoas, equipamentos, tecnologias, projetos de produtos, marcas, informações, dinheiro e relacionamento com fornecedores, distribuidores e clientes. Os Processos (P) são os padrões de interação, coordenação, comunicação e decisões por meio dos quais as firmas transformam seus recursos em produtos e serviços. Os Valores (V) são de natureza ética e norteiam as decisões e rumos da organização. São normas com base nos quais os funcionários tomam decisões de escolha e priorização para a alocação de recursos.

Os recursos e processos podem ser vistos como fatores capacitadores, mas também são *core rigidities* (LEONARD BARTON, 1992). Com o tempo, os valores das empresas bem sucedidas tendem a evoluir de maneira previsível para duas dimensões: a primeira relacionada às margens aceitáveis; a segunda dimensão relaciona-se ao tamanho mínimo necessário para que um novo negócio se torne interessante e priorizado pela firma (CHRISTENSEN e RAYNOR, 2003).

O processo de alocação de recursos determina as iniciativas que serão financiadas e implementadas e quais não receberão recursos. Logo, a decisão sobre onde e como alocar seus recursos é, portanto, fundamental para compreender as trajetórias de inovações conduzidas pelas firmas (TIDD *et al*, 1997). O processo de alocação de recursos compromete os recursos disponíveis da firma para inovar e, portanto, não apenas definem suas atividades e produtos de mercado no presente, mas a construção de vantagens competitivas sustentáveis (GHEMAWAT, 1991).

Christensen e Raynor (2003) definiram os valores da organização como o motor que rege o processo crítico de alocação de recursos. Estes valores são direcionados por duas dimensões: a geração de margens, definida pela estrutura de custos e o tamanho das oportunidades de inovação. Para Leonard-Barton (1998), as limitações estratégicas apresentam quatro dimensões: valores, sistemas físicos, sistemas de gestão e qualificações e conhecimento. Entre estes, os valores apresentam maior dificuldade de mudança, conforme mostrado na Figura 4.1. Nestes, estão incluídas as decisões sobre quais bases de conhecimento devem ser buscadas e cultivadas.

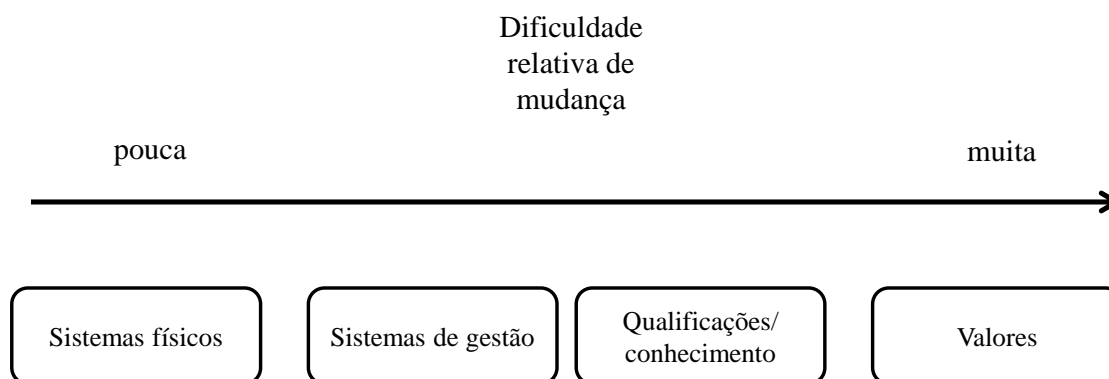


Figura 4.1 Suscetibilidade a mudanças das dimensões das limitações estratégicas.

Fonte: Adaptado de Leonard-Barton (1998, p.65).

As firmas estabelecidas têm seus recursos, como técnicos, dinheiro e tecnologia, orientados e comprometidos com as chamadas soluções e tecnologias sustentadoras. Seus processos e valores são incapacidades em iniciativas referentes às inovações disruptivas. Já as pequenas empresas inovadoras de base tecnológica, em contrapartida, são mais capazes e dispostas a buscar novos mercados de crescimento acelerado, já que não têm seus recursos comprometidos e não dispõem de folga organizacional²³ (PENROSE, 1959; BOURGEOIS, 1981), tendo que buscá-los de acordo com os propósitos da inovação. Seus valores podem abraçar mercados menores e sua estrutura de custos é capaz de acomodar margens de lucro mais baixas por unidade vendida (CHRISTENSEN, 1997).

4.2.2 MODELOS DE NEGÓCIO PARA INOVAR

O MN, quando mostra resultados satisfatórios em margem ou tamanho do negócio, pode gerar certa rigidez para a firma buscar e desenvolver inovações disruptivas. Por conseguinte, o sucesso de hoje torna-se a armadilha de amanhã. O MN eficaz cria uma lógica interna dominante sobre decisões de mercado-alvo, tamanho de

²³ As folgas organizacionais são definidas como um conjunto de recursos que permitem a firma a se adaptar com sucesso às pressões internas ou externas, como também iniciar mudanças na estratégia de acordo com o ambiente externo (BOURGEOIS, 1981)

mercado, margens, cadeia de valor e canais de distribuição que limitam a firma na aposta pelo desenvolvimento de inovações. (CHESBROUGH, 2003).

A empresa se “engessa” e parece “equilibrada” diante de um círculo aparentemente virtuoso. Todavia, corre o risco de desenvolver uma postura voltada apenas para si e ignorar riscos e oportunidades que o ambiente possa oferecer. Como, então, a firma se encorajará para empreender recursos em projetos que desafiam tal equilíbrio?

Demil, Lecocq e Warnier (2006) exploraram a dinâmica dos elementos centrais do MN a partir de sua transformação para criar consistência interna e permitir a sustentação de resultados positivos durante o processo de inovação e mudanças, através do *framework* RCOV, elaborado a partir da visão baseada em recursos de Penrose (1959). O RCOV explora como as firmas podem inovar e mudar seus MN, respondendo ao ambiente e promovendo resultados consistentes.

Mesmo quando as firmas decidem desenvolver projetos inovadores, realizando investimentos significativos, alguns resultados podem ser desapontadores. Percebem-se vários projetos inovadores que não deram certo dentro de uma estrutura organizacional que não dispunha de valores adequados para acomodar tais inovações, portanto, não permitindo priorizá-las. Entende-se que os resultados abaixo das expectativas, não devem ser explicados apenas por fatores localizados na própria firma ou por pressões promovidas pelo ambiente, mas sim, por uma combinação de tais aspectos. Há de se considerar aspectos intra-firma, como os MN e o ambiente como unidades de análise.

Para escapar da “armadilha” supracitada, precisam selecionar uma base organizacional mais adequada para acomodar um novo negócio de ruptura. Diante desta restrição, algumas firmas preferem conduzir tais projetos externamente, comprando participações, realizando *spin offs* ou investindo em *startups* de base tecnológica (TIDD *et al.*, 1997). Ainda assim, não necessariamente se protegem de tais valores ameaçadores. Diante de situações de menor desempenho, a primeira reação é eliminar os projetos que ainda não apresentaram resultados condizentes com seus valores. Tornam-se recursos impacientes (CHRISTENSEN e RAYNOR, 2003). Não esperam e tão pouco, criam condições para que o novo negócio prospere mesmo que externamente à rigidez da firma.

Para Casadesus-Ricart & Masanell (2010), as escolhas de uma firma sobre seus MN podem levar a rígidas consequências. Um conjunto de escolhas em uma organização propõe políticas, ativos e modelos de governança (GEREFFI, 1999; 2005) que determinam consequências associadas, levando ao MN da firma. Constrói-se a lógica da organização, a forma como opera e cria valor para seus *stakeholders* (OSTERWALDER, 2004). Tais escolhas tornam-se restritivas para a firma, logo, o MN é formado por decisões deliberadas e por consequências advindas dessas decisões.

No ambiente também estão parte dos recursos financeiros e não financeiros necessários para a firma implementar uma estratégia de renovação, já que muito provavelmente as firmas precisarão acessar fontes externas para inovar. Chesbrough e Rosenbloom (2002) questionam o paradigma da inovação fechada, defendendo um MN que permita a firma acessar recursos externos para inovar. As ideias podem surgir de dentro ou de fora da firma, assim como, podem ser desenvolvidas interna ou externamente à firma, levando ao conceito de inovação aberta.

Entende-se que os valores organizacionais não são direcionados apenas por dimensões definidas pela firma. Tais valores se transformam também por mudanças provocadas pelo ambiente. O ambiente pode trazer novos rumos para as firmas e provocar mudanças na forma como estas decidem alocar seus recursos e mudar seus processos. Mudanças repentinas e não previsíveis, como ameaças e oportunidades significativas conhecidas como revoluções *schumpeterianas* podem alterar drasticamente o valor dos recursos da firma (BARNEY, 1991).

Tidd *et al* (1997) propuseram um modelo para a gestão da inovação em que incluem o contexto ambiental. A defesa de um modelo se justifica pela necessidade da firma se capacitar através de um conjunto de rotinas para transformar seus recursos em competências para inovar. O modelo, mostrado na Figura 4.2 a seguir, entretanto, sugere o ambiente apenas como fonte de oportunidades e não explora as relações que pode estabelecer com a firma nas etapas de formação da estratégia, alocação de recursos e implementação.

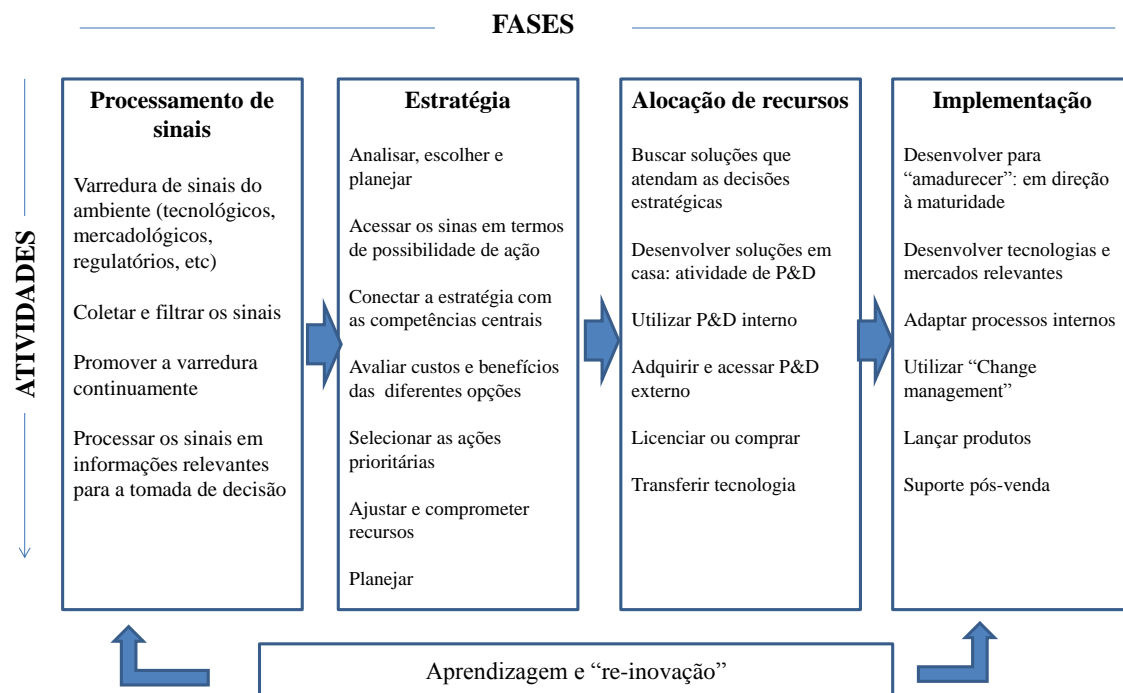


Figura 4.2. Rotinas Organizacionais para a implementação da Gestão da Inovação pelas firmas.

Fonte: adaptado de Tidd *et al* (1997, p41).

Fleck (2003) sugere dois aspectos complementares como elementos importantes na determinação do sucesso duradouro ou fracasso crônico da firma: aspectos ligados à firma (organizacionais) e aspectos ligados aos negócios (ambientais). Fleck (2003) propõe em seu Motor do Crescimento Contínuo, que o "desequilíbrio" gera oportunidades de expansão que por sua vez alimenta um mecanismo de reforço que realimenta o desequilíbrio. Entre os motores de crescimento contínuo estão os desequilíbrios oriundos de demandas não atendidas por se ter mais do mesmo (oferta não diferenciada), pela vantagem competitiva horizontal, a partir de aquisições de concorrentes, pela diversificação selecionada, a partir do crescimento orgânico pelo desenvolvimento de atividades relacionadas e finalmente pela inovação (criação de novos produtos e padrões de competição).

O desequilíbrio, configurado por uma ameaça ou uma oportunidade à firma, pode surgir do ambiente, como uma restrição política, legal, incentivos governamentais, a entrada de novos concorrentes e produtos substitutos, mudanças culturais, etc. Mas

vale lembrar que o desequilíbrio pode ter origem na própria organização. Uma estratégia deliberada voltada para a diversificação, por exemplo, motivada pelo acúmulo de recursos pela firma, pode levá-la a um processo de aquisição de novos ativos que implique em rupturas significativas em sua trajetória.

4.2.3. MODELOS DE NEGÓCIO E A DECISÃO SOBRE ALOCAÇÃO DE RECURSOS

Como os MN refletem a “lógica” das firmas para competir e criar valor deduz-se que a alocação de recursos pode ser compreendida como um processo de decisão sobre o MN da firma. Tal decisão implica escolhas sobre investimentos em novos produtos, serviços e processos, assim como a origem de recursos da firma, financeiros ou não financeiros, como a formação de alianças estratégicas, obtenção de financiamentos, aquisições, entrada de sócio investidores, capital de risco, abertura de capital, etc.

Para Chesbrough e Rosenbloom (2002), os MN apresentam as seguintes funções: articular a proposição de valor, identificar os segmentos de mercado, definir e estruturar a cadeia de valor, especificar os mecanismos de rendimentos da firma, descrever sua posição na rede de valor e formular a estratégia competitiva pelo qual a firma inovadora irá sustentar sua vantagem sobre os rivais. Teece (2010) afirma que MN sustentáveis necessitam de um filtro de análise estratégica, passando pela segmentação do mercado, criação da proposição de valor, formulação e implementação de mecanismos para captura de valor e estratégias para evitar a imitação. Sugere-se, portanto, a partir do exposto acima, que o MN seja uma unidade de análise para a observação do processo de alocação de recursos da firma para inovar.

Demil, Lecocq e Warnier (2006) conceituam MN como a descrição da articulação entre os seus diferentes componentes ou "blocos de construção" para produzir uma proposta que gere valor para consumidores e, assim, para a firma. A partir de três elementos centrais (recursos e competências, proposição de valor e organização), também citados por Osterwalder (2004), são geradas receitas, custos e as margens da firma.

Além dos três elementos centrais do RCOV, propõe-se a inclusão de mais um elemento para a compreensão da dinâmica transformacional dos MN: a origem dos

recursos obtidos pela firma. O RCOV não se preocupa em responder de onde vêm tais recursos para viabilizar e financiar a inovação, concentrando-se na dinâmica interna entre os elementos centrais do MN e em respostas ao ambiente, o que denota uma postura reativa. O RCOV não explora como a origem de recursos (financeiros e não financeiros) pode mudar o MN e criar vantagens competitivas à firma.

Entende-se que a inclusão da origem dos recursos confere maior participação do ambiente na análise da dinâmica do MN, permitindo uma melhor compreensão da chamada consistência interna proposta por Demil, Lecocq e Warnier (2006). A perspectiva da abordagem dinâmica se amplia e é mais bem compreendida, quando se discute a origem dos recursos e a extensão de sua “paciência” quanto ao crescimento e à geração de margens pelo negócio, influenciando as decisões da firma sobre mudanças no MN. Propõe-se, portanto, que a origem dos recursos seja inserida no *framework* RCOV. O RCOV adaptado²⁴ é ilustrado na Figura 4.3 a seguir.

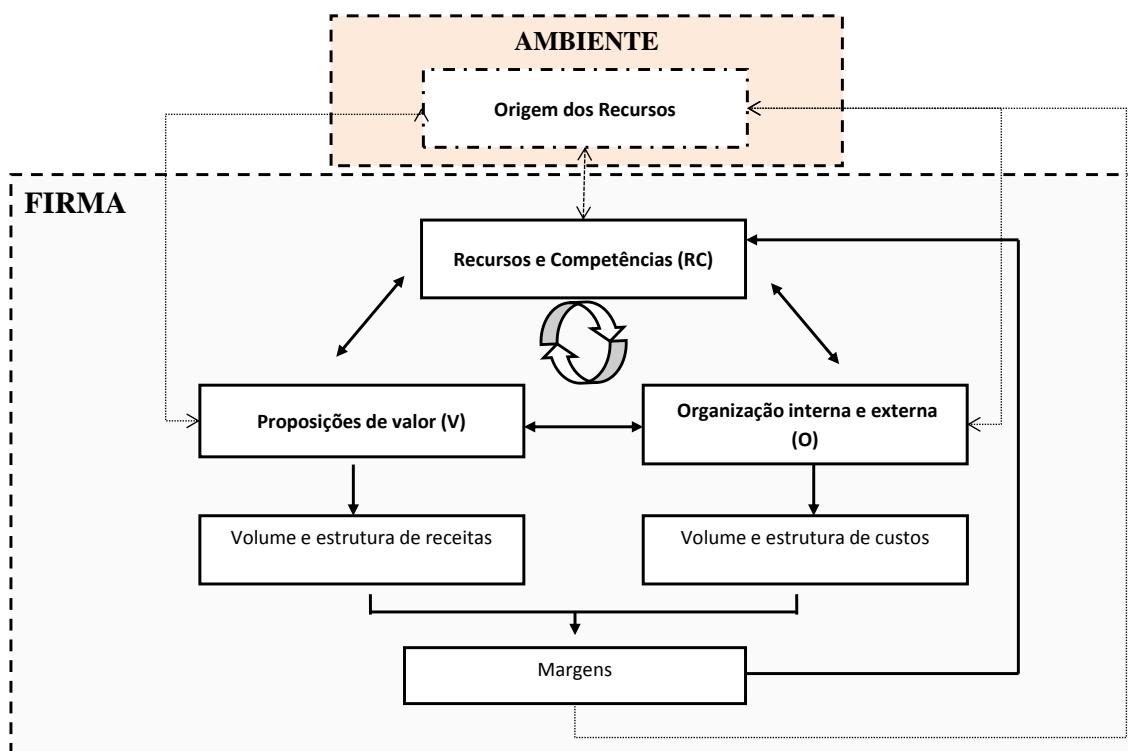


Figura 4.3. RCOV adaptado pela origem dos recursos externos.

Fonte: elaborado pelo autor a partir de Demil, Lecocq e Warnier (2006).

²⁴ O RCOV modificado foi desenvolvido no Capítulo 3 desta tese.

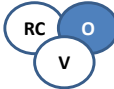
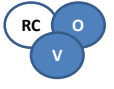
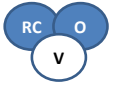
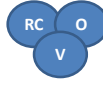
A partir do RCOV de Demil, Lecocq e Warnier (2006), Moyon (2012) investigou a trajetória da indústria fonográfica francesa, levantou e classificou 358 decisões das cinco maiores empresas entre 1998 e 2008. A partir deste levantamento, propôs tipos genéricos de decisão relacionados a cada um dos três componentes centrais do MN. Tal estudo teve como propósito estudar diferentes tipos de mudanças e melhor compreender a dinâmica da transformação do MN. Os resultados mostraram que nem todas as mudanças afetam os três elementos centrais do MN. A amplitude de mudança é variável, indo ao ponto máximo quando é desenvolvido um novo MN, observado apenas quando os três elementos centrais são alterados.

Moyon (2012) propôs quatro lógicas para mudanças de MN: otimização do MN, criação de valor em sistemas de atividades alternativas, redefinição do escopo de atividades e um novo MN.

A lógica da otimização implica variações somente no componente Organização (O). Em geral, o propósito de tal lógica é o aumento do volume de receitas ou redução de custos. As firmas podem internalizar ou externalizar atividades, como incluir novas atividades, terceirizar, alterando suas parcerias externas e com isso, promover mudanças no elemento (O) e alterar o acesso a recursos e competências (RC) e sua proposição de valor (V). As outras lógicas implicam variações em diferentes componentes do MN. A partir de uma nova combinação dos recursos e competências (RC) da firma, podem ser alterados os elementos Organização (O) e Proposição de valor (V). Por exemplo, uma firma pode a partir de recursos existentes propor novos produtos para seus clientes.

Tal exploração de quais elementos “mudam” permite uma maior compreensão do processo de inovação do MN e sua relação com o desempenho da firma pode também ser melhor explicada. Todavia, a exploração das mudanças nos elementos do MN por Moyon (2012) foi orientada por uma perspectiva intra-firma, dando pouca importância ao ambiente. Na Figura 4.4, as quatro lógicas de mudança exploradas por Moyon (2012) são mostradas.

Na seção 4.3, será explorado o estudo de caso do desenvolvimento do PE verde pela petroquímica Braskem, procurando abordar as mudanças organizacionais deliberadas para desenvolver o projeto, assim como, aquelas emergentes, resultantes do projeto.

Modalidades	Lógicas	Componentes do MN			Transformação
		RC	O	V	
Otimização das atividades internas	Otimização do BM		X		
Otimização da estrutura de custos da firma					
Otimização da estrutura de receitas da firma					
Ampliação da rede de distribuição					
Combinação entre diferentes proposições de valor	Criação de valor em sistemas de atividades alternativos		X	X	
Criação de novas fontes de receita					
Redesenho dos ativos em um novo sistema de atividades					
Expansão da cadeia de valor	Redefinição do escopo de atividades	X	X		
Redução da cadeia de valor					
Nova abordagem para a criação de valor	Novo MN	X	X	X	

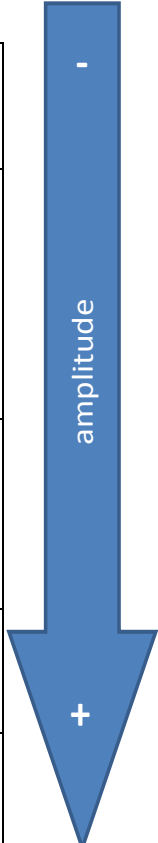


Figura 4.4. Quatro lógicas e amplitude da transformação dos MN das firmas.

Fonte: Moyon (2012).

4.3. ESTUDO DE CASO: O PROJETO PE VERDE DA BRASKEM

4.3.1. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para explorar o caso do PE verde da Braskem é de caráter exploratório de base analítica e qualitativa. A partir de entrevista, pesquisa bibliográfica e documental, tendo como principal fonte de informações secundárias, os relatórios financeiros e de desempenho e apresentações corporativas da empresa Braskem, disponíveis em sua *homepage*.

Abaixo, são descritas as fontes utilizadas pelo presente ensaio:

- Entrevista²⁵ realizada com o engenheiro e executivo responsável pela condução do projeto do PE verde, Sr Antônio Morschbacker, em novembro de 2012.

- Fontes secundárias a partir de artigos, jornais e revistas especializadas, assim como, consultas aos documentos, relatórios e publicações de diferentes instituições como BNDES, FINEP, FAPESP, entre outras.

- Relatórios de desempenho financeiro e operacional anual, os relatórios 20-F (Form 20-F), publicados entre 2002 a 2012. Todas as empresas sediadas em países fora dos Estados Unidos com ações na bolsa daquele país, caso da Braskem, devem publicar o 20-F, informando seus dados financeiros e operacionais, arquivados junto à *U.S. Securities and Exchange Commission*, ou a SEC, e a Comissão de Valores Mobiliários, ou CVM. O 20-F contém informações detalhadas sobre a empresa, incluindo certificações no âmbito da Lei Sarbanes-Oxley dos EUA ("SOX"), que atestam a eficácia dos controles internos e procedimentos da firma.

Os relatórios 20-F utilizados podem ser acessados através do endereço eletrônico: <http://www.braskem-ri.com.br> ou www.sec.gov.

A partir dos dados coletados, elaborou-se um estudo de caso para a construção do *framework* RCOV de Demil, Lecocq e Warnier (2006), utilizando como quadro analítico o RCOV adaptado. O Método do Estudo de Caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área dos

²⁵ Entrevista semi-estruturada, cujo roteiro constava perguntas abertas. No decorrer da entrevista, surgiram outras questões relevantes. No anexo 1, encontra-se o roteiro da entrevista realizada.

estudos organizacionais, apesar das críticas que ao mesmo se faz, considerando-se que não tenha objetividade e rigor suficientes para se configurar enquanto um método de investigação científica (YIN, 2005).

A clara necessidade pelos estudos de caso surge do objetivo de se compreender fenômenos sociais complexos e contemporâneos. Ou seja, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real. Os estudos de caso são uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos e se utiliza de proposições teóricas *ex-ante* para conduzir a recolha e a análise de dados (YIN, 2005).

4.3.2 TRAJETÓRIA DO PE VERDE DA BRASKEM

As informações abaixo foram extraídas de entrevista realizada com o engenheiro Antônio Morschbacker, executivo da Braskem, responsável pela condução do projeto PE verde. Os fatos foram organizados em ordem cronológica. Outras fontes também foram utilizadas, neste caso, sendo devidamente identificadas.

- O surgimento da oportunidade

Entre o final dos anos 90 e início dos anos 2000, os plásticos produzidos a partir de base fóssil, não renovável, como petróleo, gás natural e carvão, não biodegradáveis, passaram a ser fortemente atacados dentro de um contexto orientado para soluções de menor impacto ambiental. A maior pressão sobre as indústrias química e petroquímica, aliada ao aumento e à volatilidade nos preços do petróleo foram incentivos para que as empresas voltassem seu interesse para o desenvolvimento de bioprodutos e maior uso de biomassa como matéria-prima, fazendo surgir um grande número de iniciativas de inovação. Uma forte onda para “biodegradar” os plásticos, além de pressões para redução da quantidade e peso do material, maior volume reciclado, menor consumo energético e maior reuso constituíram o cenário que estimulou a petroquímica Braskem a avaliar alternativas ao uso das fontes não renováveis e à produção de materiais biodegradáveis.

Criada no ano de 2002, a partir da consolidação de diversos ativos e empresas²⁶ da petroquímica no Brasil, a Braskem surgiu com o objetivo de crescer e se tornar uma empresa de porte internacional. Antes de sua criação, ainda como OPP Petroquímica, iniciaram-se os estudos de avaliação de oportunidades na área dos bioplásticos. Em meio ao desafio de se estruturar, logo após a sua formação, a empresa passou a estudar o bioplástico poli(ácido láctico), o PLA²⁷, obtido a partir do ácido láctico, produzido com biomassa como uma oportunidade futura de desenvolvimento.

Neste ano, a empresa norte-americana Natureworks dava início à produção comercial do bioplástico, obtido a partir de milho (NATUREWORKS, 2012). No mundo, crescia o interesse das empresas sobre os bioplásticos, em particular o PLA, que ganhava notoriedade como um plástico do futuro, produzido a partir de biomassa. O PLA também chamou atenção da Braskem que avaliou o bioplástico como uma oportunidade para entrar neste novo mercado. Todavia, diante das dificuldades observadas na tecnologia de produção, no desempenho limitado do produto e nos custos elevados de produção, o interesse da empresa pelo PLA foi reduzido.

Em 2003, um cliente japonês da área automobilística²⁸ procurou a empresa para conhecer a tecnologia que havia sido desenvolvida anos atrás, iniciando a trajetória de desenvolvimento do material (BRASKEM, 2012f). Entre 1980 e 1990, a então Salgema, produtora do plástico PVC (policloreto de vinila), que viria a ser incorporada para a formação da Braskem, produzia eteno de álcool a partir de cana-de-açúcar. A tecnologia, desenvolvida pelo Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES), permitiu que a firma produzisse eteno a partir de etanol de cana-de-açúcar em escala comercial. Em dez anos, a produção saltou de 60.000 para 100.000 toneladas/ano. O eteno verde era competitivo em relação ao eteno petroquímico, pois havia incentivos governamentais significativos, além do preço do etanol favorável e de sua disponibilidade garantida pelo Proálcool²⁹, promovido pelo governo brasileiro para substituir o uso do petróleo como combustível automotivo. Entretanto, em 1992, a

²⁶ A Odebrecht integrou as empresas OPP, Trikem, COPENE, Nitrocarbono, PROPPET e Polialden.

²⁷ Para melhor compreensão da trajetória do PLA consultar o Ensaio 1 no capítulo 2 da tese.

²⁸ Supõe-se que seja a Toyota, a partir de informações no *website* de sua *trading* Toyota Tsusho e outras fontes.

²⁹ O Proálcool foi lançado em 1975 com o objetivo duplo de reduzir o impacto sobre o balanço de pagamentos causados pela elevação dos preços do petróleo e, ao mesmo tempo, mitigar as inquietações do setor sucroalcooleiro em face da queda do preço do açúcar no mercado internacional (BNDES, 2009).

produção de eteno via etanol foi encerrada devido aos problemas do Proálcool³⁰ e à perda de competitividade do etanol frente à gasolina (ODEBRECHT, 2007).

A empresa japonesa tinha como interesse firmar uma parceria com a Braskem para o desenvolvimento do eteno verde, utilizando a tecnologia disponível na empresa brasileira. O cliente japonês, uma firma utilizadora final, tinha uma estratégia clara de investimentos em materiais alternativos ao uso do petróleo (TOYOTA TSUSHO, 2008). Em 2004, este cliente visitou a planta em Alagoas, parada há dez anos e firmou um acordo com a Braskem para o desenvolvimento do produto.

- A decisão de investir

Para a Braskem, a decisão sobre o investimento em uma planta comercial ainda estava distante. Primeiro, era necessário recuperar os dados da tecnologia desenvolvida anos atrás. Depois, mesmo se obtido sucesso no resgate da tecnologia, o investimento era visto como “arriscado” pela empresa. Para ir adiante não poderia depender apenas de um cliente. Ou seja, outra etapa importante seria a prospecção da firma para encontrar novos parceiros, clientes ou utilizadores finais, dispostos a comprar o produto verde e estabelecer relacionamentos de longo prazo que justificassem o investimento. Portanto, a Braskem iniciou conversas com as matrizes das empresas utilizadoras finais, todas localizadas no exterior. Em 2004, houve uma forte aproximação com uma empresa sueca, produtora de embalagens³¹, que já era um grande cliente da Braskem, para firmar outro acordo de intenções para a compra do PE verde.

- Desenvolvimento tecnológico

O grande marco para o desenvolvimento do PE verde foi o acesso a uma competência interna não utilizada desde o fechamento da planta de Alagoas. Depois de anos parada, era necessário “recuperar” o conhecimento da tecnologia. A empresa recuperou os dados do projeto da planta de Alagoas, mas dispunha de poucos dados de

³⁰ Nos anos 90, os preços baixos do petróleo desestimularam a continuidade do programa de incentivo ao uso do etanol (BNDES, 2009).

³¹ Supõe-se que seja a Tetra Pak, de acordo com outras informações obtidas em fontes secundárias.

operação. Dois operadores que atuaram na planta foram fundamentais para reconstruir o conhecimento e permitir a engenharia reversa e a construção da planta piloto.

A tecnologia desenvolvida anos atrás pelo CENPES tinha sido vendida para algumas empresas, entre elas a indiana India Glycols, que produz até então produtos químicos, como glicóis, etoxilados e monoetileno glicol, a partir de eteno verde (INDIA GLYCOLS, 2012), abastecendo a Coca-Cola Company para obter PET com 30% de origem verde, denominado pela marca registrada *Plant Bottle*. Em 2006, a Braskem enviou uma equipe de engenheiros à Índia com o objetivo de conhecer a planta que opera com a tecnologia desejada.

O eteno para o PE verde exige um grau de purificação maior que o eteno para a produção do PVC, o que levou a empresa a realizar investimentos em uma unidade de purificação que não existia no projeto anterior.

Outro ponto importante foi o desenvolvimento na área de catalisadores. Para a seleção do catalisador foram testados quinze tipos diferentes. A escolha do catalisador, diferente do utilizado na planta do eteno verde para a produção do PVC, representou um salto em produtividade da operação. O novo catalisador possui uma seletividade de 99%, apresenta rendimento perto do teórico e é trocado em dois anos contra o desempenho do catalisador original que apresentava uma seletividade de 95% e tinha que ser trocado em seis meses. Tal avanço representou uma economia entre 3 e 4% no custo de produção do eteno.

Em 2007, foi produzido o primeiro PE na planta piloto. Uma amostra foi enviada à empresa norte-americana Beta Analytic³² para certificação do produto como um produto de origem na biomassa.

O sucesso da planta piloto foi fundamental para fortalecer o projeto tanto internamente quanto junto ao mercado. Internamente, o sucesso no desempenho da planta contribuiu para a posterior decisão de investimento em escala comercial. Ao mercado, permitiu que mais de vinte clientes pudessem receber e testar o material. A maioria dos clientes era do mercado externo, com exceção da fabricante de brinquedos Estrela que lançou o jogo Banco Imobiliário com o PE verde.

³² Maior laboratório do mundo de análise da origem do carbono, localizado nos Estados Unidos (BETA ANALYTIC, 2012).

A planta piloto³³ teve um papel fundamental e crítico para a fase da escala industrial: o treinamento da equipe de operadores. A planta piloto permitiu treinar as trinta pessoas que mais tarde integrariam o time operacional da planta em escala industrial, inclusive o engenheiro chefe da planta piloto tornou-se o engenheiro chefe da planta em escala industrial. Para Morschbacker, esse foi um ponto essencial para que a planta industrial apresentasse ótimos índices de estabilidade e desempenho, permitindo reduzir os custos de produção.

- Desenvolvimento Comercial

A Braskem, que sempre se relacionou com empresas transformadoras, em geral de menor porte, passou a dialogar e negociar contratos diretamente com os utilizadores finais, entre estes as grandes empresas de bens de consumo, muitas multinacionais, que a firma não tinha qualquer aproximação e muito menos com suas matrizes no exterior. Além disso, a brasileira era totalmente desconhecida internacionalmente. Portanto, o PE verde representou uma oportunidade de aproximação da petroquímica com esses atores.

No primeiro semestre de 2007, a empresa participou de vários eventos internacionais, entre eles, a Feira K, a maior feira internacional de plásticos do mundo, para apresentar ao mercado o plástico verde da Braskem, já com material produzido em sua planta piloto. No mesmo ano, recebeu o prêmio da European Bioplastics Association, associação europeia de bioplásticos, pelo desenvolvimento do plástico 100% de fonte renovável.

Para Morschbacker, a grande aceitação do produto deveu-se ao fato de ser uma solução *drop in*: “A grande vantagem deste plástico é que ele é exatamente igual ao plástico de origem fóssil.” Esta percepção, obtida a partir dos contatos com os clientes para apresentar o produto, seria o seu grande diferencial, uma grande vantagem, principalmente diante das dificuldades mostradas pelos não *drop in*, como o PLA e o PHB. Tal repercussão positiva e os bons resultados da planta piloto levaram à decisão de investir em uma planta de escala comercial de 100.000 toneladas/ano no final do ano de 2007. Pouco tempo depois, a decisão já era por uma planta de 200.000 toneladas/ano a ser construída no Estado do Rio Grande do Sul.

³³ A planta piloto de eteno a partir do etanol, que utiliza tecnologia própria opera na escala de aproximadamente 1/12000 da planta industrial (BRASKEM RELATÓRIO ANUAL, 2011).

A possibilidade de praticar um prêmio no preço do PE verde em relação ao PE tradicional foi outro argumento positivo para a decisão de investir. Embora Morschbacker não tenha declarado qual o valor do prêmio praticado, segundo J. Lunt, consultor importante da área de bioplásticos, tal adicional estaria por volta de 15-30% sobre o preço do PE petroquímico (ICIS, 2010).

- O papel dos Ativos Complementares e da Estrutura Organizacional

A decisão de instalar a produção do eteno verde no Estado do Rio Grande do Sul, longe da oferta de etanol, foi justificada pela utilização dos ativos disponíveis em seu complexo industrial petroquímico de Triunfo. Morschbacker disse: *“foi uma condição interessante e inteligente. Fazer uma planta integrada seria um investimento muito alto.”*

A empresa possuía capacidade de polimerização disponível, ou seja, não seria necessário investir em uma nova planta de polimerização. Além disso, poderia utilizar toda a infraestrutura já existente, como escritórios, restaurante, ruas, almoxarifado, segurança, laboratório, etc – *“era só inserir a produção de eteno”*. Morschbacker complementou:

“A Braskem, na época, disse que queria investir, mas não muito. O investimento era visto como capital de risco. Portanto, essa redução no investimento foi uma grande solução para viabilizar o projeto e permitir que a tonelada produzida de uma capacidade pequena de 200.000 toneladas/ano se comparasse a um cracker de 1.000.000 toneladas/ano.” (Entrevista MORSCHBACKER, 2012)

Com o aumento das atividades de prospecção de mercado foi crescendo a necessidade de alocar pessoas dedicadas ao projeto. Inicialmente duas pessoas, entre elas Morschbacker, eram responsáveis por visitar potenciais clientes, participar de eventos e realizar apresentações do produto, cada vez mais solicitadas internacionalmente.

O projeto PE verde foi inicialmente alocado na Unidade de Insumos Básicos da empresa, já que esta inclui as operações de produção de eteno da companhia. Em seguida, o projeto passou para a área de Negócios Internacionais, pois a grande maioria dos clientes do PE verde estava fora do Brasil. Em 2011, diante de mais uma

reestruturação organizacional³⁴ da Braskem, o projeto passou para a área de Poliolefinas, onde está o negócio Polietilenos.

A planta comercial teve sua construção iniciada em janeiro de 2009 e sua partida operacional ocorreu em setembro de 2010.

- A partida da planta: fase operacional

A partida da planta industrial ocorreu em 2010, sem atrasos, após as etapas de engenharia básica (em 2008) e as etapas de aquisição de equipamentos e montagem (realizadas entre os anos de 2008 e de 2009). Neste ano, já havia uma equipe totalmente dedicada ao negócio denominado Renováveis, em que se encontra o PE verde, composta por pessoal das áreas operacional, marketing, engenharia e comercial.

- *Suprimento e Logística do Etanol*

A fase de operação exigiu da firma o estabelecimento de contratos de fornecimento de etanol com vários produtores, entre eles a ETH, uma empresa também de seu acionista Grupo Odebrecht e a Cosan, maior produtora nacional de açúcar e etanol. Braskem e Cosan fecharam um acordo de fornecimento de etanol, estimado em R\$ 1 bilhão para um prazo de cinco anos, que deverá responder por 26% da demanda da planta. O contrato estabeleceu fornecimento inicial em agosto de 2010 com término em junho de 2015 (BRASKEM ANUAL, 2011; JORNAL ESTADO DE SÃO PAULO, 2010). Já o contrato com a ETH prevê um abastecimento de 150 milhões de litros de etanol por três anos. Juntos, os dois contratos respondem por aproximadamente 60% da necessidade da planta de eteno.

Para Morchbacher, a recente consolidação do setor, que reduziu o número de usinas, estimado em mais de quatrocentas unidades anos atrás, e o crescimento do porte das empresas constituíram fatores facilitadores para o acesso ao etanol e o estabelecimento dos contratos de fornecimento.

³⁴ A Braskem possui cinco unidades de negócio: Unidade de Insumos Básicos, Unidade de Poliolefinas, Vinílicos, Negócios Internacionais e Distribuição Química.

Ainda sobre o fornecimento de etanol, a decisão de instalar a planta no estado do Rio Grande do Sul levou a empresa a investir em infraestrutura logística de recebimento. O etanol, em sua maior parte oriundo do Estado de São Paulo, é transportado via caminhão até o porto ou ferrovia, em uma logística multimodal até o Estado do Rio Grande do Sul. Cerca de 40% do etanol chega à planta pelo modal ferroviário. A empresa priorizou os modais marítimo e ferroviário por fatores como custo e análise do ciclo de vida do produto.

A grande preocupação de um *player* petroquímico quanto à volatilidade do preço do açúcar ao entrar no negócio de bioprodutos é ressaltada por Morschbacker. O engenheiro afirma que diferentemente dos ciclos petroquímicos mais longos, a *commodity* açúcar apresenta ciclos mais curtos com expressivas variações de preços. A partida da planta industrial, que levou a Braskem a representar entre 3% e 4% da demanda brasileira de etanol, segundo Morschbacker, provocou um aumento nos preços da *commodity* no primeiro momento. Com o projeto, a Braskem se tornou o maior comprador de etanol para consumo próprio do Brasil (VALOR ON LINE, 2010).

A Braskem realiza contratos de derivativos de etanol (*swap*), referenciados na Bolsa de Mercadoria & Futuros - BM&F, com objetivo de proteger a margem de suas operações (BRASKEM RELATÓRIO ANUAL 20 F, 2011).

- Operação Comercial

Todo lote produzido do PE verde é enviado à Beta Analytic para que se tenha o certificado de comprovação de material produzido a partir de biomassa. A certificação é um ponto importante para os utilizadores finais, principalmente àqueles que consomem o produto verde para se posicionarem no mercado diante de seus consumidores de forma diferenciada no contexto do chamado *eco-marketing*.

O PE verde abriu uma nova perspectiva de atuação para a Braskem junto ao mercado. Mesmo sendo uma petroquímica de porte internacional, a empresa era totalmente desconhecida pelos grandes utilizadores finais. Sua atuação se restringia ao fornecimento de resinas para as empresas transformadoras. Todavia, com o PE verde a empresa passou a negociar o produto diretamente com os utilizadores finais, firmando contratos de longo prazo. A aproximação com os utilizadores finais não envolve apenas

o fornecimento do material, mas o co-desenvolvimento de novas aplicações. A maioria dos clientes do PE verde está no mercado externo, que representa entre 80 e 90% de sua produção.

Para Morschbacker, abriram-se mais oportunidades interessantes para a aplicação do PE verde com os utilizadores finais. Acredita que eles valorizam conceito *biobased* (100% de fonte renovável), apostando mais na reciclabilidade do que na biodegradabilidade, o que representaria destruição do valor agregado do produto. As empresas Coca-Cola e Johnson & Johnson, por exemplo, usam PE verde com PE reciclado para fabricar embalagens de suas marcas Odwala (água) e Sundown (protetores solar), respectivamente (BRASKEM, 2012e).

- Novos projetos e a nova Visão da Braskem

Dois anos antes do previsto, a empresa já tinha alcançado a Visão 2012, levando-a a firmar um novo compromisso de longo prazo (BRASKEM, 2012d; MORSCHBACKER, 2012). Em 2010, a empresa revisou a sua estratégia para os próximos dez anos, estabelecendo uma nova visão orientada pela sustentabilidade. No Quadro 4.1 são mostradas as visões anteriores, pautadas pelo crescimento e a visão atual, pela sustentabilidade.

Quadro 4.1. Comparação Visão 2020 x Visão 2012 da Braskem.

Visão 2002	Visão 2012	Visão 2020
Ser a maior petroquímica na América Latina.	Estar entre as dez principais petroquímicas em valor de mercado do mundo.	Ser a líder mundial da química sustentável, inovando para melhor servir às pessoas.

Fonte: Elaboração própria a partir de Braskem (2012d).

A empresa declarou a intenção de consolidar sua liderança em bioplásticos até 2020 e, além disso, afirma apostar em outras medidas além de bioprodutos, como o

desenvolvimento de processos mais sustentáveis com menor consumo de água e energia. São objetivos como: eficiência hídrica, eficiência energética e redução da emissão de gases de efeito estufa que se juntam às intenções de ser a maior produtora de resinas termoplásticas a partir de matéria-prima renovável e contribuir para reduzir o impacto dos resíduos plásticos do pós-consumo (BRASKEM, 2012d).

A Braskem já anunciou sua intenção de investir em um novo projeto de produção de PE verde, uma planta maior integrada com a produção de cana-de-açúcar e com o álcool, cuja execução depende apenas de avaliação econômica, já que não há mais dúvidas quanto ao desempenho da tecnologia. Ainda não houve um anúncio formal sobre a capacidade da planta prevista³⁵.

Em 2007, surgiu o projeto do PP verde. Diferentemente do PE verde, a empresa analisou várias rotas e selecionou três para apostar em seu desenvolvimento. A rota de obtenção do PP via glicerol³⁶ como matéria-prima, embora motivada pela maior disponibilidade oriunda da produção do biodiesel, foi descartada por questões logísticas e economicidade, já que sua purificação ainda é cara. Inicialmente, a aposta é a fermentação alcoólica, entretanto a empresa investe no desenvolvimento de uma rota de ruptura. Uma planta com capacidade entre 30 e 50 mil toneladas de PP verde foi publicamente anunciada pela empresa e está em fase de construção, devendo entrar em operação entre 2013 e 2014.

Além do PE verde e do PP verde, materiais *drop in*, a Braskem está analisando oportunidades de outros produtos não *drop in*. Embora, “esverdear” seja uma estratégia mais aceitável internamente, por apresentar menores riscos, Morschbacker afirma que a empresa pensa em materiais não *drop in* (não divulgados pela empresa).

De sua equipe de Pesquisa e Desenvolvimento, em torno de 15% das pessoas estão envolvidas com os projetos relacionados aos renováveis. Um novo laboratório, ainda pequeno, focado em biotecnologia, foi montado em Campinas, junto à UNICAMP. Esperam-se vinte e cinco pesquisadores atuando no laboratório³⁷. Parcerias importantes foram anunciadas com a UNICAMP, a empresa Novozymes, líder mundial para o desenvolvimento na produção de enzimas industriais, em pesquisa para

³⁵ A empresa ainda não emitiu um comunicado oficial sobre o estágio em que se encontra a decisão sobre o investimento e maiores detalhes sobre a capacidade da nova planta de polietileno verde.

³⁶ O glicerol é um subproduto obtido no processo de transesterificação na obtenção do biodiesel.

³⁷ Informação obtida na apresentação “Aplicação da Biologia Sintética na Petroquímica” realizada pela empresa por Matheus Lopez, na Universidade de São Paulo (USP), realizada em 25 de julho de 2012.

desenvolvimento do PP verde, o CENPES e o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), em Campinas, para realização de pesquisas na área de biotecnologia, buscando o desenvolvimento de produtos que sejam ao mesmo tempo economicamente (LNBIO, 2012; NOVOZYMES, 2009).

Conforme citado anteriormente, há atualmente uma área na empresa responsável por conduzir os projetos relacionados aos Renováveis, tanto em produtos quanto em processos.

4.3.3. EXPLORAÇÃO DO MN DO PE VERDE ATRAVÉS DO RCOV ADAPTADO

A seguir, os três elementos do RCOV (recursos e competências, organização e proposição de valor) e a origem dos recursos externos são explorados no caso do PE verde da Braskem, a partir das informações obtidas.

- RECURSOS E COMPETÊNCIAS (RC)

- *Competências Tecnológicas*

Em setembro de 2010, a Braskem iniciou a produção do eteno verde na planta com capacidade de 200 mil toneladas que representou um investimento de R\$ 488 milhões, incluindo o aumento de 25.000 toneladas sobre a capacidade existente das plantas de polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno linear de baixa densidade (PELBD). A empresa iniciou a construção da planta com recursos financiados pelo BNDES (RELATÓRIO ANUAL BRASKEM FORM 20 F, 2008, 2009, 2010).

A produção de eteno a partir de fontes renováveis é o resgate de uma tecnologia presente na indústria brasileira na década de 70 e que teve como principal nome a Salgema, uma das empresas que deram origem à Braskem. A empresa utiliza tecnologia própria na unidade de produção de eteno verde a partir de etanol hidratado, não

existindo qualquer contrato com licenciador de tecnologia de processo que contemple o pagamento de *royalties*.

Antes da partida da planta industrial, a empresa realizou investimentos para o desenvolvimento e a construção da planta piloto, que permitiu o treinamento da equipe operacional, melhorias operacionais e disponibilidade do produto para a apresentação ao mercado e prospecção de clientes. O sucesso na planta piloto foi crucial para a aceitação do produto pelo mercado e para que a planta industrial operasse com alto rendimento e menor custo de produção.

Entre os recursos que compõem a estrutura de P&D da Braskem estão: 24 laboratórios, entre eles, de catálise, polimerização e pesquisa de polímeros, oito plantas-piloto, que utilizam diversas tecnologias e operam com diversas escalas, de aproximadamente 1/150 das plantas em escala real, até aproximadamente 1/400 das plantas em escala real, e cerca de 300 pesquisadores, sendo 16% PhD e 30% com mestrado ou pós-graduação (RELATÓRIO ANUAL BRASKEM FORM 20 F, 2012). A empresa aloca cerca de 15% de seus pesquisadores na área de Tecnologias Renováveis, a maior parte composta por mestres e doutores.

- Recursos (Logística do Etanol)

Para viabilizar o recebimento de volume expressivo de etanol sem interrupções, cerca 450 mil metros cúbicos por ano, a empresa precisou investir em infraestrutura logística, como tanques de armazenagem e obras no Terminal Santa Clara e estocagem na empresa Granel, no Porto de Rio Grande, no Estado do Rio Grande do Sul (JORNAL DO COMÉRCIO, 2009; REVISTA QUÍMICA e DERIVADOS, 2009). A reforma do complexo logístico, iniciada em agosto de 2009, teve como foco a instalação dos tanques de armazenamento com capacidade para seis mil metros cúbicos cada, adaptações no píer, que anteriormente movimentava apenas sólidos e a implementação de tubulações específicas.

Para fazer as modificações no terminal, a Braskem contratou a companhia Granel Química. O investimento previsto na reforma do Terminal Santa Clara foi de cerca de R\$ 17 milhões, contando com investimentos também realizados pela Granel

Química (JORNAL DO COMÉRCIO, 2009). Quando transportado por via marítima, o álcool usado pela Braskem sai do porto de Santos (Estado de São Paulo) até Rio Grande (Estado do Rio Grande do Sul) e, depois, é transportado para Triunfo. O etanol é, também, transportado por ferrovia até a planta.

- *Ativos complementares*

A decisão pelo investimento na planta em escala industrial foi impulsionada pelos ativos complementares, como laboratórios, escritório, serviços administrativos e outros presentes em sua central petroquímica, que reduziram consideravelmente o investimento necessário e permitiram a aprovação do projeto inicialmente visto como um negócio de risco para a organização. Como disse Morschbacker: “[..] *era só inserir a planta de produção de eteno.*”

- ORGANIZAÇÃO (O)

Várias parcerias importantes foram estabelecidas para o desenvolvimento do PE verde. Alianças com universidades, fornecedores, institutos de pesquisa e utilizadores finais que possibilitaram o desenvolvimento do *drop in*. São parcerias comerciais, tecnológicas e operacionais.

- *Parcerias Comerciais*

Para que o PE verde tivesse maior aceitação junto aos utilizadores finais, a Braskem precisou de uma estratégia de desenvolvimento de mercado que a aproximasse dos chamados formadores de opinião ou detentores da governança. A aproximação da Braskem com os utilizadores finais do PE verde deveria ser direta, sem intermediários, ou seja, o PE verde seria vendido através de contratos de fornecimento estabelecidos diretamente pela Braskem com os utilizadores finais. A realização de visitas, a participação em feiras e as apresentações de seus executivos foram essenciais para permitir tal aproximação.

A busca por utilizadores finais não poderia ser limitada ao mercado brasileiro, devendo a empresa prospectar mercados que valorizassem o apelo verde, como o europeu e norte-americano. Cerca de 80% do PE verde produzido é comercializado no mercado externo. Foram várias parcerias estabelecidas com diferentes utilizadores finais e segmentos distintos. Entre os utilizadores finais estão Tetra Pak, Johnson & Johnson, Procter & Gamble, Coca-Cola, Natura, Nestle (BRASKEM, 2012e).

Deve-se destacar a parcerias com a Toyota Tsusho, a *trading company* da japonesa Toyota, que estabeleceu um acordo para atividades conjuntas de comercialização do produto na Ásia em 2008 e com a Tetra Pak, que garantiu o fornecimento de 5 mil toneladas de polietileno verde de alta densidade por ano, a partir de 2011, para a produção de tampas plásticas e lacres. O volume representa pouco mais de 5% da demanda total de polietileno de alta densidade da Tetra Pak, e é um pouco menos de 1% do total de compra de materiais plásticos (TETRA PAK, 2009).

As parcerias com os utilizadores finais fundamentam-se fortemente na orientação estratégica desses atores pela maior participação de renováveis em seus produtos, dando prioridade ao uso desses materiais em suas embalagens. A Procter & Gamble declarou a intenção de que todas as suas embalagens deverão conter materiais reciclados ou renováveis até 2020. A empresa pretende repor 25% de todo o seu consumo de plásticos de origem fóssil por renováveis (PLASTICS NEWS, 2010). Para a Unilever, outra grande indústria de bens de consumo, a utilização de bioplásticos não deve considerar apenas o uso de renováveis ou a biodegradabilidade, mas, sobretudo, a análise do ciclo de vida desses materiais. Para isso, defende a redução no consumo de materiais como importante medida para redução do impacto atual no uso de plásticos e mostra-se criteriosa na adoção dos bioplásticos, relevando a importância da avaliação da pegada de carbono (UNILEVER, 2010; PLASTICS TODAY, 2009).

- Parcerias tecnológicas

Parcerias na área tecnológica merecem destaque na trajetória³⁸ da Braskem. Entre os parceiros, estão a UNICAMP, FAPESP, LNBio, e Novozymes. A empresa tem adotado um modelo de inovação aberta que conta com parceiros e colaboradores,

³⁸ Foram analisados os relatórios anuais desde a criação da empresa em 2002.

como universidades e institutos de pesquisa para o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias (RELATÓRIO ANUAL BRASKEM FORM 20 F, 2012). Em 2009, a Braskem assinou um acordo de cooperação tecnológica com o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), em Campinas, no interior de São Paulo, para instalação de um laboratório a ser utilizado pela equipe de pesquisadores da empresa. Nas novas instalações são realizadas pesquisas na área de biotecnologia para o desenvolvimento de uma nova geração tecnológica para a produção do PP verde utilizando rota biotecnológica (BRASKEM, 2011). Com isso, a Braskem tem acesso aos avançados equipamentos de pesquisa do LNBio. A parceria com o LNBio prevê a utilização de uma área de 200 m² e um time de aproximadamente 40 pesquisadores da Braskem. Para a Braskem, a parceria é um passo importante para o desenvolvimento de uma plataforma de inovação baseada na química a partir de matérias-primas renováveis.

A Braskem estabeleceu convênios de cooperação com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) para o desenvolvimento de pesquisas em biopolímeros. Também buscou parcerias com agentes complementadores. Um exemplo foi a parceria com a empresa Cromex, a primeira no que diz respeito ao desenvolvimento de produtos especiais que serão utilizados com o PE verde. A atuação das duas empresas permitiu que a Cromex desenvolvesse uma série de cores e aditivos que conferem ao PE verde características como anti-bloqueio, barreira aos raios UVs, antiestática e anti-*fog*, respeitando as propriedades fundamentais de sustentabilidade do produto. A parceria desenvolverá aditivos especiais para otimizar o processamento da resina e o desempenho do produto final (BRASKEM, 2012e).

- Parcerias operacionais

A incerteza no investimento baseado em etanol pode ser endereçada às flutuações na oferta de açúcar e nas oscilações de seus preços. Além da forte oscilação observada nos preços do açúcar, para estabelecer uma indústria a partir do etanol de cana-de-açúcar, faz-se necessária uma articulação para garantia de suprimento da matéria-prima. Para viabilizar o seu projeto, que tem como estimativa o consumo anual de 450 mil metros cúbicos por ano de etanol, a Braskem precisou estabelecer contratos

de fornecimento da matéria-prima. Foram estabelecidos contratos com a ETH e a Cosan (JORNAL ESTADO DE SÃO PAULO, 2010; RELATÓRIO ANUAL BRASKEM FORM 20 F, 2011).

A Braskem também compra etanol por meio de uma série de contratos adicionais para fornecimento com duração variável celebrados com outros produtores de etanol. O preço pago pelo etanol nos termos da maior parte desses contratos é determinado com referência em indicadores de mercado. Adicionalmente, adquire ocasionalmente etanol no mercado à vista, a fim de complementar o fornecimento obtido por meio desses contratos (RELATÓRIO ANUAL BRASKEM FORM 20 F, 2011).

O estabelecimento de contratos com os fornecedores de etanol não apenas tem como justificativa a garantia do suprimento de matéria-prima, apresentando também a oportunidade da Braskem em garantir boas práticas de sustentabilidade. A empresa desenvolveu um código de conduta para seus fornecedores de etanol, que visa à promoção da produção sustentável de cana-de-açúcar e seus derivados, nas dimensões social, ambiental e econômica.

O consumo de etanol, somadas as demandas para a produção do PE verde e para a produção do ETBE, é de cerca de 700 milhões de litros por ano, tornando-a a maior consumidora industrial de etanol no Brasil, o que lhe confere grande responsabilidade para a difusão de boas práticas dentro do setor (RELATÓRIO ANUAL BRASKEM FORM 20 F, 2011).

- PROPOSIÇÃO DE VALOR (V)

O grande diferencial do PE verde está em ser uma solução *drop in*, eliminando a necessidade de investimentos em ativos complementares e reduzindo os custos de mudança da cadeia produtiva dos plásticos. O material, idêntico ao PE petroquímico, com características e propriedades técnicas amplamente conhecidas, encontrou um espaço não ocupado pelos outros biopolímeros.

A análise do ciclo de vida do plástico verde mostra que para cada tonelada de polietileno verde produzido são capturados e fixados até 2,5 toneladas de CO₂ da

atmosfera. Outra vantagem é que o plástico verde é 100% reciclável, dentro dos processos atuais existentes (BRASKEM, 2012a).

A criação da marca *I'm green* pela Braskem permite a identificação do material nos produtos comercializados pelos utilizadores finais. A Braskem, através do selo *I'm green*, tenta implementar no mercado uma ideia de produto diferenciado pela origem (*biobased*), buscando a captura de um prêmio na precificação do produto. Em 2011, o PE verde da Braskem recebeu a certificação máxima da empresa belga Vinçotte, principal instituição de avaliação de produtos com conteúdo de origem renovável. Até abril de 2014, o polietileno verde da Braskem usará o selo “*ok biobased*” (BRASKEM, 2012a).

A Figura 4.5 compara os relacionamentos da petroquímica com os utilizadores finais, na venda do PE petroquímico e do PE verde, através dos fluxos de materiais e do estabelecimento de contratos de comercialização. A criação do selo *I'm green* (marca registrada da Braskem) promoveu o relacionamento da empresa com a indústria final e os seus consumidores. Esse tipo de aproximação até então pouco frequente nos negócios que envolvem os polímeros de volume é observada na estratégia de comercialização dos polímeros de performance, o que refletiu, por exemplo, em uma estrutura comercial diferenciada da GE Plastics (BOMTEMPO, 1994).

Oroski (2007) sugere que a petroquímica deve se aproximar dos utilizadores finais (a indústria de alimentos, bebidas, higiene, limpeza, cosméticos, farmacêutica e outros), investindo em estruturas organizacionais que levem a uma maior aproximação com outros atores da cadeia para a troca de informações e conhecimento, insumos imprescindíveis para o processo de inovação.

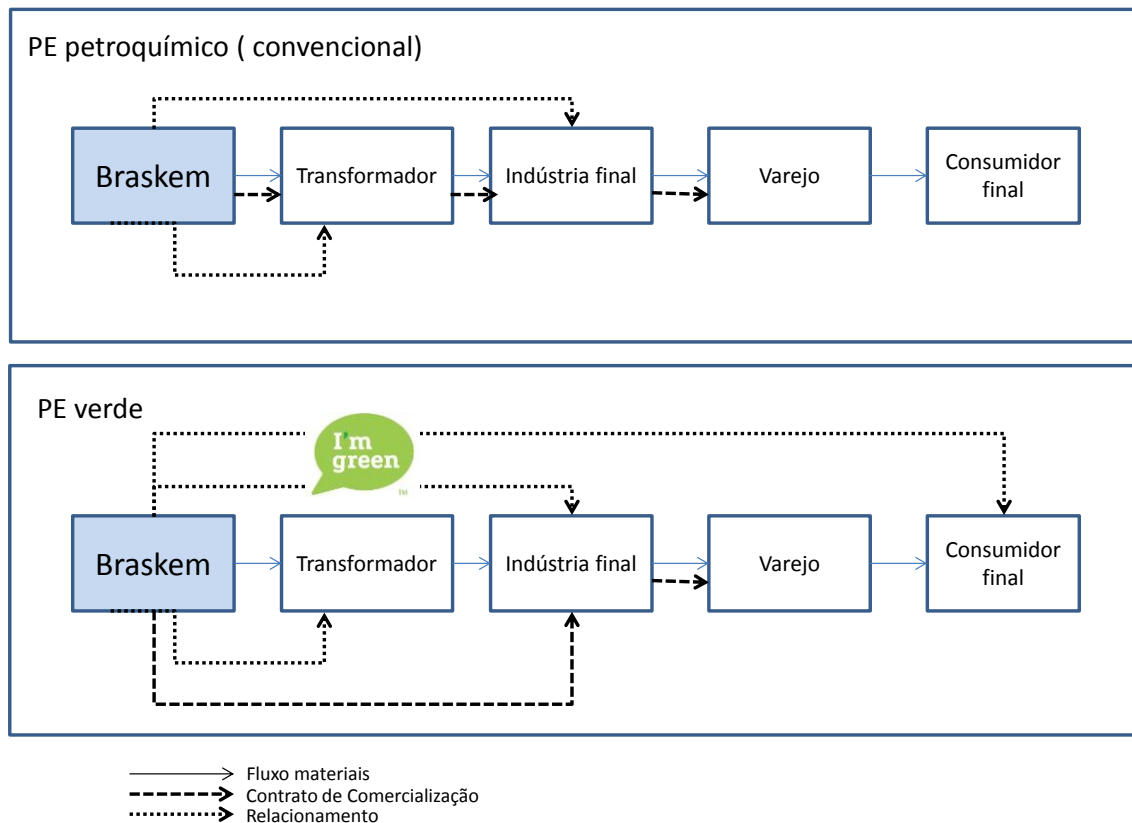


Figura 4.5. Relacionamentos da Braskem na cadeia produtiva.

Fonte: Elaboração própria.

- O AMBIENTE E A ORIGEM DOS RECURSOS EXTERNOS

- Ambiente

Um conjunto de fatores se reuniu para criar um ambiente favorável à construção da planta de PE verde da Braskem. Entre esses fatores estão: o preço do petróleo e sua instabilidade, o aumento da consciência e do conhecimento da população sobre questões relacionadas à sustentabilidade, promovendo o chamado *eco-marketing* e a criação de programas governamentais de incentivo e financiamento aos projetos de bioprodutos. Estados Unidos, Japão e alguns países da Europa têm mostrado sinais de apoio aos bioprodutos, como o lançamento de programas de incentivos aos projetos e regulações que preveem a substituição obrigatória de parte de materiais fósseis por renováveis.

No Brasil, destaca-se o PAISS, Plano Conjunto BNDES-FINEP de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucreenergético e Sucrequímico, uma iniciativa conjunta do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e da FINEP (Financiadora de Projetos e Estudos) de seleção de planos de negócios e fomento a projetos que contemplem o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias industriais destinadas ao processamento da biomassa oriunda da cana-de-açúcar. No PAISS, projetos relacionados ao desenvolvimento tecnológico do bioetanol de segunda geração, o desenvolvimento de novos produtos diretamente obtidos a partir da biomassa da cana-de-açúcar por meio de processos biotecnológicos, assim como, o desenvolvimento de tecnologias de pré-tratamento de biomassas de cana-de-açúcar para gaseificação. A Braskem teve aprovação de um plano de negócio dentro do PAISS para promover o desenvolvimento de novos produtos (BNDES, 2012).

O presidente do BNDES, Luciano Coutinho, afirmou que a instituição e a FINEP têm disponíveis em carteira o equivalente a R\$ 3 bilhões para investir em pesquisa e inovação na área de bioetanol de segunda geração. Parte desse valor já foi desembolsado para atender 35 projetos selecionados. Coutinho afirmou que muitas empresas já contrataram o banco e que há plantas-piloto sendo construídas. Entre as empresas que fazem parte do projeto estão a Petrobras, Braskem e ETH, entre outras, além da estrangeira Dow (ISTO É DINHEIRO, 2012; BNDES, 2012).

O PE verde foi concebido pela potencialidade do mercado externo, em que o apelo verde já encontra maior espaço entre empresas e consumidores há algum tempo. Quanto à propensão do mercado consumidor brasileiro para pagar um prêmio por uma solução mais favorável do ponto de vista ambiental há dúvidas pertinentes. Apesar da consciência do brasileiro sobre os problemas ambientais, como aquecimento global e a falta de tratamento de resíduos (PESQUISA IBOPE CNI, 2009), uma pesquisa encomendada pelo Ministério do Meio Ambiente e pela rede de supermercados Walmart apontou que a maioria dos brasileiros também considera o fator custo como limitante para a adoção desses produtos (ESTADAO, 2010). Pesquisa realizada pela consultoria Euromonitor³⁹ sinalizou que há um cenário promissor para os produtos

³⁹ Fonte principal: Texto “The Green (and Variegated) Consumer”, elaborado pela Euromonitor.

verdes constituindo oportunidades para a geração de novos negócios e diferenciação das empresas (EUROMONITOR, 2011).

- Origem dos Recursos Externos

A disponibilidade de recursos para financiamento dos projetos é fundamental para o desenvolvimento dos projetos em andamento e para estimular novas iniciativas na área do bioetanol e bioderivados, como o PE verde da Braskem. A planta industrial foi financiada com recursos obtidos do BNDES e a FINEP injetou recursos para o desenvolvimento tecnológico.

Em maio de 2009, a Companhia celebrou com o BNDES um contrato de financiamento mediante abertura de crédito no valor de R\$ 555,6 milhões. Desse total, parte é remunerada a variação cambial do dólar, acrescida de 6,17% aa e parte é remunerada a TJLP acrescida de 0% a 4,78% aa. O prazo total desta operação é de 8 anos, sendo 2 anos de carência e o último pagamento está previsto para julho de 2017 (RELATÓRIO ANUAL BRASKEM 20 F, 2009).

Em 2010, a Braskem assinou um acordo de financiamento com a FINEP no valor de R\$ 100 milhões, voltado para a área de pesquisa, desenvolvimento e inovação da companhia na área de polímeros. Este foi o maior financiamento já obtido pela Braskem para a área de P&D (AGÊNCIA ESTADO, 2010). De 2005 até 2012, estima-se que a Braskem tenha recebido um montante de R\$ 230 milhões da FINEP para o financiamento de projetos relacionados à inovação. Em 2011, o plástico verde conferiu à Braskem o título de vencedora nacional do Prêmio FINEP de Inovação 2011 na Categoria Grande Empresa (REVISTA INOVAÇÃO EM PAUTA, 2012).

Com a FAPESP, a empresa lançou em 2010 uma chamada pública para financiar projetos de universidades relacionados ao desenvolvimento de tecnologias e produtos verdes. Entre as linhas de pesquisa contempladas com os recursos estão os desenvolvimentos de processos de síntese de intermediários, monômeros e polímeros a partir de matérias primas renováveis. Os recursos empregados na parceria entre FAPESP e Braskem totalizam US\$ 30 milhões, sendo US\$ 15 milhões de recursos próprios (FAPESP, 2010; RELATÓRIO ANUAL BRASKEM FORM 20 F, 2011).

Os recursos obtidos pela Braskem têm o governo como origem predominante. A planta foi financiada com recursos do BNDES, a maior fonte financiadora de projetos industriais do país, sejam estes relacionados ao uso de renováveis ou não. Seus projetos de pesquisa e desenvolvimento têm acessado recursos da FINEP e da FAPESP, também fontes relevantes no cenário da inovação do país. Esses recursos comportam-se de forma paciente ao crescimento, o que é em parte explicado pelo crescimento do contexto favorável aos bioprodutos. O esforço das agências governamentais para a formação de uma agenda em torno da bioeconomia deve ser traduzido na formação de uma agenda e na concessão de recursos com custos de capital condizentes com a natureza da inovação, projetos de longo prazo e riscos tecnológicos relativamente elevados.

4.3.4 RESULTADOS DO PROJETO PE VERDE

- Um Novo Modelo de Negócio

A análise dos elementos do RCOV adaptado indicou mudanças empreendidas em seus elementos centrais (Recursos e Competências, Organização, Proposição de Valor, Origem dos Recursos Externos), tal que, segundo Moyon (2012), um novo MN foi concebido e não apenas uma adaptação ou otimização do MN para o PE petroquímico. Essas mudanças ocorreram: nos Recursos e Competências da firma, com a aquisição de novos ativos (construção da planta piloto, planta comercial e infraestrutura logística para o etanol); na Organização, com a reestruturação de atividades internas e proposição de novas atividades (formação de equipes dedicadas ao projeto e criação da área de Renováveis), a formação de parcerias com utilizadores finais e os produtores de etanol; na Proposição de Valor, com a oferta de um produto *biobased* e *drop in*; e finalmente, na Origem dos recursos, através do acesso aos incentivos governamentais para P&D em Renováveis e financiamento para a planta industrial. O Quadro 4.2, a seguir, resume essas transformações que levaram ao surgimento de um novo MN na empresa.

Quadro 4.2. Mudanças observadas nos elementos centrais RCOV do MN do PE verde.

Recursos e Competências (RC)	
Aquisição de ativos	Construção da planta piloto Construção da planta comercial para a produção do eteno verde Ativos logísticos: suprimento do etanol
Organização (O)	
Reorganização de atividades internas	- Criação de equipes dedicadas para o projeto: equipe comercial, marketing, P&D. - Depois, foi criada a área de Renováveis na firma.
Novas parcerias dentro do sistema tradicional de atividades	Parcerias firmadas e contratos de comercialização com utilizadores finais, como Toyota, Tetra Pak, Johnson&Johnson, Nestle, Danone, outras.
Novas parcerias fora do sistema tradicional de atividades	Parcerias e contratos estabelecidos com os produtores de etanol (ETH e Cosan).
Proposição de Valor (V)	
Modificação da oferta	Oferta de produto <i>biobased</i> (produzido a partir de fontes renováveis) e <i>drop in</i> (menores custos de mudança para o sistema: petroquímicas, transformadores, utilizadores finais).
Origem dos Recursos Externos (Ambiente)	
Mudanças na origem usual de recursos tomados pela firma	- Entrada de recursos oriundos de incentivos governamentais para pesquisa e desenvolvimento (FINEP, FAPESP) - Financiamento direto da planta com BNDES

Fonte: Elaboração própria.

- Uma Nova Visão Estratégica

Diferentemente de uma inovação de produto, os bioplásticos representam inovações sistêmicas, pois promovem e precisam de transformações em um contexto mais amplo do que a dimensão tecnológica. A observação da trajetória do bioplástico sinalizou transformações organizacionais que não se limitaram apenas ao contexto mais próximo da inovação. Conforme mostrado na seção anterior, o projeto contribuiu fortemente para Braskem revisitar a sua estratégia, propondo uma visão baseada na sustentabilidade, apoiada fortemente pela pretendida liderança na produção de biopolímeros. A estratégia da Braskem em biopolímeros (mostrada na Figura 4.6) foi dividida em três etapas (ondas) consecutivas: Conhecer, Crescer e Consolidar.

O atual sucesso nessa primeira etapa (1ª onda: Conhecer) estimulou a organização a investir nas etapas seguintes (2ª onda: Crescer e 3ª onda: Consolidar). Não são etapas simples, pois o crescimento exigirá da firma uma busca por

competências ainda não desenvolvidas. Para Crescer, terá que equacionar o suprimento de etanol para plantas maiores. A empresa pretende investir em uma planta integrada desde a cana-de-açúcar, o que a levará a aquisição de ativos relacionados às atividades de cultivo ou a formação de parcerias com atores estabelecidos. Para Consolidar, terá que desenvolver tecnologias de ruptura que permitam rotas de obtenção mais competitivas economicamente. A aposta da firma na biotecnologia requererá investimentos significativos para a construção de novas competências.

FASES	1ª onda Conhecer o mercado 2010-2014	2ª onda Crescer 2015-2019	3ª onda Consolidar 2020- em diante
PE verde	200 kta PE verde (Triunfo RS)	Novas capacidades PE verde	Capacidades adicionais PE verde
PP verde	30 kta PP verde Tecnologia existente	Novas capacidades PP verde (tecnologia melhorada)	Maiores capacidades PP verde (Rota biotecnológica)
	230 kta	Ainda não definido	Ainda não definido

Figura 4.6. Estratégia da Braskem em bioplásticos.

Fonte: Braskem (2012).

Mesmo sendo um *drop in*, o bioplástico provocou experiências relevantes para a firma, como a aquisição de uma base de conhecimento na aquisição de matérias-primas renováveis e uma aproximação direta com o mercado. Esta primeira etapa é ilustrada no Quadro 4.3, que resume os principais movimentos desde o estímulo da paisagem, o desenvolvimento da inovação no regime até os resultados obtidos que proporcionaram

estímulos para o ciclo seguinte. Na figura 4.7 é mostrado o RCOV adaptado para o caso PE verde.

Quadro 4.3. Movimentos que explicam a trajetória do PE verde (1ª onda).

#	Sequência dos Movimentos na trajetória do PE Verde da Braskem (início da primeira onda: conhecer o mercado de biopolímeros)
1	O ambiente lança estímulos para o desenvolvimento dos bioplásticos (preço do petróleo, incentivos governamentais, consciência ambiental, etc).
2	Recursos (próprios, BNDES e outros) financiaram e possibilitaram o desenvolvimento da planta piloto e planta comercial de 200.000 t/ano de eteno e PE verde.
3	A planta permite a Braskem ofertar ao mercado material <i>drop in e biobased</i>
4	O PE verde exige da Braskem parcerias com utilizadores finais, instituições financeiras e institutos de pesquisa (parcerias externas) e criação de uma estrutura dedicada ao projeto, mais tarde área Renováveis.
5	Contratação de especialistas e pesquisadores para o negócio Renováveis (cerca de 15% do pessoal de P&D).
6	Especula-se que a proposição de valor gere um prêmio de venda entre 15-30% sobre o preço do PE convencional.
7 e 8	A margem do projeto depende do prêmio exercido e preço do etanol. São gerados benefícios intangíveis para a firma, como a maior aproximação com os utilizadores finais.
9	Os resultados positivos do projeto com a rápida absorção da produção fortalecem a trajetória da firma na área de Renováveis.
10	Início da segunda onda: crescer em produtos sustentáveis

Fonte: Elaboração própria.

A paisagem estimulou o surgimento de uma janela de oportunidade para os biopolímeros, através do preço do petróleo, o aumento da demanda por soluções mais orientadas pela sustentabilidade e o surgimento de linhas de apoio financeiro dedicadas aos renováveis pelos governos. A Braskem, diante de tais estímulos e da reunião de recursos e competências, alguns então disponíveis internamente (folga organizacional), respondeu à paisagem e promoveu a inovação no regime sociotécnico, coordenando e articulando com os utilizadores finais uma proposição de valor (*biobased*) que permite a coexistência no regime existente (*drop in*). Para isso, empreende mudanças organizacionais, principalmente no lado do suprimento de matérias-primas. O resultado

positivo do projeto é explicado pela rápida adoção do material e a possibilidade de prêmios sobre o preço do PE petroquímico (impacto sobre receitas) e pela eficiência na operação, utilização de ativos complementares disponíveis e folga organizacional (impacto sobre custos de produção). Outro resultado, talvez o mais poderoso dessa experiência, é intangível, sendo medido pela aproximação com os utilizadores finais que aumentou a exposição internacional da firma. Além disso, promove o acesso a projetos e parcerias na área dos renováveis com empresas internacionais. Internamente, vem proporcionando uma transformação de seus valores organizacionais, resultando em uma intenção estratégica desafiadora para os próximos anos.

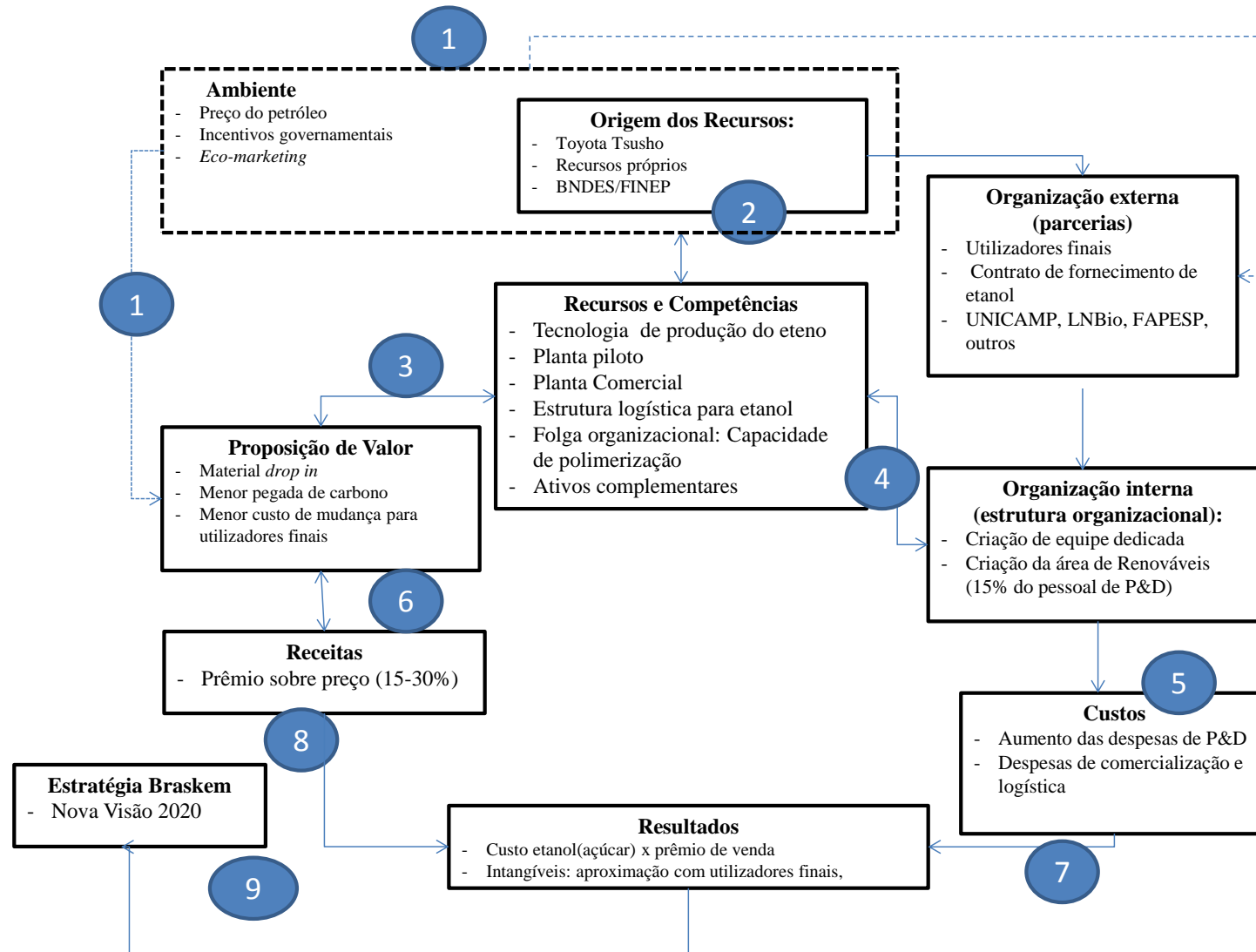


Figura 4.7. RCOV adaptado aplicado ao PE verde.

Fonte: Elaboração própria.

4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo explorou a dinâmica do MN do PE verde da Braskem, um MN desenvolvido para um bioplástico *drop in* produzido por uma petroquímica. Apesar do acesso aos ativos complementares, outros fatores devem ser considerados para o desenvolvimento destes materiais pelas firmas petroquímicas, como a estruturação do fornecimento de matéria-prima e a avaliação de uma nova abordagem junto ao mercado.

O caso PE verde da Braskem sinalizou várias mudanças em relação ao MN do PE petroquímico: estruturação do suprimento de matéria-prima, o etanol, em uma lógica diferente da petroquímica, expondo-a à dinâmica do mercado de açúcar; aproximação direta com os utilizadores finais, através do estabelecimento de contratos e o desenvolvimento de aplicações; uma ampliação da proposição de valor, com a oferta de um produto *biobased* e identificação do produto pelos clientes de seus clientes, através do selo *I'm geen*.

As motivações para a decisão da empresa em investir no projeto tiveram origem em recursos e competências internos como a tecnologia para a produção de eteno verde, desenvolvida pela empresa anos atrás; a folga organizacional com a disponibilidade de uma capacidade de polimerização ociosa; o acesso à infraestrutura de sua central petroquímica em Triunfo e aos recursos humanos da firma, que dominavam as competências relacionadas ao produto, etapa de polimerização, comercialização e assistência técnica. Dentre os fatores externos que motivaram a firma, o ambiente favorável aos bioprodutos e a aproximação do cliente japonês em busca da tecnologia de produção do eteno verde podem ser destacados como catalisadores para o projeto.

Uma barreira importante que a firma encontrou para desenvolver seu bioplástico estava na transformação necessária de seus valores organizacionais para que fosse possível “abrigar” a nova oportunidade de ruptura distante dos negócios sustentadores voltados para os produtos petroquímicos. Inicialmente, o negócio era visto como “arriscado” e pequeno, lembrando que a capacidade de produção do PE verde representa menos de 5% da produção do PE convencional. Essas condições poderiam levar à firma a não priorizar o projeto internamente, o que impediria os ajustes necessários em sua estrutura organizacional e no aporte de recursos. É bom ressaltar que o

projeto foi desenvolvido em um contexto menos favorável no Brasil do que no contexto internacional em que iniciativas relacionadas aos bioprodutos já eram mais conhecidas e estimuladas.

De acordo com os dados levantados em sua trajetória, o PE verde da Braskem provocou uma série de mudanças na firma, como a criação de uma área de Renováveis e o fortalecimento de uma estratégia voltada aos bioplásticos. A sua intenção de se manter líder na produção de bioplásticos traz à firma uma nova e desafiadora agenda de inovação. A empresa precisa acessar novos recursos e competências (criação de novo laboratório de biotecnologia, contratação de pesquisadores e parcerias externas, etc) e se reestruturar organizacionalmente.

O processo de “esverdeamento” da Braskem não é um movimento isolado. Outras firmas químicas e petroquímicas, como Basf e Du Pont, já mostram sinais de interesse dessas empresas no campo dos bioprodutos. A Basf, uma das maiores empresas químicas do mundo, investiu em uma parceria com a Purac para a construção de uma planta de ácido succínico de 50.000 toneladas/ano na Espanha em 2013. A empresa tem investido em parcerias, alianças estratégicas, aquisições e financiamentos de empresas de base tecnológica. Um exemplo de reorientação radical da empresa é observado com a empresa Du Pont, que tem investido fortemente em várias parcerias para o desenvolvimento de bioprodutos, como biobutanol, PDO, etanol celulósico, fibras têxteis e outros (BIOFUEL DIGEST, 2012).

Por fim, a visão da Braskem, de ser líder na área sustentável e a maior produtora mundial na produção de biopolímeros, exigirá da firma uma aceleração de investimentos, lembrando que os projetos voltados para a produção de bioprodutos demandam tempo considerável para o desenvolvimento de competências tecnológicas e novos MN.

CAPÍTULO 5

LIÇÕES APRENDIDAS COM OS ENSAIOS

Esta tese apresentou três ensaios diferentes para explorar a trajetória de desenvolvimento dos bioplásticos, estruturados em forma de artigos, apresentados nos capítulos 2, 3 e 4. Após os três ensaios, pontos importantes foram extraídos para compor uma reflexão sobre a transição dos bioplásticos. O objetivo do presente capítulo é, portanto, apresentar as lições teóricas e práticas aprendidas nos ensaios propostos.

5.1. LIÇÕES APRENDIDAS NO PRIMEIRO ENSAIO

O primeiro ensaio, referente ao capítulo 2, teve como objetivo discutir a natureza sociotécnica do desenvolvimento dos bioplásticos *drop in* e não *drop in*, ilustrados pelo PE verde e pelo PLA, respectivamente. Sua exploração trouxe algumas reflexões:

Bioplásticos como inovações sistêmicas. Os exemplos explorados permitiram a identificação de múltiplos atores, produtos, interesses, mercados e estruturas industriais. Foi ainda possível perceber e que a maior participação dos bioplásticos exigirá transformações sociais importantes. Logo, os bioplásticos podem ser considerados como inovações sistêmicas.

Competição com os plásticos convencionais. Os bioplásticos, quando inseridos no âmbito da competição com os plásticos convencionais, são comparados através de vários fatores, como: custos de produção, desempenho técnico, necessidade de investimentos em ativos complementares e ativos específicos e custos de mudança para os transformadores e utilizadores finais. Tais fatores compõem uma relação custo *versus* benefício que os atores utilizam para decidir ou não pela adoção do material.

Com plantas relativamente pequenas, os bioplásticos precisam compensar tal desvantagem em relação aos petroquímicos produzidos e comercializados em grandes volumes.

No caso PE verde da Braskem, os ativos complementares e a folga organizacional em seu complexo petroquímico do Rio Grande do Sul possibilitaram a redução dos investimentos e dos custos operacionais.

Fronteiras com outros sistemas tecnológicos. Os bioprodutos estabelecem fronteiras importantes com outros sistemas, principalmente com a produção de alimentos (fonte de substrato) e o de combustíveis na discussão da matéria-prima. Apesar dos contratos assinados com as usinas de álcool para a garantia no suprimento, o PE verde está exposto à dinâmica de preços do açúcar, o que em alguns períodos pode apresentar cenários favoráveis e em outros períodos pode representar a inviabilidade econômica de sua produção. Esta curta explanação pontua uma possível competição dos bioplásticos com outros sistemas tecnológicos e não apenas uma competição com os polímeros petroquímicos.

A fronteira com outros sistemas também pode potencializar complementaridades e benefícios aos bioplásticos. Avanços tecnológicos na produção de biomassa (cana-de-açúcar), enzimas, máquinas e equipamentos para a transformação, entre outros, podem gerar complementaridades significativas para os bioplásticos.

Matérias-primas e Logística. Do lado das matérias-primas, estes produtos (*drop in* e não *drop in*) representam um esforço relevante dos inovadores para a garantia de acesso e competitividade em matérias-primas. Infraestrutura logística e parcerias com os fornecedores de biomassa (substrato) são fatores críticos de sucesso.

Utilizadores finais e Complementadores. A experiência bem sucedida do *drop in* PE verde sinalizou a importância dos utilizadores finais no processo de transição. Quando estes agentes, detentores da governança, apoiam a iniciativa, a adoção do material tem maiores chances de sucesso.

Para os não *drop in*, o papel dos agentes complementadores também se torna crucial na corrida por adaptações e melhorias em propriedades técnicas, além de serem desenvolvedores de novos mercados e aplicações. O caso PLA, mostrou que diante das dificuldades de inserção no regime devido aos preços comparativos elevados e limitações em suas propriedades técnicas, o material, anteriormente encapsulado em nichos específicos, tem recebido melhorias em

propriedades através de aditivos e blendas que permitiram a iniciativa de introduzi-lo em segmentos como de embalagens e semiduráveis.

Sua entrada no regime não precisa ser pautada apenas pela competição, mas por complementaridade. Sua maior inserção pode ser atribuída ao desenvolvimento de blendas com outros materiais para novas aplicações. A blenda desses materiais com outros polímeros representa uma forma de reduzir custos, modificar propriedades e alterar as taxas de degradação do biopolímero.

Drop in. O caso dos *drop in*, ilustrado pelo PE verde, remete a uma inovação que surge no regime, o que não significa que não haja confrontos entre a inovação e o regime sociotécnico. Os *drop in* coexistem no regime como alternativas aos fósseis - uma ampliação da proposição de valor ao mercado (conceito *biobased*) - apresentando larga vantagem na adoção pelos utilizadores finais. O caso PE verde da Braskem sinalizou como esta proposição de valor constituiu o fator crítico para o sucesso, medido pela rápida absorção da capacidade da planta pelo mercado levando ao anúncio de uma nova unidade.

Os *drop in* coexistem e competem com os seus correlatos petroquímicos no regime. Coexistem como uma alternativa ao mercado e competem por recursos dentro das empresas petroquímicas. Inicialmente, o projeto PE verde era visto como arriscado pela Braskem e sua aprovação foi condicionada a uma reunião de recursos internos disponíveis (folga organizacional). O cancelamento do projeto PE verde da Dow em função do *shale gas* ilustra um exemplo de competição de projetos por recursos na empresa.

Não drop in. O exemplo PLA remete a uma transição nicho-regime. Para a transição, precisam apresentar melhor desempenho técnico. Se os não *drop in* não mostrarem vantagens comparativas que compensem os preços superiores e os investimentos em ativos complementares e específicos, a sua adoção em mercados mais amplos em competição com os petroquímicos será fortemente comprometida.

Para as firmas inovadoras, pertencentes ou não ao regime sociotécnico dos plásticos convencionais, uma estratégia interessante para abrir “janelas” de oportunidade à transição é a formação de alianças com atores do regime. A análise da trajetória do PLA sinalizou que as

firmas inovadoras têm buscado atores do segmento petroquímico para formar alianças estratégicas. A líder do projeto Cargill, produtora no agronegócio, procurou por um parceiro petroquímico para dar continuidade ao desenvolvimento do bioplástico. Inicialmente a Dow e depois Teijin e PTT Chemicals. A Futerro é uma aliança entre uma produtora de açúcar, a Galactic e uma petroquímica, a Total. A Purac, através de seu modelo de negócio diferenciado, tem buscado uma aproximação com os transformadores, também atores do sistema tecnológico dos polímeros convencionais.

5.2. LIÇÕES APRENDIDAS NO SEGUNDO ENSAIO

O segundo ensaio, referente ao capítulo 3, teve como objetivo discutir a inovação de um bioplástico por uma firma emergente, utilizando como unidade de análise o MN. Tal abordagem aproxima as firmas da discussão sociotécnica, agregando fatores intra-firma aos fatores ambientais na exploração das transições dos sistemas tecnológicos.

MN como unidade de análise para a transição. O MN constitui uma unidade de análise importante para a compreensão da transição dos sistemas tecnológicos, pois insere os aspectos intra-organizacionais como elementos relevantes na transição. A evolução dos MN permite compreender como as firmas respondem ao ambiente e como também o influenciam, em uma perspectiva importante para a discussão das inovações sistêmicas. As firmas e seus MN devem ser introduzidos na discussão das transições porque reúnem boa parte dos fatores críticos para a transição e também permitem compreender o ambiente, já que a dinâmica de transformação das firmas refletem respostas aos estímulos ambientais.

O MN, como unidade de análise na trajetória de desenvolvimento do PHA, permitiu compreender através da Metabolix, as suas dificuldades para migrar do nicho para o regime. As transformações nos elementos recursos e competências, organização, proposição de valor e origem dos recursos externos evidenciaram o esforço da firma para sair de uma estrutura de *startup* para uma estrutura operacional, em uma tentativa de levar o material ao regime.

MN como elemento que relaciona a firma ao ambiente. O ensaio identificou elementos que relacionam a firma e o ambiente, através da busca de recursos para inovar. Através do RCOV adaptado, o papel do recurso financiador nas decisões da firma tornou-se mais claro.

O MN não responde como unidade de análise isolada para a compreensão do sucesso em uma inovação sistêmica, pois esta depende de transformações nas estruturas sociais fora da firma (paisagem e regime). Por exemplo, a observação de perdas acumuladas na trajetória Metabolix não é explicada somente pelo desempenho do MN. A baixa adoção do PHA é explicada não apenas por limitações nas propriedades técnicas do produto e seu elevado custo de produção, mas também pela necessidade de adaptações e investimentos em ativos específicos no *downstream* pelos transformadores e utilizadores finais. São fatores não relacionados apenas à firma e seu MN, mas ao regime sociotécnico, pautado pelas regras da lógica petroquímica.

O tipo de recurso. A origem e o tipo dos recursos acessados pela firma para inovar podem determinar dinâmicas diferentes, levando a decisões distintas em sua trajetória. O caso Metabolix ilustrou o papel dos recursos para a firma e para a trajetória da inovação do bioplástico. A entrada dos recursos advindos do IPO e da aliança estratégica com a ADM ajudou a firma na tentativa de inserção do bioplástico no regime, financiando a planta em escala comercial e os desenvolvimentos de aplicações em segmentos fora dos nichos específicos. A saída da ADM levou a empresa a rever a proposição de valor do bioplástico, redefinindo seus segmentos-alvo (foco em aplicações específicas). Conclui-se que o tipo de recurso é capaz de impactar a firma e influenciar a trajetória de desenvolvimento do bioplástico.

5.3. LIÇÕES APRENDIDAS NO TERCEIRO ENSAIO

O terceiro ensaio, referente ao capítulo 4, teve como objetivo discutir a inovação de um bioplástico por uma firma estabelecida, petroquímica, utilizando como unidade de análise seu MN. Neste ensaio, diferente do foco dado ao anterior, que naturalmente teve maior peso dado à relação da firma com os recursos externos, a atenção foi dada à própria empresa e a sua capacidade de transformação para abrigar uma inovação disruptiva. Os valores organizacionais direcionam as firmas para soluções sustentadoras na tentativa de preservação das estruturas

vigentes. Portanto, a dinâmica de transformação intra-organizacional é o ponto focal, novamente utilizando o MN como unidade de análise para observação da evolução da firma. A seguir, são listados alguns pontos retirados do ensaio:

Transformações organizacionais. Diferentemente de uma abordagem simplificadora de que os *drop in* não exigem mudanças significativas à firma, o caso explorado mostrou a importância do desenvolvimento de um novo MN para conferir sucesso à inovação e de adaptações nos valores organizacionais para “abrigar” estes projetos na firma estabelecida. Estes projetos não concorrem apenas com o regime, mas têm que concorrer internamente por recursos e estrutura organizacional.

O ensaio explorou a percepção da firma diante da inovação, inicialmente percebida como um projeto de “risco” e procurou sinais de transformação na firma. O caso mostrou que o sucesso do projeto corroborou para uma reorientação estratégica de seus negócios, fortalecendo a intenção de consolidar sua liderança em biopolímeros.

Pelo menos no médio prazo, o crescimento da firma não será garantido pelos produtos verdes. A experiência com o “esverdeamento” de seus produtos serviu como um experimento, uma etapa de aprendizado para a firma introduzir o novo conceito internamente e transformar seus valores organizacionais. A empresa já anunciou uma nova planta de biopolímero, o PP verde e o estudo de viabilidade econômica para uma segunda planta de PE verde, desta vez, integrada à cana-de-açúcar. A firma vem sinalizando ao mercado, clientes, acionistas e *stakeholders* em geral, uma intenção de transformação organizacional. Vale discutir se a proposta de liderança da Braskem na área de biopolímeros, definida em sua Visão 2020, poderá ser garantida apenas com o sucesso observado em projetos *drop in*.

Na estrutura organizacional, algumas mudanças foram percebidas: a criação de uma nova área, concentrando as atividades de P&D em renováveis; a contratação de pesquisadores e especialistas; o anúncio de investimentos em novas estruturas de P&D, como o laboratório de biotecnologia; o estabelecimento de parcerias com universidades e empresas internacionais relacionadas aos renováveis, como a empresa Novozymes na área de enzimas, etc. Essa

reorientação na intenção organizacional precisa ser acompanhada de uma nova base de conhecimento e, portanto, de investimentos condizentes para a transformação.

Matérias-primas. O ensaio evidenciou uma grande readaptação na lógica de suprimento de matérias-primas, visto os contratos de comercialização com os produtores de etanol e os investimentos em infraestrutura para o recebimento, uma transformação requerida para a inserção de uma petroquímica na produção dos bioprodutos. O projeto acelera a base de conhecimento da firma sobre a aquisição de matérias-primas renováveis, que seguem uma dinâmica distante das matérias-primas petroquímicas. Competências relacionadas à aquisição do etanol são críticas para a competitividade do projeto, como por exemplo, quando, quanto e onde comprar. Os preços da *commodity* seguem variáveis até então pouco conhecidas pela organização: preço do açúcar, safras, preço dos combustíveis, etc.

Aproximação com o mercado. O ensaio também sinalizou uma nova estratégia de relacionamento da firma com o mercado: a aproximação direta com os utilizadores finais. Este ponto merece destaque, pois reforça o argumento de que a firma estabelecida poderia tomar dois caminhos distintos: o primeiro, encarar o produto verde apenas como um incremento à sua capacidade de produção de polietileno, sem alguma tentativa de diferenciação e o segundo, introduzir o produto verde como uma solução diferenciada, atendendo aos estímulos da paisagem. A primeira opção não faz muito sentido quando o incremento de capacidade representa apenas 7% de sua oferta total em polietilenos e a firma tem no *pipeline* de projetos uma grande expansão da produção baseada em matérias-primas não renováveis. O segundo caminho constituiu um desafio para a empresa, pois teve que desenvolver um novo BM, mas trouxe oportunidades, como o acesso aos detentores da governança na cadeia dos plásticos. Ou seja, o projeto do PE verde trouxe benefícios também para o PE petroquímico, quando aproximou a firma de seus utilizadores finais. Por isso, o biopolímero não pode ser visto apenas na ótica da competição com o plástico convencional.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

6.1. CONCLUSÕES

O objetivo geral desta tese foi a exploração de fatores críticos para que os bioplásticos tenham maior representatividade no consumo futuro dos plásticos, dando ênfase ao papel dos MN das firmas inovadoras na transição dos sistemas tecnológicos. Para isso, foram realizados ensaios que permitiram identificar dimensões importantes para a observação dessa transição. A partir desses ensaios, algumas conclusões sobre a transição de inovações sistêmicas foram elaboradas:

Conclusão 1: A reunião de recursos e projetos em torno de uma inovação não é suficiente para a transição de um sistema tecnológico.

Quando se questionam os fatores críticos para a transição dos bioplásticos, a exploração do tema leva ao estudo de inovações sistêmicas que envolvem transformações sociotécnicas. Portanto, a observação dos fatores críticos para o *tipping point* de Gladwell (2000) na transição sociotécnica proposta por Geels (2002) contribuiu para uma melhor compreensão das inovações sistêmicas. A primeira preocupa-se em identificar dimensões críticas para a transformação (desempenho técnico do produto, matéria-prima competitiva, custos de produção, processos de obtenção eficientes, aproximação entre os atores, outros) e a segunda, ao definir os diferentes níveis sociotécnicos, permite localizar esses fatores na dinâmica de transição e correlacioná-los aos atores envolvidos.

Entre os fatores críticos no caso dos bioplásticos, incluem-se: (a) Fatores de fixação: as características do produto, como desempenho comparativo aos plásticos convencionais; custo de produção, dependente dos avanços na simplificação dos processos produtivos e no aumento das escalas de produção e o desenvolvimento do açúcar de segunda geração; custos de mudança dos utilizadores finais, definidos principalmente pelos investimentos em ativos complementares e

específicos e no esforço de aprendizado; logística de fornecimento da matéria-prima; (b) Regra dos Eleitos: participação de produtores, utilizadores finais e complementadores; (c) Poder do Contexto: incentivos governamentais; legislações sobre o consumo de bioplásticos; preço do petróleo; aumento da consciência ambiental; disponibilidade de recursos financiadores adequados, adaptações nos sistemas de reciclagem, etc.

A reunião de um número elevado de firmas e projetos ainda não deflagrou o *tipping point* dos bioplásticos, visto sua baixa penetração e mudanças ainda incrementais no regime. Todavia, sem dúvida, tem catalisado a corrida por soluções que promovam a maior participação desses materiais. Vale destacar que por se tratar de uma inovação sistêmica, acredita-se que o *tipping point* será observado não como resultado isolado de um projeto ou um produto, mas pela conjunção das iniciativas. O fato de produtos como o PE verde e o PLA terem alcançado plantas em escala industrial não implica a observação do *tipping point* dos bioplásticos.

Conclusão 2: Os MN são instrumentos teóricos importantes para a discussão das inovações sistêmicas e a transição dos sistemas tecnológicos.

Nas abordagens sistêmicas, os chamados fatores intra-organizacionais são frequentemente ignorados, pois estas concentram sua atenção sobre as transformações nas relações entre os elementos do sistema social. A observação dos ensaios mostrou a importância da exploração da trajetória das firmas, estabelecidas ou emergentes, que conduzem os projetos de inovação. O sucesso ou o fracasso destes projetos contribuem para a dinâmica observada na transição das inovações sistêmicas.

Os MN constituem um elemento de forte conexão da firma com o ambiente. As mudanças ambientais, objeto de estudo das abordagens sistêmicas, provocam transformações intra-organizacionais, o que pode ser visto através da evolução dos MN (aplicação do RCOV adaptado). As mudanças nas firmas provocam e estimulam o ambiente. Essa relação firma-ambiente pode ser compreendida pela observação dos MN das firmas.

Conclusão 3: O desempenho das firmas inovadoras não pode ser avaliado somente pelos elementos centrais do MN.

O ambiente naturalmente influencia as firmas e isto pode ser observado na evolução de seus MN. O papel da origem dos recursos externos (tipo de recurso) constitui uma oportunidade para explorar essa dinâmica na relação entre firma e ambiente para a inovação. A decisão sobre a origem dos recursos externos tem um impacto direto na evolução da firma, em suas decisões e na dinâmica da inovação do produto, e em uma perspectiva sistêmica, para a formação de uma nova indústria. Esta discussão deve ser inserida nas agendas para a definição de políticas e incentivos adequados ao desenvolvimento dos bioplásticos.

Conclusão 4: A inovação através dos *drop in* também é desafiadora às firmas.

Ainda que no caso dos *drop in* se pressuponha um contexto mais simples para a inovação, este não se abstém de desafios significativos. As vantagens atribuídas aos *drop in* não devem ser confundidas como uma sinalização de que as firmas não precisam empreender MN inovadores para tais produtos. Tanto os *drop in* quanto os não *drop in* precisam acessar matérias-primas competitivas, processos de produção mais eficientes e menos complexos e maiores escalas de produção para uma estratégia de inserção no regime. Além destes pontos, destaca-se a importância da aproximação com os utilizadores finais. Conclui-se que os MN das firmas inovadoras devem considerar tais dimensões ao definir seus elementos estruturantes, sendo o bioplástico *drop in* ou não *drop in*.

As petroquímicas são candidatas naturais ao desenvolvimento dos materiais *drop in*. Essas soluções representam uma ampliação de suas proposições de valor sem que isso implique rupturas com o regime existente. Os *drop in* se encaixam dentro das regras e padrões estabelecidos pela lógica dos produtos petroquímicos no *downstream* (da etapa de polimerização até os utilizadores finais). Todavia, isto não significa que as petroquímicas não possam estabelecer novas configurações para os MN, como observado no caso Braskem.

As firmas *startups* teriam enorme dificuldade em desenvolver materiais *drop in* sem a formação de alianças e parcerias com as petroquímicas, transformadores e utilizadores finais por não disporem de ativos específicos e competências relacionadas ao *downstream*. Esses pontos reforçam que a evolução dos bioplásticos não ocorrerá de forma isolada e sem interação com os recursos presentes no regime sociotécnico dos plásticos convencionais.

6.2. COMENTÁRIOS FINAIS

A contribuição deste trabalho não é a busca das respostas definitivas para explicar a transição dos bioplásticos ao regime, mas sim, promover uma discussão que enriqueça a agenda de desenvolvimento desses materiais. Por se tratar de um processo em curso, qualquer tentativa de formulação de respostas definitivas perderia sua validade no decorrer do tempo. Os esforços concentraram-se em promover uma reflexão sobre o desafio da transição dos bioplásticos sob um novo ângulo de observação, ainda pouco explorado pela academia, pelas firmas e pelo governo. Acredita-se que a combinação entre uma abordagem sistêmica, comum aos trabalhos das agências governamentais, e uma abordagem orientada à trajetória das firmas inovadoras, até então pouco visível, constitui uma ferramenta interessante para a observação do fenômeno de transição tecnológica e para a formação de uma agenda mais poderosa em recomendações e fatores críticos levantados.

Os ensaios permitiram que as seguintes dimensões fossem levantadas para ajudar a identificar os fatores críticos que podem levar os bioplásticos a uma maior representatividade no consumo futuro dos plásticos: material *drop in* x material não *drop in*; firma estabelecida x firma emergente (*startup*); nível de paciência do recurso externo para inovar (paciente x impaciente); vantagens comparativas do bioplástico em relação ao plástico convencional; necessidade de desenvolvimento de novos modelos de negócio; nível de compatibilidade entre o regime e a inovação (confronto x coexistência); e finalmente, nível de compatibilidade entre valores organizacionais e a inovação.

Este trabalho procurou conciliar a visão sociotécnica com a visão baseada nas firmas para relevar a importância de uma análise conjunta de variáveis. Entende-se que o propósito não é adicionar mais variáveis à observação do processo de inovação, mas, sobretudo, relacioná-las ao contexto da transição.

Como se trata de um processo em curso, não é possível afirmar que o novo regime será apenas uma ampliação do regime sociotécnico atual para conciliar as pressões da paisagem com a estrutura já estabelecida. Essa nova configuração pode representar a concepção de uma nova estrutura sociotécnica distante do regime existente, entretanto, deverá ter a sua participação.

A maior participação dos *drop in* nas projeções futuras não indicam uma indústria baseada somente nesses produtos. Trata-se de uma fase inicial, em que os projetos em escala industrial estão começando a entrar em operação. Vários projetos ligados aos não *drop in* estão sendo desenvolvidos. É uma indústria em formação, cuja dinâmica transformacional é ainda incerta.

6.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE PESQUISA

Limitações do Estudo

A presente Tese, como qualquer trabalho de pesquisa, possui limitações. Os resultados alcançados são válidos para o momento e o horizonte de pesquisa estudados. A mesma pesquisa, realizada em outro momento ou abrangendo outro horizonte temporal, talvez possa chegar a resultados diversos, principalmente quando a metodologia utilizada é de estudo de caso.

Por se tratar de um tema com um número elevado de variáveis, muito provavelmente algumas não foram devidamente abordadas, o que limita os resultados obtidos. Os aspectos relacionados ao desenvolvimento tecnológico de novos produtos e tecnologias de processo devem ser inseridos com maior profundidade na discussão da transição.

Outra limitação refere-se à obtenção dos dados utilizados para a construção dos exemplos explorados. Uma preocupação no processo de coleta foi de certificar que essas informações eram confiáveis. Com esse fim, privilegiou-se a utilização dos relatórios oficiais publicados pelas firmas como fonte principal das informações da organização, como os relatórios anuais publicados na CVM e na SEC para investidores. Esses relatórios foram auditados por companhias independentes. Entretanto, apesar da quantidade substancial de informações trazidas por estes relatórios e pela riqueza de detalhes, outros procedimentos podem ser combinados para garantir maior exploração dos casos.

Os exemplos utilizados nos ensaios teóricos não tiveram como objetivo promover uma generalização dos fatos observados, mas, sobretudo, contribuir para o levantamento das questões que devem compor a discussão em torno do desenvolvimento dos bioplásticos. A generalização não cabe em poucos exemplos explorados e muito menos quando o processo está em curso e em plena transformação.

Sugestões de Pesquisa

Uma sugestão para trabalhos futuros é realizar um cruzamento de maior número de casos dentro das mesmas condições de desenvolvimento, como por exemplo, comparar a evolução dos MN de firmas que conduzem projetos relacionados ao mesmo bioplástico.

A exploração das estratégias das firmas estabelecidas é outro ponto importante. Compreender como os bioprodutos se inserem na perspectiva dessas firmas para o futuro, poderá trazer reflexões importantes sobre a transição. Como essas firmas estão reorientando suas trajetórias? Um estudo comparativo de competências e projetos desenvolvidos por potenciais agentes inovadores, como empresas químicas, petroquímicas, agronegócio, alimentos, petróleo e gás, etc, poderia contribuir à discussão.

A percepção das agências governamentais sobre o processo de transição dos bioplásticos é outro ponto que pode ser melhor explorado, sendo importante verificar a base de conhecimento desses agentes para avaliar novos instrumentos de análise sugeridos, como os MN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADM ANNUAL REPORT (2005). Disponível em < http://www.adm.com/en-US/investors/shareholder_reports/Pages/default.aspx>. Acesso em: novembro 2012.

ADM ANNUAL REPORT (2011). Disponível em < http://www.adm.com/en-US/investors/shareholder_reports/Pages/default.aspx>. Acesso em: novembro 2012.

ARTHUR W. B. Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. **The Economic Journal**, Vol. 99, n. 394, p. 116-131, 1989.

BARNEY, J. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. **Journal of Management**, vol 17, p. 99-120, 1991.

BARNEY, J. **Gaining and sustaining competitive advantage**, 3rd ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1996.

BATTISTI, G.; STONEMAN, P. The Diffusion of New Technology, **Handbook of the Economics of Innovation**, v. 2, p. 733–760, 2010.

BAUM Joel, SILVERMAN B.S. Picking winners or building them? Alliance, intellectual, and human capital as selection criteria in venture financing and performance of biotechnology startups. **Journal of Business Venturing**, v.19, p. 411–436, 2004.

BECKER J.M.; POUNDER R.J.; DOVE, A.P..Synthesis of Poly(lactide)s with Modified Thermal and Mechanical Properties, **Macromol. Rapid Commun**, 31, p-1923-1937, 2010, doi: 10.1002/marc.201000088.

BERKHOUT, F. Technological regimes, path dependency and the environment. **Global Environmental Change**, 12, 1, p.1-4, 2002.

BERKHOUT, F.; SMITH, A; STIRLING, A. *Governing Sustainable Industrial Transformation Under Different Transition Contexts*. In: Klaus Jacob, Manfred Binder and Anna Wieczorek (eds.). Governance for Industrial Transformation. Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, Environmental Policy Research Centre: Berlin. p. 113 – 132, 2004.

BIOFUEL DIGEST. **The greening of Du Pont**. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/biobased/2012/10/24/the-greening-of-dupont/>>. Acesso: dezembro 2012

BIOFUEL DIGEST. **The greening of Basf**. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/biobased/2012/10/09/the-greening-of-basf/>>. Acesso: dezembro 2012

BIOMASS MAGAZINE. Report: **Biobased chemicals industry reaches tipping point** (15 dez 2011). Disponível em <<http://biomassmagazine.com/articles/7505/report-biobased-chemicals-industry-reaches-tipping-point/?ref=brm>>. Acesso em: abril 2012.

BNDES [Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social]. **O Setor Sucroalcooleiro**. Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Tipo/Informes_Setoriais/201004_informe-17AI.html>. Acesso: março 2011.

BNDES [Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social]. **Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – PAISS**, 2011. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atualizacao/Inovacao/paiss/>. Acesso em junho 2012.

BOMTEMPO, J.V. *Innovation et organization: le cas de l'industrie des polymères*. 1995. Tese de Doutorado, École de Mines des Paris, 1995.

BOMTEMPO J.V. **O futuro dos biocombustíveis X: as duas corridas do açúcar**. (Nov 2011) Disponível em: < <http://infopetro.wordpress.com/2011/11/21/o-futuro-dos-biocombustiveis-x-as-duas-corridas-do-acucar/>>. Acesso em: fevereiro 2012.

BOMTEMPO, J. V. **Biocombustíveis, bioprodutos e biorrefino**, cap 8 In: Química Verde no Brasil, CGEE, p. 536, 2010.

BOMTEMPO, J. V., ALVES F. **Innovation dynamics in biofuels: in search of a new industry**. In: IV Forum l'Esprit de l'Innovation, Marseille, October 7-8, 2010. Disponível em: < <http://rri.univ-littoral.fr/>>. Acesso: outubro 2012.

BOURGEOIS, L.J. On the measurement of organisational slack. **Academy of Management Review**, v.6, p. 29-39, 1981.

BRASKEM. **Química Sustentável**.(2012b). Disponível em: <<http://www.braskem.com.br/site.aspx/Quimica-Sustentavel>> Acesso: julho 2012.

BRASKEM RELATÓRIO ANUAL 20 F (2002). Disponível em: < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso janeiro 2012.

_____(2003). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____(2004). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____ (2005). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____ (2006). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____ (2007). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____ (2008). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____ (2009). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____ (2010). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

_____ (2011). Disponível em < <http://www.braskem-ri.com.br> >. Acesso: janeiro 2012.

BRASKEM. **Visão 2020** (2012d). Disponível em: < <http://www.braskem.com.br/site.aspx/visao-2020> > . Acesso: setembro 2012.

BRASKEM. In: **Braskem: new ways to look at the world.**(2012c). In: Workshop for Sustainable Production of Biopolymers and other bio-based products. FAPESP July, 2012, Sao Paulo. Disponível em: < <http://www.fapesp.gov.br> >. Acesso em: agosto 2012.

BRASKEM. **Linha de Produtos Renováveis** (2012a). Disponível em: <<http://www.braskem.com.br/plasticoverde/>> Acesso em: janeiro 2012.

BRASKEM. **Parceria com a Toyota** (2012f) Disponível em < http://www.braskem.com.br/plasticoverde/parcerias_cases.html >. Acesso em: junho 2012.

BRASKEM. **Parceria com clientes** (2012e). Disponível em < http://www.braskem.com.br/plasticoverde/parcerias_cases.html >. Acesso em: junho 2012.

BRITO, G. F.; AGRAWAL P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T.J.L. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**. v 6.2, p. 127-139, 2011.

BURT, R. S. The Contingent Value of Social Capital. **Administrative Science**, 42, p. 339-358, 1997.

CASADESUS-MASANELL, R; RICART, J. E. From Strategy to Business Models and onto Tactic Business Models. **Long Range Planning**, 43, p-195-215, 2010.

CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, MDIC). Biopolímeros e Intermediários Químicos. **Centro de Tecnologia de Processos e Produtos**, São Paulo, 2006.

CHEMICAL AND ENGINEERING NEWS. **Developers of new polymers are trying to avoid the hazards that have made success difficult for many of their predecessors**. v. 89, n.38, p.10 – 14, 2011. Disponível em: < <http://cen.acs.org/magazine/89/08938.html> >. Acesso: outubro 2012.

CHEMICAL WEEK. SYNBRA Plans PLA Plant (2011a). Disponível em <<http://www.chemweek.com/newsletters/cbd/14097.html>>. Acesso: julho 2012.

CHEMICAL WEEK. PTT Chemical Acquires 50% Stake in NatureWorks, Thai PLA Plant Planned. (2011b). Disponível em: <http://www.chemweek.com/sections/business_finance/usa_americas/38340.html> Acesso: julho de 2012.

CHESBROUGH, H.; R. S. ROSENBLOOM. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox corporation's technology spin-off companies, **Industrial and Corporate Change**, 11(3), 529, 2002.

CHESBROUGH, H. The era of open innovation. **MIT Sloan Management Review**, n.44, v.3, p. 35-41, 2003.

CHRISTENSEN C; M. RAYNOR. **The Innovator's Solution**, Harvard Business School Press, Cambridge, MA, 2003.

CHRISTENSEN C. **The Innovator's Dilemma**. Harvard Business School Press, Cambridge, MA, 1997.

COCA-COLA COMPANY (2012). Disponível em <http://www.coca-colacompany.com/media-center/press-releases/the-coca-cola-company-announces-partnerships-to-develop-commercial-solutions-for-plastic-bottles-made-entirely-from-plants>. Acesso em: dezembro 2012.

COLLIS, D. J.; MONTGOMERY, C. A. Competing on resources: strategy in the 1990's. **Harvard Business Review**, p.118-128, JulAgo, 1995.

COUTINHO, P; BOMTEMPO J.V. Roadmap tecnológico em matérias-primas renováveis: uma base para a construção de políticas e estratégias no Brasil. **Quim. Nova**, v. 34, n. 5, S1-S6, 2011.

DEMIL B.; LECOCQ X. Business Model Evolution: In Search of Dynamic Consistency, **Long Range Planning**, 43, p. 227-246, 2010.

DOSI G; Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, 11, p. 147-162, 1982.

DOW. **Dow and Mitsui to Create Platform for Biopolymers to Serve Packaging, Hygiene & Medical Markets.** Disponível em:

<<http://www.businesswire.com/news/dow/20110719005368/en>> Acesso em: julho, 2011.

ESTADÃO (2010). **Brasileiro diz que não paga mais por produto 'verde'.** Disponível em:

<<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,brasileiro-diz-que-nao-paga-mais-por-produto-verde,644945,0.htm>> Acesso em novembro 2012.

ESTADO DE SÃO PAULO (2010). **Cosan fecha contrato de R\$ 1 bilhão com Braskem.**

Disponível em: <http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EMI149640-16355,00-COSAN+FECHA+CONTRATO+DE+R+BILHAO+COM+BRASKEM.html>. Acesso: setembro 2012.

EUROMONITOR. **The Green Consumer (sumário).** Disponível em:

<www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/.../NT00046342%20.pdf>. Acesso: setembro 2012.

EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION. **Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-based Plastics.** (2009). Disponível em: < <http://www.europeanbioplastics.org>>

Acesso: novembro 2012.

EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION. Issue: **Dropping in”: Bioplastics – same performance but renewable.** (2012a). Disponível em <http://en.european-bioplastics.org/blog/2012/07/13/dropping-in-bioplastics-same-performance-but-renewable/>.

Acesso em: nov 2012.

EUROPEAN BIOPLASTICS ASSOCIATION. **Markets** (2012b). Disponível em: <

<http://en.european-bioplastics.org/market/>>. Acesso: novembro 2012.

EUROPEAN COMMISSION. **Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe** (2005). Disponível em:

<<http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=1343>>. Acesso em: outubro 2012.

FAPESP. **Chamada pública**. Disponível em: < www.fapesp.gov.sp.br.> .Acesso: dezembro 2011.

FLECK, D. L. Dois motores do crescimento corporativo. **Revista de Administração de Empresas**, v. 43, n. 4, p.10-24, out./dez. 2003.

FREEMAN, C.. **Technology Policy and Economic Performance**. London: Pinter Publishers. London and New York, 1987.

GEELS, F.W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v.31, p. 1257-1274, 2002.

GEELS, FW. **Technological transitions and System Innovations, A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis**. Elgar Publishing Limited, Massachusetts, USA, 2005.

GEELS, F.W. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v.1, p.24–40, 2011.

GEELS, .FW; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy**, v.36, p. 399-417, 2007.

GHEMAWAT, P, **Commitment: The dynamic of strategy**. New York: The Free Press, 1991.

GEREFFI G.; International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chain, **Journal of International Economics**, v.48, p. 37-70, 1999.

GEREFFI G.; HUMPHREY J.; STURGEON T., The governance of global value chains. **Review of International Political Economic**, v.12:1, p. 78-104, 2005.

GLADWELL, M. **The tipping point: How little things can make a big difference**. New York, NY: Little, Brown and Co, 2000.

HAAN, Robert (PURAC, 2009). **Unique Purac Lactides for improved PLA production and properties PLA technology developed with Sulzer Chemtech**. In: Bioplastic Processing & Properties, 23 April 2009. Loughborough University, UK, 2009. Disponível em: <<http://www.soci.org/.../Bioplastic%20Processing%20A>> Acesso: junho 2011.

HART, S. A Natural Resource Base View of the Firm. **Academy of Management Review**, v.20, n 4, p 986-1014, 1995.

HERMANN, B; CARUS, M; PATEL, M; BLOK, K. Current Policies affecting the market penetration of biomaterials. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, 5, pg 708-719, 2011.

HITT, M. A. Empreendedorismo e Inovação Corporativa. In M. A. HITT, **Administração Estratégica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p.520-547, 2005

ICIS. **Novozymes and Braskem in bioplastic deal**. (2009). Disponível em: <<http://www.icis.com/blogs/green-chemicals/2009/12/novozymes-and-braskem-in-biopl.html>>. Acesso: setembro 2012.

ICIS. **Green chemicals: Latin America outlook good for bioplastic expansion**. (2010). Disponível em: <<http://www.icis.com/Articles/2010/11/08/9407908/green-chemicals-latin-america-outlook-good-for-bioplastic-expansion.html>>. Acesso: novembro 2010.

ICIS. **The battle of bioplastics**. (2011a). Disponível em: <http://www.icis.com/blogs/green-chemicals/2011/03/battle-of-the-bioplastic-bottl.html>. Acesso: novembro 2012.

ICIS. **PHA shows great promise in packaging application** (2011b). Disponível em: <<http://www.icis.com/Articles/2011/02/15/9433445/pha-shows-great-promise-in-packaging-application.html>>. Acesso: julho 2012.

ICIS. **A map updating the global bioplastics.** (2012a). Disponível em: <http://www.icis.com/Articles/2012/03/12/9539967/a-map-updating-the-global-bioplastics-picture.html>.>. Acesso: junho 2012.

ICIS. **US biobased chemicals at a tipping point.** (2012b) Disponível em: <<http://www.icis.com/blogs/green-chemicals/2012/09/us-bio-based-chemicals-at-a-tr.html>>. Acesso: novembro 2012.

INDEXMUNDI. **Preços do açúcar.** Disponível em < www.indexmundi.com> .Acesso: dezembro 2011

INDIA GLYCOLS. **About us.** Disponível em: <http://www.indiaglycols.com/aboutus/company_profile.htm> Acesso: dezembro 2012.

ISTO É DINHEIRO. **BNDES e Finep têm R\$ 3 bi para bioetanol. 2012** Disponível http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/99150_BNDES+E+FINEP+TEM+R+3+BI+PARA+BI+OETANOL.> . Acesso: outubro 2012

JAPAN BIOPLASTICS ASSOCIATION. **Biopolymers.** Disponível em: <http://www.jbpaweb.net/english/english.htm>>. Acesso: setembro 2012.

JIM JEM K.; JOHAN F.; VAN DER POL, SICCO DE VOS. Microbial Lactic Acid, Its Polymer Poly(lactic acid), and Their Industrial Applications. **Microbiology Monographs**, v.14, p.323-346, 2010.

JORNAL DO COMÉRCIO. **Braskem conclui obras de terminal para receber etanol.** Disponível em: <<http://www.portogente.com.br/texto.php?cod=26643>> Acesso: novembro 2009.

KEMP, R.; ROTMANS, J. The Management of the Co-evolution of Technological, Environmental and Social Systems, paper for the conference **Towards Environmental Innovation Systems**, Eibsee, p. 27-29, 2001

KEMP, R.; ROTMANS, J. Managing the transition to a sustainable mobility, forthcoming, in B. Elzen, F. Geels and K. Green (eds.) **System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy**. Cheltenham: Edgar Elgar, 2004.

KEMP, R., SCHOT, J., HOOGMA, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. **Technology Analysis and Strategic Management**, v.10, n.2, p.175–196, 1998.

KOSIOR, E.. Lightweight Compostable Packaging: Literature Review; **The Waste & Resources Action Programme**; 2006. Disponível em: < http://www.bc.bangor.ac.uk/_includes/docs/pdf/lightweight%20compostable%20packaging.pdf>. Acesso: junho 2011.

LANDAU, Ralph. The Process of Innovation in the Chemical Industry. In: **Chemicals and long term growth: insights from chemical industry**. New York: John Wiley & Sons, Inc, p. 162-179, 1998.

LANDAU, R., MOWERY, D.; Technology and Wealth of Nations, **Stanford University Press**, Stanford, California, 1992.

LANDEWEERD L.; SURETTE M.; VAN DRIEL C.. From petrochemistry to biotech: a European perspective on the bio-based economy. **Interface Focus**, v. 1, p. 189–195, 2011.

LANGEVELD H; DIXON, J. **Development perspectives of the biobased economy: The need for a systems approach**. In: 9th European IFSA Symposium, Vienna (Austria), 2010

LANGEVELD, H; SANDERS, J; MEEUSEN, M. **The biobased economy: biofuels, materials and chemicals in the post-oil era**. London New York: Earthscan, 389 p, 2010.

LECOCQ X., DEMIL B. and WARNIER V. Le business model, un outil d'analyse stratégique. **L'Expansion Management Review**, 123, p.96 -109, 2006.

LEONARD-BARTON, D., Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development, **Strategic Management Journal**, 13, p. 111-125, 1992.

LEONARD-BARTON, D. Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation, **Harvard Business School Press**, Boston, MA, 1995.

LEONARD-BARTON, D. **Nascentes do saber criando e sustentando as fontes de inovação**. Rio de Janeiro: Getúlio Vargas, 1998. 367p.

LN BIO. **LN Bio e Braskem firmam parceria em plástico verde** (2012). Disponível em: <<http://www.lnbio.org.br/site/interna.aspx?idConteudo=130>> . Acesso: fevereiro 2012.

LUNDEVALL, B. A.. **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**, London Priter, Londres. 1992.

MAGRETTA, J. Why Business Models Matter, **Harvard Business Review**, p 1-9, 2002.

MEADE, N; ISLAM, T. Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review, **International Journal of Forecasting**, v. 22, p.519-545, 2006.

MELO, L.M. O financiamento das empresas inovadoras: alternativas para discussão. **Economia & Tecnologia**, ano 06, v. 20, 2010.

METABOLIX ANNUAL REPORT 10 K (2004). Disponível em: <<http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

_____ (2005). Disponível em:
< <http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

_____ (2006). Disponível em:
< <http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

_____ (2007). Disponível em:
< <http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

_____ (2008). Disponível em:
< <http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

_____ (2009). Disponível em:
< <http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

_____ (2010). Disponível em:
< <http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

_____ (2011). Disponível em:
< <http://ir.metabolix.com/sec.cfm>>. Acesso: maio 2012.

METABOLIX. Metabolix Enters into Agreement with Kenmare to Expand Business in Compostable Film Markets in Europe (press release 2012) Disponível em:
<<http://ir.metabolix.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=726391>>. Acesso: dezembro 2012.

MILKOVICH, G.T. **Compensations systems in high tech companies**. In: C.S. Anderson; A. Kleingartner (eds). Human resource management in high technology firms. Lexington Books, p.103-114, 1987.

MINTZBERG, H. Patterns in Strategy Formation. **Management Science**, v. 24, n. 9, p. 934-948, Maio 1978.

MINTZBERG.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. **Strategy Safari: a guided tour through the wilds of strategic management**. New York: Free Press, cap.1. p. 1-21, 1988.

MORSCHBACKER, Antônio. [Estudo de Caso do Polietileno verde]. Rio de Janeiro, 2012. Entrevista concedida a Fabio Oroski e José Vitor Bomtempo em 05 de dezembro de 2012.

MOYON, E. **Business Model Change: The Case of the Major in the Phonographic Industry (1998-2008)**. 2012. 75f. Tese Doutorado (Lille Economie & Management), Institut d'Administration des Entreprises/ Université Lille, 2012

MOWERY, D.; N. ROSENBERG. **Paths of Innovation: Technological Change in 20th Century America**. Cambridge: Cambridge University, 1998.

NASDAQ. **Metabolix Stock Prices**. Disponível em:
< <http://www.nasdaq.com/symbol/mblx/stock-report>>. Acesso: novembro 2012.

NATUREWORKS. **About NatureWorks LLC**. Disponível em:
< <http://www.natureworksllc.com/About-NatureWorks-LLC>>. Acesso: setembro 2012.

NATUREWORKS. **NatureWorks attracts \$150 million equity investment from leading Thailand company PTT Chemical**. Disponível em: < <http://www.natureworksllc.com/News-and-Events/Press-Releases/2011/10-12-11-NatureWorks-attracts-PTT-Chemical-equity-investment>>. Acesso: outubro 2011.

NELSON, R.; WINTER S.. An evolutionary theory of economic change, **Harvard University Press**, 1982.

NOVOZYMES. **Braskem and Novozymes to make green plastic**. Disponível em: <<http://novozymes.com/en/news/news-archive/Pages/45619.aspx>>. Acesso: junho 2009.

ODEBRECHT. **Descoberta do plástico verde e seu desenvolvimento**. (2007). Disponível em: <<http://www.odebrechtonline.com.br/complementos/01701-01800/1751/>>. Acesso: outubro 2012.

OECD. **The Bioeconomy to 2030 DESIGNING A POLICY AGENDA Main Findings and Policy Conclusions** (2009). Disponível em: <<http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>>. Acesso: abril 2012.

ONETTI, A., ZUCHELLA, A., JONES, M., McDOUGALL-COVIN, P.. Internationalization, innovation and entrepreneurship: business models for new technology-based firms. **Journal of Management and Governance**, p. 1-32, 2010. Disponível:.. doi: 10.1007/s10997-010-9154-1

OROSKI, F. A. **Governança nas Cadeias Produtivas: uma análise da Cadeia Produtiva de Embalagens Plásticas**. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Escola de Química/ UFRJ, 2007.

OSTERWALDER, A..**The Business Model ontology - A proposition in a design science approach**. Published Thesis from l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales, Université de Lausanne, 2004.

OZMEL, U., *et al.*, Strategic alliances, venture capital, and exit decisions in early stage high-tech firms. **Journal of Financial Economics**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfineco.2012.09.009>>. Acesso: dezembro 2012.

PAL P. *et al.*.Process intensification in lactic acid production: a review of membrane based processes, **Chemical Engineering and Processing**, v.48, p. 1549-1559, 2009.

PANG, X.; ZHUANG. X; TANG Z.; CHEN X. Poly(lactic acid) modifications. **Progress in Polymer Science**, v.35, 338–356, 2010, doi 10.1002/biot.201000135

PENROSE E. **The theory of the growth of the firm**, New York: John Wiley, 1959.

PFEFFER J.; SALANCIK G. R.. The external control of organizations. New York: Harper and Row, 1978.

PILLAI, C. K. S.; LUCKACHAN G. E. Biodegradable Polymers: A Review on Recent Trends and Emerging Perspectives. **J Polym Environ**, 2011.

PISANO, G., SHUEN W.; TEECE D. J. Joint Ventures and Collaboration in the Biotechnology Industry. In **International Collaborative Ventures in U.S. Manufacturing**, ed. D. Mowery. Washington, DC: American Enterprise Institute, 1988.

PLASTICS EUROPE. **Plastics – the Facts 2012**. Disponível em:
<<http://www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2012.aspx>> Acesso: outubro 2012.

PLASTCIS NEWS. **Cargill buys out stake in venture**. (2005). Disponível em:
<<http://www.plasticsnews.com/headlines2.html?id=05012400302&q=dow+natureworks>>.
Acesso: julho 2012.

PLASTICS NEWS. **Biopolymers targeting commodity chemicals** (2012). Disponível em:
<<http://www.plasticsnews.com/headlines2.html?id=11090501302&q=braskem>>. Acesso: maio 2012.

PLASTICS TECHNOLOGY. **Materials additives blends take PLA upscale**. (2011) Disponível em: <<http://www.ptonline.com/articles/materials-additives-blends-take-pla-upscale>>. Acesso: novembro 2011.

PLASTICS TODAY. **Can PLA take next big step?** (2009). Disponível em: <<http://www.plasticstoday.com/articles/can-pla-take-next-big-step>>. Acesso: julho 2012.

PORTER, M.E. **Competitive Strategy**, Free Press, New York, 1980

PURAC. Relatórios e apresentações corporativas. Disponível em: <<http://www.csm.com>> Acesso: dezembro de 2011 e janeiro de 2012.

RASAL, R., AMOL V; JANORKARC, D; HIRTA E. Poly(lactic acid) modifications. **Progress in Polymer Science**, v. 35, p.338–356, 2010.

REVISTA EXAME. Startups. Disponível em <http://exame.abril.com.br/pme/startups>>. Acesso: dezembro 2012.

REVISTA INOVACAO EM PAUTA. **Um Passo para a Sustentabilidade**. FINEP, n.13, mai.2012. Disponível em < www.finep.gov.br>. Acesso: junho 2012.

REVISTA QUÍMICA E DERIVADOS. **Etanol para plástico verde viaja pelo rio** (2009). Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd486/atual/atual04.html>>. Acesso: fevereiro 2011.

ROCHA, F. B. *Proposta de Modelo para Geração de Valor Substancial e Estratégia de Crescimento Acelerado em Startups*. 2008. 165 f. Dissertação (Mestrado em Administração), FGV, São Paulo, 2008.

ROGERS, E.M. . **Diffusion of Innovations**. The Free Press. New York, 1962.

ROGERS, E.M. **Diffusion of Innovations**. The Free Press. New York:, 5ed, 2003.

ROTMANS, J., R. KEMP, M.B.A. VAN ASSELT, GEELS F.W.; VERBONG G.; MOLENDIJK K. **Transitions & Transition Management: the case of an emission-poor energy supply**, Maastricht: ICIS (International Centre for Integrative Studies), 2000.

SANDERS J P.M; LANGEVELD J.W.A. Introduction. In: **The Biobased Economy: Biofuels, Materials and Chemicals in the post oil Era**, Edited by Langeveld, Marieeke Meeusen and Johan Sanders, Earthscan, Bristol, UK, p.3-18, 2010.

SHAFFER M. S.; SMITH H. J.; LINDER J. C., The Power of Business Model, **Indiana University Kelley School of Business**, p. 199-207, 2005.

SPITZ, Peter H. Petrochemicals. **The Rise of an Industry**. John Wiley & Sons, New York, NY, 1988.

TEECE, D.J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research Policy**, v. 15, 6, p. 285-305, 1986.

TEECE D. J. , Strategies for capturing the financial benefits from Technological Innovation , In: LANDAU, R., MOWERY, D.; **Technology and Wealth of Nations**, **Stanford University Press**, Stanford, California, 1992.

TEECE J. Business Models, Business Strategy and Innovation, **Long Range Planning**, v.43, p-172-194, 2010.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management. **Strategic Management Journal**, v. 18 (7), p.509-533, 1997.

TETRA PAK. **Tetra Pak e Braskem assinam acordo para uso de plástico verde em embalagens cartonadas** (2009). Disponível em: <

THE WHITE HOUSE. **National Bioeconomy Blueprint** (2012). Disponível em <<http://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp/library/bioeconomy>>. Acesso: novembro 2012.

THEINSATHID, P., CHANDRACHAI, A., SUWANNATHEP, S., & KEERATIPIBUL, S.. Lead Users and Early Adoptors of Bioplastics: A Market-Led Approach to Innovative Food Packaging Films. **Journal of Biobased Materials and Bioenergy**, 5(1), p. 17-29, 2011. doi: DOI 10.1166/jbmb.2011.1128

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Managing Innovation: Integrating Technological, Market, and Organizational Change**. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd., 1997.

TOYOTA TSUSHO **Long-Term Business Plan and Global 2020 Vision**. Disponível em: <<http://www.toyota-tsusho.com/english/>>. Acesso: março 2012.

UNILEVER. **Our approach to sustainability**. Disponível em: < <http://www.unilever.com/sustainable-living/ourapproach/>> Acesso: setembro 2012.

UTTERBACK J. M. e ABERNATHY W. J. Patterns of Industrial Innovation Technology **Review**, 80 (7), pp. 40–47, 1978.

UTTERBACK, James M. **Mastering the dynamics of innovation**. Boston, Estados Unidos: **Harvard Business School**, 1994.

VALENTE, W T; DAVIS, R; Accelerating the Diffusion of Innovations Using Opinion Leaders, **The Annals of American Academy**, p. 55-67, 1999.

VALOR ECONÔMICO. **Dow e Mitsui adiam fábrica de plástico 'verde'** . São Paulo, 09 janeiro 2013. Disponível em < <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1096307#nc>>. Acesso: janeiro 2013.

VALOR ON LINE. **Braskem será terceiro maior comprador de etanol do país** (2010). Disponível em: < <http://g1.globo.com/economia-e-negocios/noticia/2010/08/braskem-sera-terceiro-maior-comprador-de-etanol-do-pais.html> 10/08/2010.>. Acesso: dezembro 2012.

VOGEL, G. H; Change in Raw Material Base in Chemical Industry; **Chemical Engineering Technology**, v.31, n. 5, p.730-735, 2008.

VON HIPPEL E. **The Sources of Innovation**. New York: Oxford University Press, 1988.

WEIMANN, G.The Influentials: Back to the Concept of Opinion Leaders?. **Public Opinion Quarterly**, v.55 (2), p. 267–279, 1991.

WILLIAMSON, OE. **The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contraction**. New York: Free Press, 1985.

WOLF, Oliver. Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe. **Joint Research Centre**, 2005. Disponível em: < <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/>> Acesso: dezembro 2011,

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**, 3ª ed, Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZOTT, C. The Business Model: Recent Developments and Future Research, **Journal of Management**, v. 37, n.4, p 1019-1042, 2011, doi: 10.1177/0149206311406265.

ANEXO 1

ROTEIRO PARA ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA COM A BRASKEM

1. Quais foram os pontos deflagradores para o projeto PE verde?
2. Quais fatores de natureza interna foram fundamentais para a decisão de investir e seguir com o projeto?
3. Sua condução exigiu alguma mudança na estrutura organizacional? Caso afirmativo, quais?
4. Quais tipos de sinergias foram utilizadas com outros negócios da companhia?
5. Porque o negócio PE verde faz parte da Unidade de Negócios Internacionais?
6. Em termos de recursos internos, há profissionais dedicados ao projeto?
7. Há uma equipe de comercialização e marketing distinta e dedicada ao projeto?
8. É possível falar sobre alguns resultados do projeto: como taxa de ocupação da planta? Principais segmentos atendidos, principais mercados (relação mercado interno e mercado externo)?
9. Antes de sua produção comercial, alguns utilizadores finais já sinalizavam parcerias com a Braskem. Como se deu essa relação com os utilizadores finais?
10. Na comercialização, a estratégia da Braskem na escolha de segmentos e clientes tem como fundamento aqueles que se encaixam na proposição de valor do produto com origem renovável. Qual prêmio de preço é exercido em relação ao PE petroquímico?
11. A nova estratégia da Braskem orientada para uma posição de maior destaque aos renováveis foi elaborada em 2010. Correto? Qual a sua relação com o projeto do PE verde?
12. Podemos afirmar que o projeto PE verde está fortalecendo uma posição tomada anteriormente?
13. Quais foram os critérios de escolha para a localização do projeto? Por que Triunfo? Alguma ligação com ativos de polimerização disponíveis? Quais?
14. Quais parcerias foram críticas ao desenvolvimento do projeto PE verde?
15. Recentemente, a Braskem tem anunciado em suas apresentações que o projeto do PE verde é uma etapa de aprendizado e que os próximos passos são: crescer e consolidar. O crescimento e a consolidação exigem novas plataformas tecnológicas, como biologia sintética, engenharia genética, etc, correto? Como acessa-las? Qual o papel das parcerias para os próximos passos?