



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS (CESA)
CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO EM ADMINISTRAÇÃO**

LORENA BEZERRA DE SOUZA MATOS

**POTENCIAL DE INOVAÇÕES DISRUPTIVAS: UMA DISCUSSÃO
SOB A ÓTICA DA TEORIA ATOR-REDE**

**FORTALEZA – CEARÁ
2013**

LORENA BEZERRA DE SOUZA MATOS

**POTENCIAL DE INOVAÇÕES DISRUPTIVAS: UMA DISCUSSÃO
SOB A ÓTICA DA TEORIA ATOR-REDE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Administração da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientador: Prof.(a) Dr.(a) Ana Sílvia Rocha Ipiranga.

**FORTALEZA - CEARÁ
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho

Bibliotecário(a) Responsável – Thelma Marylanda Silva de Melo CRB-3 / 623

M425p Matos, Lorena Bezerra de Souza
Potencial de inovações disruptivas: uma discussão sob a ótica da Teoria Ator-Rede/ Lorena Bezerra de Souza Matos. — 2013.
CD-ROM. 163f. : il. (algumas color.); 4 ¾ pol.

"CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm)".
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Mestrado Acadêmico em Administração, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Pequenos e Médios Negócios.
Orientação: Prof^a. Dr^a. Ana Sílvia Rocha Ipiranga.
1. Inovações disruptivas. 2. Biotecnologia. 3. Teoria Ator-Rede. 4. História. I. Título.

CDD: 658



Universidade Estadual do Ceará – UECE

Centro de Estudos Sociais Aplicados – CESA
Curso de Mestrado Acadêmico em Administração - CMAAd

ATA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DO (A) ALUNO(A) **LORENA BEZERRA DE SOUZA MATOS** – CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO EM ADMINISTRAÇÃO – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PEQUENOS E MÉDIOS NEGÓCIOS.

Realizou-se no dia **15/03/2013** no Centro de Estudos Sociais Aplicados / CESA a apresentação, avaliação e julgamento da dissertação de Mestrado em Administração – Área de Concentração em Pequenos e Médios Negócios, do(a) aluno(a) **Lorena Bezerra de Souza Matos**, intitulada **“Potencial de Inovações Disruptivas: Uma Discussão Sob a Ótica da Teoria Ator-Rede”**

Conforme determinação da Portaria nº **6/2013** – CMAAd foi designada banca examinadora sob a presidência do(a) **Profª.Drª. Ana Silvia Rocha Ipiranga**, para procederem à avaliação e julgamento do trabalho apresentado, dentro das normas estabelecidas para os Cursos *stricto sensu* desta Universidade .


PARECER DA BANCA EXAMINADORA:

Os professores da banca fizeram algumas sugestões de melhorias do trabalho que não incorporadas, atribuindo ao final o conceito 20,0 (dez)

ASSINATURA DOS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA:


Profª.Drª. Ana Silvia Rocha Ipiranga
presidente


Profª.Drª. Maria Izabel Florindo Guedes
Membro


Prof. Dr. Rafael Alcadipani da Silveira
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de registrar meus sinceros agradecimentos à minha professora orientadora Dr.(a) Ana Sílvia Rocha Ipiranga, pelos ensinamentos, conselhos, orientações, dedicação e atenção durante a realização dessa dissertação.

À pesquisadora Maria Izabel Florindo Guedes, bioquímica responsável pelo desenvolvimento da tecnologia em estudo, por partilhar gentilmente de sua profunda experiência profissional, brilhantismo, bem como pelos documentos e materiais divididos.

Ao professor Francisco Correia de Oliveira, pelas críticas, orientações e indicações de leituras na fase de qualificação, além do apoio dado em minha trajetória acadêmica desde a especialização.

Agradeço também ao professor Rafael Alcadipani por ter aceitado o convite para participar da minha banca de defesa de dissertação.

À minha família, pelo estímulo à vida acadêmica, pelo carinho, pelos conselhos e pela força que me foi dada. À minha mãe, pessoa mais importante da minha vida, pelas orações, pelo amor incondicional e pelas palavras de carinho nas horas de ansiedade. Ao meu pai, pelas constantes contribuições em minha vida acadêmica, pelo carinho e paciência.

Aos amigos e colegas da pós-graduação das turmas 7, 8 e 9, que me acolheram e me acompanharam durante a realização desse mestrado, partilhando sonhos e expectativas, especialmente a Diego Machado, Marísia Monte e Leonardo Pinheiro pela amizade e companheirismo. Agradeço também aos alunos da nova turma João Paulo Costa e Amanda Conrado que contribuíram para a concretização dessa pesquisa.

Em especial, a Luiz Eduardo Tavares, pelo companheirismo, orientações e contribuições para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos demais de minha família, avós, tios, primos, e demais amigos que, de uma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento da dissertação, em especial: meus irmãos Artur Matos e Lucas Sacramento, e minha segunda mãe Eveline.

Aos amigos de Recife, Fortaleza e São Paulo que me acompanharam nessa jornada, que me ajudaram, deram força e confiaram em meu trabalho.

À Universidade Estadual do Ceará, em especial ao Programa de Mestrado Acadêmico em Administração de Empresas – CMMAd/UECE, pela concessão da bolsa que possibilitou a realização desse trabalho.

Sem todas essas pessoas eu não teria conseguido atingir mais esse sonho.

Por fim, agradeço a Deus pela realização dessa etapa em minha vida!

RESUMO

Nas últimas décadas, a preocupação de empresas localizadas em economias *latecomers* em alcançarem e sustentarem novas formas de vantagem competitiva tem sido seguida por uma alteração no foco das discussões sobre a habilidade de reconhecer e manejar estrategicamente os recursos e as capacidades necessárias ao processo de inovação. Nesse sentido, setores baseados em ciência e “alta tecnologia” oferecem reais oportunidades de inovação e de aumento de competitividade para essas empresas, uma vez que possibilitam a exploração de novas oportunidades de negócio, seja no preenchimento de espaço em um mercado novo, seja na conquista de fatias de mercado já consolidado, como é o caso das inovações disruptivas. Sabendo-se da importância da inovação disruptiva para o desenvolvimento tecnológico de economias *latecomers*, elegeu-se a tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica” (desenvolvida no Laboratório de Bioquímica Humana da Universidade Estadual do Ceará - UECE, vinculado à Rede Nordeste de Biotecnologia/RENORBIO), enquanto objeto de estudo, devido ao potencial estratégico da indústria da biotecnologia para o desenvolvimento da Região e do País. Nesse sentido, o objetivo desta dissertação é investigar e descrever o potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência os pressupostos sociológicos da Teoria Ator-Rede (TAR). A abordagem da TAR foi utilizada por fornecer um cabedal metodológico e analítico que permite que sejam visualizados os rastros da constituição do social, a partir de processos de translação entre atores humanos e não-humanos na constituição de uma rede. A pesquisa foi desenvolvida com base na metodologia da pesquisa histórica aliada à abordagem sociológica (BARNES; BLOOR; HENRY, 1996). Para a constituição do *corpus* empírico foram utilizadas a pesquisa documental e bibliográfica, observação direta no laboratório da tecnologia sob estudo, anotações no caderno de campo e entrevistas abertas e em profundidade com atores-chave. Além dos pesquisadores do laboratório, para a escolha dos atores-chave foi observada a ideia de “laboratório extenso” (CALLON, 1989; TEIXEIRA, 2001) envolvendo na pesquisa os atores de outras instituições adjacentes externas ao laboratório. O material compilado durante a composição do *corpus* da pesquisa foi organizado em forma de relatos e enredos observando as passagens históricas. Após isso, procedeu-se a descrição do potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência a abordagem sociológica da TAR a partir dos três esquemas analíticos eleitos para orientar a descrição, entre estes: A tríade desenvolvida por Rabinow (2002), no que se refere à evolução do campo científico; os quatro princípios metodológicos; e o esquema do sistema circulatório dos fatos científicos para o mapeamento das controvérsias e ligações da rede conforme explicitado por Latour (2000; 2001). Para a análise e apresentação dos dados obtidos foram utilizados: o *software online* SILOBREAKER, mediante a MASCOPOL (*Mapping Controversies on Science for Politics*), para a obtenção e filtragem de dados relacionados à tecnologia em toda a internet; o *software online* QUESTEL ORBIT para análise de mercado no setor de vacinas, e; os *softwares* de análise de redes sociais UCINET (versão 6.2) e NETDRAW (versão 2.0), tendo em vista possibilitar uma visão geral das redes em questão. As redes geradas a partir do resgate histórico realizado permitem a visualização da dinâmica de interação entre atores humanos e não-humanos no processo de desenvolvimento do objeto de estudo. Na conclusão, destaca-se que a tecnologia se justifica enquanto inovação com potencial de disrupção, uma vez que possui o elemento de Capacitador Tecnológico, bem como contém o elemento de Modelo de Gestão. No que se refere ao terceiro elemento (Sistema Comercial), por se tratar de potencialidades, ainda não se pode afirmar que a tecnologia responde ao terceiro elemento elencado por Christensen,

Grossman e Hwang (2009). Dessa maneira, espera-se que mais pesquisas possam aprofundar a análise aqui apresentada, principalmente no que diz respeito ao estudo das dimensões existentes nos feixes de relações entre os atores.

Palavras-chave: Inovações disruptivas. Biotecnologia. Teoria Ator-Rede. História.

ABSTRACT

In recent decades, the concern of companies located in latecomer economies in achieving and sustaining new forms of competitive advantage has been followed by a change in the focus of discussions on the ability to recognize and manage strategically the resources and capabilities needed for the innovation process. In this sense, sectors highly science-based and "high tech" offer real opportunities for innovation and increased competitiveness for these companies, since they enable the exploration of new business opportunities, whether in space filling into a new market, either in winning market share already consolidated, as is the case of disruptive innovations. Knowing the importance of disruptive innovation to the technological development of latecomer economies, it was chosen a technology named "Vaccine Development Using a Vegetal's System as Biofactory" (developed at the Laboratory of Human Biochemistry from the State University of Ceará - UECE, linked to the Northeast Biotechnology Network/RENORBIO), as an object of study, because of the strategic potential of the biotechnology industry for the development of the region and the country. In this sense, the goal of this dissertation is to investigate and describe the disruptive potential of the technology "Vaccine Development Using a Vegetal's System as Biofactory", with reference to the sociological assumptions of Actor-Network Theory (ART). The ART approach was used for providing a methodological and analytical leather that allows to be displayed traces of the constitution of social processes from translation between human actors and non-human in the constitution of a network. The survey was developed based on the methodology of historical research combined with a sociological approach (BARNES; BLOOR; HENRY, 1996). To make up the empirical corpus were used: document research and literature, direct observation in the laboratory of the technology under study, notes in a field book and open and in-depth interviews with key actors. In addition to the laboratory researchers, for the choice of the key players it was used the idea of "extensive laboratory" (CALLON, 1989; TEIXEIRA, 2001) involving actors from other adjacent institutions outside the laboratory in the research. The material compiled during the composition of this research corpus was organized in the form of reports and plots observing the historical passages. After that, we proceeded to the description of the disruptive potential of the technology "Vaccine Development Using a Vegetal's System as Biofactory", in reference to the sociological approach of ART from the three analytical schemes chosen to guide this description, among them: i) the Triad developed by Rabinow (2002) with regard to developments in the scientific field; ii) the four methodological principles and the layout of the circulatory system of scientific facts for mapping the controversies; and iii) the network connections, as explained in Latour (2000; 2001). For data analysis and presentation were used: the online software SILOBREAKER, by MASCOPOL (Mapping Controversies on Science for Politics), to obtain and filtrate data related to this technology across the entire internet; the online software QUESTEL ORBIT for market analysis in the vaccine industry, and; the softwares of social network analysis UCINET (version 6.2) and NETDRAW (version 2.0), in order to enable an overview of the network. The networks generated from the historical review conducted, allow the visualization of the dynamics of interaction between human actors and non-human in the development process of the object of study. In conclusion, it is emphasized that technology is justified as a potential disruptive innovation, because it has the disruption's elements: Technological Enabler and Business Model Innovation. With regard to the third element (Value Network), because it is potential, yet one cannot say that the technology meets the third element part listed by Christensen, Grossman and Hwang (2009). Thus, it is expected that further research may deepen the analysis presented here, particularly with regard to the study of dimensions existing in bundles of relations between actors.

Keywords: Disruptive Innovations. Biotechnology. Actor-Network Theory. History.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

FIGURA 1 - Evoluções no processo de inovação.	31
FIGURA 2 - Uma representação para a definição de inovação	37
FIGURA 3 - Modelo de inovação disruptiva	41
FIGURA 4 - Os elementos da inovação de ruptura.....	44
FIGURA 5 - Elementos de um modelo de gestão	46
FIGURA 6 - O sistema circulatório dos fatos científicos.....	65
FIGURA 7 - Distribuição de empresas de biotecnologia por setor de atividade	76
FIGURA 8 - Relacionamento com universidades e centros de pesquisa.	76
FIGURA 9 - Rede de laboratórios e empresas da Renorbio.....	81
FIGURA 10 - Rede de pesquisadores da Renorbio.....	82
FIGURA 11 - Principais áreas de pesquisa da Renorbio.	82
FIGURA 12 - Esquema de metodologia de pesquisa.....	89
FIGURA 13 – Evolução da tecnologia.....	92
FIGURA 14 – A dengue no mundo e nas Américas	97
FIGURA 15 – Mapa da dengue no Brasil - 2011	98
FIGURA 16 – Produção de vacina contra a dengue – panorama internacional.....	99
FIGURA 17 – Folha de rosto do depósito do pedido de patente.....	101
FIGURA 18 – Sala da pesquisadora.....	108
FIGURA 19 – Equipe de pesquisadores trabalhando no laboratório	108
FIGURA 20 – Materiais do Laboratório de Bioquímica Humana	109
FIGURA 21 – Materiais do Laboratório de Bioquímica Humana	109
FIGURA 22 – Conhecendo as salas do Laboratório	110
FIGURA 23 – Sala de Microbiologia.....	110
FIGURA 24 – Incubadora com <i>shake</i> do Laboratório.	111
FIGURA 25 - Laboratório de biologia molecular (extração de DNA).....	112
FIGURA 26 – Equipamento com luz UV para extração do DNA-RNA.....	112
FIGURA 27 – Equipamentos comprados e não utilizados por falta de espaço no Laboratório	113
FIGURA 28 – Equipamentos comprados e não utilizados por falta de espaço no Laboratório	114
FIGURA 29 – Equipamentos comprados e não utilizados por falta de espaço no Laboratório	114
FIGURA 30 – Laboratório onde foi realizada a entrevista	115
FIGURA 31 – Rede gerada para o surgimento da técnica	118
FIGURA 32 – Centrífuga do Laboratório	121
FIGURA 33 – Rede gerada para o desenvolvimento do conceito da tecnologia	127
FIGURA 34 – Rede gerada no processo de patenteamento (sistema experimental).....	131
FIGURA 35 - Rede gerada no processo de comercialização (controvérsia).....	137
FIGURA 36 – Resgate histórico da tecnologia (linha do tempo)	138
FIGURA 37 - Planejamento Estratégico da <i>Greenbean</i> para o prazo de 5 anos.....	143
TABELA 1- Produção científica brasileira por área de fronteira.....	75

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Perspectivas, abordagens e autores de inovação	26
QUADRO 2 - Tipos de inovação	27
QUADRO 3 - Algumas definições de biotecnologia	70
QUADRO 4 - Linha do tempo de alguns dos principais eventos em biotecnologia.....	72
QUADRO 5 - Ciclo de vida das indústrias biotecnológicas	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 ABORDAGEM CONCEITUAL DE INOVAÇÃO	23
2.1 Perspectiva Histórica sobre Inovação.....	29
2.2 Grau de Impacto do Processo Inovador.....	36
2.2.1. Inovação Radical X Incremental	36
2.2.2 Inovação Arquitetural X Modular	37
3 O PROCESSO DE INOVAÇÃO DE RUPTURA.....	40
3.1 Elementos do Processo de Ruptura	43
4 A TEORIA ATOR-REDE (TAR)	54
4.1 Ação e o Princípio da Simetria Generalizada.....	55
4.2 Os Movimentos de Translação e a Constituição de Redes Heterogêneas	57
4.3 O Fechamento de Caixas-Pretas e a Construção de Fatos Científicos	59
4.4 Regras e Princípios da "Ciência em Ação"	61
4.5 A Cartografia das Controvérsias Científicas	64
5 BIOTECNOLOGIA: CONCEITOS E ESTRUTURA.....	69
5.1 O que é Biotecnologia?	70
5.2 Nascimento e Evolução do Setor.....	71
5.3 RENORBIO: Rede Nordeste de Biotecnologia.....	78
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	84
6.1 Método Adotado: Pesquisa Histórica aliada à Abordagem Sociológica.....	86
6.2 Campo Empírico e Constituição do <i>Corpus</i>	89
6.3 Organização dos Relatos e Enredos para a Descrição.....	92
7 DESCRIÇÃO E DISCUSSÃO.....	94
7.1 O Acesso ao Campo	94
7.2 O Objeto de Estudo	97
7.3 Pesquisa de Campo.....	104
7.4 Apresentação dos Porta-Vozes	105
7.5 Apresentação do Laboratório de Bioquímica Humana	107
7.6 Relatos e Enredos Baseados no Resgate Histórico da Tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”.....	115

7.7 Cartografando a Controvérsia.....	132
7.8 O Potencial de Disrupção da Tecnologia	139
8 CONCLUSÕES.....	146
REFERÊNCIAS	150

1 INTRODUÇÃO

Posta a atual conjuntura de intensa competitividade nos mercados globais, países e organizações recorrem à inovação como elemento-chave para a competitividade e desenvolvimento na nova dinâmica econômica (DRUCKER, 1985; PORTER, 1999; SCHUMPETER, 1984; CHRISTENSEN, 1997). A preocupação crescente de países e organizações de industrialização tardia (pós década de 40), em alcançarem e sustentarem novas formas de vantagem competitiva tem sido seguida por uma alteração no foco das discussões sobre a habilidade de reconhecer e manejar os recursos e as capacidades necessárias ao processo de inovação.

Para Christensen (1997) empresas entrantes podem ganhar mercado antes dominado por empresas existentes com as chamadas tecnologias disruptivas (CHRISTENSEN, 1997, 2009; CHRISTENSEN; RAYNOR, 2003). Para o autor, a inovação de ruptura, não obstante sua performance inferior, ocasiona a quebra de um antigo modelo de negócio e o deslocamento dos líderes de mercado, remodelando assim as bases de competição existentes (ADNER, 2002). Deste modo, as inovações de disrupção em economias de industrialização recente, como o Brasil, caracterizadas pelo baixo grau de geração de inovações, infraestruturas tecnológicas e industriais precárias, distância dos principais mercados, além de universidades e centros de formação de conhecimento científico e tecnológico nem sempre bem equipados, ocupam lugar de destaque, ao oferecerem potencial de geração de valor e benefícios para a economia nacional.

Nesse sentido, setores altamente baseados em ciência e “alta tecnologia”, como semicondutores, comunicação, biotecnologia e internet (HITT, 2005), oferecem reais oportunidades de inovação e de aumento de competitividade para empresas *latecomers*, uma vez que possibilitam a exploração de novas oportunidades de negócio, seja no preenchimento de espaço em um mercado novo, seja na conquista de fatias de mercado já consolidado.

Por outro lado, boa parte da produção acadêmica relacionada a esta discussão sobre as questões da inovação tecnológica e da sua gestão, aborda temas relacionados à análise das políticas que facilitam ou dificultam sua difusão nos mercados e na economia e da organização das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P & D) que a fundamentam. Estas

discussões se relacionam ao debate sobre o complexo entrelaçamento entre a Ciência e a Tecnologia que caracteriza o mundo moderno.

Segundo Nelson (2006) a tecnologia é reconhecida como um conjunto de projetos e práticas específicas e também como um corpo de conhecimentos genéricos que envolvem os projetos e fornecem um entendimento sobre como as coisas funcionam, sobre variáveis – chave que afetam a performance, sobre a natureza das limitações correntes e as abordagens promissoras para conseguir superá-las. No entanto, no último século, a ciência teve um papel crescente no entendimento relativo à tecnologia, estando os campos tecnológicos atuais associados às disciplinas formais das ciências e das engenharias. Esses tipos de disciplinas referem-se basicamente ao entendimento tecnológico e refletem as tentativas de tornar essa compreensão mais científica (NELSON, 2006).

Nesses termos, o entrelaçamento entre a Ciência e Tecnologia que começou a ocorrer um século atrás levou ao surgimento dos laboratórios de pesquisa e desenvolvimento (P & D) como um dos principais locais onde ocorrem os esforços para a inovação tecnológica. Estas entidades, dedicadas ao avanço tecnológico e integradas por cientistas e engenheiros, vincularam-se de perto a determinadas empresas produtivas e nos setores de empresas cuja P & D frequentemente se baseia em fontes externas, como as universidades e os laboratórios governamentais. Contudo, ressalta o autor que nem todos os esforços e investimentos feitos por empresas em inovação são realizados em laboratórios de P & D, variando de setor para setor e, sobretudo, nas empresas de pequeno porte, muito do trabalho inovador pode não ser computado como P & D. Por outro lado, em alguns ramos de empresas de países industrializados, a parte mais importante dos esforços de inovação é desenvolvida pelas e dentro das próprias empresas (NELSON, 2006).

O estudo da inovação como processo organizacional tem origem na teoria de Schumpeter, quando ele aborda a importância da ação das grandes empresas para a inserção de novos ciclos de desenvolvimento (SCHUMPETER, 1942). Para o autor, em grandes empresas, a inovação toma a forma organizada, centrada na pesquisa e no desenvolvimento (P & D).

Utilizado a partir do início do século XX, o conceito de pesquisa e desenvolvimento (P & D), que de acordo com a OECD (2005) “são consideradas atividades de inovação”, fortaleceu-se com a organização sistemática do conhecimento científico e

tecnológico em laboratórios que, em um momento inicial, passaram a prestar serviços a organizações da época, sendo, posteriormente, incorporados ao ambiente organizacional. Foram, no entanto, os governos os primeiros a considerar a importância dos relatórios de atividades e gastos nos institutos de P & D como fonte de informações sobre o estoque de conhecimento e inovação.

Segundo Helble e Chong (2004) o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P & D) fora dos países industrializados é relativamente novo, mas um fenômeno importante que levanta questões sobre suas implicações tanto para empresas, assim como para competitividade inovadora nacional. No contexto das economias emergentes, Bell (1993) desenvolveu uma discussão a partir de uma abordagem evolucionária acerca da introdução e desenvolvimento de atividades de pesquisa e desenvolvimento – P & D e da sua infraestrutura tecnológica concomitante.

Nelson (2006) ao discutir sobre o papel do conhecimento na eficiência da pesquisa e desenvolvimento (P & D), relevou que boa parte dos autores que estudam a invenção e a inovação tem tido um entendimento satisfatório do porquê e de como a capacidade de um inventor em apropriar-se do retorno de sua invenção afeta a suscetibilidade do esforço inventivo e dos esforços em P & D aos fatores do lado da demanda. Contudo, tem sido muito mais difícil conseguir uma sólida compreensão dos fatores que influenciam a “oferta” de invenções ou de avanço tecnológico.

A preposição que se levanta é de que a invenção avança mais rapidamente e de modo mais efetivo em áreas nas quais o conhecimento tecnológico é sólido do que em áreas nas quais ele é fraco. Um conhecimento capacita a obter um avanço mais amplo a partir de determinados gastos em P & D; alternativamente, um conhecimento sólido reduz os custos esperados de qualquer resultado de P & D. Ele também aumenta a eficiência tanto por capacitar a P & D a trabalhar com um melhor conjunto de projetos potenciais, como por tornar esse conjunto mais próximo das reais demandas e necessidades do mercado. Por outro lado, a demanda de uma invenção, sem aptidões de conhecimento necessárias para realizá-la, pode suscitar esforços, mas, não um sucesso (NELSON, 2006, p. 248).

Para Nelson (2006) essa questão, evidentemente, é parcialmente empírica, mas, ela é também conceitual, requerendo uma compreensão mais ampla sobre os efeitos, as fontes e a organização de conhecimentos que baseiam os esforços de P & D e de inovação.

Consoante a esta discussão, a presente pesquisa se insere no contexto da abordagem da Teoria Ator – Rede (TAR) (*Actor – Network Theory – ANT*) ou da assim também chamada “Sociologia das Associações” e ou “Sociologia da Translação” que se originou da necessidade de uma nova teoria social adaptada aos estudos da Ciência e Tecnologia, tendo como principais autores Callon e Latour (1981), Callon (1986), Law (1986), Latour (1994), Callon e Law (1995).

Tendo surgido fora do âmbito das organizações, em estudos antropológicos e sociológicos, mais recentemente a Teoria Ator – Rede (TAR) vem sendo utilizada como uma perspectiva para investigar processos organizacionais, inclusive no Brasil (FOX, 2000; VIEIRA; CALDAS, 2006; TURETA, et al., 2006; NEVES, 2007; ALCADIPANI; TURETA, 2009).

Contudo, são escassos os estudos desenvolvidos sob a perspectiva da Teoria do Ator – Rede (TAR) que tiveram foco temático relacionado à área da Administração da Ciência, Tecnologia e da Inovação. Além da lacuna em termos de estudos teóricos nessa área, inexistem trabalhos que tenham utilizado a TAR na análise de espaços organizacionais tipo redes acadêmicas de pesquisa e desenvolvimento (P & D) dirigidas para o setor da biotecnologia. A presente pesquisa de dissertação se insere nesta lacuna tendo como intuito contribuir para o avanço do conhecimento na área. Para isso será privilegiada como base analítica para a formulação das problemáticas aqui articuladas a abordagem da Teoria Ator-Rede (TAR), cuja premissa básica se articula a seguir.

Latour (1994) ao discutir sobre uma “ecologia política” propõe tratar as questões da ciência (encarregada de compreender a natureza) e as questões da política (encarregada de regular a vida social) de forma simétrica, como uma só questão que se dispõe a todos os “coletivos”. O autor sugere que no lugar de uma ciência dos objetos e de uma política dos sujeitos, deveríamos propor uma ecologia política dos “coletivos de humanos e de não humanos associados”.

Para o autor, essas questões deveriam designar dois conjuntos de práticas. O primeiro que cria por tradução misturas entre gêneros e seres híbridos de natureza e cultura que corresponde às “redes de atores”. O segundo conjunto de práticas cria duas zonas ontológicas distintas a dos humanos e dos não humanos. Como exemplo, o autor cita que o primeiro conectaria em uma cadeia contínua a química da alta atmosfera, as estratégias

científicas e industriais, as preocupações dos chefes dos estados, as angústias dos ecologistas; o segundo estabeleceria uma partição entre um mundo natural, uma sociedade com interesses e questões previsíveis e estáveis, e um discurso independente tanto da referência quanto da sociedade (LATOUR, 1994, p. 16).

Latour (1994) enfatiza que cabe à ciência a representação dos não humanos, mas lhe é interdita qualquer possibilidade de apelo à política; por outro lado cabe à política a representação dos cidadãos, mas lhe é impedida qualquer relação com os não humanos produzidos e mobilizados pela Ciência e pela Tecnologia. Nesses termos o autor evidencia que a “ecologia política” leva “à natureza em suas relações com a sociedade”, mas, esta natureza torna-se reconhecível por intermédio das ciências e da produção científica, que por sua vez é formada através das redes de instrumentos, definindo-se pela interpretação das profissões, das disciplinas, dos protocolos, estando distribuída em bases de dados e argumentada por intermédio das sociedades científicas (LATOUR, 2004).

Nesse sentido, o autor se questiona como retrabalhar a própria distinção entre os dois termos da ecologia científica e da ecologia política? A ciência está fundada sobre as competências, os laboratórios e as redes e, nesse sentido, nenhuma ciência pode sair da sua rede de práticas. A prática da ciência situa-se no meio da linha que liga o pólo do objeto (coisa em si) ao pólo do sujeito (homens entre eles), ela é um híbrido, estando intermediada pelos laboratórios, nos quais se constrói um objeto e um contexto (LATOUR, 1994).

Para Latour (2001) a única maneira de compreender a realidade dos estudos científicos é acompanhar o que eles fazem de melhor, ou seja, prestar atenção aos detalhes da “prática científica”. Para o autor os laboratórios científicos são lugares excelentes, nos quais é possível entender a produção da certeza. Nesse sentido, Latour (2008, p. 27) coloca a questão de como rastrear na área da Ciência e da Tecnologia - na qual proliferam os esforços de pesquisa e desenvolvimento (P & D) e de inovações, sendo incertas as fronteiras entre os grupos, com uma ampla variedade de entidades a considerar - as novas combinações de associações entre os atores?

Na Teoria Ator - Rede (TAR) o papel dos atores não está limitado a meros informantes, restaura-se nesses a capacidade de criar as suas próprias teorias sobre o quê compõe o social. A tarefa não é impor alguma ordem, e sim “seguir os próprios atores”, agregando reflexividade às suas práticas, recuperando a trajetória de suas pesquisas e

inovações e descrevendo a partir dessas, no que se converteu o coletivo nas mãos dos atores, que métodos foram desenvolvidos e quais associações foram estabelecidas. Trata-se de fazer ‘uma nova re-compilação e re-montagem dos atores naquilo em que não é ‘ainda’ uma espécie de domínio social, logrando uma compreensão de como se gera o social’ (LATOURE, 2008).

Desta forma os “estudos científicos”, ao invés de separar de um lado a ciência pura e de outro a política pura, revelarão, *a posteriori*, as conexões entre ciência e política. Para Latour (2001) a ideia de “translação” possibilita o entendimento segundo um sistema de orientação e alinhamento, do fluxo que vem do lado da política e vai para o lado das ciências, e outro que vem do lado das ciências e segue as “referências circulantes”.

Nesse sentido, “as cadeias de translação” resultantes das “referências circulantes” referem-se ao trabalho dos atores que modificam, deslocam e transladam seus controversos interesses, configurando uma “rede de atores” (CALLON; LATOUR, 1981; LATOUR, 2001; 2008). Para Callon (1986) a ideia de translação está relacionada com a noção de poder, não como um conjunto de causas, mas, como um efeito, descrevendo-se como a maneira como os atores se associam e são levados a permanecer leais às conexões e alianças estabelecidas, sendo este construído empiricamente (ALCADIPANI; TURETA, 2009; LATOUR, 1999).

Considerando estas discussões, o intuito dessa pesquisa é contribuir para o desenvolvimento de uma abordagem mais ampla ao lançar mão dos pressupostos sociológicos da Teoria Ator Rede (TAR), no que se refere ao estudo do potencial disruptivo de tecnologias na área da biotecnologia, por se tratar de um setor estratégico para o País, uma vez que impacta os principais setores da vida humana: saúde animal, saúde humana, agricultura, meio ambiente, bioenergia e insumos (FUNDAÇÃO BIOMINAS, 2011). Assim, numa época em que o Brasil caminha para o desenvolvimento, necessitando acelerar seu processo de acumulação de capacidades inovadoras, um estudo dessa natureza é importante para a gestão da inovação na indústria biotecnológica.

Os estudos voltados à identificação e análise de inovações de ruptura, bem como a medição de seu potencial de ruptura são realizados usualmente a partir da coleta e análise de dados e tendências de mercado, requerendo análises complexas, além de cientistas da informação especializados. Nesse sentido, devido à amplitude de possibilidades do estudo empírico do tema, delimitou-se como objeto da presente pesquisa o estudo do potencial de

ruptura da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”. Esta tecnologia foi desenvolvida no laboratório de P & D Laboratório de Bioquímica Humana da Universidade Estadual do Ceará – UECE, vinculado à Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO).

A Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, Rede do setor biotecnológico formada por instituições de ensino, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento (P & D) e empresas (aproximadamente 40 instituições), visa à consolidação gradativa de núcleos de excelência em biotecnologia com padrões globais de competitividade na região Nordeste, capazes de estabelecer nexos cognitivos entre as bases de conhecimento locais e novas tecnologias. Assim, a Rede tem por intuito estabelecer e estimular a massa crítica de profissionais na região, com competência em biotecnologia e áreas afins, para executar projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P & D & I) de importância para o desenvolvimento do Nordeste (RENORBIO, 2012).

Justifica-se, portanto, a escolha desse tema, campo e objeto de pesquisa, uma vez que a área da saúde exige um processo constante de desenvolvimento e aplicações de inovações, no entanto, as novas tecnologias surgidas, ao invés de diminuir os custos, vêm aumentando os custos globais cada vez mais, mantendo assim o *status quo* do mercado. Nesse sentido, inovações disruptivas nessa área simplificam e diminuem os custos, permitindo uma acessibilidade maior à saúde.

Segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS (2012), ocorrem cerca de 100 milhões de casos/ano de dengue, em população de risco de 2,5 a 3 bilhões de seres humanos. A tecnologia sob estudo, combate os quatro sorotipos do vírus da dengue, incluindo o hemorrágico, representando assim uma tecnologia com potencial inovativo estratégico para o País, uma vez que, no setor nacional de vacinas há ainda dependência do mercado externo.

Nesse contexto a questão guia que orienta a problemática da presente pesquisa foi: Considerando os pressupostos sociológicos da Teoria Ator Rede, qual o potencial de inovação de ruptura da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”?

Para responder ao questionamento proposto, elegeu-se como objetivo geral dessa pesquisa investigar e descrever o potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de

Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência os pressupostos sociológicos da Teoria Ator-Rede (TAR).

O alcance desse objetivo geral pressupõe a consecução de alguns objetivos específicos: 1) Relatar a evolução histórica do “*status* da arte ao de ciência” da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”; 2) Rastrear os atores em rede, obtendo-se assim seus porta-vozes; 3) Cartografar as controvérsias existentes nesse processo histórico; 4) Refletir sobre as implicações das potencialidades de sustentação ou de ruptura da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”.

Em função da natureza do problema outrora apresentado, realizou-se uma pesquisa do tipo descritiva, com abordagem predominantemente qualitativa. Nesse contexto, a pesquisa foi desenvolvida com base na metodologia da pesquisa histórica aliada à abordagem sociológica (BARNES; BLOOR; HENRY, 1996).

Para a constituição do *corpus* empírico foram utilizadas a pesquisa documental e bibliográfica, observação direta no laboratório da tecnologia sob estudo, anotações no caderno de campo e entrevistas abertas e em profundidade com atores-chave. Além dos pesquisadores do laboratório, para a escolha dos atores-chave foi observada a ideia de “laboratório extenso” (CALLON, 1989; TEIXEIRA, 2001) envolvendo na pesquisa os atores de outras instituições externas e adjacentes ao laboratório.

O material compilado durante a composição do *corpus* da pesquisa foi organizado em forma de relatos e enredos observando-se as passagens históricas. Após isso, procedeu-se à descrição do potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência a abordagem sociológica da TAR a partir dos três esquemas analíticos eleitos para orientar a descrição, entre estes: A tríade desenvolvida por Rabinow (2002), no que se refere à evolução do campo científico; os quatro princípios metodológicos e o esquema do sistema circulatório dos fatos científicos para o mapeamento das controvérsias e ligações da rede conforme explicitado Latour (2000, 2001).

No que se refere à sua estrutura, a pesquisa distribui-se ao longo de oito capítulos que se seguem: introdução; revisão teórica dos referenciais elegidos para o estudo; metodologia da pesquisa; análise e discussão dos resultados; e conclusões e diretrizes para trabalhos futuros.

Para apresentar os resultados da investigação, faz-se primeiramente uma exposição da pesquisa bibliográfica realizada para preencher a lacuna identificada na literatura, no que se refere à análise do potencial de inovações disruptivas na área da biotecnologia, sob a ótica da Teoria Ator-Rede, discutindo-se e explorando-se os temas que convergem nesse estudo: inovação disruptiva, Teoria Ator-Rede e biotecnologia.

O capítulo 6 apresenta a metodologia inspirada na pesquisa histórica aliada à abordagem sociológica, descrevendo-se o objeto da pesquisa. Tomando-se como base os pressupostos teóricos e os objetivos do estudo, são delineadas as etapas para a composição do *corpus* empírico da pesquisa, do painel dos sujeitos e atores chaves e articulados os esquemas analíticos eleitos para subsidiar a descrição dos relatos e enredos. Posteriormente, apresenta-se a descrição propriamente dita e as discussões dos achados da pesquisa realizada.

No último capítulo são expostas algumas considerações e conclusões do trabalho, destacando-se as limitações da pesquisa, bem como uma agenda para futuras possíveis pesquisas futuras que tenham por inspiração algumas ideias presentes nesta dissertação. Assim, muito embora o estudo não tenha por finalidade oferecer conclusões deterministas e definitivas no que se refere à análise do potencial de inovações disruptivas na área da biotecnologia, espera-se que os resultados obtidos possam contribuir de modo significativo para o setor.

Espera-se que a concretização dessa pesquisa venha a fomentar a discussão, assim como a expansão da pesquisa para outras localidades e/ou a realização de estudo similar em outros setores intensivos em tecnologia de economia significativa para o País.

2 ABORDAGEM CONCEITUAL DE INOVAÇÃO

O homem sempre inovou, seja na sua escrita, no modo de se alimentar ou se vestir. Paradoxalmente, há quem entenda a inovação como um fenômeno pertencente apenas às grandes corporações, ou como um processo revolucionário, fortuito. A inovação não ocorre “da noite para o dia”, antes demanda tempo e investimentos, em um processo complexo, arriscado e interativo. Deste modo, para entendê-lo, requer-se uma abordagem multidimensionada, e não a partir de uma única dimensão, como na perspectiva microeconômica, baseada no equilíbrio, maximização e racionalidade limitada (VON TUNZELMANN, 1995).

Para Nelson e Winter (1982), o modelo teórico neoclássico (última terça parte do século XIX) não corresponderia à realidade, ao empregar arquétipos artificiais para a explicação dos fenômenos econômicos como a inovação e a mudança tecnológica. A dificuldade de suas análises seria apenas o reflexo da limitação fundamental de seus cânones: maximização e equilíbrio. Assim, ao isolar os fatos e adequá-los ao modelo, com o intuito de operacionalizar as abstrações, a teoria ortodoxa se afastaria da realidade.

Reduzir a análise da inovação e seus decorrentes avanços tecnológicos a modelos sintetizados, mediante sua adaptação a critérios rigorosos, assim como na metáfora do “Leito de Procusto”, é destituir a análise econômica de sua correspondência com a realidade. A teoria ortodoxa seria, nesse sentido, revestida de filigranas, mas deficiente em sua aplicabilidade empírica. Nesse sentido, percebe-se a importância da formulação de uma teoria que ‘suporte’ o peso da realidade.

Considerado como o precursor da relação entre a inovação tecnológica e o desenvolvimento econômico, o economista J. Schumpeter defendia a ideia de que o avanço industrial de um Estado teria a inovação e sua exploração econômica como motores de um processo dinâmico, no qual as antigas tecnologias são substituídas pelas novas, processo por ele definido como “destruição criadora”. Nesse sentido, surgiria do campo empresarial uma inovação (nova fonte de matéria-prima, novo método de produção, novo produto, etc), que

passaria por um processo de difusão (destruição da antiga tecnologia e afirmação da nova), entrando, posteriormente, em um processo de exaustão e crise.

O trabalho de Schumpeter foi um marco fundamental, uma vez que analisou a inovação em suas variadas dimensões (tecnológica, social, gerencial e organizacional), como elemento capital no entendimento da dinâmica do crescimento econômico e mudança tecnológica. Para o economista, o conceito de inovação não se restringiria à introdução de um novo produto ou um processo de aceleração na empresa, mas antes um conjunto de novas funções evolutivas que, ao introduzirem novos métodos de produção, propiciam a abertura de mercados e insumos, criação de novas estruturas de mercado, reorganizando assim a dinâmica econômica.

1) Introdução de um novo bem — ou seja, um bem com que os consumidores ainda não estiverem familiarizados — ou de uma nova qualidade de um bem. 2) Introdução de um novo método de produção, ou seja, um método que ainda não tenha sido testado pela experiência no ramo próprio da indústria de transformação, que de modo algum precisa ser baseada numa descoberta cientificamente nova, e pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria. 3) Abertura de um novo mercado, ou seja, de um mercado em que o ramo particular da indústria de transformação do país em questão não tenha ainda entrado, quer esse mercado tenha existido antes, quer não. 4) Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, mais uma vez independentemente do fato de que essa fonte já existia ou teve que ser criada. 5) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio (por exemplo, pela trustificação) ou a fragmentação de uma posição de monopólio (SCHUMPETER, 1997, p. 76).

A partir de Schumpeter (1939, 1997), em sua *teoria dos ciclos econômicos*, o escopo do conceito de inovação foi ampliado, passando a ser entendido como elemento capital da dinâmica do crescimento econômico e da mudança tecnológica, e não como um fenômeno econômico separado (FREEMAN, 1988), sendo um teórico fundamental para a compreensão do capitalismo. O essencial de sua obra encontra-se em três textos “Teoria do Desenvolvimento Econômico” (1912), “*Business Cycle*” (1939), e “Capitalismo, Socialismo e Democracia” (1942).

A perspectiva de Schumpeter de considerar o progresso tecnológico na sociedade como motor do desenvolvimento econômico rompeu com a concepção neoclássica de que o crescimento da população, da produção e acúmulo de recursos é que seriam variáveis de natureza estacionária determinantes para o desenvolvimento econômico. Para o economista, o empresário, na figura de “empreendedor” é que seria responsável pelo dinamismo econômico, ao inserir novas combinações (inovações). Tais combinações, portanto, impulsionariam e manteriam o funcionamento da máquina capitalista. Ocorre que, como

salientado por Schumpeter, essas novas combinações (inovações) não são previsíveis e homogêneas ao longo da história, mas antes descontínuas, o que explica a complexidade do processo inovativo.

Assim, para se entender o comportamento das empresas no processo de inovação, é necessário que se tenha uma visão holística multidisciplinar da dinâmica do processo inovativo, não sendo possível compreender a atividade inovativa somente a partir da análise do equilíbrio ortodoxo. Fatores como a incerteza, a inércia e a velocidade (fazer antes que alguém o faça), dificultam o entendimento do processo de inovação, haja vista estarem em desacordo com os modelos neoclássicos.

Diferentemente, a perspectiva evolucionária, advinda do campo da biologia, parte do pressuposto que o ambiente natural influencia fortemente a sobrevivência das espécies. Analogicamente, partindo-se para a ótica econômica, o mercado também ofereceria condições de sucesso e insucesso para as firmas, dependendo de suas capacidades de sobrevivência no ambiente. Para a teoria evolucionária, essa capacidade de adaptação das empresas ao ambiente não decorre de modelos estáticos e condições maximizadoras, como apregoados pela vertente neoclássica, mas sim de modelos dinâmicos, a partir de rotinas.

Assim, como tentativa de se compreender e analisar a dinâmica econômica, foca-se na teoria evolucionária neoschumpeteriana. Essa vertente se destaca por oferecer uma análise da dinâmica econômica, miscigenando a vertente neoschumpeteriana com elementos da biologia evolucionária. Nesse sentido, mostra-se como de suma importância para o estudo da inovação, ao oferecer um modelo que consegue explicar os processos de mudança econômica, ao contrário dos pilares da teoria neoclássica: equilíbrio, maximização e racionalidade limitada. Para Nelson e Winter (1982), a perspectiva neoclássica é imbuída por uma ideia generalista e abstrata de mercado, havendo, deste modo, a necessidade de uma teoria que focasse a variedade, a heterogeneidade, a complexidade e a constante mudança do objeto de estudo (NELSON; WINTER, 1982).

Faz-se necessária, portanto, uma gestão apropriada das empresas que se adapte e acompanhe a evolução e as mutações dos ambientes. Assim, a capacidade de mudar e de gerir essa capacidade de adaptação, em plena era das mudanças, são condições imprescindíveis à competitividade e sobrevivência na nova dinâmica global. Para tanto, as empresas recorrem ao ambiente externo, como fonte de novos conhecimentos, infra-estrutura adequada,

financiamentos, e habilidades, crescendo em importância os arranjos organizacionais sistêmicos (FAGERBERG, 2005).

Ocorre que, para que uma empresa possa inovar, esta depende de um ambiente propício, ou seja, não adianta ela contratar pessoas destacadas por sua criatividade, ou profissionais altamente especializados se não há processos organizacionais internos e adequadamente estruturados para tanto. No ambiente competitivo atual, as empresas são impelidas a assumirem uma postura ativa frente à inovação, tendo que desenvolver processos internos de gestão que se adéquem à nova dinâmica econômica, bem como conexões com o ambiente externo.

Acontece que tais interações são complexas, uma vez que variam conforme o setor econômico, o campo de conhecimento, o tipo de inovação em estudo, o tamanho da empresa, a realidade histórica de um país/região, entre outros aspectos importantes (PAVITT, 2005). Assim, muito embora inúmeros estudos empíricos tenham sido realizados, com o intuito de clarear a importância da inovação tecnológica para a competitividade industrial, seus resultados refletem a idiossincrasia do processo de inovação, não permitindo que se generalize uma teoria geral sobre o tema a partir desses estudos. O QUADRO 1 abaixo destaca as principais perspectivas conceituais de inovação e suas referências:

	Perspectiva	Abordagem	Referências
INOVAÇÃO	Macroeconômica neoclássica	Inovação como única fonte de crescimento econômico.	Schumpeter (1982)
	Macroeconômica evolucionária	Inovação como geradora de impacto no ambiente socioeconômico	Freeman (1982) Perez e Soete (1988)
	Microeconômica evolucionária	Inovação como geradora de impacto na economia	Dosi (1988, 1991) Winter (1982)
	Estratégica (administração)	Inovação como um diferencial competitivo	Drucker (1987) Mintzberg (2001)
	Comportamento organizacional (administração)	Inovação como um comportamento organizacional determinante no desempenho organizacional	Damanpour (1991)
	Conceito amplo na administração	Inovação considerando aspectos comportamentais e culturais da empresa	Calantone, Cavusgil e Zhao (2002)
	Interativa	Inovação resultante da modificação de regras e produto da conduta humana numa organização.	Giget (1997) Cassionlato e Lastres (1999) Edwards (2000)
	Ruptura	Inovação como um processo disruptivo	Christensen (2001, 2003)

QUADRO 1: Perspectivas, abordagens e autores de inovação.
Fonte: SOUZA, 2010.

Muito embora esforços tenham sido cometidos posteriormente, no sentido de se unificar o sentido de ‘inovação’ para facilitar a operacionalização do conceito, há ainda ideias equivocadas sobre o que venha a ser inovação em si e seu processo. Um desses esforços está na concepção de inovação trazida no Manual de Oslo, da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Co-operation and Development* ou OECD). Para o Manual, inovação seria:

A implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de *marketing*, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas (OECD, 2007. p.55).

O Manual de Oslo é um instrumento de apoio à inovação, na medida em que oferece diretrizes para a coleta e a interpretação de dados sobre inovação, além de disponibilizar indicadores para cotejar o desempenho nacional com as melhores práticas existentes (OECD, 2007). Para tanto, o Manual amplia o entendimento sobre inovação, considerando dois novos tipos de inovação: as inovações em *marketing* e as organizacionais, além das inovações de processo e de produto. Essa abordagem se alinha à definição seguida no presente trabalho.

Tipos de inovação	Definição	Exemplos
Produto	Introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos. Incluem-se melhoramentos significativos em especificações técnicas, componentes e materiais, <i>softwares</i> incorporados, facilidade de usos ou outras características funcionais.	O MP3 portátil combinou padrões de <i>softwares</i> existentes com a tecnologia de disco rígido miniaturizado.
Processo	É a implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou <i>softwares</i> .	A implementação de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) novas ou melhoradas, como exemplo, dispositivos de rastreamento para serviços de transporte.
Marketing	É a implementação de um novo método de <i>marketing</i> com mudanças significativas na concepção do produto ou sem sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação dos preços.	Desenvolvimento de uma nova marca; introdução de um sistema de franquias; mudança nos preços conforme a demanda ou pesquisa de preços na <i>Web</i> .
Organizacional	É a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou em suas relações externas.	Implantação de um banco de dados que facilite o compartilhamento e a codificação do conhecimento no interior da empresa.

QUADRO 2: Tipos de Inovação.

Fonte: SANZ, 2010.

Parte-se, portanto, do pressuposto de que entendimentos equivocados sobre a natureza do processo inovativo e de suas mudanças acarretam implicações sociais e éticas, além de prejudicarem estratégias das empresas e instituições de ciência e tecnologia, bem como a formulação de políticas públicas para inovação (DOGSON et al., 2005).

Assim, a preocupação concernente à natureza da inovação é de capital importância para o entendimento do processo de inovação. Em economias periféricas, como o Brasil, a promoção da inovação em empresas apresenta peculiaridades que requerem pesquisas específicas, portanto, a construção de referências teóricas consideradas adequadas à análise do desenvolvimento econômico, em meio a um cenário de alta volatilidade tecnológica, torna-se fundamental (POSSAS, 2002). Bourgeois III e Eisenhardt (1988) definem ambientes de alta volatilidade tecnológica, ou ‘ambientes de alta velocidade’ como:

Aqueles nos quais há mudanças rápidas e descontínuas na demanda, competidores, tecnologia e/ou regulamentação, de modo que a informação nesses contextos é geralmente imprecisa, indisponível e obsoleta. (BOURGEOIS III; EISENHARDT, 1988, p. 816).

No setor da biotecnologia, no qual o presente estudo se insere, há um aumento nos últimos anos no número de empresas voltadas à área direta e indiretamente, ocasionando um aumento nas mudanças no setor, bem como na competitividade. Nesse contexto, a gestão da inovação tem que ser trabalhada estratégica e continuamente, uma vez que as empresas inovadoras nesse setor são as que desenvolvem uma perspectiva mercadológica, identificando ou mesmo desenvolvendo um mercado que valorize os atributos do novo produto ou serviço, como é caso das inovações disruptivas (CHRISTENSEN, 2001).

2.1 Perspectiva Histórica sobre Inovação

A complexidade do processo de inovação dificulta a formulação de modelos sintéticos que consigam identificar e entender os nexos causais presentes entre ciência, tecnologia, ambiente empresarial e sociedade. Não obstante, modelos foram propostos com fins de compreender as dimensões que envolvem o processo de inovação, mas que falharam

no que se refere à efetividade e eficiência de suas proposições, ante a complexidade, mudança e incerteza do processo inovativo.

Historicamente, a inovação foi primeiramente pensada sob uma perspectiva linear. Emergido no período do pós-guerra, o modelo exerceu influência sobre o pensamento da época por aproximadamente trinta anos. Esse arquétipo recebeu propagação a partir do texto “*Science The Endless Frontier*”, escrito por Vannevar Bush, em julho de 1945, passando a ser adotado pela maior parte dos países industrializados.

Sob a perspectiva linear, o processo de inovação seria pautado por estágios sucessivos definidos (invenção, produção e comercialização), nos quais o desenvolvimento, a produção e a comercialização dos produtos estariam tecnicamente sequenciados (FAGERBERG, 2005). Nessa vertente, a inovação teria origem nas atividades de pesquisa científica (fase de desenvolvimento do produto), desembocando, no final da cadeia, na comercialização dos produtos. Deste modo, as políticas tecnológicas das décadas de 50 e meados de 60, influenciadas pela concepção linear, na qual a expectativa dos resultados corresponderia aos investimentos realizados no início da cadeia, tornaram-se conhecidas como *science push*.

Em meados dos anos 60, o aumento de empresas orientadas ao consumo fez com que o mercado se tornasse componente-chave das estratégias corporativas. Assim, as políticas denominadas *demand pull* entendiam que, ao contrário das pesquisas científicas, as demandas de mercado é que norteariam os investimentos em inovação, invertendo-se assim os pólos do processo de inovação.

Contudo, a partir da década de 70, o modelo linear passou a ser considerado superado, uma vez que sua abordagem sequencial revestiu o processo de inovação com uma roupagem puramente tecnocrática, desconsiderando a dimensão social que lhe é inerente. Conforme o entendimento de Cassiolato e Lastres (2005, p. 03):

Até então, a inovação era vista como ocorrendo em estágios sucessivos e independentes de pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, produção e difusão (visão linear da inovação). Geralmente a discussão sobre as fontes mais importantes de inovação polarizava-se entre aqueles que atribuíam maior importância ao avanço do desenvolvimento científico (*science push*) e os que destacavam a relevância das pressões da demanda por novas tecnologias (*demand pull*).

Assim, ante a insuficiência e limitação dos modelos lineares, expandiu-se o entendimento do processo inovativo. A inovação passou a ser compreendida não somente como algo polarizado e sistemático, mas como um processo não-linear, interativo, cumulativo, dependente da especificidade local na qual se insere, bem como da multiplicidade das complexas interações existentes (DOGSON; GANN; SALTER, 2005).

Um processo interativo, realizado com a contribuição de variados agentes socioeconômicos que possuem diferentes tipos de informações e conhecimentos. Esta interação se dá em diferentes níveis, entre variados departamentos de uma mesma empresa, entre empresas distintas e com outras organizações, como aquelas de ensino e pesquisa (LEMOS, 2000, p. 127).

Ante a insuficiência dos modelos lineares em explicar o processo de inovação, deu-se ênfase às interações complexas que envolvem o processo de inovação, surgindo assim o *Coupling Model* (modelo acoplado). O termo deriva da necessidade de acoplar as dimensões de ciência e tecnologia ao mercado, associando-se a geração de ideias às necessidades de mercado. Outro destaque do modelo está na atenção às relações de *feedback*, no decorrer do processo entre as dimensões (ROTHWELL, 1992).

A necessidade de se coordenar e gerir a informação e o fluxo de conhecimento por entre os atores, simultaneamente, fez surgir o *Integrated Model* (modelo integrado), nos anos 90. O modelo propunha a forte integração entre as áreas funcionais das firmas, proporcionando assim o fluxo de informações entre pesquisa, consumidores, fornecedores, e colaboradores (DOGSON; GANN; SALTER, 2005).

Ocorre que, com a globalização dos mercados e a internacionalização de fontes de tecnologia e dos parceiros, surgiu a necessidade de um aprimoramento do modelo anterior, envolvendo, portanto, a ideia de integração de sistemas em redes (*Systems integration and networking*), no qual o acesso ao *know-how* externo (conhecimentos científico e tecnológico, e informações de mercado) é fundamental para a redução de custos de desenvolvimento do produto.

O processo inovativo passa a se desenvolver de modo paralelo e integrado estrategicamente, envolvendo empresas (parcerias), grupos de pesquisa, universidades (conhecimento, criatividade), clientes líderes (vanguarda estratégica), bem como fornecedores, com ênfase na flexibilidade corporativa e velocidade no desenvolvimento dos produtos.

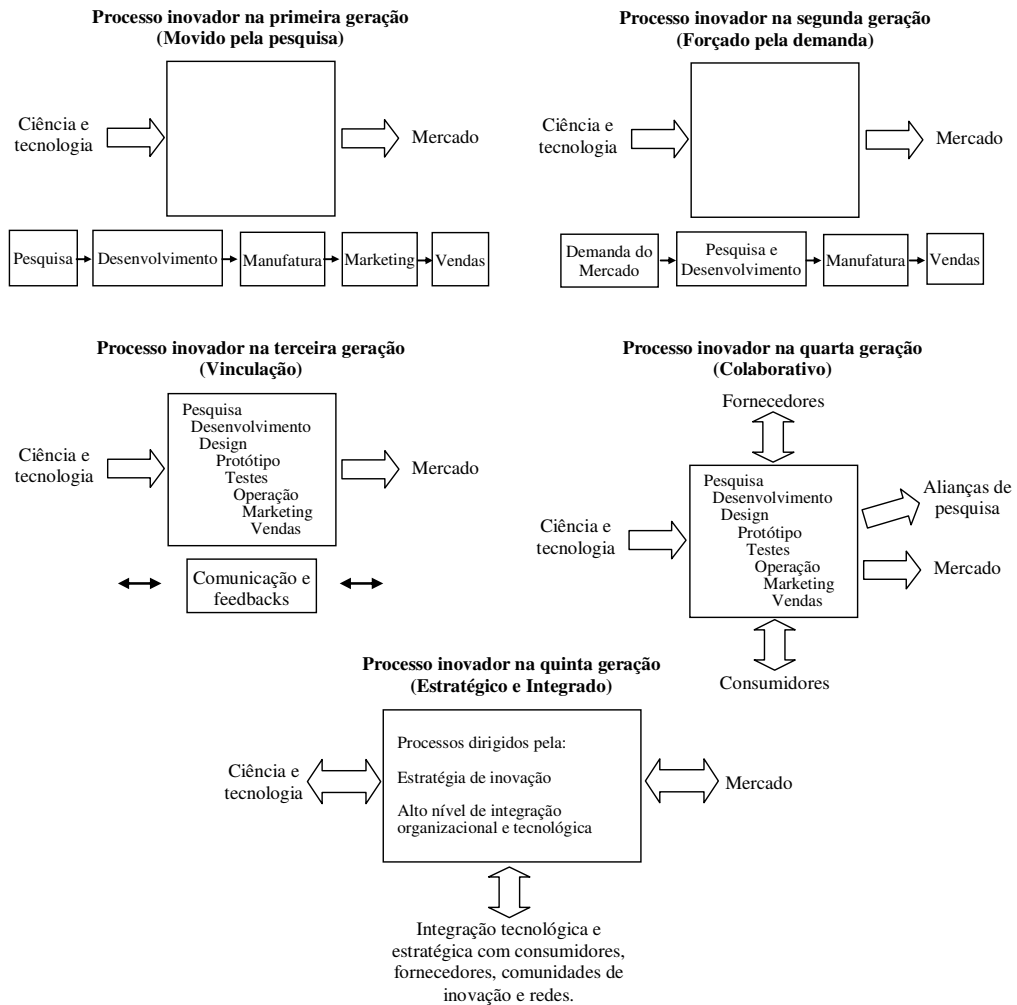


FIGURA 1 - Evoluções no processo de inovação.

Fonte: Adaptado de DODGSON; GANN; SALTER, 2008, p. 60-64.

Para Etzkowitz e Leydesdorff (1995), as universidades passaram a incorporar, além de suas missões tradicionais (ensino, pesquisa e extensão), o encargo de contribuir de modo mais significativo para o desenvolvimento econômico. Para o modelo desenvolvido pelos autores - Tríplice Hélice (*Triple Helix*), há um paradigma empreendedor, no qual os Institutos de Ciência e Tecnologia, enquanto produtores de conhecimento, passam a exercer um papel ativo na transformação da pesquisa em atividade econômica, obtendo assim benesses patrimoniais dos conhecimentos produzidos. Para os autores, a Tríplice Hélice é composta por uma espiral de três hélices, na qual o fluxo do conhecimento pode percorrer o sentido reverso, passando também da indústria para a universidade.

Outro modelo em voga é o *open innovation*. Ao estudar a conduta histórica das empresas norte-americanas durante o século XX, Henry Chesbrough constatou que as empresas se valiam de um modelo de inovação muito fechado. Frente a isso, Chesbrough

desenvolveu um novo modelo, denominado ‘*open innovation*’, ou inovação aberta, no qual as barreiras entre a empresa e o ambiente seriam porosas, permitindo assim um fluxo aberto de recursos entre as dimensões interna e externa (CHESBROUGH, 2003).

Para Chesbrough (2006), o sucesso de uma empresa dependeria, portanto, da construção de um modelo de negócio adequado que permitisse o uso mais eficiente das ideias internas e externas. O novo conceito cria, portanto, oportunidades e desafios para as empresas, ao abranger uma multiplicidade de atores envolvidos nos processos de inovação - pesquisa, desenvolvimento e comercialização. Assim, o ‘*open innovation*’ oferece uma amplitude nos caminhos internos e externos para avançar o desenvolvimento de novas tecnologias.

Outro conceito que vem ganhando espaço atualmente é o de Sistemas de Inovação, uma vez que leva em consideração a dimensão local no processo de inovação, obtendo-se assim uma visão panóptica da dinâmica dos fluxos de informação e de conhecimento do arranjo. Deste modo, o conceito de Sistemas de Inovação tem sido usado como instrumento analítico e propositivo, de modo a orientar novas formas de proporcionar um aumento nas capacidades de produção e de inovação de uma região. As diferentes trajetórias de desenvolvimento configuram distintos Sistemas de Inovação, com características singulares, dependentes das dinâmicas locais, podendo-se pensar, deste modo, em sistemas nacionais, regionais ou locais de inovação.

Nelson (2006) releva que o conceito de sistema designa um conjunto de atores institucionais que, em conjunto, desempenham o importante papel de influenciar uma *performance* inovadora entre os atores, ressaltando-se os setores produtivos como as empresas e os mercados, as instituições governamentais e suas políticas e as universidades e outras instituições semelhantes como os institutos de P & D.

Por outro lado, estas discussões retornam ao debate sobre o complexo entrelaçamento entre a Ciência e a Tecnologia que caracteriza o mundo moderno (NELSON, 2006). A tecnologia é reconhecida como um conjunto de projetos e práticas específicas e também como um corpo de conhecimentos genéricos que envolvem os projetos e fornecem um entendimento sobre como as coisas funcionam, sobre variáveis – chave que afetam a performance, sobre a natureza das limitações correntes e as abordagens promissoras para conseguir superá-las. No entanto, no último século, a ciência teve um papel crescente no entendimento relativo à tecnologia, estando os campos tecnológicos atuais associados às

disciplinas formais das ciências e das engenharias. Esses tipos de disciplinas referem-se basicamente ao entendimento tecnológico e refletem as tentativas de tornar essa compreensão mais científica (NELSON, 2006).

O entrelaçamento entre a Ciência e Tecnologia que começou a ocorrer um século atrás levou ao surgimento dos laboratórios de pesquisa industrial como principal local da inovação tecnológica. Estas entidades, dedicadas ao avanço tecnológico e integradas por cientistas e engenheiros, vincularam-se de perto a determinadas empresas produtivas. Contudo, é importante salientar que nem todas as atividades e investimentos feitos por empresas em inovação são realizadas em laboratórios de P & D ou chegam a ser registrados como tais. O grau em que isso ocorre varia de ramo para ramo. Naqueles cujas empresas são pequenas, ou cujas empresas dedicam a projetar produtos para clientes individuais, muito do trabalho inovador pode não ser computado como P & D. Apesar disso, mesmo nestes casos e naqueles cuja P & D frequentemente se baseia em fontes externas, como as universidades e os laboratórios governamentais, na maioria dos ramos a parte mais importante dos esforços de inovação é desenvolvida pelas próprias empresas (NELSON, 2006).

Utilizado a partir do início do século XX, o conceito de P & D, que de acordo com a OECD (2005, p. 105) “são consideradas atividades de inovação”, fortaleceu-se com a organização sistemática do conhecimento científico e tecnológico em laboratórios que, em um momento inicial, passaram a prestar serviços a corporações da época, sendo, posteriormente, incorporados ao ambiente organizacional. Foram, no entanto, os governos os primeiros a considerar a importância dos relatórios de atividades e gastos nos institutos de P & D como fonte de informações sobre o estoque de conhecimento e inovação.

O *Frascati Manual* (2002) que propõe indicadores para avaliar a eficácia da produção de ciência e tecnologia, mensurados através dos investimentos e gastos realizados em pesquisa e desenvolvimento (P & D) para a ciência, e do número de patentes para a produção tecnológica, define a P & D como trabalho criativo realizado de forma sistemática com a finalidade de aumentar o estoque de conhecimentos, incluindo os conhecimentos do homem, da cultura e da sociedade, e o uso desse estoque de conhecimentos para antever novas aplicações.

No contexto das economias emergentes, Bell (1993) desenvolveu uma discussão a partir de uma abordagem evolucionária acerca da introdução de atividades de pesquisa e desenvolvimento – P & D e da sua infraestrutura tecnológica concomitante.

De acordo com Bell (1993), foi no início de 1900 que começou a surgir um processo formal de construção de atividades e competências de P & D, em economias desenvolvidas. Esse processo ocorreu por meio de uma evolução institucional, envolvendo em sua integração as estruturas organizacionais dos setores produtivos como, por exemplo, instalações específicas designadas a P & D industrial dentro de grandes empresas, e ainda, o surgimento de institutos de P & D independentes.

Ainda segundo Bell (1993), somente no começo da década de 1950, países da América Latina, Ásia e, posteriormente, África, construíram suas instalações de P & D de uma forma bem diferente daquela acontecida nos países mais industrializados. Foram raras as capacidades de P & D industrial que evoluíram a partir de uma base prévia de atividades inovadoras menos especializadas e formalizadas. Elas foram criadas muitas vezes sem a coexistência de outras atividades que impulsionam o processo de mudança tecnológica - em especial, *design* e outros processos / atividades de engenharia de produção. Também não foram criadas a partir das capacidades construídas inicialmente dentro das empresas industriais. Em vez disso, eram geralmente estabelecidos em instituições centralizadas, que foram financiadas e operadas pelo governo (BELL, 1993).

Pressupõe o autor que esta abordagem foi seguida precisamente porque se pensava que as empresas industriais eram muito pequenas ou então, eram estrangeiras, não tendo interesse em investir em instalações próprias de P & D (BELL, 1993). Dessa forma, consultoria e assistências externas desempenharam um importante papel na criação de tais instituições de P & D e seus projetos surgiram muito mais como um reflexo de modelos do mundo industrializado do que como uma resposta orgânica ao ambiente imediato dos países emergentes por si (BELL, 1993).

Bell (1993) completa que não é surpresa, portanto que o problema da ligação entre os institutos de P & D com o setor de produção tem sido uma prioridade da agenda política desde então. O mesmo autor menciona ainda que existe um “*gap*” crescente entre a pesquisa desenvolvida nos institutos de P & D e os setores produtivos.

Bell (1993) em uma de suas abordagens denominada “Planejamento via Integração” presume que os institutos de P & D não alocam seus recursos direcionando-os aos tipos de tecnologias que o setor produtivo precisa. Sua sugestão é que um plano de P & D seja construído para guiar a alocação de recursos da P & D para empresas que estejam precisando do fornecimento de tecnologia. Dessa forma o plano seria visto tanto pelo nível macro (plano de desenvolvimento nacional social e econômico) como pelo nível micro (as necessidades dentro da empresa).

Outra abordagem sugerida por Bell (1993) denominada “Construção de Pontes” tem como foco a interface entre a demanda e o fornecimento, sugerindo que por vários motivos medidas são necessárias para construir pontes institucionais ligando os dois lados. Se existe um *gap* entre duas coisas o mais sensato a fazer é construir algo que os conecte.

Uma ênfase é dada à necessidade de criar uma instituição intermediária que possibilite a difusão e transfira tecnologia de fontes que criam para usuários que precisam e podem aplicá-la. Essa instituição intermediária pode ser um disseminador de informações, uma agência, um consultor ou um serviço de aconselhamento. Outro tipo de ênfase inicia com um ponto de vista mais detalhado em relação à difusão e transferência de tecnologia envolvendo a ligação entre a P & D e os setores de produção. Isso envolve não somente mover tecnologia de um lado para outro, mas também transformá-la no caminho. Os termos utilizados para discutir essa abordagem são termos como: *link*, ponte, e transferência.

2.2 Graus de Impacto do Processo Inovador

No que se refere aos graus e impactos da inovação, estes podem ser classificadas em radical ou incremental; arquitetural ou modular; e disruptiva ou de sustentação.

2.2.1 Inovação Radical X Incremental

Entende-se por inovação radical as inovações em processos, produtos, equipamentos, configurações organizacionais que representem uma novidade para a fronteira tecnológica mundial e que “rompe os limites da inovação incremental, trazendo assim um salto de produtividade e iniciando uma nova trajetória tecnológica” (TIGRE, 2006, p. 74). Muito embora ocasionem um impacto profundo no mercado global, as inovações radicais não devem ser necessariamente atreladas a tecnologias impressionantes, de alta complexidade, podendo ser produtos simples resultantes de esforços sofisticados de inovação.

No caso da inovação trazer mudanças técnicas menores, como acréscimos e melhorias em produtos e em processos, introduzidas posteriormente à inovação maior, trata-se de inovação incremental. No que tange às inovações incrementais, Figueiredo (2009) contribui ao ampliar o espectro de inovação em empresas de economias *latecomers*, partindo-se de seus variados graus de novidade. Para o autor, as inovações incrementais podem ser divididas em:

Inovação incremental básica: pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes. Trata-se de novidade para a empresa.

Inovação incremental intermediária: corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas. Trata-se de novidade para a empresa.

Inovação incremental avançada: introduz novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos para o mercado local, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia. Trata-se de novidade para o mercado onde a empresa opera (FIGUEIREDO, 2009, p. 36).

Para Schumpeter, as inovações radicais seriam as responsáveis pelas mudanças tecnológicas, o que explicaria sua teoria dos ciclos econômicos. Acontece que Schumpeter, na época, não vislumbrou a importância do papel das inovações incrementais e seus impactos na economia. Nesse sentido, Rosenberg (2006) ressalta que o impacto econômico gerado pela combinação de pequenos melhoramentos cumulativos pode superar consideravelmente tecnologias extraordinárias, mas que, muitas vezes, é negligenciado por muitos economistas, uma vez que os aperfeiçoamentos tecnológicos penetram a economia discretamente, de forma não anunciada e não celebrada. As razões para tal fato devem-se à complementaridade entre as inovações, o impacto cumulativo de pequenos melhoramentos, bem como a intersetorialidade entre os relacionamentos (ROSENBERG, 2006).

2.2.2 Inovação Arquitetural X Modular

Outra importante contribuição ao estudo da gestão da inovação é o modelo desenvolvido por Henderson e Clark (1990). A pesquisa desenvolvida pelos autores evidenciou que existem numerosas inovações técnicas que envolvem mudanças aparentemente modestas à tecnologia existente, mas que ocasionam consequências competitivas dramáticas, *v.g.*, aparelhos celulares menores e mais leves, motor de automóveis bicomustível (FIGUEIREDO, 2009). Assim, Henderson e Clark (1990), insatisfeitos com a divisão dicotômica entre inovações radicais e incrementais, elaboraram um modelo, contemplando duas novas espécies de inovação, a saber, as inovações modulares e as arquiteturais, representadas na FIGURA 2 abaixo.

		Conceitos Básicos	
		Reforçados	Anulados
Relação entre os conceitos básicos e os componentes	Inalterada	Inovação Incremental	Inovação Modular
	Alterada	Inovação Arquitetural	Inovação Radical

FIGURA 2 - Uma representação para a definição de inovação.

Fonte: HENDERSON; CLARK, 1990, p. 9.

As inovações modulares alterariam o conceito tecnológico de um componente, mas a relação entre seus componentes permaneceria a mesma. As arquiteturais, por sua vez, usariam o projeto então dominante, mas em arquiteturas diferenciadas. O problema é que, diferentemente das radicais, as inovações arquiteturais se manifestam de modo sutil, ‘cristalizando’ paulatinamente a arquitetura organizacional da firma, ao penetrar nos canais de comunicação, filtros de informação e nas estratégias de solução de problemas das firmas. Isto é, com o surgimento de problemas correntes (complexidade), é formado um arsenal de soluções a partir da interação entre seus componentes e grupos, mediante os mecanismos de comunicação. Assim, com vista à eficiência do projeto, são selecionadas as informações

consideradas estratégicas à solução dos problemas, tornando assim esse conhecimento implícito na organização.

Ocorre que, uma vez incorporado esse conhecimento arquitetural nas rotinas e nos canais de comunicação da firma, torna-se difícil realizar mudanças, principalmente as mais sutis. Logo, as organizações que não se mostrem sensíveis o suficiente para reconhecê-las, findam por acomodar-se às velhas estruturas estáveis, negligenciando o uso de informações estratégicas, e, conseqüentemente, passam a compreender a tecnologia equivocadamente. Para os autores, além do reconhecimento das inovações arquiteturais, mostram-se necessárias a construção e a aplicação desses novos conhecimentos de forma efetiva nos canais de comunicação das organizações. Acontece que esse processo não é simples, uma vez que demanda tempo, recursos e processos de aprendizagem diferenciados.

Assim, Henderson e Clark (1990) oferecem uma importante contribuição para a compreensão do sucesso e fracasso de grandes firmas. Para os autores, a vantagem competitiva das empresas entrantes decorreria de sua flexibilidade organizacional, uma vez que teriam menor compromisso com conhecimentos arquiteturais fortemente consolidados, adaptando-se mais facilmente. Não obstante a importância do modelo há ainda a necessidade de estudos voltados a demais setores industriais, além de uma abordagem mais completa, no que se refere aos modos pelos quais a formulação do conhecimento arquitetural é afetada por fatores tais como a história e a cultura da empresa.

Muito embora o modelo de Henderson & Clark (1990) tenha oferecido importantes contribuições para o entendimento das razões de sucesso e fracasso das firmas, o estudo apresenta limitações, no que se refere à carência de uma abordagem mais profunda do modo como ocorre o processo de acumulação das capacidades necessárias para as firmas adaptarem-se.

Além dessas espécies, as inovações podem se comportar no mercado enquanto inovação de ruptura ou de sustentação que serão objetos de análise do próximo capítulo. Assim, diante da elasticidade e multidisciplinaridade do conceito de inovação, decorrente das diferentes abordagens interpretativas existentes na literatura, como na economia, geografia, psicologia, história, administração, entre outras (DOGSON et al., 2005), foram tecidas primeiramente algumas considerações com o intuito de apresentar conceitos básicos voltados

à inovação, uma sintética perspectiva histórica dos modelos do processo inovador, bem como a classificação das inovações conforme grau de impacto no mercado.

Cumprе salientar que não se pretende no presente trabalho exaurir as definições existentes, mas antes resgatar estudos que oferecem definições e fundamentações do termo que servirão de arrimo para a análise dos resultados gerados na pesquisa. Posteriormente, no capítulo que se segue, será tratado o processo de ruptura em si, a partir do estudo dos seus constructos fundamentais – os elementos do processo de ruptura.

3 O PROCESSO DE INOVAÇÃO DE RUPTURA

O vocábulo ‘disrupção’ remete à ideia de ruptura, rompimento, fratura. No campo da inovação, o termo foi criado por Clayton M. Christensen, professor de *management* da *Harvard Business School*, nos Estados Unidos, em seu artigo "*Disruptive Technologies: Catching the Wave*", 1995. Para o autor, uma inovação disruptiva seria uma estratégia de inovação de produto, processo/serviço, ou modelo de gestão que consiga deslocar os líderes de mercado, ao conquistar um segmento ainda não alcançado em mercado já existente.

Uma inovação disruptiva vem a dominar um mercado existente, ao inserir um produto mais barato e de performance inferior, com foco na simplicidade e acessibilidade, trazendo benefícios para todos. Deste modo, ao dominar segmentos de mercado existente, não alcançados pela tecnologia anterior, acaba deslocando os líderes do mercado.

A inovação de ruptura não é uma melhoria radical. Em vez de sustentar a tradicional trajetória de aprimoramento no plano original de competição, ela traz ao mercado um produto ou serviço que, a bem da verdade, não é tão bom quanto aqueles comercializados pelas principais empresas em seus respectivos mercados (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 44).

A teoria da inovação de ruptura esclarece o processo pelo qual produtos e serviços caros e complexos são simplificados e democratizados, tornando-se assim disponíveis. Na FIGURA 3 abaixo, consegue-se visualizar seus constructos básicos na representação do desempenho de produto ou serviço ao longo do tempo. Observando-se atentamente a FIGURA 3, podem ser percebidos dois tipos de trajetórias de melhoria em cada mercado.

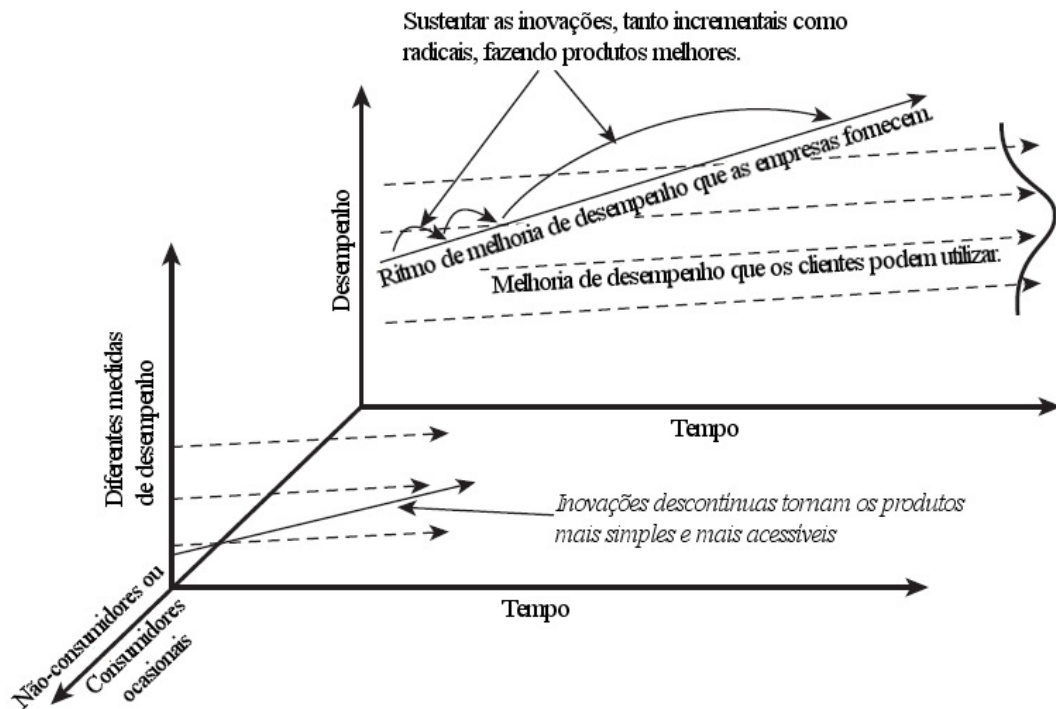


FIGURA 3 - Modelo de inovação disruptiva.

Fonte: CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 43.

A primeira trajetória, representada pela linha contínua, descreve o ritmo do aperfeiçoamento em produtos e serviços oferecidos aos clientes. Refere-se às inovações de sustentação, podendo ser melhorias de natureza radical, quanto incremental (rotineiras). Essas inovações de sustentação, independente de sua natureza, cumprem o propósito competitivo de manutenção da trajetória de melhoria de desempenho no mercado estabelecido.

As linhas pontilhadas, por sua vez, representam o índice de melhoria do desempenho que os clientes estão aptos a aproveitar, dependendo do tipo de consumidor. Nesse sentido, a linha pontilhada mais abaixo, representa os consumidores que se contentam com menos, e a linha acima representa os consumidores mais exigentes. Como se pode perceber a partir da intersecção entre a trajetória contínua e o espaço entre as linhas pontilhadas, as necessidades dos clientes tendem a ser relativamente estáveis por um período de tempo. Assim, empresas que constantemente aprimoram seus produtos em um ritmo acelerado, com o intuito de perpetuar o sucesso histórico de seus produtos, findam por oferecer produtos e serviços com mais recursos e funções do que os consumidores precisam realmente, ultrapassando assim suas capacidades de absorção.

Ocorre que esses produtos e serviços oferecidos pelas empresas líderes normalmente são caros e complexos, de modo que somente os consumidores presentes nas

linhas pontilhadas mais altas estão dispostos a pagar por essas melhorias de desempenho. De acordo com Bower e Christensen (1995), Christensen (1997) e Hart e Christensen (2002), as empresas líderes de mercado falham por utilizarem as mesmas práticas administrativas que as tornaram líderes, ou seja, elas se condicionaram a oferecer inovações em caráter progressivo de aperfeiçoamento e melhoria contínua de seus produtos e serviços (inovações sustentadoras).

Por contraste, uma tecnologia "disruptiva" introduz produtos ou serviços com características inferiores aos comercializados pelas empresas líderes nos grande mercados. Assim, ao invés de sustentar a trajetória de aprimoramento de produto contida no plano original de competição, a inovação disruptiva oferece soluções mais simples e acessíveis, embora inferiores.

As inovações de ruptura criam raízes e introduzem mudanças em áreas de não-consumo, áreas antes ignoradas pelas empresas líderes, devido à falta de recursos para compra e/ou uso de produtos e serviços. Por se tratar de nichos específicos, *a priori*, as inovações disruptivas apresentam relação custo-benefício pouco atraente. Nesse sentido, as inovações disruptivas abarcam esses clientes antes excluídos do mercado tradicional de menor poder aquisitivo, mas dispostos a consumir produtos menos sofisticados, de menor custo, e com funcionalidades apropriadas ao segmento. Deste modo, nesse movimento de estabelecimento de uma posição segura no mercado, as inovações de ruptura passam a competir com as empresas incumbentes, movendo os líderes de mercado.

Isso lhes permite criar raízes em uma aplicação simples, sem maiores exigências, tendo em vista os consumidores que antes não eram consumidores porque não dispunham nem de dinheiro, nem de capacidade para comprar e usar os produtos vendidos no plano de fundo da competição. (...)

Ao contrário dos clientes tradicionais, esses novos usuários ficam satisfeitos com o produto de capacidade e desempenho limitados que adquiriram, já que ele é infinitamente melhor que a outra alternativa de que dispõem – nada (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 45).

Christensen (1997) constatou a existência de dois tipos de inovações disruptivas voltadas para mercado anteriormente segregado (baixa renda): as disrupções de novo mercado, e as disrupções de baixo mercado. As inovações de novo mercado se referem ao não-consumo, à abertura de um mercado ainda não existente com base na simplicidade e na conveniência, ao oferecer produtos/serviços com baixo desempenho, em comparação aos atributos 'tradicionais', a clientes que não eram consumidores.

As inovações de baixo mercado utilizam estratégias de baixo custo, focando em uma pequena parcela de mercado que não é servida pelos concorrentes estabelecidos. Assim, ao oferecer produtos e serviços com desempenhos bons, mas inferiores e menos sofisticados aos dos líderes de mercado, as disrupções de baixo mercado conseguem abranger os clientes que gostariam de comprar produtos menos sofisticados a preços mais baixos.

A princípio, as inovações de ruptura se mostram benéficas para ambos os lados (entrantes e empresas incumbentes), no entanto, a partir do momento em que as pequenas empresas começam a se ampliar, devido à baixa nas margens de lucro, começam a competir com as grandes concorrentes, e com preços menores.

Exemplos de inovações disruptivas podem ser encontrados na indústria de computadores, que, ao longo dos anos, sofreu várias ondas de disrupção. A primeira se refere à passagem dos *mainframes* por minicomputadores. A segunda onda, a substituição dos minicomputadores para o uso dos PC (computadores pessoais). Atualmente, empresas líderes no mercado de PC e de servidores, como Dell e HP enfrentam a emergência de dispositivos especializados, como *smartphones* e *tablets* que, aliados ao advento da computação em nuvens (*cloud computing*), ameaçam seus mercados, podendo-se considerar a terceira onda na indústria da informática.

3.1 Elementos do Processo de Ruptura

De acordo com Christensen, Grossman e Hwang (2009), todo processo de ruptura é constituído por três elementos principais que permitem que problemas fundamentais de um setor sejam tratados a menores escala, custo e capacidade humana do que o comumente exigido. Conforme mostrado na FIGURA 4, o primeiro elemento é um *Capacitador tecnológico* (tecnologia sofisticada que tem por intuito simplificar). O segundo elemento é uma *Inovação do modelo de gestão*, oferecendo aos consumidores soluções disponíveis e acessíveis. O terceiro elemento é *Sistema comercial* formado por uma cadeia de valor inteiramente nova.

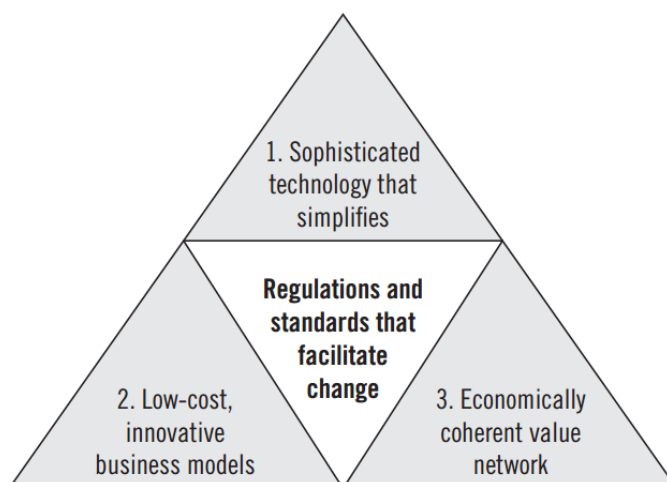


FIGURA 4: Os elementos da inovação de ruptura.

Fonte: CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 13.

Em meio aos capacitadores da inovação de ruptura, existem reformas regulatórias e mudanças nos padrões de mercado que têm como propósito facilitar ou agilizar as interações entre os participantes da ruptura, tendo em vista que o novo padrão estabelecido pela ruptura raramente se compatibiliza com a cadeia de valor ou com o ecossistema comercial que lhe precede.

Um Capacitador Tecnológico permite que problemas básicos de um setor em específico sejam resolvidos com menores dispêndios de escalas, custos e recursos humanos, sendo, portanto, a espinha dorsal dos modelos de gestão de ruptura (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009).

Christensen, Grossman e Hwang (2009) citam a área de saúde como exemplo, mostrando que o setor está carregado de novas tecnologias, algumas dessas resultados de anos de pesquisas e investimentos em laboratórios de P&D, outras licenciadas em todo ou em parte, e ainda há aquelas adaptadas de outro setor produtivo distinto. Nesse setor, o conceito de disrupção se refere às tecnologias que proporcionam diagnósticos mais precisos, além de uma terapia presumivelmente efetiva que têm o potencial de transformar o setor de saúde. Essas tecnologias incluem o diagnóstico molecular, o diagnóstico por imagem e a telecomunicação em banda larga (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009). O termo ‘tecnologia’ é tratado pelos autores como sendo:

Uma nova peça de maquinário, um novo processo de produção, uma equação matemática ou o conhecimento acumulado acerca de um caminho molecular. Entretanto, no centro dessa evolução operacional estão a conversão de processos

complexos e intuitivos em tarefas simples, baseadas em regras, e a transferência desse trabalho das mãos de *experts* caros e altamente qualificados para as de técnicos mais baratos (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 75).

Para os autores, quando ainda não existe um diagnóstico preciso de uma doença, o tratamento a ser oferecido ao paciente pode ter como base três métodos: a medicina intuitiva, a medicina empírica (probabilística), e, por fim, a medicina de precisão. Nesse sentido, uma tecnologia se torna disruptiva quando ela é capaz de converter uma intuição complexa (o diagnóstico ser feito com base nas experiências e padrões analisados para diagnosticar a doença), em tarefas baseadas em regras, no sentido de uma medicina de precisão (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009).

Nesse sentido, enormes gastos na área da saúde em economias desenvolvidas, bem como em economias em desenvolvimento, decorrem da incapacidade de diagnosticar com precisão doenças, ou seja, o tratamento é realizado tendo como base o método de tentativa e erro, e não a partir das reais causas da doença, se genéticas, infecciosas ou mesmo desconhecidas. Isso explica o fato de que, apesar dos enormes gastos para o controle de doenças como diabetes, hipertensão e depressão, a resposta de controle e melhora dos pacientes ainda se encontra aquém da esperada (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009).

Frente ao exposto, constata-se que o principal mecanismo pelo qual os capacitadores tecnológicos configuram uma inovação disruptiva no setor da saúde é a evolução da medicina intuitiva para a medicina de precisão. Exemplos de como o potencial da medicina de precisão reduziu drasticamente os custos de saúde podem ser percebidos no campo das doenças infecciosas, câncer (leucemia e mama), diabetes e até mesmo a AIDS. No que se refere aos gastos públicos norte-americanos com doenças infecciosas:

Doenças como tuberculose, difteria, cólera, malária, sarampo, escarlatina, febre tifoide, sífilis, poliomelite, febre amarela, varíola e pertússis (coqueluche) outrora respondiam pelo grosso dos gastos com a assistência médica. Hoje, elas correspondem a não mais que um vislumbre do orçamento da saúde nos EUA (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 81).

No caso do dengue, foco do presente estudo, sua identificação precoce é fundamental, uma vez que é uma doença dinâmica, podendo evoluir rapidamente para quadros mais graves em apenas dois ou três dias (VARELLA, 2012). O diagnóstico definitivo acusador de dengue pode ser obtido a partir da análise sorológica, contudo, a presença de anticorpos contra o vírus da dengue só é percebido após o quarto dia da doença.

Seu diagnóstico inicial ainda é probabilístico, partindo-se do exame físico do paciente e de seu histórico, bem como da exclusão de outras doenças, como a doença meningocócica (meningite ou meningococemia), ou a leptospirose. Os exames clínicos normalmente realizados (hematócrito, contagem de plaquetas) fornecem informações úteis, mas não comprovam o diagnóstico de dengue, tendo em vista que a alteração das taxas sanguíneas pode estar atrelada a outras infecções (VARELLA, 2012). Além disso, as técnicas sorológicas atuais não permitem identificar qual o tipo de sorotipo do vírus causador da infecção, nem se é quadro hemorrágico. Percebe-se, portanto, uma carência sentida, no que se refere ao controle da doença.

Para Christensen (2012), após a identificação de um capacitador tecnológico, é necessário que se elabore uma estratégia adequada para a sua comercialização, voltando-se assim os esforços para a análise do contexto organizacional. Nesse ponto, avalia-se o modelo de gestão mais estratégico: se mudar os valores e a cultura da organização principal ou criar uma nova organização (CHRISTENSEN, 2012).

Conforme o entendimento de Christensen, Grossman e Hwang (2009), um modelo de gestão é um sistema independente formado por quatro elementos principais, como ilustrado abaixo na FIGURA 5:

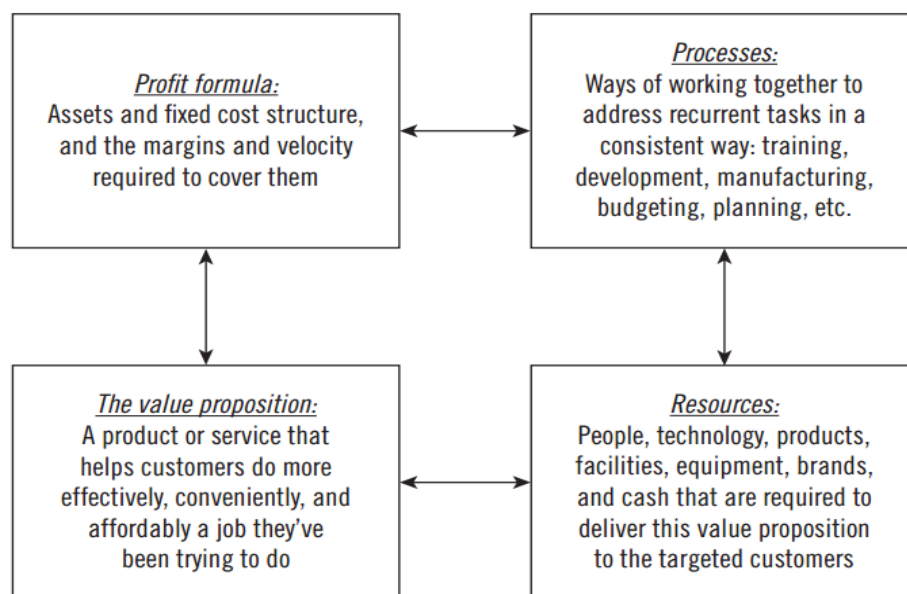


FIGURA 5: Elementos de um modelo de gestão.

Fonte: CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 48.

O ponto principal para um modelo de negócio é sua *proposição de valor* (*the value proposition*), ou seja, “um produto ou serviço que permita aos clientes visados dar conta da tarefa que tentam realizar de uma maneira mais eficiente, conveniente e acessível” (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 47). No entanto, para que as empresas consigam oferecer essa *proposição de valor* aos clientes, é necessário que os gestores utilizem a vasta gama de *recursos* (*resources*) da organização, como pessoas, instalações, aportes financeiros, produtos, equipamentos, treinamentos, estrutura de custos, padrões, entre outros.

A utilização dos *recursos* a fim de se obter uma *proposição de valor* somente é conseguida mediante os *processos organizacionais* (*processes*), no sentido de que são as formas habituais de trabalho que determinam como os *recursos* deverão ser combinados. Como resultado dessa combinação, resulta a *fórmula de lucro* (*profit formula*), definidora das margens de lucro, preços e os aportes necessários para custear a utilização de *recursos* e *processos* requeridos para a *proposição de valor*.

Ocorre que as organizações só podem oferecer ao mercado as *proposições de valor* que se adéquam aos *recursos*, *processos* e *fórmula de lucro* da organização, ou seja, os gestores só podem adotar novas tecnologias por meios que suportem o modelo de gestão dentro do qual operam (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009). Nesse sentido, os mesmos elementos principais que compõem um modelo de gestão podem ser limitantes para a realização de uma ruptura em todo o seu potencial.

A história da inovação é repleta de empresas que tinham uma tecnologia de ruptura a seu alcance, mas que não lograram comercializá-la por não terem acoplado a um modelo de gestão de ruptura (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 55).

Christensen (1997) entende, portanto, que há uma ‘assimetria de motivações’, uma vez que a lógica para a adoção de uma tecnologia disruptiva entre empresas já alicerçadas e entrantes é diferenciada, no sentido de que, para as grandes empresas, o risco é muito alto, envolvendo uma extensa rede de valor, ao passo que as empresas entrantes, como *spin-offs* ou *startups* não estão presas por robustas estruturas arquiteturais e clientes já conhecidos, logo possuem maior flexibilidade.

Leonard-Barton (1998) entende que, muito embora constituam vantagens para a empresa, as “aptidões estratégicas” também podem ser limitações se não houver um gerenciamento sensível que capte o *timing* da mudança de curva tecnológica. Resultantes do

corpo de conhecimentos acumulados, propiciando assim a geração de novos conhecimentos e, conseqüentemente, inovação, as aptidões seriam distribuídas em quatro dimensões: os sistemas físicos, as qualificações, os sistemas gerenciais, bem como os valores da empresa. Assim, uma gestão adequada dessas dimensões, juntamente à gestão das atividades geradoras de conhecimento, constituiriam a vantagem competitiva das empresas (LEONARD-BARTON, 1998).

Ocorre que as aptidões estratégicas, muito embora constituam vantagens para a empresa, também podem ser limitações. A gestão dessas atividades determina se elas favorecem ou inibem o livre fluxo de conhecimentos (LEONARD-BARTON, 1998). Assim, um ‘engessamento’ dessas dimensões, ou seja, a ‘cristalização’ dessa arquitetura organizacional formada pelas mesmas dimensões (sistemas físicos, qualificações, sistemas gerenciais e valores) agiriam como ‘freios’ para a inovação (HENDERSON; CLARK, 1990). Para Christensen (1997), pessoas são mais flexíveis, uma vez que podem ser treinadas para fazer coisas diferentes na organização, mas os processos e valores das empresas não o são. Tais processos e valores podem em um contexto representar as capacidades da empresa, mas em um contexto disruptivo, por exemplo, podem definir suas incapacidades.

Logo, uma gestão que não contemple a necessidade de mudanças, finda por acomodar-se às velhas estruturas estáveis, culminando assim em perda de vantagem competitiva. Para Henderson e Clark (1990), além do reconhecimento das mudanças a serem feitas, são necessárias sua construção e aplicação nas dimensões organizacionais. Acontece que esse processo não é simples, uma vez que demanda tempo, recursos e processos de aprendizagem diferenciados, necessitando, portanto, de maestria e sensibilidade por parte dos gestores.

No mesmo sentido, Utterback (1994) entende que o grande problema enfrentado pelas empresas líderes ante a adoção potencial de inovação disruptiva se deve ao fato de que uma inovação dessa natureza requer mudanças em processos e produtos, envolvendo equipamentos, métodos, clientes e fornecedores, tornando a inovação disruptiva muito mais onerosa para as firmas já estabelecidas do que para as novas entrantes, como as empresas *startups*.

Nesse sentido, para Christensen (2012), organizações pequenas e independentes como *spin-offs* ou *startups* seriam apropriadas quando se confronta com uma inovação de

ruptura, uma vez que possuem uma organização especialmente dedicada dentro da rede de valor emergente (CHRISTENSEN, 2012).

De fato, como mostrado por Christensen (1997), o mercado de *disk drives* que em meados da década de 70 era dominado por 17 grandes empresas, recebeu a entrada de 129 novas empresas, das quais 109 falharam num período de vinte anos. Assim, no ano de 1996, com exceção das gigantes IBM, Fujitsu, Hitachi e NEC, que sobreviveram com o benefício de um mercado interno cativo, todos os produtores remanescentes eram empresas *startups* que entraram após 1976.

Por *startup*, entende-se uma empresa nova, que lida com projetos inovadores de alto risco, envolvendo intensa atividade de P&D e que tem como principal objetivo a viabilização do desenvolvimento e/ou comercialização de uma tecnologia (DECLEYN; BRAET, 2007). Por serem empresas jovens, com baixo custo de manutenção, possuem alta flexibilidade e versatilidade, o que lhes permite uma movimentação estratégica em cenários de incerteza (não há certeza de que ideias e/ou projetos obterão sucesso).

Uma das abordagens mais conhecidas no que se refere à elaboração de estratégias inovadoras em cenários de incerteza é a teoria da “Estratégia do Oceano Azul” defendida por W. Chan Kim e Renée Mauborgne em livro homônimo. Conforme o entendimento dos autores, os denominados “oceanos vermelhos” seriam os mercados já conhecidos e estabelecidos, nos quais a concorrência é muito alta entre as empresas-líderes. Nesse ambiente, o principal objetivo é sobreviver com vantagem competitiva no contexto atual. Ocorre que há a possibilidade de serem criados “oceanos azuis”, como o nome já sugere, os mercados ainda não conhecidos e explorados. Cria-se, portanto, uma nova demanda, uma nova curva de valor.

Assim, as *startups* figuram como uma estratégia para entrada nesses “oceanos azuis”, uma vez que são empreendimentos com baixos custos iniciais, mas que possuem uma alta expectativa de crescimento (escala). Ser escalável, portanto, é a chave de uma *startup*, uma vez que seu crescimento não necessariamente tenha que alterar seu modelo de negócio. Assim, ao se tornar escalável, gera-se uma empresa altamente lucrativa.

Como o termo foi disseminado na segunda metade da década de 90, após a bolha da internet, há uma tendência a se relacionar *startup* somente a empresas de tecnologia da informação e da comunicação - TICs, contudo, esses empreendimentos são estratégias

inovadoras em diversos segmentos produtivos, principalmente nos intensos em atividade científica, como é o caso da biotecnologia. Uma patente inovadora que gere um negócio escalável é uma excelente oportunidade estratégica de lançar uma tecnologia disruptiva no mercado. De acordo com Chris Young, em seu artigo “*Why Biotech Startups are Not the Same as Tech Startups*”, *startups* de biotecnologia se diferenciam das da área de TIC por cinco razões principais.

A primeira diferença seria quanto à *regulação* do setor. Na área da biotecnologia, diferentemente da informática, há diversas instituições/agências reguladoras, criando assim uma trincheira burocrática que acaba onerando consideravelmente os custos para lançar um produto no mercado. A segunda diferença levantada pelo autor se refere às *barreiras de entrada* para a pesquisa e desenvolvimento de produtos na área. De fato, o acesso às ferramentas necessárias para se trabalhar em biotecnologia não estão disponíveis para um cidadão comum, encastelando a pesquisa em laboratórios e centros de P&D.

Outro ponto importante é a questão da *familiaridade*. No caso das TICs, os consumidores interagem com seus dispositivos tecnológicos, contribuindo até com críticas e sugestões de melhorias, mas na área de biotecnologia, ainda não há uma familiaridade com inovações biotecnológicas. Os debates envolvendo células-tronco, clonagem, transgênicos, vacinas demonstram que a população ainda não se sente plenamente segura, não aceitando as inovações rapidamente, principalmente no que se refere às notícias divulgadas pela mídia, muitas vezes rápidas e genéricas.

A quarta diferença entre as áreas diz respeito aos *investimentos de capital*. Inovações em biotecnologia normalmente levam anos de pesquisa e testes para serem lançadas no mercado, necessitando de altos investimentos. No caso brasileiro, ainda vigora dependência de recurso público. De acordo com o mapeamento realizado pela BRBIOTEC Brasil/Cebrap (2011), 78% das empresas brasileiras de biotecnologia ouvidas usam verbas providas de agências como Finep, Fapesp, Fapemig e Faperj ou do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES).

Por fim, a última crítica aventada pelo autor diz respeito à necessidade de *colaboração acadêmica*. Para o autor, o sistema de pesquisa científica está focado em premiar os pesquisadores individualmente, não fomentando assim trabalhos e pesquisas colaborativos. No Brasil, apesar da forte interação entre agentes da comunidade científica e desenvolvimento

tecnológico na área da biotecnologia, ainda há um baixo grau de transferência de tecnologia ao mercado. Segundo dados da BRBIOTEC Brasil/Cebrap (2011), a quase totalidade das empresas pesquisadas estabeleceu relacionamento com universidades e centros de pesquisa (94,5%), no entanto a pesquisa desenvolvida demora para chegar ao mercado.

Apesar da nomenclatura diferenciada, *startups* e *spin-offs* enfrentam problemas semelhantes para conseguir chegar ao mercado. Particularmente, o termo *spin-off* se refere geralmente a empresas com base tecnológica que têm origem em universidades ou em outra instituição de pesquisa (DECLEYN; BRAET, 2007). Portanto, para a consecução deste trabalho, por se tratar de uma empresa registrada e incubada na incubadora da Universidade Estadual do Ceará – UECE, utilizar-se-á o termo *spin-off* por ser adequado ao contexto.

O terceiro capacitador da ruptura elencado pelos autores versa sobre um novo sistema de valor comercial, que consiste em uma cadeia de valor completamente distinta da precedente vinculada aos novos modelos de gestão então surgidos.

Sistemas de saúde são construções sociais normalmente criadas pelos Estados, visando o acesso da sociedade à saúde. Um sistema comercial é constituído por estruturas com atividades distintas, mas interligadas: as estruturas assistenciais e as estruturas que proporcionam a realização das funções do sistema. A primeira espécie é composta pela rede de serviços, como hospitais, ambulatórios, consultórios, laboratórios clínicos e radiológicos, bem como por profissionais e técnicos com formação específica em saúde. O segundo grupo se refere às estruturas responsáveis pela organização e regulação do funcionamento do sistema, como, no caso do Brasil, os Ministérios, Secretarias e Agências Reguladoras (USP, 2013).

No Brasil, o sistema é formado pela esfera pública (financiada exclusivamente por recursos públicos), e pela privada (fundos privados). O setor público, por meio do Sistema Único de Saúde (SUS), instituído pela Carta Constitucional de 1988, tem por finalidade garantir o acesso aos bens e serviços voltados à saúde em toda a sociedade, e o privado mediante o Sistema Supletivo de Assistência Médica (SSAM). Muito embora as esferas tenham pontos em comum, principalmente no que se refere aos profissionais de saúde, há uma fenda profunda em termos de disponibilidade da população. Além disso, a diferença em termos de remuneração de profissionais de saúde entre os setores é abissal (USP, 2013).

De acordo com o Instituto Brasileiro para Estudo e Desenvolvimento do Setor de Saúde, em média, a remuneração dos profissionais da área pública é metade da paga pela privada. Em alguns casos, a diferença é exorbitante: uma equipe de seis profissionais recebe 940 reais do SUS por cirurgia, enquanto receberia até 13.500 reais dos planos de saúde (VEJA, 2013).

As diferenças salariais entre os setores público e privado, os investimentos insuficientes na área da saúde, bem como a falta de uma infraestrutura de qualidade na saúde pública são fatores que obstam o acesso da sociedade à saúde, como previsto na Constituição Federal CF/88. Nesse sentido, tecnologias que proporcionem a diminuição nos gastos da área da saúde, bem como a acessibilidade e assistência à população são importantes para a situação atual do País, como é o caso das inovações de disrupção.

Como mostrado por Christensen, Grossman e Hwang (2009), a fragmentação de um sistema comercial é complexa, uma vez que requer a mobilização de vários atores conjuntamente, necessitando assim de um nível alto de integração entre médicos, hospitais, empresas agências e ministérios. O ponto mais difícil é conseguir mover os líderes do sistema vigente, haja vista as muitas barreiras regulatórias que obstam o processo, podendo a levar décadas de transição.

O processo de inserção de um novo ecossistema econômico (ruptura) é gradual, rompendo-se os laços com a cadeia de valor precedente (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009). De fato, as rupturas raramente são compatíveis com a cadeia de valor ou com o ecossistema que lhes precede. Ao compreender que o caminho mais rápido e barato para o sucesso passa pela cadeia de valor existente, os inovadores da ruptura invariavelmente se dão conta de que garantir seu “pedaço” do sistema na velha cadeia mata a inovação – ou coopta e redefine o modelo de ruptura, para que ele se adapte àquele sistema. O contrário nunca ocorre.

Assim, a redução no custo de tecnologias que promovam a assistência à saúde, principalmente no setor de vacinas que é composto por seis grandes empresas que majoritariamente dominam o mercado atual - Novartis, Sanofi Pasteur, Merck, Roche, Sandoz, Lilly e Glaxo (GREENBEAN, 2013), tem o potencial de disrupção desse sistema, podendo-se alterar assim as relações de mercado, ao oferecer atributos de desempenho diferentes, contudo, sistemas comerciais de ruptura surgem e progridem por si sós, em trajetórias próprias. Assim, se e quando uma curva de disrupção no mercado progredir a ponto de satisfazer o nível, bem como a natureza do desempenho tecnológico oferecido pelo outro

sistema comercial, a tecnologia de ruptura poderá invadi-lo com velocidade surpreendente, alterando assim a configuração do sistema comercial então vigente (CHRISTENSEN, 2012).

Diante do exposto, neste capítulo foram apresentados os eixos teóricos utilizados para a consecução do trabalho. Primeiramente, foram abordadas as principais questões que tangenciam a literatura sobre inovação de ruptura. Foram discutidos os capacitadores da inovação de ruptura e seus elementos básicos.

As inovações de ruptura são analisadas, de modo geral, sob uma perspectiva econômica, mais técnica, deixando em segundo plano de análise sua condição social. Assim, pretende-se analisar o potencial de inovações disruptivas no setor da biotecnologia, a partir de uma perspectiva sociológica. Para tanto, no capítulo seguinte será apresentado o arcabouço teórico voltado à Teoria Ator-Rede (TAR).

4 A TEORIA ATOR-REDE (TAR)

“A ciência tem duas faces: uma que sabe, outra que ainda não sabe”.
Bruno Latour

A modernidade, compreendida historicamente entre os séculos XV e XVIII, teve como baluarte o pensamento racionalista-cartesiano. O paradigma moderno apregoava, portanto, o conhecimento científico como a única forma de conhecimento verdadeiro. A verdade seria conseguida, mediante o que pudesse ser provado pela ciência, sendo esta, por sua vez, dissociada de elementos subjetivos, com o intuito de torná-la pura, objetiva, separando-se assim em categorias polarizadas a natureza e a sociedade.

A busca da verdade pela razão fundamentou movimentos da época, como o humanismo, o antropocentrismo e o iluminismo, apregoando as promessas de progresso, industrialização e modernização. Passada a fase de otimismo incondicional, percebeu-se que o projeto não foi cumprido conforme o prometido. Presencia-se atualmente uma desigualdade nunca antes vista: mais de 40 milhões de mortos na 2ª Guerra Mundial; mais pessoas morreram de fome do que nos séculos precedentes; 2/3 da humanidade ainda não se encontra industrializada; 1/3 da cobertura vegetal foi devastada somente nos últimos 60 anos; há violação explícita dos direitos humanos, entre outros (SANTOS, 2002; MORIN, 1996). Esses fatos ocasionaram o descrédito da razão, surgindo assim reflexões críticas a respeito da razão instrumental moderna, bem como da construção do conhecimento científico.

No que se refere ao entendimento do processo de construção do conhecimento científico, novas perspectivas apareceram ventilando o tema com importantes contribuições críticas. Uma das correntes é a *Acteur Reseau* que nasceu na França, nos campos da sociologia, e nos Estudos da Ciência e Tecnologia (ECT), na década de 1980. Posteriormente, foi traduzida para o inglês como *Actor-Network Theory* - ANT (LAW, 1999), e para o português como Teoria Ator-Rede (TAR), também conhecida por *sociologia da translação* (CZARNIAWSKA, 2009). Sua denominação “Ator-Rede” remete propositalmente à ideia de rompimento teórico e metodológico da visão dualista de mundo, na qual natureza e sociedade estariam apartadas, passando a correlacionar pessoas e objetos, conteúdo e contexto, humanidade e inumanidade, tecnociência e sociedade (LATOUR, 2005; LATOUR; WOOLGAR, 1997). Além disso, o significado da sigla em inglês ANT (formiga) remete propositalmente à importância às pequenas conexões (LATOUR, 2005).

‘Ator-rede’ significa a impossibilidade de existência do ator fora da rede. Os atores estão configurados conforme a posição que assumem. A percepção de sua existência só ocorre por meio da ligação com outros elementos humanos e não humanos que constituem a rede. O fato de estarem imbricados em redes cria identidade aos atores e lhes provê motivações e recursos. Na rede, a priori, todos os atores (inclusive os artefatos tecnológicos) são atuantes. Fora da rede não pode haver atuação. (TONELLI; BRITO; ZAMBALDE, 2011).

A substituição do termo ‘tecnociência’ ante a clássica nomenclatura de ‘ciência e tecnologia’ se justifica na medida em que o vocábulo consegue descrever todos os elementos amarrados à matéria científica, por mais inesperados ou estranhos que possam parecer (LATOURE, 1987, p. 174). Assim, para a TAR, a produção de ciência não se delimita aos métodos privilegiados dos cientistas à porta do laboratório, mas ultrapassa essa fronteira, perpassando instrumentos utilizados na pesquisa, financiamentos públicos e privados, pares acadêmicos, revistas que publicam artigos, além de diversos outros agentes que atuam na construção do conhecimento científico (LATOURE, 1987).

A produção científica seria, portanto, um produto social, decorrente da dinâmica interação heterogênea entre atores humanos e não humanos. Assim, a TAR parte de uma perspectiva construtivista crítica (PECI; ALCADIPANI, 2006), na qual a constituição do conhecimento científico derivaria da construção progressiva e contínua de uma rede heterogênea de elementos (materiais e imateriais), a partir das rastreáveis conexões (ações e interações) entre os atores humanos e não humanos.

4.1 Ação e o Princípio da Simetria Generalizada

A TAR traz um diferencial ao romper com a concepção tradicional reducionista de *ator* no campo das ciências sociais que exclui componentes não humanos, entendendo-se como *ator* qualquer entidade, poder, anônimo que desenvolva uma ação e produza sentido - combine, misture, concatene, degrade, calcule, antecipe intermediários e transformações para a criação da próxima geração (CALLON, 1986). Para a TAR, tanto objetos como pessoas possuem a prerrogativa de modificarem o social, no sentido de que relações sociais podem moldar máquinas, mas estas também podem conformar relações sociais (LAW, 2006).

(...) As pessoas são quem são por conta de serem uma rede configurada a partir de materiais heterogêneos. Se você tira de mim meu computador, meus colegas, meu gabinete, meus livros, minha mesa, meu telefone, eu não seria um sociólogo que escreve artigos, faz conferências e produz “conhecimento”. Eu seria algo bastante

diferente – e o mesmo vale para todos nós. Logo, esta é a questão analítica. Um agente é um agente principalmente porque habita um corpo que carrega conhecimentos, habilidades, valores e tudo o mais? Ou um agente é um agente porque habita um conjunto de elementos (incluindo um corpo, claro) que se estende em uma rede de materiais, de entidades somáticas, dentre outras, que envolvem cada corpo? (LAW, 1992, p. 4).

Contrariamente ao humanismo ético epistemológico, Latour e Callon ampliam de forma crítica o princípio da simetria do filósofo-sociólogo David Bloor (2009), para os estudos da Sociologia do Conhecimento Científico na década de 1970 (KNORR-CETINA, 1997), denominando-o de *princípio da simetria generalizada*, segundo o qual todos os atores possuem as mesmas possibilidades de interferir no meio social, ou seja, não há hierarquia entre elementos humanos e não humanos.

Decorrente desse princípio, para a análise das redes sociotécnicas, Latour e Callon entendem que a natureza e a sociedade devem ser escritas da mesma forma, nos mesmos termos, e constituintes do mesmo plano ontológico, de maneira simétrica, no mesmo quadro comum de interpretação (LATOURE; WOOLGAR, 1997; DOMÈNECH; TIRADO, 1998; LAW, 2003).

Para Callon (1986b), a partir do momento em que se aceita que tanto as ciências sociais e naturais são igualmente incertas, ambíguas, e discutíveis, já não é possível que elas desempenhem papéis diferentes na análise. A simetria, portanto, refere-se ao tratamento igualitário entre humanos e não humanos (LAW, 2003), sociedade e natureza (LATOURE, 2001; LATOURE; WOOLGAR, 1997).

Assim, como visto por Latour (1994) e Latour e Woolgar (1997), não há uma separação dicotômica entre o mundo dos homens e o mundo das coisas (artefatos, instrumentos). Para a TAR, os atores humanos não se encontram em posição de superioridade para a explicação dos elementos sociais (LAW, 1987), pelo contrário, considera que elementos não humanos também podem atuar na constituição do social, sendo capazes de gerar transformações e modificações (LATOURE, 2005).

Não obstante possuam a prerrogativa de modificação do social, elementos humanos e não humanos não agem isoladamente. A constituição do social é o resultado da associação de humanos e não humanos (LATOURE, 1994), devendo ser distribuída entre os vários elementos envolvidos no processo. Assim, entende-se que não há ações isoladas, mas antes efeitos de uma rede de relações. Para a TAR, natureza e a sociedade seriam efeitos

decorrentes das ações ocorridas nas redes heterogêneas, nas quais haveria uma relação simbiótica entre os dois mundos, e, somente a partir da rede é que haveria ação, é que haveria a percepção de existência dos atores, actantes, no processo de abertura e fechamento de caixas-pretas (LATOUR, 1994, 2001, 2004).

4.2 Os Movimentos de Translação e a Constituição de Redes Heterogêneas

Um dos conceitos fundamentais da TAR é a noção de redes heterogêneas que significa "uma forma de sugerir que a sociedade, as organizações, os agentes e as máquinas são todos efeitos gerados em redes de diversos (não somente humanos) materiais" (LAW, 1992, p. 380). Uma rede pode ser formada a partir da associação entre diversos elementos heterogêneos (CALLON, 1986; LAW, 1992): grupos, máquinas, animais, textos, dinheiro (LAW, 1992), que, juntos, constituem uma estrutura que se conecta a vários lugares, possuindo pontos de convergência e de bifurcação.

(...) Um processo de "engenharia heterogênea", no qual elementos do social, do técnico, do conceitual e do textual são acoplados e, então, convertidos (ou "traduzidos") em um conjunto de produtos científicos igualmente também heterogêneo. Isto acontece na ciência. Mas eu também já afirmei que a ciência não é muito especial. Logo, o que é verdadeiro para a ciência, também pode sê-lo para outras instituições. Assim, a família, a organização, os sistemas computacionais, a economia e as tecnologias – toda a vida social – podem ser delineadas de modo similar. Todos são redes organizadas de materiais heterogêneos cuja resistência foi superada. Este é o movimento crucial feito pelos autores da teoria ator-rede: a sugestão de que o social não é nada mais do que redes de materiais heterogêneos (LAW, 1992, p. 2).

Humanos e não humanos se modificam, deslocam e traduzem seus controversos interesses, constituindo desse modo uma 'rede' heterogênea, cuja existência depende de suas movimentações estratégicas e processos de negociação (LATOUR, 2001, 2004). Esses atores se comportam como diferentes híbridos sem definição precisa (CALLON, 1999), uma vez que a rede-de-ator é um processo localizado, sendo seu caráter um fenômeno contingencial (HASSARD; LAW; LEE, 1999). A natureza das relações estabelecidas entre os atores e suas redes heterogêneas nunca é finalmente resolvida, estando em constante mudança (CALLON, 1986).

Os protagonistas estão envolvidos numa luta sem fim para impor suas próprias definições e ter certeza de que prevalece sua visão de como a realidade pode ser dividida. Obtêm-se consensos, que duram longos ou pequenos períodos de tempo,

ocultando equilíbrios de poder. A linha divisória do que é considerado social e o que é considerado técnico é constantemente renegociada (CALLON, 2007, p. 1).

Assim, para o entendimento de como as redes heterogêneas se constituem e se mantêm, a TAR desenvolveu o conceito de “translação”. Por translação, entende-se "o trabalho pelo qual os atores modificam, deslocam e transladam seus variados e contraditórios interesses" (LATOURE, 1999, p. 311), com o intuito de combiná-los e torná-los comuns (CALLON, 1986; LAW, 1999), mediante operações de convencimento, negociação e persuasão (CALLON; LATOUR, 1981).

Uma rede-de-atores pode ser entendida como um efeito das movimentações dos atores que influenciam elementos humanos e não humanos (peças e porções do social, do técnico, do conceitual e do textual) com os quais interagem, modificando e deslocando seus interesses contraditórios, até configurar uma “rede”, cuja existência depende daquilo que os atores fizeram ou deixaram de fazer para estabelecê-la (LATOURE, 2001, 2004). Somente a partir de seus movimentos de translação é que os atores são visualizados, no sentido de que atores, assim como as redes, são produtos de suas próprias relações. Trata-se de uma dependência existencial entre os pólos ator-rede, sendo, deste modo, mutuamente necessários.

Quando ocorre a associação entre diversos atores bem sucedidos, produz-se um macro-ator (CALLON; LATOUR, 1981), como, por exemplo, instituições, organizações, classes sociais, entre outros. Um macro-ator é uma estrutura mais complexa que consegue, por seu poder, mobilizar micro-atores em favor de seus interesses, consolidando associações entre eles, gerando assim uma caixa-preta (CALLON; LATOUR, 1981; TURETA, 2011) e gerando caixa-preta, mediante processos de translação.

Esse é um ponto importante da TAR: entender como atores e organizações conseguem manter unidos os elementos que os constituem, ou seja, como esses atores (humanos e não humanos) se agregam em redes heterogêneas e conservam-se leais às conexões e alianças estabelecidas (ALCADIPANI; TURETA, 2009; LATOUR, 2001). A TAR busca, portanto, compreender como os diferentes interesses dos atores relevantes podem se alinhar em uma algo durável (LAW, 1992; PONTI, 2011), tal como programas, artefatos físicos que levam a resultados tecnológicos e sociais (PONTI, 2011; CALLON, 1986).

A noção de como uma rede é traçada permite verificar nos rastros deixados como esses movimentos de translações dos atores humanos e não humanos decompõem questões de

cunho político em questões de ordem técnica e vice e versa, podendo-se verificar, portanto, uma topografia do social (LATOUR, 1994, 2008).

4.3 O Fechamento de Caixas-Pretas e a Construção de Fatos Científicos

Por “fato científico”, entende-se o resultado do processo de construção do conhecimento científico. Ao existirem evidências que tornam uma pesquisa científica irrefutável e não mais objeto de dúvidas e controvérsias, tem-se um fato científico. Ocorre que, para Latour e Woolgar (1997), há uma tendência no debate histórico da ciência de se perceber a construção do fato científico como uma descoberta, ofuscando-se o processo e as circunstâncias necessárias para sua constituição. Para os autores: "Os fatos são construídos coletivamente: passam de mão em mão, se deformam e se traduzem, dificilmente mantendo-se estáveis e inalterados" (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 423-424). Nesse sentido, os autores entendem que, para uma pesquisa se tornar aceita sem discussão, é necessário que o cientista vença todas as controvérsias que possam ser levantadas por outros cientistas, bem como pela opinião pública, fechando-se a caixa-preta.

Muito embora seja comumente utilizado no setor da aviação, na teoria dos sistemas, bem como nas Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs, o termo “caixa-preta” dá uma ideia genérica de algo fechado, que comporta grande complexidade. Na TAR, a noção de caixa-preta remete à complexidade inerente ao fato científico, isto é, ao processo pelo qual o fato científico é submetido até se consolidar como certeza. Resultado de disputas, controvérsias e associações, uma vez consolidado, o fato científico se torna uma caixa-preta, isto é, pode ser referenciado sem discussão, sem controvérsias, dúvidas, até que algum evento posterior force sua abertura.

Segundo Nobre e Pedro (2007, p. 228), em contraposição à ideia de caixa-preta, a TAR considera algum artefato técnico que ainda não se estabilizou como “caixa-translúcida” ou “caixa-cinza”. No campo da biotecnologia, as caixas-cinza são constantes, uma vez que novas pesquisas e seu uso social geram incertezas de ordem tecnocientífica, moral e ética, envolvendo atores humanos e não humanos (órgãos de governo, cientistas, moléculas, computadores, bactérias, artigos, cidadãos, entre outros).

Latour (1987) defende que, uma vez constituída uma rede estável de associações, resolvendo-se as controvérsias, as pesquisas científicas transformam-se em ‘coisas’. Para o autor, “novos objetos se tornam coisas: [...] coisas isoladas das condições de laboratório que as moldaram, coisas com um nome que agora parecem independentes de testes nos quais eles provaram sua força.” (LATOURE, 1987 p. 91).

Nesse sentido, Rabinow (2002) analisa o caso da Reação em Cadeia da Polimerase - PCR, hoje considerada uma rotina em laboratórios de biologia molecular, uma ‘coisa’, e que na década de 70 era somente uma técnica de biologia molecular facilitadora. Assim, posteriormente, já na década de 80, após combinações de melhoramentos e aperfeiçoamentos na técnica, além de uma crescente consciência por parte dos cientistas, a caixa-preta referente à PCR foi fechada, permanecendo assim inquestionável até que um novo evento surja para colocá-la novamente em discussão (RABINOW, 2002; LATOUR, 2001).

Rabinow (2002) entende que um fato científico é o resultado de um processo histórico que pode ser sintetizado na tríade “técnica-conceito-sistema experimental”. A partir do estudo histórico de uma tecnologia, torna-se então possível observar o processo de avanço científico ao consolidar uma técnica em um sistema experimental.

Para que uma prática se torne científica, é necessário colocá-la numa forma escrita que esteja de acordo com as normas da comunidade. Não há dúvida de que resultados não contam como fatos científicos sem antes passarem por sistemas experimentais e publicações (RABINOW, 2002, p. 191).

Rabinow (2002), ao analisar historicamente o processo de construção do fato científico da PCR, demonstra que:

Num curto período de tempo começaram a acontecer algumas reversões e movimentos ortogonais tão curiosos quanto espetaculares: o próprio conceito tornou-se um sistema experimental; o sistema experimental transformou-se numa técnica; as técnicas viraram conceitos (RABINOW, 2002, p. 199-200).

Ocorre que esse processo histórico nem sempre segue uma lógica linear, e, além disso, cumpre ressaltar que a análise histórica de uma invenção pode se distinguir das definições legais do que seja uma invenção (RABINOW, 2002). O que se pretende dizer é que, a título exemplificativo, o processo de patenteamento de uma tecnologia necessariamente determina sua origem e/ou sua constituição enquanto fato científico. De acordo com o autor:

Embora a tríade técnica-conceito-sistema experimental esteja implicada em qualquer descoberta científica, as relações entre estes termos são variáveis. No mundo da ciência e da tecnologia, as relações entre estes três elementos variam. A forma assumida por esta relação num momento particular é uma questão empírica. Não há

necessariamente uma progressão unilinear das técnicas aos conceitos e então aos sistemas experimentais, ou dos conceitos às técnicas e daí aos sistemas. Cada um destes três elementos pode emergir primeiro e ocasionar desenvolvimentos nos outros dois; é também possível que dois elementos emerjam juntos, ou que todos os três emerjam ao mesmo tempo. Além do mais, as técnicas que surgem num nexos de relações podem ser desenvolvidas num outro nexos. A mesma variabilidade existe entre os conceitos e os sistemas experimentais, sendo que frequentemente os sistemas tornam-se técnicas que são reconceitualizadas e praticadas de modos distintos (RABINOW, 2002, p. 186).

Por essa razão, a proposta metodológica oferecida por Latour (1994) tem como foco a construção da tecnociência, e não uma ciência já pronta, estruturada. O objetivo da teoria ator-rede é abrir as caixas-pretas através das controvérsias. Somente por meio das caixas-pretas que o social pode emergir, demonstrando assim as conexões e associações entre atores humanos e não-humanos. Para Latour, ao abrirmos as caixas-pretas do social, a noção de realidade vai se ampliando, uma vez que uma visão crítica vai sendo construída.

4.4 Regras e Princípios da “Ciência em Ação”

Um dos expoentes da Teoria Ator-Rede é o filósofo e antropólogo francês Bruno Latour que se define e ao seu grupo de amigos como “sociólogos, historiadores, economistas, cientistas políticos, filósofos, antropólogos [...] acrescentando sempre o genitivo: das ciências e das técnicas” (LATOURE, 1994, p. 9). Assim, Latour entende que, para que se possa analisar o entrelaçamento das redes sociotécnicas, é necessário um olhar panóptico, englobando a epistemologia, as ciências sociais e as ciências do texto, e não olhares divorciados.

Nesse entendimento, Latour propõe em sua obra *Ciência em Ação* uma metodologia para o estudo da construção dos fatos científicos. Para o autor, três ideias basilares norteariam o desenvolvimento metodológico, a saber:

1. Um fato científico é algo construído;

A proposta metodológica oferecida por Latour (1987) não analisa a ciência já pronta, acabada e confirmada, mas se volta ao processo de construção da tecnociência, da ciência das bancadas dos laboratórios de pesquisas que definem, nesse mesmo processo, sua construção bem como o contexto social (LATOURE, 2000, 2001). Para o autor, os fatos

científicos e as máquinas seriam uma “consequência, e não a causa de uma ação coletiva” (LATOUR, 1987, p. 259).

Entraremos nos fatos e nas máquinas enquanto eles estão em construção: não levaremos conosco preconceitos sobre o que constitui o conhecimento; iremos olhar o fechamento das caixas pretas e ser cuidadosos ao distinguir entre duas explicações contraditórias deste fechamento: uma quando já está terminada, a outra quando está sendo construída (LATOUR, 1987, p.13).

Assim, para o autor, o fato científico é o resultado de um processo árduo no qual se faz necessário o cientista ultrapassar todas as controvérsias envolvendo seus pares, bem como a representação pública. Somente após esse processo é que a caixa-preta pode ser fechada, ou seja, um fato científico é construído e passa a ser aceito sem discussão (LATOUR, 1987).

2. O processo de construção decorre das ações das redes sociotécnicas;

Para Latour (2005), conforme o item anterior, todo fato científico é construído a partir dos processos ininterruptos de translação existentes em uma rede sociotécnica que envolve atores humanos e não humanos. A interação entre esses atores culmina num processo de enredamento técnico, mas também social, uma vez que há uma interdependência entre as esferas.

3. A construção findaria por se cristalizar em um objeto, artefato, cuja origem não estaria mais em foco.

Latour (1987) entende que a finalização do processo de construção do conhecimento científico resulta em um produto posterior, no sentido de que, após serem decididas as controvérsias sobre uma pesquisa, a caixa-preta se fecha e se transforma em ‘coisa’, condição essa que se torna inquestionável até que novo evento renasça a discussão. Para o autor, “novos objetos se tornam coisas: [...] coisas isoladas das condições de laboratório que as moldaram, coisas com um nome que agora parecem independentes de testes nos quais eles provaram sua força.” (LATOUR, 1987 p. 91).

Nesse sentido, pode-se visualizar o conhecimento gerado em várias formas materiais, como em uma fala, uma apresentação numa conferência, em artigos, livros,

patentes, como também em habilidades incorporadas em cientistas e técnicos (LATOURE; WOOLGAR, 1997). De acordo com Law (1992, p. 3):

A resposta da teoria ator-rede é que ele é o produto final de muito trabalho no qual elementos heterogêneos – tubos de ensaio, reagentes, organismos, mãos habilidosas, microscópios eletrônicos, monitores de radiação, outros cientistas, artigos, terminais de computador, e tudo o mais – os quais gostariam de ir-se embora por suas próprias contas, são justapostos numa rede que supera suas resistências. Em resumo, o conhecimento é uma questão material, mas é também uma questão de organizar e ordenar esses materiais. Este então é o diagnóstico da ciência, na visão ator-rede: um processo de “engenharia heterogênea” no qual elementos do social, do técnico, do conceitual, e do textual são justapostos e então convertidos (ou “traduzidos”) para um conjunto de produtos científicos, igualmente heterogêneos.

Latour (2000) enumera algumas regras necessárias para o estudo da construção do fato científico, sob a perspectiva de redes. Seriam sete as regras metodológicas a serem seguidas:

Regra 1. Estudaremos a ciência em ação, e não a ciência pronta ou a tecnologia; para isso, chegaremos antes que os fatos e máquinas sejam transformados em caixas-pretas, ou seguiremos as controvérsias capazes de reabri-las.

Regra 2. Para determinar a objetividade ou subjetividade de uma afirmação, a eficiência ou perfeição de um mecanismo, não procuraremos por suas qualidades intrínsecas, mas por todas as transformações por que passaram nas mãos de outros.

Regra 3. Como a decisão de uma controvérsia é a causa da representação da Natureza, e não sua consequência, não podemos usar esta consequência, a Natureza, para explicar como e porquê uma controvérsia foi decidida.

Regra 4. Como a decisão de uma controvérsia é a causa da estabilidade da Sociedade, e não sua consequência, não podemos usar a Sociedade para explicar como e porquê uma controvérsia foi decidida. Devemos considerar simetricamente os esforços para arrolar recursos humanos e não humanos.

Regra 5. Devemos ser tão indecisos quanto aos vários atores que seguiremos tanto quanto àquilo do que a tecnociência é feita; todas as vezes que uma divisão interna/externa é construída, devemos estudar os dois lados simultaneamente e fazer a lista, sem se importar o quão longa e heterogênea possa ser, daqueles que fazem o trabalho.

Regra 6. Confrontada com a acusação de irracionalidade, não olharemos para qual regra da lógica foi quebrada, nem para qual estrutura da sociedade pode explicar essa distorção, mas para o ângulo e a direção do deslocamento do observador, e para a extensão da rede que está sendo construída.

Regra 7. Antes de atribuir qualquer qualidade especial à mente ou ao método das pessoas, vamos examinar primeiro os muitos caminhos pelos quais as inscrições são reunidas, combinadas, amarradas e devolvidas. Uma vez que as redes foram estudadas, apenas se existir algo inexplicável poderemos começar a falar de fatores cognitivos (LATOURE, 1986, p. 258).

Em complemento, além das regras sugeridas, o autor ainda enumera seis princípios basilares que sustentam suas ideias principais:

Primeiro princípio. O destino dos fatos e máquinas está nas mãos de seus usuários finais; suas qualidades são, desse modo, uma consequência, e não uma causa, de uma ação coletiva.

Segundo princípio. Cientistas e engenheiros falam em nome de novos aliados que eles moldaram e arrolaram; representantes entre outros representantes, eles agregam esses recursos imprevistos para inclinar o equilíbrio de forças a seu favor.

Terceiro princípio. Nunca somos confrontados com ciência, tecnologia e sociedade, mas com uma gama de associações fortes e fracas; desse modo, entender o que são os fatos e máquinas é uma tarefa semelhante a entender quem são as pessoas.

Quarto princípio. Quanto mais a ciência e a tecnologia têm conteúdo esotérico, mais elas se estendem para fora; assim, 'ciência e tecnologia' são apenas um subitem da tecnociência.

Quinto princípio. Irracionalidade é sempre uma acusação feita por alguém, que constrói uma rede, a outro alguém que se coloca em seu caminho; desta forma, não há a Grande Divisão entre os pensamentos, mas apenas redes curtas e extensas; fatos resistentes não são a regra mas a exceção, pois eles são necessários apenas em poucas ocasiões para deslocar outros em grande escala fora de seus caminhos habituais.

Sexto princípio. A história da tecnociência é, em grande parte, a história dos recursos dispersos pelas redes para acelerar a mobilidade, lealdade, combinação e coesão de 'pegadas', que fazem a ação à distância possível (LATOUR, 1987, p. 259).

4.5 A Cartografia das Controvérsias Científicas

Para a TAR, os estudos científicos não estão dissociados da esfera social, pelo contrário, para a corrente em comento a “estrutura social não é um nome, mas um verbo” (LAW, 2006, p. 7), nesse sentido, os organismos da ordem social não são entendidos como completos, estáticos e autônomos, mas dinâmicos e em constante movimento.

Latour (2001) entende que a compreensão da realidade do processo de construção do fato científico se dá mediante o acompanhamento da prática científica. Para Latour (2001), esse processo pode ser entendido como um sistema circulatório, no qual os diversos atores humanos e não humanos se relacionam e geram novas associações. Assim, os laboratórios científicos se mostram como o *locus* para a compreensão da produção de conhecimento, para a produção de certeza.

Para o autor, o entendimento da dimensão social envolve várias vozes (entes heterogêneos) importantes à compreensão de fenômenos advindos por redes sociotécnicas, campo de surgimento de inovações (LATOUR, 2000), que são geradas mediante a interação entre esses “multi-agentes” (WINDRUM; GARCÍA-GOÑI, 2008). Assim, para a compreensão e melhor visualização desses multi-agentes, Latour (2001) elaborou um modelo composto por cinco circuitos que se entrelaçam concomitantemente em um eixo principal (circuito dos *vínculos e nós*), como mostrado na FIGURA 6. O autor entende que, para o entendimento da construção dos fatos científicos, é necessário que os cinco circuitos sejam considerados na análise, a fim de se conseguir uma reconstrução da rede dos fatos científicos.

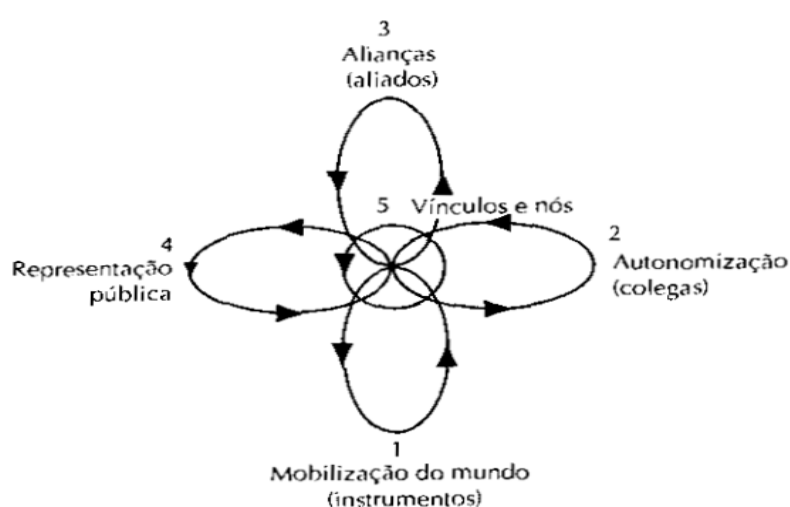


FIGURA 6: O sistema circulatório dos fatos científicos.

Fonte: LATOUR, 2001, p.118.

1. *Mobilização do mundo*. O primeiro circuito apresentado pelo autor diz respeito à inserção dos atores não humanos no discurso, sendo esses o corpo de instrumentos materiais disponíveis aos cientistas, com o intuito de argumentar em favor de suas pesquisas.
2. *Autonomização* (pares). Latour entende que, para que um pesquisador consiga que sua pesquisa científica tenha credibilidade, faz-se necessário que haja pares, colegas especializados, que possam julgar e criticar sua pesquisa: “um especialista isolado é uma contradição em termos” (LATOUR, 2001, p. 106). De acordo com Rabinow (2002, p. 197):

A ideia de autonomia científica reassegura a identidade dos cientistas quando eles confrontam o poder da voz da ciência e as suas próprias fraquezas em arena pública. Enfim, cientistas não são políticos, eles são mais tolerantes com possíveis derrotas políticas do que com a perda da credibilidade junto aos seus colegas.

3. *Alianças* (aliados). Para Latour (2001) somente a partir de associações e alianças industriais, políticas, governamentais uma disciplina pode se tornar autônoma.

4. *Representação pública*. O quarto anel se refere à necessidade do pesquisador ter importantes relações com a opinião pública, como imprensa, mídia em geral, e cidadãos. A opinião pública influencia nos demais circuitos, portanto a preocupação com esse circuito é fundamental para vencer os preconceitos e dúvidas concernentes à pesquisa, aumentando assim o poder de convencimento do pesquisador.
5. *Vínculos e nós*. O quinto circuito, por ser um ponto central da rede, estabelece ligação com os quatro outros circuitos, uma vez que mantém unidos inúmeros recursos heterogêneos. De acordo com o autor:

Disciplinas difíceis precisam de conceitos mais amplos e mais exigentes que as disciplinas fáceis, não por estarem 'mais distantes' do resto do mundo dos dados, colegas, aliados e espectadores – os outros quatro circuitos -, mas porque o mundo que elas agitam, abalam, movem e vinculam é muito maior (LATOUR, 2001, p. 127).

Nesse sentido, Latour (2001) entende que as atividades dos cientistas devem ser atravessadas por esses anéis, no sentido de que o cientista deve atuar em cada um dos campos. Somente a partir desse movimento, as controvérsias podem ser solucionadas e o resultado de suas pesquisas legitimado entre seus pares e a ordem pública.

O termo controvérsia refere-se a uma disputa em que se alegam razões pró ou contra de conhecimentos científicos ou técnicos ainda não assegurados, podendo envolver atores diversos, como: governo, capital, agências públicas, tecnologia, religiões, sociedade civil, etc. A análise das controvérsias permite que sejam visualizados e compreendidos os conflitos de interesses, as influências e resistências no processo de construção de conhecimento, ou seja, as ações dos atores da rede nas esferas social, política e moral. Entende-se, portanto, a cartografia das controvérsias como um observatório diferenciado para a visualização e rastreamento das redes sociotécnicas composto por um conjunto de técnicas de visualização e análise de polêmicas.

As controvérsias geradas em torno das tecnologias têm seu percurso traçado pelas negociações entre os diversos actantes envolvidos. Essas turbulências são motivadas por coerções diversas. As controvérsias tecnocientíficas, portanto, são sempre políticas também. O que temos é um tecido híbrido de tecnologia e sociedade onde as controvérsias são, portanto, em muito impulsionadas por diferentes fatores (NOBRE, 2009).

Latour (2008) defende que para se compreender as novas combinações e associações entre os atores em uma rede sociotécnica, é necessário rastrear os atores, através das práticas científicas, seguir os passos, as conexões por eles feitos, suas articulações controvertidas, percorrer seus caminhos na rede, delineando-a, ou seja, cartografando-a a fim

de entender os vínculos, nós (controvérsias) que surgem a partir do relacionamento entre esses atores. Assim, pode-se recuperar a trajetória de uma tecnologia, de pesquisas e inovações desenvolvidas, revelando, desta maneira, as associações entre os atores, as conexões entre ciência e política estabelecidas para a constituição de uma determinada rede.

Por abranger inúmeros fatores humanos e não humanos, as controvérsias formam “fóruns híbridos” complexos, envolvendo disputas, debates, jogos de interesse e influência de atores, desestabilização, aberturas de caixas-pretas, incertezas compartilhadas, negociação, a fim de se reduzir a complexidade do social. Por sua vez, a análise das controvérsias permite a visualização de como se constitui o social em sua forma mais dinâmica.

To understand how social phenomena are built it is not enough to observe the actors alone nor is it enough to observe social networks once they are stabilized. What should be observed are the actors-networks – that is to say, the fleeting configurations where actors are renegotiating the ties of old networks and the emergence of new networks is redefining the identity of actors (VENTURINI, 2010, p. 7).

Nesse sentido, o método cartográfico permite a operacionalização da Teoria Ator-Rede no sentido de que as interações heterogêneas (traduções) entre os atores que geram as redes sociotécnicas (ambiência para inovações) passam a ser visualizadas e descritas, sendo, portanto, um modelo de expressiva relevância metodológica na produção dos relatos. Para tanto, é necessário “seguir os autores” (LATOUR, 2000), “ouvir” o que eles têm a dizer, procurando-se assim compreender: como a rede se constituiu? Quais os atores envolvidos nesse processo? Quais eram os interesses envolvidos? Como as conexões e alianças estratégicas foram formadas? Que controvérsias surgiram nesse processo?

De acordo com Pedro (2005), compreender e mapear as controvérsias requer uma especial atenção aos dispositivos de saber-poder que estão em ação nas redes, lembrando que os argumentos lançados não são apenas técnicos, mas estão fortemente entrelaçados com crenças, interesses e com as outras redes em que os cientistas estão inseridos. Logo, o passo inicial no sentido do entendimento das controvérsias é o de compreender as forças que geram essas pontualizações e conhecimentos em conflito (NOBRE; PEDRO, 2010, p. 53-54).

Assim, o objetivo do método da cartografia não é diretamente solucionar as controvérsias surgidas a partir da consolidação do fato científico, mas antes oferecer, a partir do estudo da rede híbrida, diferentes caminhos para solucioná-las. O método é composto por técnicas e conceitos minuciosos que têm por intuito descrever, visualizar e compreender as controvérsias em suas esferas sociopolítica e econômica (VENTURINI, sd). Parte-se, portanto, de uma visão completa, panóptica acerca da realidade em construção.

Nesse sentido, cartografias são sempre provisórias, funcionais até o momento em que novas cartografias – portanto, novas paisagens – se imponham. O ofício do cartógrafo envolve, assim, uma implicação nas redes que ele cartografa, um entendimento sem exterioridade de seus movimentos e desvios. Para tanto, lhe é conveniente um equipamento bastante “minimalista” (...) sempre aberto a redefinições (PEDRO, 2008, p. 11-12).

Ocorre que, como mostrado por Venturini (2010), nem toda controvérsia se torna um bom objeto de estudo. É importante para um bom resultado da investigação que o pesquisador saiba escolher uma controvérsia. Controvérsias frias e passadas, com debates já letárgicos e harmônicos não geram muita ação a ser observada, prejudicando assim a pesquisa. É importante também que o pesquisador não escolha controvérsias muito amplas, ilimitadas, uma vez que se torna mais difícil mapear a complexidade. Por fim, Venturini (2010) sugere a escolha controvérsias abertas a debates públicos, evitando-se assim assuntos sigilosos e confidenciais.

Nesse contexto, Latour (2000) estabeleceu alguns princípios metodológicos para a realização do acompanhamento de uma controvérsia indicados por Pedro (2008, p. 12):

- 1) Buscar uma *porta de entrada* – É preciso encontrar uma forma de “entrar na rede”, de acessá-la e, de algum modo, participar de sua dinâmica.
- 2) Identificar os *porta-vozes* – Uma vez que da rede participam múltiplos actantes, humanos e não humanos, é preciso identificar aqueles que “falam pela rede”, e que acabam por sintetizar a expressão de outros actantes. Neste processo, vale ressaltar, não se pode deixar de tentar buscar as “vozes discordantes”, ou seja, a recalcitrância que também circula na rede.
- 3) Acessar os *dispositivos de inscrição*, ou seja, tudo o que possibilite uma exposição visual, de qualquer tipo, em textos e documentos, e que possibilitam “objetivar” a rede;
- 4) Mapear as *ligações da rede* – Trata-se aqui de delinear as relações que se estabelecem entre os diversos atores e nós que compõem a rede. Envolve as múltiplas traduções produzidas pelos atores, ressaltando-se suas articulações, em especial: os efeitos de sinergia ou de cooperação na rede; os efeitos de encadeamento ou de repercussão da rede; as cristalizações ou limitações da rede.

Após a sua entrada na rede, cabe ao pesquisador apresentar as controvérsias encontradas, mediante a tomada de notas e variados tipos de registros de suas observações e descrições, a fim de se obter uma representação do social. Assim, ante o exposto, pretende-se utilizar a metodologia de cartografia das controvérsias com o intuito de se compreender o processo histórico de construção do fato científico em estudo. Como a dissertação tem por objetivo investigar e analisar o potencial de disrupção da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, será apresentado no capítulo que se segue um panorama do setor da biotecnologia, a fim de contextualizar o campo empírico em que se insere o objeto de estudo da pesquisa.

5 BIOTECNOLOGIA: CONCEITOS E ESTRUTURA

A partir da segunda metade do século XX, com o advento da Terceira Revolução Industrial ou Revolução Tecnocientífica, a aplicação contígua de conhecimentos tecnocientíficos de ponta nos processos produtivos provocou a ascensão de setores intensivos em tecnologia, como a informática, a microeletrônica, as telecomunicações, e a biotecnologia, conhecida também como a “indústria da vida”.

Nos últimos anos, a biotecnologia evoluiu intensamente, impactando o desenvolvimento econômico mundial, ao expandir as oportunidades de negócio em vários e diferentes setores produtivos. Nesse contexto, não obstante o risco de exclusão tecnológica, a biotecnologia representa uma oportunidade estratégica para economias *latecomers* de aceleração de crescimento econômico, de desenvolvimento de suas capacidades inovativas, e de inserção competitiva no comércio internacional.

Nesse contexto e segundo Rose (2012) a vida em si tem sido objeto de transformações que estão tornando-a compatível com estas novas relações econômicas. Como resultado desse processo se vem conformando um novo campo geopolítico no qual a biopolítica aparece inextricavelmente entrelaçada com a bioeconomia, emergindo, em consequência, novos âmbitos para o exercício da política da vida no século XXI.

No campo empresarial, Rose (2012) ao discutir as principais mutações provenientes desses novos âmbitos faz referência a uma “economia da vitalidade” baseada na busca de “biovalor” e, nesse sentido, os atores anteriores como as grandes corporações farmacêuticas, se transformaram, por um lado, como resultado de suas relações com a ciência, e, por outro, com os mercados de valores. Surgem, portanto, novos atores, como as empresa emergentes e as empresas tipo *spin-off* de biotecnologia. Nesse contexto a vitalidade se descompõe em uma série de objetivos discretos e distintos, delimitados, acumulados, mobilizados e intercambiados, dotados de um valor discreto e negociado através do tempo, do espaço entre diferentes espécies, contextos, redes, empresas e ao serviço de numerosos objetivos diferentes.

Nesse sentido, o presente capítulo apresenta uma sintética revisão sobre conceitos referentes ao setor da biotecnologia, sua estrutura e ambiente de negócios, no intuito de

estabelecer uma contextualização para a compreensão do setor. Para finalizar, traz-se a discussão para o âmbito local, apresentando-se a Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO, campo empírico elegido para o desenvolvimento desse trabalho.

5.1 O que é Biotecnologia?

Por biotecnologia se entende a ciência que tem como base principal a biologia, ao manipular organismos vivos ou parte deles para a produção de bens (alimentos, produtos farmacêuticos, entre outros), e serviços diversos para uso do homem (GRACE, 1997; NILL, 2002). A origem do vocábulo é grega, sendo: *bio* (vida); *logos* (conhecimento); e *tecno* (práticas em ciência). De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica da Organização das Nações Unidas (ONU):

Biotecnologia define-se pelo uso de conhecimentos sobre os processos biológicos e sobre as propriedades dos seres vivos com o fim de resolver problemas e criar produtos de utilidade.

Muito embora a definição esposada pela Convenção acima aludida, encontra-se na literatura uma vasta gama de significados para o termo, uma vez que as definições dadas variam conforme o olhar a ela lançado. Smith (2004) coleciona outros conceitos do termo, como se segue:

A aplicação de organismos biológicos, sistemas ou processos para fabricação e indústrias de serviços.

O uso integrado da bioquímica, microbiologia e ciências da engenharia a fim de alcançar as capacidades tecnológicas (industriais) para aplicação de microorganismos, células de tecidos cultivados e suas partes.

Tecnologia que usa fenômenos biológicos para copiar e fabricar diversos tipos de substâncias úteis.

A aplicação de princípios científicos e de engenharia para o processamento de materiais por agentes biológicos para prover bens e serviços.

A ciência dos processos de produção com base na ação de microorganismos e seus componentes ativos e dos processos de produção envolvendo a utilização de células e tecidos de organismos superiores.

Tecnologia médica, agricultura e cultura tradicional de criação de animais não são geralmente consideradas como biotecnologia.

Realmente não mais do que um nome dado a um conjunto de técnicas e processos.

O uso de organismos vivos e seus componentes na agricultura, produção de alimentos e outros processos industriais.

A decodificação e o uso do conhecimento biológico.

A aplicação de nosso conhecimento e entendimento da biologia para atender necessidades práticas.

QUADRO 3 - Algumas definições de biotecnologia.

Fonte: SMITH, 2004, p. 3.

A biotecnologia não se restringe às disciplinas voltadas à área da saúde, pelo contrário, permeia vários campos do conhecimento ao combinar disciplinas tais como genética, microbiologia, bioquímica, biologia molecular, genômica, embriologia e biologia celular com a engenharia química, tecnologia da informação, robótica, controle de processos, bioética, biossegurança e biodireito, dentre outras.

Por essa razão, a indústria de biotecnologia permeia setores que, à primeira vista, não possuem relação direta com a área da saúde, como no caso da agricultura e das indústrias têxteis e de produção de papel, uma vez que trazem benefícios econômicos e técnicos às práticas industriais convencionais (ETSCHMANN; GEBHART; SELL, 2002). Assim, a biotecnologia possui inúmeras aplicações, partindo do desenvolvimento de pesquisa básica, como também na solução de problemas práticos (bens e serviços). Seus variados campos de aplicação permitem que a biotecnologia seja dividida em quatro grandes áreas: biotecnologia vegetal, biotecnologia de alimentos, biotecnologia ambiental e biotecnologia humana (IÁÑEZ, 2000).

5.2 Nascimento e Evolução do Setor

Muito embora a definição da indústria da biotecnologia tenha se cristalizado e disseminado na década de 1970, nos Estados Unidos (BAINS; EVANS, 2001), suas raízes remontam a práticas e descobertas empíricas muito anteriores à era Cristã. O QUADRO 4 abaixo traz uma retrospectiva histórica dos principais eventos em biotecnologia, até à década de 80, quando do surgimento da biotecnologia moderna.

Data	Evento
6000 A.C.	Panificação (envolvendo a fermentação de leveduras).
3000 A.C.	Requeijão de soja é utilizado para tratar infecções de pele na China.
2500 A. C.	Fermentação de cerveja no Egito.
1790	Ato de patentes não provê proteção para animais e plantas, umas vez que são considerados produtos da natureza.
1857	Pasteur prova que as leveduras são células vivas que provocam a fermentação do álcool. Nascimento da microbiologia.

1900-1920	Etanol, glicerol, acetona, butanol são produzidos comercialmente por fermentação em larga escala.
1928	Alexander Fleming descobre a penicilina.
1930	Ato de patente de plantas, que permite o patenteamento de plantas reproduzidas por cultura de tecidos.
1953	Estrutura e função do DNA são elucidadas.
1980	Suprema Corte dos Estados Unidos considera que formas de vida são patenteáveis.
1981	Primeiro rato transgênico.
1984	Desenvolvida a reação em cadeia da polimerase (PCR).
1989	Início do projeto genoma humano.

QUADRO 4 - Linha do tempo de alguns dos principais eventos em biotecnologia.

Fonte: MOSIER; LADISCH, 2009, p. 5-9 *apud* MACHADO, 2012.

A partir da década de 70, com a crise energética, estudos voltados à biologia molecular foram desenvolvidos, concentrando-se na manipulação genética de organismos, como pesquisas com DNA (material genético), biocombustíveis (álcool), e desenvolvimento de organismos geneticamente modificados. Nas décadas de 80 e 90, as pesquisas envolvendo o genoma humano e de outros organismos foram intensificadas, impactando setores como a medicina, a agricultura (plantas transgênicas, mudas, fertilizantes...), consolidando-se a biotecnologia industrial.

Na década de 2000, diante dos problemas ambientais surgidos em escala global, a indústria da biotecnologia moderna se voltou para o desenvolvimento de produtos substitutos para a economia, principalmente no que se refere às matrizes energéticas até então utilizadas. Como substitutos para o futuro da energia podem ser citados a fusão nuclear, energia eólica, solar, cana-de-açúcar, etanol celulósico, algas, e leveduras. Assim, além de substituir processos e produtos tradicionais nos principais setores industriais, proporcionando maior economia, eficiência e, de um modo geral, maior competitividade e adaptabilidade, a biotecnologia moderna proporciona importantes perspectivas para o bem estar da população, social e economicamente, ao oferecer soluções para problemas de saúde, meio ambiente e agricultura.

No que tange ao desenvolvimento da biotecnologia industrial, Burrell e Lee Jr. (1991) caracterizam seu ciclo de vida em estágios de desenvolvimento, como se segue no QUADRO 5 abaixo:

	Descritores	Fases anteriores (1970 - 1990)	Fase atual (1990 - 2000)	Fase futura
Demografia	<i>Start-ups</i>	Muitas e de qualidade variada, alto percentual da indústria	Ainda com bom fluxo, redução de percentual da indústria	Poucas mas de alta qualidade, baixo percentual da indústria
	Fonte de empresários	Indústrias tradicionais e academia	Grandes empresas de indústrias tradicionais e grandes empresas de biotecnologia	Grandes empresas de biotecnologia
	<i>Spin-outs</i> biotecnológicos	Nenhum	Alguns	Muitos
	Consolidação	Pouca	Aumentando	Significativa e consolidada
	Número total de empresas	Crescendo rapidamente	Crescendo mas num ritmo lento	Ficando cada vez menor
Rentabilidade	Produtos	Poucos produtos: definição de tecnologia no início	Aprovação de produtos significante	Linha de produção de produtos contínua Pressão para manter P&D eficiente
	Infra-estrutura	Poucas vendas, marketing ou produção	Aumento das vendas, marketing e produção	Infra-estrutura no local
	Despesas - P&D - Vendas, marketing e fabricação	Despesas primárias Muito baixas	Aumento do percentual de despesas total	Percentual de vendas constante
	Lucros	Sem lucros	Algumas companhias lucrativas	Indústria rentável
Financiamentos	Alianças estratégicas - Parceiros estratégicos	Indústria tradicional	Indústria tradicional e de biotecnologia	Aumento de biotecnologia
	- Razões para alianças	Capital	Capital e marketing	Marketing e novas pesquisas tecnológicas
	Financiamentos - Capital de risco	Alta proporção de financiamento	Percentual moderado de financiamento	Pequena proporção de financiamento
	- Patrimônio público	Mercado volátil	Mercado pouco volátil	Mercado estável
	Capitalização de mercado	Baixa	Aumentando rapidamente	Continua a aumentar

QUADRO 5 - Ciclo de vida das indústrias biotecnológicas.

Fonte: Adaptada de BURRILL; LEE JR., 1991, p. 3.

O estágio desenhado para o futuro, descrito por Burril e Lee Jr. (1991) como ‘fase futura’ reflete a atual evolução e as intensas transformações ocorridas no campo científico e das aplicações da biotecnologia moderna, desde o agronegócio à bioindústria. Tecnologias utilizando DNA recombinante (clonagem), organismos geneticamente modificados (transgênicos), sequenciador genético, a evolução da bioinformática e da biologia molecular

com o desenvolvimento do PCR (Reação Polimerase em Cadeia), são exemplos da velocidade vertiginosa com que evolui a biotecnologia moderna. Nesse sentido, é importante a discussão das economias no que se refere às grandes oportunidades desse século geradas pela biotecnologia.

A década de 1980 foi marcada pela descoberta de um dos mais revolucionários métodos da biologia molecular e que teve profundo impacto na capacidade de estudo dos cientistas em todas as áreas da biologia: o método enzimático de amplificação *in vitro* do DNA com uso da polimerase, ou simplesmente PCR (*polymerase chain reaction*). A polimerase - enzima capaz de copiar uma fita molde de DNA desde que ancorada inicialmente nos “iniciadores” sintéticos – utilizada na reação de PCR, tem como temperatura ótima de funcionamento 72°C e é estável em temperaturas mais elevadas, tornando-a muito conveniente nesses estudos. Basicamente, tornou-se possível a produção de vários bilhões de cópias de um segmento específico do DNA em uma reação coordenada por ciclos sucessivos de temperatura (PÊGAS; PRÁ, 2005, p. 143). (...)

Suas características fundamentais como a segurança, reprodutibilidade e rapidez de execução transformaram profundamente a rotina diagnóstica em Biologia Molecular, particularmente no que concerne ao monitoramento da doença residual durante e após a terapêutica anti-neoplásica (PÊGAS; PRÁ, 2005, p. 147).

Durante o período de 2002-2006, o mercado global da biotecnologia cresceu a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 13,4%, gerando receitas de US\$153,7 bilhões em 2006 (DATAMONITOR, 2007, p.3). De acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), no ano de 2030, cerca de 2,7% do Produto Interno Bruto (PIB) dos países mais ricos corresponderá à área de produtos biotecnológicos. Assim, em um período em que o Brasil se volta ao desenvolvimento, a discussão sobre a preparação do País para de apropriar e se beneficiar da biotecnologia é crucial.

Na última década, a comunidade científica brasileira desenvolveu uma notória competência técnica internacionalmente na área de biotecnologia. Na TABELA 1 a seguir, podem ser verificados os resultados obtidos a partir da análise bibliométrica dos artigos publicados e indexados na base de dados *Web of Science*, durante o período de 1998 a 2007.

TABELA 1
Produção científica brasileira por área de fronteira no período 1998-2007.

Período 1998-2007	Produção científica				
Áreas	Quantidade	Ano de maior quantidade	País líder	Posição do Brasil	Universidades Brasileiras no Top 25
<i>Genômica, pós-genômica e proteômica;</i>	14.178	2006	EUA (43,3%)	21	
<i>Farmacogenética</i>	1.103	2007	EUA (44,2%)	18	
<i>Função gênica, elementos regulatórios e terapia gênica;</i>	3.879	2007	EUA (49,7%)	24	
<i>Células-tronco;</i>	14.984	2007	EUA (38,4%)	29	
<i>Clonagem e função heteróloga de proteínas;</i>	18.804	1998	EUA (35,0%)	19	
<i>Nanobiotecnologia;</i>	2.232	2007	EUA (33,2%)	26	
<i>Engenharia tecidual;</i>	2.011	2006	EUA (41,9%)	25	
<i>Reprodução animal e vegetal;</i>	1.032	2005	EUA (28,4%)	8	UFRGS (14a.) e UFMG (19a.)
<i>Organismos geneticamente modificados e transgênicos</i>	11.896	2004	EUA (45,9%)	24	
<i>Controle biológico em agricultura</i>	2.129	2006	EUA (33,0%)	12	UFV (24a.)
<i>Conversão de biomassa;</i>	3.111	2007	EUA (29,1%)	13	USP (11a.)
<i>Biodiversidade e bioprospecção</i>	2.361	2007	EUA (30,5%)	15	
<i>Bioremediação</i>	771	2005	EUA (29,8%)	17	
<i>Bioinformática;</i>	1.257	2006	EUA (48,1%)	17	

Fonte: ABDI <http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20Setorial%20Biotecnologia.pdf>

Em termos empresariais, segundo dados do estudo da Associação Brasileira de Biotecnologia (BRBiotec) e do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap) (BRBIOTEC Brasil/Cebrap, 2011), o País conta com um universo de 237 empresas de biotecnologia, distribuídas principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. No que se refere às áreas de atuação das empresas investigadas, caracterizam-se seis setores de atividades principais (saúde humana, agricultura, bioenergia, saúde animal, meio ambiente e reagentes), e uma parcela correspondendo a um setor misto (outros setores), conforme pode-se visualizar na FIGURA 7 abaixo.

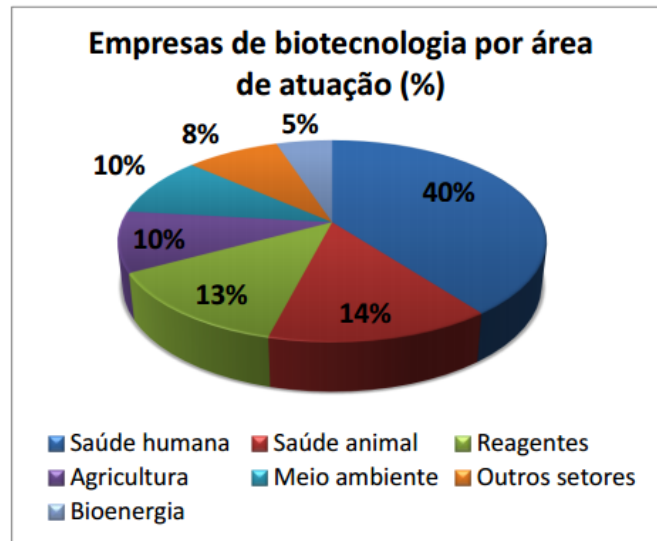


FIGURA 7 – Distribuição de empresas de biotecnologia por setor de atividade.
Fonte: BRBIOTEC Brasil/Cebrap, “Brazil Biotech Map 2011”.

O gráfico revela um considerável destaque para o desenvolvimento de aplicações na área da Saúde Humana, englobando-se os setores de Biofármacos, Medicina e Saúde. De acordo com REZAIE (2008), esse mercado compreende empresas privadas (multinacionais e/ou locais), e instituições públicas de ciência e tecnologia que interagem no desenvolvimento, produção e distribuição de produtos e serviços.

No que se refere ao envolvimento de instituições de ciência e tecnologia, constata-se uma forte interação entre agentes da comunidade científica e desenvolvimento tecnológico. Segundo dados da BRBIOTEC Brasil/Cebrap (2011), a esmagadora maioria das empresas pesquisadas estabeleceu relacionamento com universidades e centros de pesquisa, conforme mostrado na FIGURA 8 abaixo:

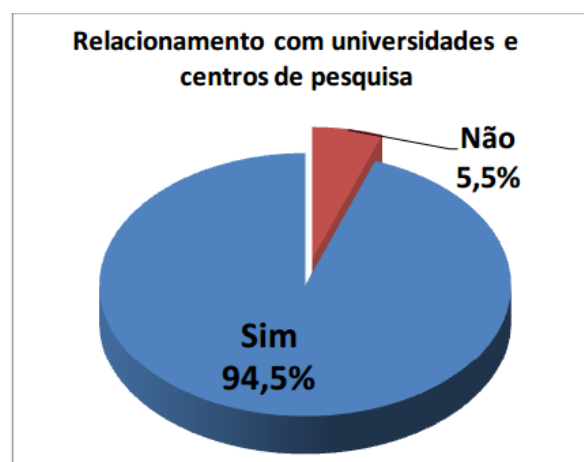


FIGURA 8 – Relacionamento com universidades e centros de pesquisa.
Fonte: BRBIOTEC Brasil/Cebrap, “Brazil Biotech Map 2011”.

A interação entre agentes das comunidades científica, governamental e empresarial é fundamental para a área de biotecnologia, haja vista o setor ser formado majoritariamente por micro e pequenas empresas. Das empresas nacionais de biotecnologia, 56% faturam até R\$ 2,4 milhões, e um quinto das empresas está em processo de desenvolvimento de produto/processo, não apresentando ainda faturamento (BRBIOTEC Brasil/Cebrap, 2011, p.11). Muito embora representem mais de 99% das empresas brasileiras, e 51,6% dos empregos formais gerados nos estabelecimentos privados não-agrícolas, as MPMEs possuem taxas de mortalidade muito elevadas, uma vez que suas competências, muitas vezes, não se mostrarem suficientes para que haja um adequado desenvolvimento de suas capacidades competitivas (SEBRAE, 2012).

Dentre as principais dificuldades enfrentadas por esses estabelecimentos estão a produção em pequena escala e suas limitações de recursos humanos e financeiros. Tais barreiras, aliadas à falta de espírito empresarial e empreendedor de seus gestores, à baixa cooperação e interação entre as empresas e os agentes, fazem com que as MPMEs desenvolvam apenas estratégias produtivas de sobrevivência, competindo mediante preços baixos, o que prejudica seus potenciais competitivo e inovativo. Como observado por Pimentel Neto (2008, p. 29):

A capacidade de uma localidade/região/país de gerar e difundir inovação tem como componente sistêmico que abrange âmbitos social, geográfico e político, delimitado pelas articulações produtiva ou tecnológicas entre as firmas e outras instituições públicas e/ou privadas.

Na área de biotecnologia, na qual o desenvolvimento de novas tecnologias requer alto risco, além de uma base larga de conhecimento e mais tempo de financiamento, a criação de um ambiente que incentive a cooperação, as interações entre as empresas e agentes de pesquisa científica, estimulando assim o processo inovativo e o potencial competitivo das empresas é de grande importância.

No caso das atividades relacionadas à biotecnologia, as instituições aí envolvidas devem levar em conta, além das movimentações em torno de tecnologias ainda não padronizadas, outras características marcantes desse processo, como o caráter multidisciplinar e tácito dos conhecimentos, os fortes riscos e incertezas relativos às oportunidades de inovação, os grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento, as dificuldades de apropriabilidade dos resultados da pesquisa e o longo prazo de maturidade de seus projetos e a utilização, por diversos setores industriais, de um conjunto de atividades relacionadas às disciplinas biológicas (BONACELLI, 1993, p. 73).

Além desses problemas, cumpre ressaltar também a questão dos marcos regulatórios nacionais que representa um dos grandes óbices do setor de Biotecnologia. A

falta de clareza na legislação, a demora no processo de patenteamento das tecnologias, bem como o desconhecimento das normas da ANVISA figuram como os principais problemas relacionados à parte legal.

Nesse sentido, cresce em importância a perspectiva dos núcleos ou comunidades de inovação que possam se constituir no formato de redes. A tendência à formação de parcerias e redes com fontes externas de conhecimento, na área da biotecnologia, mostra-se cada vez mais sentida. Assim, estudos que abordem o papel das redes de conhecimento são de grande importância atualmente, embora ainda escassos (MACHADO, 2012; MACHADO; IPIRANGA, 2012).

Assim, para o desenvolvimento do estudo, far-se-á uma sucinta explanação sobre a Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, campo empírico da presente investigação.

5.3 RENORBIO: Rede Nordeste de Biotecnologia

A relação dialógica entre ciência, tecnologia e economia se tornou cada vez mais complexa, não permitindo que os fluxos de conhecimento sejam compreendidos em um único sentido academia-empresa (*science push*). Pelo contrário, as demandas de mercado vêm moldando a ciência em empreendimento, uma atividade cada vez mais endógena, sendo necessários, deste modo, modelos econômicos que levem em consideração os custos e recompensas que estão ligados à ciência, através da tecnologia (ROSENBERG, 2006).

Nesse sentido, uma gestão adequada da ciência e tecnologia produzidas é fator essencial para o desenvolvimento e competitividade dos países. Nos últimos anos, o Brasil se destacou em termos de pesquisa ao aumentar sua produção científica no cenário mundial. Segundo dados fornecidos pela *National Science Indicators* (NSI) em maio de 2009, o País subiu duas posições no *ranking* da ciência, comparando-se ao ano de 2007. Atualmente, o Brasil ocupa o 13º lugar na produção científica mundial, ultrapassando países como a Holanda e a Rússia. O Brasil evoluiu de 19 mil para cerca de 30 mil artigos publicados em periódicos científicos, passando a contribuir com 2,12% dos artigos publicados em 183 países.

Ocorre que, muito embora o Brasil tenha alcançado um estimado progresso científico, ainda persiste a deficiência das empresas nacionais em transformar conhecimento em riqueza. Levando-se em consideração o número de pedidos de patentes depositadas nos Estados Unidos em 2008, o País ocupa uma posição muito inferior comparada a outros Estados, tendo em vista contar com apenas 0,06% dos pedidos depositados, contra 0,79% da Coreia do Sul e 22,67% do Japão (NSI, 2008).

O conhecimento tecnológico das empresas, e sua posterior performance econômica, provém de processos de aprendizagem, sejam estes advindos de experiências (*learning by using e learning by doing*), ou da aquisição de novos tipos de conhecimento, como, por exemplo, o conhecimento científico (VON TUNZELMANN, 1995). Acontece que, para uma empresa desenvolver um produto, ela passa por uma transformação em sua base de conhecimentos, ou seja, ela passa a converter o conhecimento técnico em conhecimento sobre produtos, permitindo-se assim produzir. Nesse sentido, o conhecimento técnico não é, em si, suficiente para a empresa obter êxito, tendo em vista que a empresa não inova a partir de um conhecimento isolado apenas. É necessário, portanto, que a empresa consiga adquirir conhecimento em outras fontes de informação para, posteriormente, transformá-las em conhecimento técnico.

Cresce, portanto, a importância de arranjos e redes organizacionais. Para Nelson e Winter (1982), a ideia de Sistemas de Inovação é natural, uma vez que a inovação não ocorre individualmente, antes envolvendo fluxos complexos de conhecimento com outras empresas e instituições. Logo, a interação entre agentes das comunidades científica, governamental e empresarial é fundamental para o processo inovativo, principalmente no setor de biotecnologia, área intensiva em conhecimento.

Nesse sentido, a Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, Rede do setor biotecnológico formada por instituições de ensino, laboratórios de pesquisa e empresas (aproximadamente 40 instituições), visa à consolidação gradativa de núcleos de excelência em biotecnologia com padrões globais de competitividade na região Nordeste, capazes de estabelecer nexos cognitivos entre as bases de conhecimento locais e novas tecnologias. Assim, a Rede tem por intuito estabelecer e estimular a massa crítica de profissionais na região, com competência em biotecnologia e áreas afins, para executar projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I) de importância para o desenvolvimento do Nordeste (RENORBIO, 2012).

Para tanto, a RENORBIO tem no Núcleo de Pós-Graduação (NPG) e na constituição de plataformas para a execução de projetos de P&D&I, em rede, seus principais pilares. O Núcleo de Pós-Graduação (NPG) tem caráter multi-institucional, visando capacitar pesquisadores, em nível de doutorado, com base técnico-científica sólida, aptos a atuar em mercados distintos, como ensino, pesquisa, prestação de serviços e indústria. Cumpre ressaltar que, por ser um estado abrangido pelo Banco do Nordeste do Brasil – BNB, o estado do Espírito Santo também é partícipe da Rede (RENORBIO, 2012). O NPG tem como principais objetivos:

Formar pessoal qualificado para o exercício da pesquisa e do ensino superior no campo da biotecnologia;

Incentivar a pesquisa na área da biotecnologia, sob perspectiva multi e interdisciplinar;

Produzir, difundir e aplicar conhecimento da biotecnologia na realidade econômica e cultural da região Nordeste (RENORBIO, 2012).

A proposta conceitual de criação de uma rede de integração do Nordeste pela biotecnologia remonta ao ano de 1998, no entanto, somente no ano de 2004, através da Portaria MCT nº 598, de 26.11.2004 (Publicada no D.O.U. de 30.11.2004, Seção I, p. 16), o Programa RENORBIO foi formalmente criado, definindo-se sua estrutura e mecanismo de operacionalização no âmbito do MCT. Com base nesta Portaria, o Programa elaborou seu Manual Operativo e definiu os seguintes objetivos:

Acelerar o processo de desenvolvimento da região Nordeste, integrando esforços de formação de recursos humanos ao desenvolvimento científico e tecnológico, para produzir impacto sócio-econômico e permitir a melhoria da qualidade de vida de sua população com a participação efetiva de instituições onde a biotecnologia tem liderança;

Melhorar o desempenho da C&T do NE com a realização de atividades que promovam a transformação do sistema de C&T em um sistema eficiente para inovação, através de atividades que promovam níveis mais apropriados de investimento em P&D&I e a utilização mais profícua de recursos humanos e físicos pelo setor privado;

Por meio do estabelecimento de uma rede, que articule diversos setores da sociedade, ampliar a massa crítica de pesquisadores, provocando um efeito multiplicador na geração de emprego para profissionais altamente qualificados e aumento da qualidade e relevância da produção científica e tecnológica em áreas relacionadas à biotecnologia, bem como de sua transferência para a sociedade, com vistas à inovação e ao interesse social e econômico da região (RENORBIO, 2012).

De acordo Machado e Ipiranga (2012), com base nos relatórios de patentes desenvolvidas por atores (pesquisadores ou instituições) participantes da RENORBIO nos últimos cinco anos (37 pedidos de patente), atualmente, a Rede é constituída por 43 departamentos ou laboratórios vinculados a universidades e apenas quatro empresas de

pesquisa da iniciativa privada. As FIGURAS 9 e 10 a seguir apresentam estes atores e suas conexões:

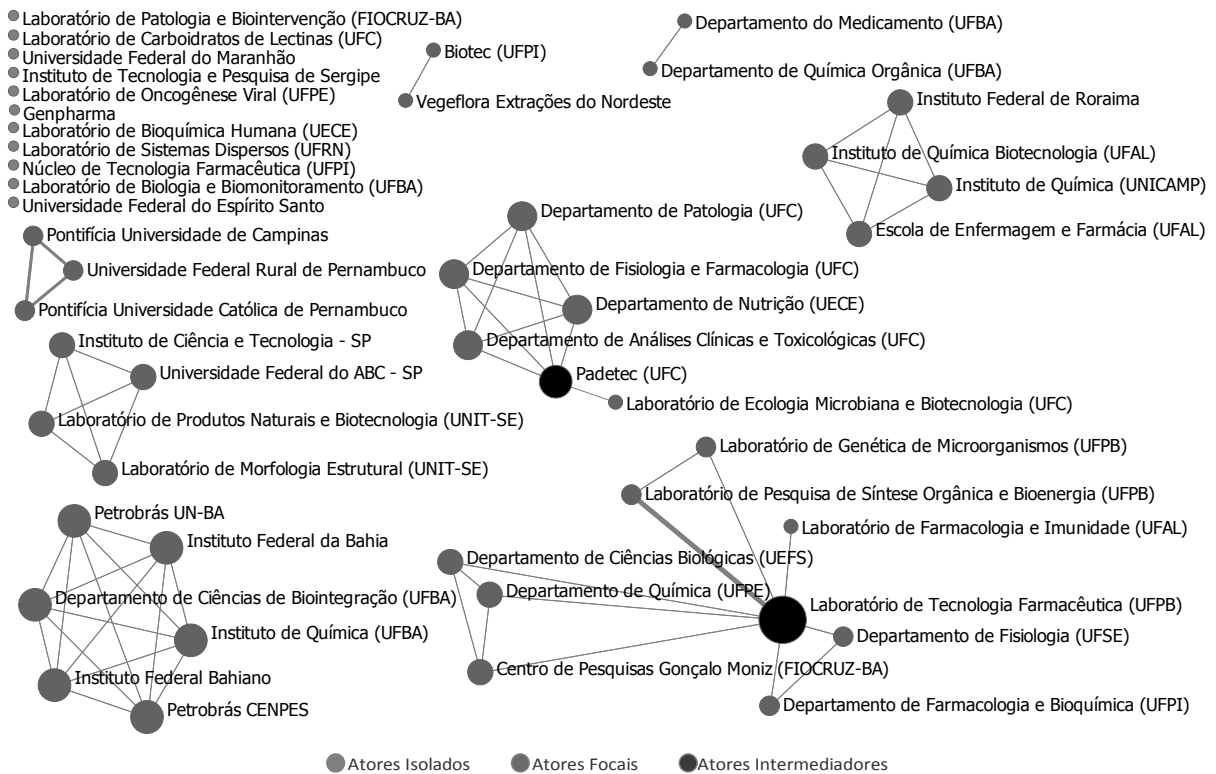


FIGURA 9 - Rede de laboratórios e empresas da RENORBIO.

Fonte: MACHADO; IPIRANGA, 2012.

A partir dos 37 pedidos de patente pesquisados, verificou-se que a Rede de pesquisadores é formada por 117 atores, cujos vínculos são expostos graficamente a seguir na FIGURA10, destacando-se a força de suas relações e os atores mais centralizados.

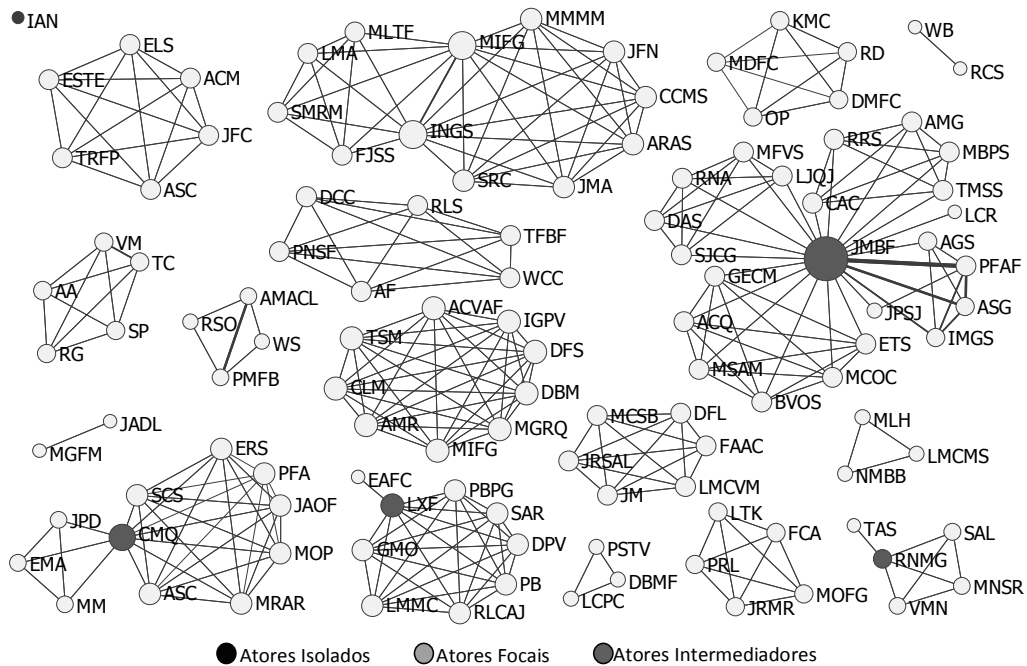


FIGURA 10 - Rede de pesquisadores da RENORBIO.
Fonte: MACHADO; IPIRANGA, 2012.

No que se refere às conexões existentes entre os pesquisadores, percebem-se 17 grupos heterogêneos, que variam de 23 até apenas dois pesquisadores, sendo possível encontrar também um ator isolado. Conforme analisado por Machado e Ipiranga (2012), dada a pouca reincidência de relações entre os atores, a RENORBIO é formada predominantemente por laços fracos. Em relação às atividades de pesquisa, a FIGURA 11 apresenta as principais áreas de concentração de projetos:

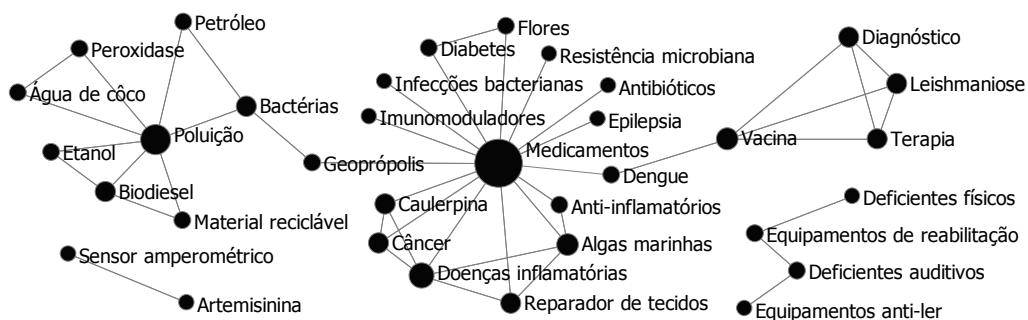


FIGURA 11 - Principais áreas de pesquisa da RENORBIO.
Fonte: MACHADO; IPIRANGA, 2012.

Com relação às áreas de pesquisa desenvolvidas na Rede, constata-se uma grande concentração de projetos voltados à produção de medicamentos, principalmente relacionados à reparação de tecidos. Outra concentração importante verificada por Machado e Ipiranga

(2012) são as pesquisas sobre a redução de emissão de poluentes em processos industriais, através da utilização de melhorias no biodiesel ou etanol.

Este capítulo apresentou uma sintética revisão conceitual sobre o setor da biotecnologia, abordando-se as definições principais para melhor compreensão do setor, tendo em vista que o objeto de pesquisa se alinha a esse campo. Realizou-se uma breve perspectiva histórica da biotecnologia industrial, chegando-se ao cenário atual. O capítulo tem por intuito demonstrar que o setor possui um caráter transdisciplinar e transversal a vários segmentos produtivos, sendo assim de importância estratégica para o desenvolvimento de empresas, principalmente localizadas em economias *latecomers*.

Posteriormente, caracterizou-se a indústria nacional, abordando-se suas áreas, competências, configuração, bem como as principais dificuldades enfrentadas pelo setor. Nesse sentido, foi tratada a perspectiva dos núcleos ou comunidades de inovação, no intuito de promover um ambiente voltado à inovação, à cooperação e interação entre agentes. Por fim, voltando-se a uma perspectiva local, apresentou-se a Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO, campo empírico elegido para o desenvolvimento desse trabalho.

Assim, diante do arcabouço teórico e da contextualização do campo empírico já apresentados para a realização da pesquisa, será apresentada a metodologia da pesquisa no próximo capítulo, a qual foi desenvolvida consoante aos referenciais apresentados, de modo a responder e alcançar os objetivos contidos da dissertação.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

“Alguns cientistas falam da ciência, de seus métodos e meios, mas poucos se submetem à disciplina de também agirem como leigos. (...) Outras pessoas falam sobre ciência, de sua solidez, seu fundamento, seu desenvolvimento ou seus perigos: infelizmente, quase ninguém está interessado no processo de construção da ciência. Fogem intimidados da mistura caótica revelada pela ciência em ação e preferem os contornos organizados do método e da racionalidade científica.”

Bruno Latour.

A demarcação do enfoque epistemológico de uma pesquisa incide, muitas vezes, numa cilada de aforismos dicotômicos que contrapõe posturas antagônicas, v.g. fenomenologia *versus* positivismo. A identificação do tipo de conhecimento que pretende ser alcançado mediante a investigação possui estreita relação com a postura do pesquisador frente ao objeto a ser estudado, definindo-se assim sua perspectiva de mundo. Tal definição permite identificar o paradigma utilizado como arrimo para o desenvolvimento da pesquisa.

Por muito tempo, associou-se a pesquisa quantitativa à perspectiva positivista e/ou pós-positivista, e os paradigmas interpretativo e pós-moderno à qualitativa. Acontece que essa cisão conceitual não fomenta novas formas de pensar e pesquisar, obstando importantes contribuições aos estudos organizacionais. Nesse sentido, é importante que a pesquisa no campo dos estudos organizacionais transcenda as dicotomias paradigmáticas e adote uma perspectiva multiparadigmática, entendendo-se que as pesquisas qualitativa e quantitativa são complementares e não excludentes. Tudo depende da visão de mundo partilhada pelo pesquisador, bem como da investigação que se busca responder (GODOI; BANDEIRA-DE-MELLO, 2006). Como defendido por Andreassi (2007):

A ideia é de que não existe dicotomia teoria-prática em uma boa pesquisa. As teorias, em administração, são construídas a partir de estudos qualitativos, quantitativos e mistos que analisam e observam a prática de gestão nas organizações (ANDREASSI, 2007, p.8).

A ideia defendida por Andreassi (2007) corrobora com as afirmações tecidas por Spink e Lima (2004), no sentido de que, para a validade do estudo, é imprescindível o confronto, bem como o constante diálogo entre o que aflora da pesquisa e o que já é familiar no campo do estudo (referencial teórico). Para Lewis e Grimes (2005, p. 84) análises deste tipo “dão suporte e elaboram visões díspares, aprofundando a compreensão dos teóricos sobre o fenômeno e os paradigmas empregados.” Assim, como defendido por Godoi e Bandeira-de-

Mello (2006), faz-se necessária uma postura metatriangular, isto é, uma comunicação entre os paradigmas, complementando-se pressupostos paradigmáticos, com o intuito de se promover a compreensão, a utilização e a crítica de perspectivas alternativas.

Nesse sentido, utilizou-se, no presente trabalho, uma abordagem de natureza qualitativa, haja vista permitir aos pesquisadores o estudo dos fenômenos em seus cenários correspondentes, visando compreendê-los e interpretá-los em termos de significados que as pessoas a eles conferem (DENZIN; LINCOLN, 2006). A classificação como abordagem qualitativa não visa o enquadramento da investigação em tipologias pré-determinadas, limitando-a a métodos e processos únicos, mas sim evidenciar atributos que lhe são dominantes (ROESCH, 1996). De acordo com Godoy (1995, p. 58):

A pesquisa qualitativa parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve [...], procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo.

Conforme Marshall e Rossman (1999), as pesquisas de natureza qualitativa podem ser categorizadas como: exploratórias, descritivas ou emancipatórias. Nesse sentido, o presente estudo se configura uma pesquisa qualitativa de natureza exploratória e descritiva, uma vez que tem por intuito investigar e descrever o potencial disruptivo da tecnologia tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência os pressupostos sociológicos da Teoria Ator-Rede (TAR).

No entendimento de Gil (2010, p. 28), as pesquisas descritivas “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis”. Assim, o presente capítulo tem por objetivo apresentar os procedimentos metodológicos empregados no estudo, assim como os critérios adotados para selecionar os sujeitos de pesquisa, a descrição do objeto em estudo, e as abordagens utilizadas para a composição do *corpus* da pesquisa e descrição do material empírico.

6.1 Método Adotado: Pesquisa Histórica aliada à Abordagem Sociológica

A pesquisa desenvolvida nesse trabalho de dissertação utilizou como fonte de inspiração a pesquisa histórica, buscando não somente retratar o estágio atual da tecnologia em estudo, mas antes compreender seu processo de concepção, desenvolvimento, e patenteamento, investigando-se o potencial de inovação de ruptura no mercado.

A historiografia do progresso tecnológico permite que sejam visualizados os aspectos-chave para o entendimento e compreensão do processo de desenvolvimento tecnológico de inovações (ROSENBERG, 2006). Como afirma Rosenberg (2006, p. 87): “A tecnologia deve ser entendida como um processo social. A história das invenções não é, decididamente, a história dos inventores”, pelo contrário, o progresso tecnológico é o resultado de complexas relações entre fatores e agentes influenciadores desse processo, sejam institucionais, econômicos ou tecnológicos.

Consoante com a discussão Barnes, Bloor e Henry (1996) enfatizam como e por quê a análise sociológica se torna um complemento essencial no processo de compreensão do conhecimento científico, e, nesse contexto, sugerem os autores, o método principal deve se basear na apresentação de estudos de casos históricos. Rabinow (2002) coaduna e problematiza esta escolha metodológica quando afirma que a ciência “é uma exploração da racionalidade em ação”, nas palavras do autor:

Tão firme quanto uma crença na ciência, percebe-se aí uma crença na sua historicidade e pluralidade. Diversas ciências em ação somente existem em momentos históricos particulares: física não é biologia; a história natural do século XVIII não é a genética do final desde século (RABINOW, 2002, p. 126).

Rabinow (2002) ao analisar etnograficamente a história da indústria da biotecnologia, partindo da invenção do PCR (Reação da Cadeia da Polimerase - Projeto Genoma) e das instituições e práticas a ela associadas, invenção essa que transformou profundamente as práticas e os potenciais de biologia molecular ao identificar e manipular o material genético, entende que:

A história da ciência desempenha um conjunto semelhante de operações sobre objetos científicos. O objeto do discurso histórico é a historicidade do discurso científico na medida em que esta história executa um projeto guiado por suas próprias normas internas, mas atravessado por acidentes interrompidos por crises, ou seja, por momentos de juízo e verdade (RABINOW, 2002, p. 126).

Assim, foram elegidos os fundamentos da pesquisa histórica enquanto pressuposto metodológico ao permitir a relação com novas fontes, problemas e abordagens, bem como o confronto com fontes orais e escritas e sua utilização multidisciplinar. O uso dessa abordagem dentro dos estudos organizacionais nos últimos anos, muito embora ainda em número incipiente, vem contribuindo para uma melhor compreensão do pensamento administrativo brasileiro, ao aproximar os pesquisadores de sua realidade social, potencializando assim uma posição de engajamento e compromisso consciente (GUERREIRO RAMOS, 1996).

A ideia é que a pesquisa histórica contribua para fundamentar pesquisadores que buscam novos olhares e estejam comprometidos com outras epistemologias, expandindo as possibilidades de análise e teorização acerca do espaço organizacional, entendido aqui não como um espaço físico, mas como um campo objeto de estudo da análise organizacional e de sua dinâmica (COSTA; BARROS; MARTINS, 2010, p. 289).

Nesse sentido, a inserção da perspectiva histórica no campo dos Estudos Organizacionais contribui para o avanço da área, uma vez que promove a geração de novas abordagens, noções e percepções mais reflexivas com relação aos objetos de estudo (VIZEU, 2007). A pesquisa histórica permite, portanto, que o pesquisador desenvolva uma autonomia intelectual acerca do seu pensar e agir no mundo, passando a compreender a realidade de uma forma não puramente contemplativa, mas antes constitutiva de seu próprio ser (GUERREIRO RAMOS, 1996; WITTGENSTEIN, 1995).

Ao mesmo tempo, a aplicação da pesquisa histórica enquanto método de análise empírica e analítica - atrelada a novos objetos como símbolos, imaginário social e coletivo, memória, memória organizacional, práticas discursivas e narrativas - descortina as relações de poder inerentes à reprodução ideológica dominante que tende a naturalizar o pensar e o agir organizacional. Tal processo permite o reconhecimento de que a construção de teorias e de pesquisas não são um processo puramente metódico e definido por regras, mas também (e principalmente) um compromisso ideológico, político e moral por meio do qual se cria e se recria escolhido objeto de estudo (COSTA; BARROS; MARTINS, 2010, p. 293).

No contexto da Ciência & Tecnologia, Latour (2004) enfatiza que a ciência é uma instituição culturalmente construída e a Teoria Ator Rede (TAR) é antes de tudo, um caminho para seguir a construção e fabricação dos fatos científicos, que teria a vantagem de produzir efeitos que não são obtidos por outra teoria social. E, nesse sentido, a adoção da TAR nesta pesquisa consiste em seguir as coisas através das redes em que elas se transportam, descrevendo os seus enredos (LATOUR, 2004).

Nesses termos e tendo como base a colocação de Barnes, Bloor e Henry (1996) quando enfatizam a importância de articular a análise sociológica como complemento

essencial no processo de compreensão do conhecimento científico, utilizar-se-á a análise histórica da tecnologia sob estudo - “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica” - aliada a três esquemas analíticos entre estes:

- A tríade desenvolvida por Rabinow (2002), no que se refere à evolução do campo científico: técnica (os artefatos utilizados); conceito (concepção da tecnologia em si), e; sistema experimental (como a técnica se conecta). Rabinow (2002) considera que os objetos científicos não são apenas “descobertos”, mas são também “construídos” e, nesse sentido, a historiografia de uma tecnologia possibilita a observação do processo de avanço científico e consolidação da técnica em sistema experimental.

- Para o mapeamento das controvérsias serão considerados os quatro princípios metodológicos propostos por Latour (2000), entre estes: 1) Buscar uma *porta de entrada*; 2) Identificar os *porta-vozes*; 3) Acessar os *dispositivos de inscrição*; 4) Mapear as *ligações da rede*.

- Para orientar o mapeamento das ligações da rede será considerada a abordagem dos cinco circuitos do “sistema circulatório dos fatos científicos”. Conforme anteriormente explicitado Latour (2001), a compreensão da realidade do processo de construção do fato científico se dá mediante o acompanhamento da prática científica, a partir da qual os diversos atores humanos e não humanos se relacionam e geram novas associações e para isso torna-se necessário que os cinco circuitos sejam considerados na análise, a fim de se conseguir uma reconstrução da rede dos fatos científicos.

O mapeamento da “rede de atores” terá como base a ideia de rede segundo Latour (2008), qual seja: uma rede é uma expressão que serve para verificar quanta energia, movimento e especificidade são capazes de capturar os informes empíricos. Rede é um conceito, não uma coisa que existe fora. É uma ferramenta para ajudar a descrever algo, e não algo que se está descrevendo.

Com base nesta ideia será considerado o método específico da “Sociologia das Associações”, através do qual o estudo empírico dessa pesquisa produzirá relatos e enredos no intuito de sondar e descrever as “controvérsias” sobre as variedades dos elementos heterogêneos que podem estar associados. Nesse sentido, qualquer interação dada se desdobra em elementos que estarão presentes na situação proveniente de algum outro momento, algum outro lugar e gerados por alguma outra agência. E, nesses termos, o observador deve ser fiel à

direção sugerida por esses desdobramentos, distinguindo a circulação dos diferentes veículos mediadores na constituição dessa topografia do social (LATOUR, 2008). A seguir, na FIGURA 12 são apresentadas as fases metodológicas da presente pesquisa:

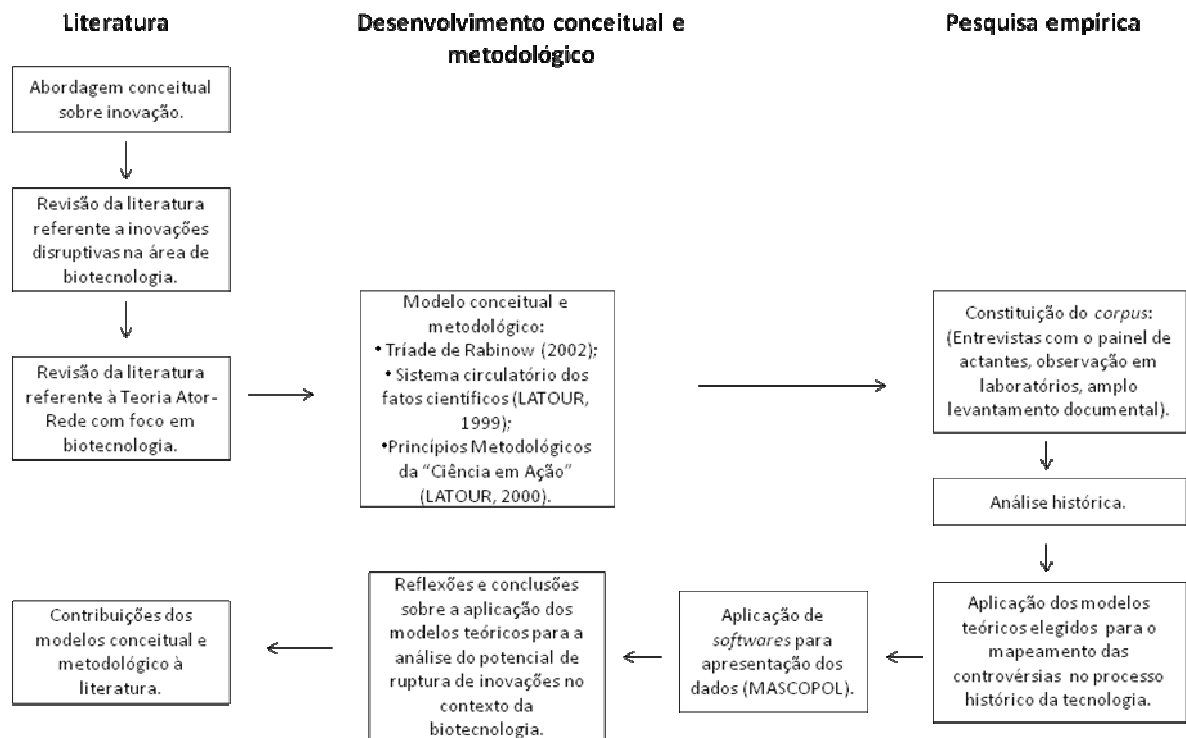


FIGURA 12: Esquema de metodologia de pesquisa.
Fonte: Elaboração própria (adaptado de HARLAND et al, 2004).

6.2 Campo Empírico e Constituição do *Corpus*

Para Latour (1994) a ciência está fundada sobre as competências, os laboratórios e as redes e, nesse sentido, nenhuma ciência pode sair da sua rede de práticas. A prática da ciência situa-se, portanto, no meio da linha que liga o pólo do objeto (coisa em si) ao pólo do sujeito (homens entre eles). Ela é um híbrido, estando intermediada pelos laboratórios, nos quais se constrói um objeto e um contexto. Para o autor os laboratórios científicos são lugares excelentes, nos quais é possível entender a produção da certeza.

Considerando estas premissas foi escolhida uma disciplina – a biotecnologia – e uma situação – laboratórios científicos no Brasil - ligada à Rede Nordeste de Biotecnologia

(RENORBIO - <http://www.renorbio.org.br>), atualmente sob a coordenação da Universidade Estadual do Ceará (UECE – <http://www.uece.br>), entre estes laboratórios se destaca o Laboratório Bioquímica Humana que atualmente desenvolve a tecnologia sob estudo denominada “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”.

A questão do rigor das pesquisas em ciências humanas, sociais e sociais aplicadas já se inicia na delimitação do conceito de *corpus*, uma vez que sua seleção e composição são imprescindíveis para a validade da investigação. O delineamento do *corpus* é uma tarefa complexa, exigindo um processo cíclico de construção, envolvendo relevância, homogeneidade e sincronia (BAUER; GASKELL, 2002). Nesse sentido, na presente investigação, o levantamento de materiais empíricos envolveu a documentação indireta e direta em uma extensa base de dados heterogênea, sendo este realizado durante o período de abril de 2012 a fevereiro de 2013.

A. Documentação indireta – composta por pesquisa documental (fontes primárias) e pesquisa bibliográfica (fontes secundárias).

Como fonte de pesquisa primária de pesquisa, foram selecionados e consultados documentos referentes à tecnologia em estudo, dentre eles: relatórios de pesquisa, cadernos de laboratório, informações tecnológicas, patentes e documentos institucionais. A segunda fase da pesquisa bibliográfica se refere ao mapeamento das tecnologias voltadas à área de vacinas, através dos *softwares online* QUESTEL ORBIT e SILOBREAKER, visando à identificação de possíveis inovações disruptivas, bem como de suas dinâmicas econômicas (pesquisadores e instituições envolvidas - laboratórios e empresas; áreas de aplicação; e mercados potenciais).

B. Documentação direta – levantamento de material a partir da pesquisa empírica de campo, mediante procedimentos observacionais dentro do Laboratório de Bioquímica Humana, vinculado à RENORBIO e no qual foi desenvolvida a tecnologia sob estudo, bem como a realização de entrevistas abertas e em profundidade com atores-chave para a investigação e anotações no caderno de campo.

Foram utilizados também os *softwares* de análise de redes sociais UCINET (versão 6.2) e NETDRAW (versão 2.0), tendo em vista possibilitar uma visão geral da rede em questão.

As temáticas articuladas nas entrevistas abertas com os atores chave tiveram por objetivo o resgate de histórias sobre o objeto de estudo, permitindo-se assim que, a partir do entrelaçamento das narrativas, fossem visualizadas as conexões estabelecidas entre os atores e as controvérsias surgidas. As entrevistas foram gravadas, sendo ainda utilizado o recurso imagético com a compilação de materiais fílmicos e fotográficos de momentos emblemáticos do laboratório sob estudo.

Considerando a ideia de “laboratório extenso” (CALLON, 1989; TEIXEIRA, 2001) foram ainda rastreadas as relações existentes entre os atores e ou instituições externas ao laboratório sob estudo, compondo assim um painel dos sujeitos e atores chaves participantes da presente pesquisa, entre estes:

1. Com o intuito de se obter a narrativa histórica da tecnologia em estudo, foi realizado um conjunto de entrevistas abertas e em profundidade em diferentes momentos da pesquisa com a pesquisadora Dr^a Izabel Florindo Guedes, bioquímica responsável pelo Laboratório de Bioquímica Humana e cientista autora da tecnologia sob estudo;
2. Enquanto instituições adjacentes e externas ao laboratório foram envolvidos na pesquisa o Núcleo de Inovação Tecnológica da Universidade Estadual do Ceará – NIT/CE, e a Rede de Núcleos de Inovação Tecnológica do Estado do Ceará – REDENIT/CE, sobretudo, nas questões relacionadas ao processo de proteção, transferência e comercialização de tecnologias desenvolvidas nas instituições participantes, entrevistando-se o Coordenador Luiz Eduardo dos Santos Tavares;
3. Visando-se obter dados institucionais e mercadológicos da *spin-off* gerada na incubadora de Universidade Estadual do Ceará, entrevistou-se Amanda Conrado, enquanto representante da *Greenbean*;
4. Com o fito de se obter uma compreensão da questão mercadológica, bem como um entendimento do paradigma de produção do setor, realizou-se levantamento documental na Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ;
5. Da mesma forma, foi envolvida na pesquisa como instituição externa ao laboratório e através de estudos documentais a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

6.3 Organização dos Relatos e Enredos para a Descrição

O material compilado durante a composição do *corpus* da pesquisa foi organizado em forma de relatos e enredos, observando-se as passagens históricas conforme esquematizadas na FIGURA 13:

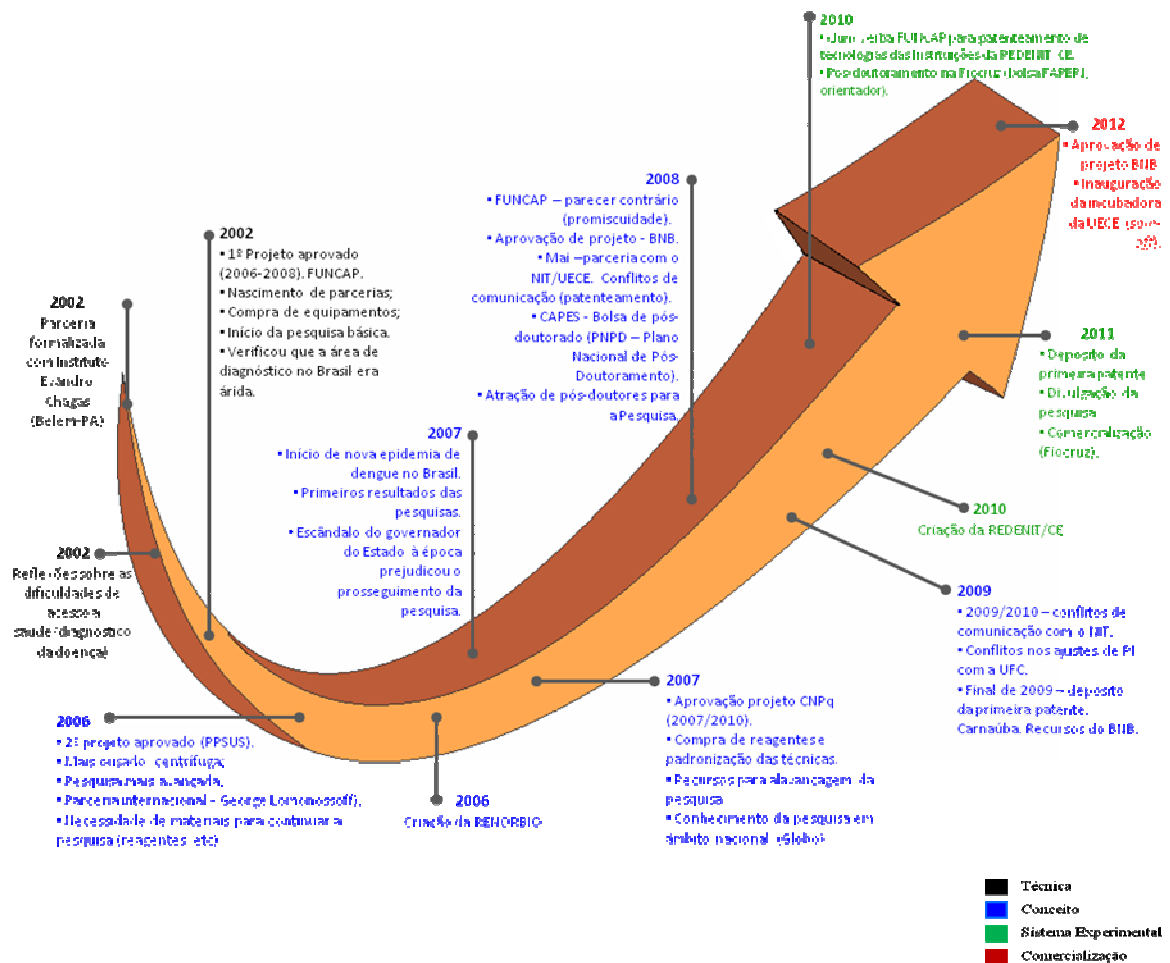


FIGURA 13: Evolução da tecnologia.

Fonte: Pesquisa de campo.

Após isso, procedeu-se à descrição do potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência a abordagem sociológica da TAR a partir dos três esquemas analíticos eleitos para orientar a descrição, entre estes: A tríade desenvolvida por Rabinow (2002), no que se refere à evolução do campo científico; os quatro princípios metodológicos; e o esquema do

sistema circulatório dos fatos científicos para o mapeamento das controvérsias e ligações da rede conforme explicitado Latour (2000, 2001).

Uma vez apresentados os procedimentos metodológicos da pesquisa, serão articulados no capítulo seguinte os relatos históricos, a descrição e a discussão final, refletindo-se sobre o potencial de disrupção da tecnologia sob estudo, a partir dos pressupostos da Teoria Ator-Rede.

7 DESCRIÇÃO E DISCUSSÃO

7.1 O Acesso ao Campo

A escolha do objeto e do campo empírico elegido para o presente estudo remete a um interesse pessoal anterior que será resgatado resumidamente, para fins de contextualização.

No ano de 2007, ainda na graduação do Curso de Direito, na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, estagiei no Núcleo de Inovação Tecnológica da Universidade – a Diretoria de Inovação e Empreendedorismo –DINE. No estágio, tive a oportunidade de vivenciar e estudar o ambiente de produção científica em uma universidade pública. Apesar de concluído o estágio em fevereiro de 2008, o contato com a equipe do NIT foi mantido, devido ao relacionamento com a equipe e com o Assessor Jurídico da DINE, professor Dr. Artur Stamford da Silva, meu então orientador de monografia.

Em junho de 2009, finalizei meu trabalho monográfico, tratando sobre as dificuldades de proteção do conhecimento em universidades públicas. Para sua realização, foram elegidos os Centros de Química Fundamental, Física e Farmacologia como campo empírico por serem os Centros com maior produção tecnológica da UFPE. No processo de análise dos dados obtidos, um dos resultados obtidos foi a constatação de que pesquisadores desses Centros se relacionavam com outros grupos de pesquisas de outras instituições fora do Estado de Pernambuco. Chamou-me a atenção a aproximação da área da farmacologia com pesquisadores de ICTs do Estado do Ceará.

Foi nesse período que tomei conhecimento da Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO - Rede do setor da biotecnologia formada por instituições de ensino, laboratórios de pesquisa e empresas (aproximadamente 40 instituições), que visa à consolidação gradativa de núcleos de excelência em biotecnologia com padrões globais de competitividade na região Nordeste. Para tanto, a RENORBIO tem um Núcleo de Pós-Graduação para a formação de doutores na área de biotecnologia (RENORBIO, 2012). Como na região Nordeste há uma carência de centros de formação de competências na área reconhecidos pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, com exceção da

Universidade Federal de Alagoas - UFAL, a RENORBIO atraiu pesquisadores de diversas ICTs da Região.

No final do ano de 2009, aos 03 de novembro, participei da Chamada Pública de Seleção nº 01/2009 para Aluno Especial no Curso de Mestrado Acadêmico em Administração de Empresas – CMAAd da Universidade Estadual do Ceará – UECE. O interesse pela Seleção surgiu ainda nas aulas do Curso de Especialização (Formação de Agentes Gestores de Arranjos Produtivos Locais, de agosto de 2009 a março de 2010), que eu estava cursando à época, na Universidade de Fortaleza – Unifor, uma vez que tive aula com professores que faziam parte da grade dos Mestrados da UECE, como da Universidade Federal do Ceará - UFC. Assim, surgiu o convite de participar da Seleção para Aluno Especial e conhecer o Programa de Mestrado da UECE.

Após ter sido aprovada na Seleção, aproveitei a oportunidade para conhecer a Universidade antes do início das aulas (início do mês de janeiro), e, em particular, conhecer o Núcleo de Inovação Tecnológica – NIT, da Universidade, pois tinha interesse em saber como o Órgão responsável pela gestão do conhecimento produzido na UECE estava estruturado. Assim, entrei em contato com o NIT e me reuni com o Luiz Eduardo dos Santos Tavares, Coordenador do NIT/UECE. Durante nossa conversa, o Coordenador Luiz Eduardo me apresentou as estruturas física e humana do NIT. Além disso, explicou-me que estava trabalhando no projeto de estruturação da REDENIT-CE que teria por finalidade a implantação de uma infraestrutura voltada à inovação no Estado do Ceará. Ao final da reunião, o Coordenador me convidou para integrar a equipe da REDENIT-CE, na qualidade de Colaboradora Técnica.

Constituída formalmente em março de 2010, em conformidade com as Leis de Inovação Federal e Estadual, a REDENIT-CE foi formada pelos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) de Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) do Estado do Ceará (atualmente constituída por dezoito instituições de diferentes setores, público e privado), com o intuito de facilitar o repasse das capacidades científicas e tecnológicas produzidas nessas ICTs para a sociedade em geral. Para tanto, a REDENIT-CE elegeu seis dimensões de atuação, a saber: fortalecimento institucional das instituições parceiras; formação de recursos humanos; construção e implementação de sistemas gerenciais de informação; assessoria de comunicação; oficinas de marco legal, e; *roadmapping*.

Durante a ação de *roadmapping*, ainda no primeiro semestre de 2010, foram levantadas as tecnologias já produzidas nas ICTs participantes da REDENIT, com o intuito de desenvolver estratégias de caracterização, avaliação e posterior comercialização da tecnologia no mercado. Assim, enquanto colaboradora técnica, tive a oportunidade de participar de reuniões privadas com pesquisadores para a definição de estratégias de proteção. Durante esse período, aproximei-me novamente da RENORBIO, uma vez que muitas dessas tecnologias levantadas foram desenvolvidas por professores que já trabalhavam com a REDENIT-CE. O que motivou a aproximação da RENORBIO com a REDENIT durante esse período foi a necessidade de uma gestão efetiva do conhecimento produzido na RENORBIO, ocasionando assim um ponto de convergência entre as Redes: REDENIT-CE e RENORBIO.

Como Colaboradora Técnica da REDENIT-CE, participei também de ações voltadas à formação de recursos humanos, mediante a realização de cursos de capacitação nos temas de propriedade intelectual e transferência de tecnologia. Foram capacitadas aproximadamente 500 pessoas, dentre funcionários, pesquisadores e empresários. O acompanhamento no processo de proteção de tecnologias, marcas, e demais espécies de propriedade intelectual, bem como a elaboração e ministração dos cursos de capacitação me proporcionaram o contato com muitos pesquisadores e funcionários das ICTs participantes da REDENIT.

Dentre os pesquisadores que foram contatados pela REDENIT-CE, conheci a professora doutora da RENORBIO - Izabel Florindo Guedes, no ano de 2010, devido ao seu destaque na comunidade acadêmica. A pesquisadora participou de várias reuniões na REDENIT-CE durante o processo de proteção de tecnologias por ela desenvolvidas. Como observadora, participei de duas reuniões com a pesquisadora, o Coordenador Luiz Eduardo e o assessor jurídico da REDENIT-CE Vinícius Madureira Maia. Nessas reuniões, acompanhei as controvérsias e recalcitrâncias entre a pesquisadora da RENORBIO e a REDENIT/CE sobre processos de patenteamento de suas tecnologias biotecnológicas, o que me despertou interesse, proporcionando-me a oportunidade de conhecer os projetos da pesquisadora, e, em particular, a tecnologia que possibilitou a produção da vacina de origem vegetal, em combate ao vírus da dengue, denominada: “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”.

Já como mestranda de Administração da Universidade Estadual do Ceará e visando o desenvolvimento da dissertação, durante as leituras sobre a Teoria Ator-Rede e já

me preparando para os primeiros acessos ao campo, procurei identificar os atores humanos e não humanos que se destacaram no processo de construção do social que contextualizou a tecnologia acima mencionada, tendo sido fundamentais para constituição da rede dos fatos científicos relacionada à tecnologia sob estudo (LATOURE, 2001). Visando o acompanhamento das práticas científicas, os principais veículos utilizados durante as permanências no campo foram a observação e as entrevistas abertas. A vivência na REDENIT-CE, mediante a participação em reuniões, bem como a observação sistemática no Laboratório de Bioquímica Humana, integrado à RENORBIO e coordenado pela pesquisadora Izabel Florindo Guedes no qual foi desenvolvida a tecnologia - “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica” - objeto desse estudo.

7.2 O Objeto de Estudo

A dengue é uma doença endêmica em 112 países e que acarreta largos gastos para a saúde pública, devido à sua elevada incidência. De acordo com a FIGURA 14 abaixo, podem ser percebidas as áreas mais afetadas pela doença.

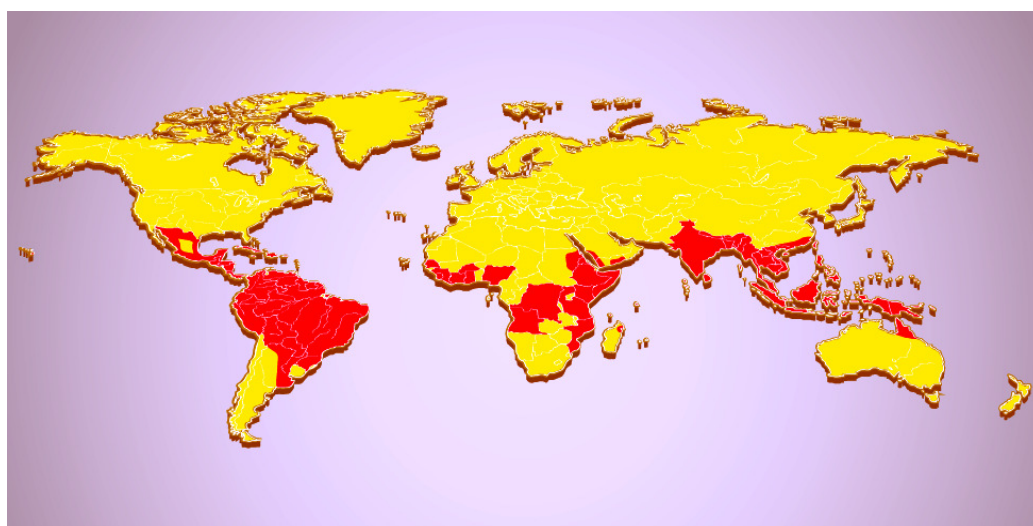


FIGURA 14: A dengue no mundo e nas Américas.
Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013.

No Brasil, a Região Nordeste é uma das mais atingidas, conforme a FIGURA 15 abaixo. De acordo com reportagem do Diário do Nordeste julho/2012 “Já passou de 17 mil o número de pessoas que contraíram dengue no Ceará em 2012. Somente em uma semana, mais de 3 mil casos foram registrados no Estado.” De acordo com a BBC *News* América Latina e Caribe, desde o início do ano de 2013, mais de 200.000 pessoas foram infectadas durante as sete primeiras semanas do ano no Brasil. Comparando-se às 70.000 infectadas no mesmo período do ano passado, os números oficiais sugerem uma triplicação no número de casos de dengue para o presente ano (BBC NEWS AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2013).

Mapa da dengue 2011

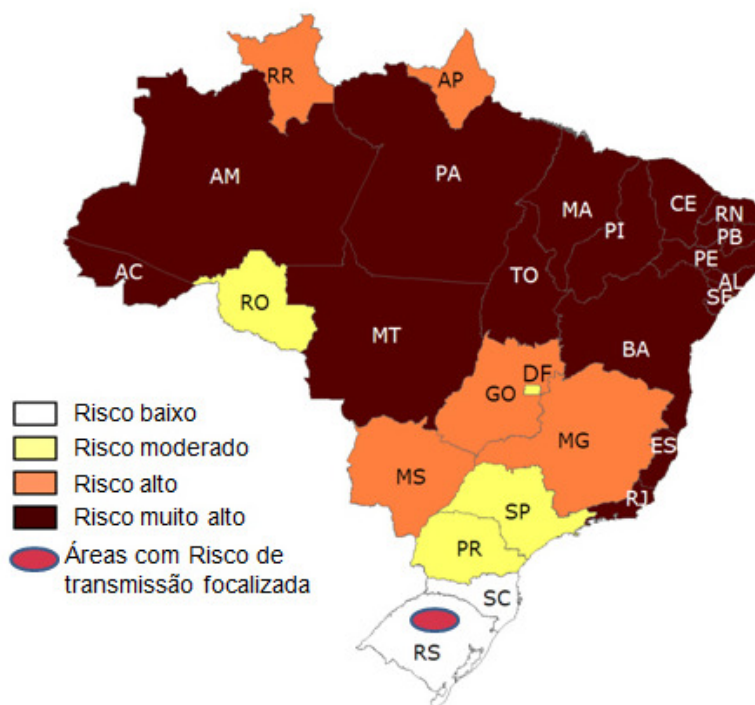


FIGURA 15: Mapa da dengue no Brasil - 2011.
Fonte: SITE DA DENGUE, 2013.

A isso, soma-se uma sentida carência de recursos eficazes no seu combate e erradicação.

No que se refere à produção de vacinas contra a dengue no mundo, a FIGURA 16 mostra os atores envolvidos no atual panorama internacional. As tentativas de produção estão espalhadas pelo Globo, envolvendo iniciativas em Instituições de Saúde, a gigante farmacêutica Sanofi Pasteur AS, bem como de P&D no Brasil, Estados Unidos, Japão, Índia, Tailândia e Filipinas (SILOBREAKER, 2013). Acontece que muitas dessas tentativas de

produção de vacinas partem do vírus atenuado, estando em fase de testes, com a ocorrência de testes fracassados e efeitos colaterais (THE NY TIMES, 2012; MEDICAL NEWS TODAY, 2013; NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, 2013).

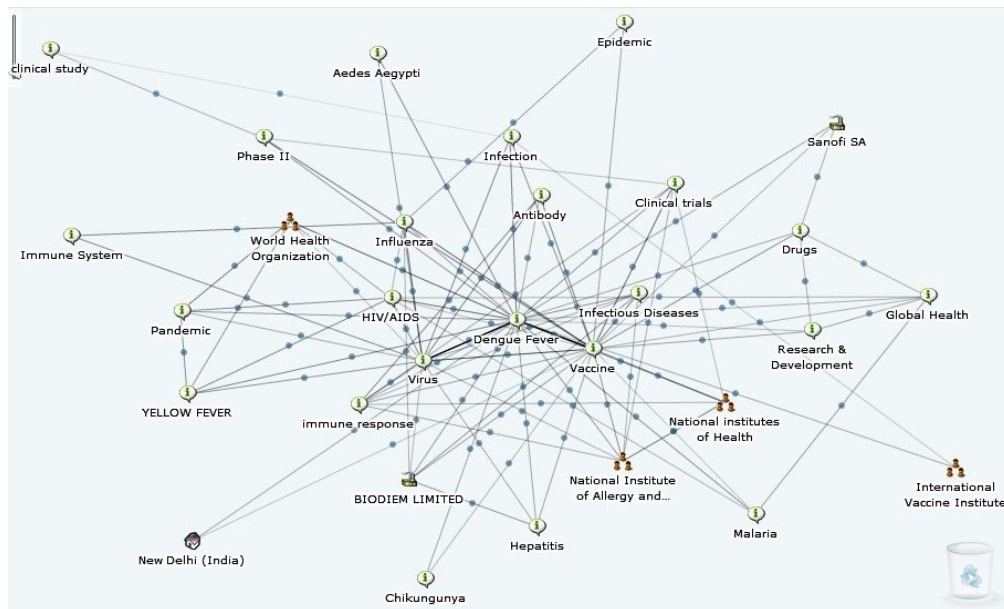


FIGURA 16: Produção de vacina contra a dengue – panorama internacional.
Fonte: SILOBREAKER, 2013.

Tendo como base Rosenberg (2006) e Barnes, Bloor e Henry (1996) este trabalho utilizou como fonte de inspiração para delimitar seu objeto de estudo a pesquisa histórica aliada à abordagem sociológica, buscando não somente retratar o estágio atual da tecnologia em estudo, mas antes compreender seu processo de concepção, desenvolvimento, e patenteamento, investigando-se o potencial de inovação de ruptura no mercado.

Nesse sentido, enfatiza-se ainda o entendimento, segundo Nelson (2006) e Rabinow (2002) do conceito de tecnologia como um processo social. Para os autores uma tecnologia é reconhecida como um conjunto de projetos e práticas específicas e o progresso tecnológico é o resultado de complexas relações entre fatores e agentes influenciadores desse processo, sejam institucionais, econômicos ou tecnológicos. Os autores evidenciam ainda o papel da ciência no entendimento da tecnologia e, por seu lado, Rabinow (2002) considera que os objetos científicos não são apenas “descobertos”, mas são também “construídos”, destacando que a ciência é uma exploração da racionalidade em ação.

Nesses termos, o entrelaçamento entre a Ciência e Tecnologia que começou a ocorrer um século atrás levou ao surgimento dos laboratórios de pesquisa e desenvolvimento

(P & D) como um dos principais locais onde ocorrem os esforços para a inovação tecnológica. Nesse contexto, o conceito de tecnologia utilizado para o desenvolvimento da presente dissertação alinha-se ao defendido por Christensen, Grossman e Hwang (2009). Para os autores, a concepção do termo “tecnologia” não pode mais ser reduzida à ideia de mera aplicação do conhecimento científico, mas antes:

Uma nova peça de maquinário, um novo processo de produção, uma equação matemática ou o conhecimento acumulado acerca de um caminho molecular. Entretanto, no centro dessa evolução operacional estão a conversão de processos complexos e intuitivos em tarefas simples, baseadas em regras, e a transferência desse trabalho das mãos de *experts* caros e altamente qualificados para as de técnicos mais baratos (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 75).

Para Latour (1994) a prática da ciência é um híbrido que se situa no meio da linha que liga o pólo do objeto (coisa em si) ao pólo do sujeito (homens entre eles), estando intermediada pelos laboratórios, nos quais se constrói um objeto e um contexto. Considerando estas premissas o objeto de estudo dessa pesquisa se delimita no contexto multidisciplinar da Imunologia, Biologia Molecular e Biotecnologia e foi desenvolvido no Laboratório de Bioquímica Humana integrante da Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO) atualmente sob a coordenação da Universidade Estadual do Ceará – UECE. A tecnologia desenvolvida pela cientista bioquímica Izabel Florindo Guedes tem por finalidade a criação de vacina vegetal contra o vírus da dengue, produzida a partir de proteínas recombinantes em modelo procarionte para os quatro sorotipos do vírus dengue utilizando plantas como biofábricas de produção dessas proteínas.

No processo de patenteamento, a tecnologia recebeu o título “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PROTEÍNAS DO VÍRUS DA DENGUE EM PLANTAS, E USO DE PROTEÍNAS NA PREPARAÇÃO DE VACINA CONTRA DENGUE”, tendo, pelo pólo dos sujeitos (LATOURE, 1994) além da cientista Izabel Florindo Guedes os seguintes atores inventores e pesquisadores:

1. Francisco Jarbas Santos de Sousa;
2. Isaac Neto Goes da Silva,
3. Lia Magalhães de Almeida;
4. Maria Lucia Torres Franklin, e;
5. Sérgio Marcelo Rodriguez Málaga.

A seguir (FIGURA 17), podem ser visualizados os dados bibliográficos constantes no pedido de patente referentes à tecnologia.



 <p>República Federativa do Brasil Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior Instituto Nacional da Propriedade Industrial.</p>	<p>(21) PI 1100532-7 A2</p> <p>(22) Data de Depósito: 16/02/2011 (43) Data da Publicação: 02/10/2012 (RPI 2178)</p>	 <p>* B R P I 1 1 0 0 5 3 2 A 2 *</p>
<p>(51) <i>Int.Cl.:</i> A61K 39/12 A61P 31/14 C07K 14/18 C12N 15/33 C12N 15/40 C12N 15/82 C12N 15/83</p>		
<hr/>		
<p>(54) Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PROTEÍNAS DO VÍRUS DA DENGUE EM PLANTAS, E USO DE PROTEÍNAS NA PREPARAÇÃO DE VACINA CONTRA A DENGUE</p>		<p>(57) Resumo: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PROTEÍNAS DO VÍRUS DA DENGUE EM PLANTAS, E USO DE PROTEÍNAS NA PREPARAÇÃO DE VACINA CONTRA A DENGUE. A presente invenção proporciona um vantajoso processo de produção da proteína envelope do vírus Dengue (proteína E), utilizando o vírus do mosaico do caupi (CPMV) como vetor. É também revelado o uso da proteína E na preparação de imunógeno contra a dengue.</p>
<p>(73) Titular(es): Fundação Universidade Estadual do Ceará (FUNECE)</p>		
<p>(72) Inventor(es): Francisco Jarbas Santos de Sousa, Isaac Neto Goes da Silva, Lia Magalhães de Almeida, Maria Izabel Florindo Guedes, Maria Lucia Torres Franklin, Sérgio Marcelo Rodríguez Málaga</p>		

FIGURA 17: Folha de rosto do pedido de patente.
Fonte: Espacenet, 2013.

Segundo Latour (1994) e colocando em discussão a prática da ciência, o pólo do objeto (coisa em si) foi rastreado nesta pesquisa a partir do processo de produção da tecnologia sob estudo, estando os atores humanos e não humanos visualizados em suas associações e combinações.

A tecnologia em estudo tem por finalidade a produção de proteínas do vírus da dengue utilizando sistemas vegetais como biofábrica e o uso dessas proteínas na preparação de vacina contra a dengue. O uso de sistemas vegetais para a produção de vacinas tem se mostrado uma alternativa atrativa aos sistemas de produção tradicionais.

Os vírus da dengue (DEN) pertencem à família *Flaviviridae*, gênero *Flavivirus*, e ocorrem de quatro sorotipos antigenicamente relacionados, mas distintos entre si DEN – 1, 2, 3, 4.

Dentre as proteínas expressas pelo vírus dengue, a existente no envelope (E) é a única que provê anticorpos neutralizadores, ou seja, é o principal imunógeno para a neutralização do vírus, sendo também a única que permite a entrada do vírus na célula do hospedeiro. Por essas razões, a proteína E tem sido extensamente estudada na área de biotecnologia.

Na tecnologia em estudo, a proteína E é obtida das folhas da *Vigna unguiculata* L (feijão-de-corda), sendo utilizadas como imunógenos protetores contra a dengue. Assim, para a obtenção dessas proteínas, foram utilizadas técnicas de biologia molecular nos vírus dengue e CPMV (*Cowpea mosaic virus*) – genoma do vírus da planta (mosaico *caupi*), que apresenta altas taxas de desenvolvimento em seu hospedeiro natural.

O uso de sistemas vegetais como biofábrica se mostra como uma técnica promissora ao proporcionar custo barato, simplicidade no processo de produção, produção em alta escala, além de ser uma técnica biologicamente segura.

Nesse sentido, a tecnologia em estudo permite a inserção das sequências de DNA do vírus dengue para a produção de proteína do envelope do vírus dengue (proteína E), sem a necessidade de obtenção ou uso de plantas transgênicas, compreendendo as seguintes etapas:

- A) Inserção do material biológico do vírus da dengue (inserção das sequências de DNA) no genoma do vírus da planta (CPMV);
- B) Inoculação do material biológico do vírus de planta contendo o inserto viral em plantas de *Vigna unguiculata*;
- C) Obtenção da proteína E (uma das proteínas virais responsáveis pela entrada do vírus na célula do hospedeiro), pelo processo como imunógeno contra a dengue das folhas do feijão-fradinho, feijão-frade ou feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*). No processo de obtenção de Proteína E, entende-se qualquer material biológico relacionado à proteína E do vírus da dengue.

Assim, a pesquisa visa, através do sequenciamento genético, isolar e clonar do fragmento referente ao domínio III da proteína E do vírus dengue peptídeos que foram inseridos no DNA do vírus do mosaico do caupi (CPMV) e inoculados em folhas de *Vigna unguiculata* (feijão-de-corda), sete dias após a germinação. A planta é então mantida em casas de vegetação por aproximadamente 21 dias, até o surgimento dos sintomas característicos do vírus CPMV e, posteriormente, sejam extraídos peptídeos derivados da proteína E com características imunogênicas.

Para a purificação das proteínas, são maceradas as folhas infectadas em tampão de extração (fosfato pH 7,5). Após a maceração, o material é filtrado em uma gaze dupla para eliminação dos fragmentos maiores da planta. Posteriormente, o extrato é submetido à clarificação com n-butanol e precipitação com PEG (polietilenoglicol), com o objetivo de

precipitar o Vírus. Através de técnicas de eletroforese, Western e imunofluorescência, é confirmado o grau de pureza das proteínas produzidas, bem como sua imunogenicidade. Assim, as proteínas produzidas em sistemas vegetais foram reconhecidas por anticorpos produzidos contra o vírus da dengue e por anticorpos anti-proteínas E. Em resumo, o processo de produção de vacinas compreende as seguintes etapas:

- a) Mapeamento dos epítomos dos sorotipos do vírus dengue e eleição das sequências mais promissoras na produção das proteínas de interesse;
- b) Desenho dos oligonucleotídeos iniciadores;
- c) Multiplicação dos fragmentos iniciadores através da técnica de RT-PCR;
- d) Inserção destas sequências no vetor equivalente a um vírus que infecta o feijão-de-corda;
- e) Inoculação no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) e manutenção na casa de vegetação;
- f) Acompanhamento da multiplicação dos vírus na planta;
- g) Coleta das plantas e extração das proteínas das plantas;
- h) Purificação das proteínas de interesse;
- i) Realização de testes de pureza das proteínas;
- j) Imunização de camundongos com as proteínas produzidas nas plantas;
- k) Obtenção dos anticorpos específicos contra dengue;
- l) Realização de diferentes testes sorológicos para verificar a especificidade dos anticorpos contra os quatro sorotipos do vírus do dengue;
- m) Teste de neutralidade do vírus dengue.

De acordo com a cientista responsável pelo desenvolvimento da tecnologia, os resultados obtidos até o momento mostram que, devido aos altos títulos de anticorpos induzidos pelas proteínas recombinantes produzidas em plantas (proteína E), a proposta é viável e poderá abrir perspectivas para a produção da primeira vacina eficaz e de baixo custo contra a dengue. Ademais, parece ser a única proposta de uma vacina que pode impedir a entrada dos quatro sorotipos do vírus na célula do hospedeiro, podendo assim evitar a doença.

7.3 Pesquisa de Campo

A pesquisa de campo desse trabalho foi construída tendo como base as premissas segundo Latour (2001) que a única maneira de compreender a realidade dos estudos científicos é acompanhar o que eles fazem de melhor, ou seja, prestar atenção nos detalhes da prática científica, a partir da qual os diversos atores humanos e não humanos se relacionam e geram novas associações, a fim de se conseguir uma reconstrução da rede dos fatos científicos na qual a tecnologia sob estudo se insere.

Considerou-se ainda que o papel desses atores não está limitado a meros informantes, mas antes se restaura nesses a capacidade de criar as suas próprias teorias sobre o que compõe o social, recuperando a trajetória de suas pesquisas e inovações e descrevendo a partir dessas: i) no que se converteu o coletivo nas mãos dos atores; ii) que métodos foram desenvolvidos e; iii) quais associações foram estabelecidas (LATOURE, 2008).

Partindo dessas premissas a presente dissertação tem por objetivo investigar e descrever o potencial de ruptura da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência os pressupostos sociológicos da Teoria Ator-Rede (TAR).

Nesses termos, utilizou-se da análise histórica (BARNES; BLOOR; HENRY, 1996) da tecnologia sob estudo aliada a três esquemas analíticos entre estes: i) a tríade desenvolvida por Rabinow (2002), no que se refere à evolução do campo científico: técnica (os artefatos utilizados); conceito (concepção da tecnologia em si), e; sistema experimental (como a técnica se conecta); ii) os quatro princípios propostos por Latour (2000) para o mapeamento das controvérsias, entre estes: 1) Buscar uma *porta de entrada*; 2) Identificar os *porta-vozes*; 3) Acessar os *dispositivos de inscrição*; 4) Mapear as *ligações da rede*; iii) a abordagem dos cinco circuitos do “sistema circulatório dos fatos científicos” para o mapeamento das ligações da rede (LATOURE, 2001).

Como *porta de entrada* e visando mapear as ligações da rede foi escolhida a controvérsia gerada a partir das passagens históricas relacionadas com as práticas da comercialização da tecnologia (ver FIGURA 13), tendo em vista que, para se tornar uma inovação, a tecnologia tem que chegar aos consumidores finais, ao mercado (NELSON, 2006; BELL, 1993). Posteriormente, foram *identificados os porta-vozes*, ou seja, aqueles que ‘falam

pela rede', que acabam por sintetizar a expressão de outros actantes humanos e não humanos (LATOURE, 2000; PEDRO, 2008).

Considerando as práticas científicas envolvidas nas controvérsias relacionadas à comercialização da tecnologia sob estudo, foram identificados como principais *porta-vozes*: a cientista bioquímica responsável pelo desenvolvimento da tecnologia, e o Coordenador da REDENIT/CE. Foi realizada ainda entrevista com Amanda Conrado, representando a *Greenbean* – empresa *spin-off* que foi criada pela Pesquisadora, com o apoio do NIT/UECE, como estratégia organizacional para a comercialização da tecnologia sob estudo e que será articulada a esta descrição no próximo item.

No resgate histórico que se segue, optou-se pela mescla dos relatos e enredos dos *porta-vozes*, a partir da concatenação dos fatos científicos na tentativa de cartografar, segundo Latour (2008), a composição do social, utilizando-se ainda material indexado para organizar a descrição dos acontecimentos e episódios históricos.

7.4 Apresentação dos Porta-Vozes:

1. A Pesquisadora do Laboratório de Bioquímica Humana

A pesquisadora é graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo-UFES (1979), é mestre em Fitotecnia com área de concentração em virologia vegetal pela Universidade Federal do Ceará - UFC (1983), doutora em Bioquímica pela UFC (1999) e pós-doutora em Bioquímica de Proteínas e Biologia Molecular pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) no Rio de Janeiro em 2010. Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Estadual do Ceará (UECE) no Departamento de Nutrição. Tem atuado como professora permanente nos Programas: Curso de Mestrado em Nutrição e Saúde (CMANS) e Doutorado em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO - www.renorbio.org.br). Tem atuado como consultora *ad-hoc* das Fundações de Amparo à Pesquisa do Estado do Pernambuco (PACEPE), Maranhão (FAPEMA), Minas Gerais (FAPEMIG), Ceará

(FUNCAP) e para o Ministério da Saúde/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq. É líder do Grupo de Pesquisa Inovação Biotecnológica em Saúde. Tem experiência na área de Virologia, Imunologia, Biologia Molecular e Biotecnologia, com ênfases no uso de sistema vegetal para a produção de proteínas recombinantes de interesse na área médica, visando à produção de vacinas e desenvolvimento de kits de diagnósticos. Realiza pesquisas fundamentais sobre os processos de clonagem e produção de proteínas recombinantes utilizando sistemas vegetais e microbiológicos (Texto da Plataforma Lattes).

2. O Coordenador da REDENIT/CE

Doutorando em Biotecnologia na Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO), possui mestrado Acadêmico em Administração de Empresas na Universidade Estadual do Ceará (UECE-2007). Possui graduação em Administração de Empresas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1994). Coursou mestrado na COPPE-UFRJ no departamento de Inovação Tecnológica e Organização Industrial - ITOI. Atualmente é pesquisador do Núcleo de Inovação Tecnológica da Universidade Estadual do Ceará, responsável pela área de Propriedade Intelectual da Instituição, Coordenador técnico do projeto de estruturação da Rede de Núcleos de Inovação Tecnológica do Estado do Ceará (REDENIT-CE), Coordenador do Observatório de Inovação do Instituto de Tecnologia e Informação (ITIC), Professor Substituto da Universidade Estadual do Ceará - Adm. Empresas. Coordenou projetos de Ensino à distância e gestão do conhecimento, e é pesquisador do Laboratório de Otimização e Simulação Organizacional do Instituto de Tecnologia da Informação - LASO. Tem experiência na área de Administração/Economia, com ênfase em mudança tecnológica, atuando principalmente nos seguintes temas: Patentes na área de Biotecnologia, inovação, economia, sistemas de informação, EaD, desenvolvimento de *software* e controle de processo, desenvolvimento de políticas industriais. Possui artigos publicados principalmente nas áreas de: Economia, Estratégia, Administração de Sistemas de Informação, Empreendedorismo e Gestão da Inovação.

Para Latour (1994) a prática da ciência está fundada sobre as competências e intermediada pelos laboratórios, nos quais se constrói um objeto e um contexto. Considerando

esta premissa descreve-se a seguir o Laboratório de Bioquímica Humana integrante da Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO no qual foi desenvolvida a tecnologia sob estudo.

7.5 Apresentação do Laboratório de Bioquímica Humana

Latour (2001) entende que a compreensão da realidade do processo de construção do fato científico se dá mediante o acompanhamento da prática científica. Para o autor esse processo pode ser entendido como um sistema circulatório, no qual os diversos atores humanos e não humanos se relacionam e geram novas associações, conformando a rede dos fatos científicos. Assim, os laboratórios científicos se mostram como o *locus* para a compreensão da produção de conhecimento, para a produção de certeza.

Conforme anteriormente explicitado na discussão do referencial teórico desse trabalho, o primeiro circuito apresentado por Latour (2001), denominado *Mobilização do Mundo*, diz respeito à inserção dos atores não humanos no discurso, sendo esses o corpo de instrumentos materiais disponíveis aos cientistas, com o intuito de argumentar em favor de suas pesquisas.

Tendo como base estas premissas, eu e o Luiz Eduardo marcamos de nos encontrar no Mestrado Acadêmico em Administração de Empresas – CMAAd da Universidade Estadual do Ceará - UECE, e seguimos para o encontro com a cientista pesquisadora no Laboratório de Bioquímica Humana. Às 9:10, a pesquisadora começou nos apresentando os atores não humanos envolvidos na pesquisa da tecnologia sob estudo, a estrutura, os equipamentos, os materiais, explicando as funções e processos do Laboratório de Bioquímica Humana, no qual um grupo de pesquisadores estavam, naquele momento, trabalhando.

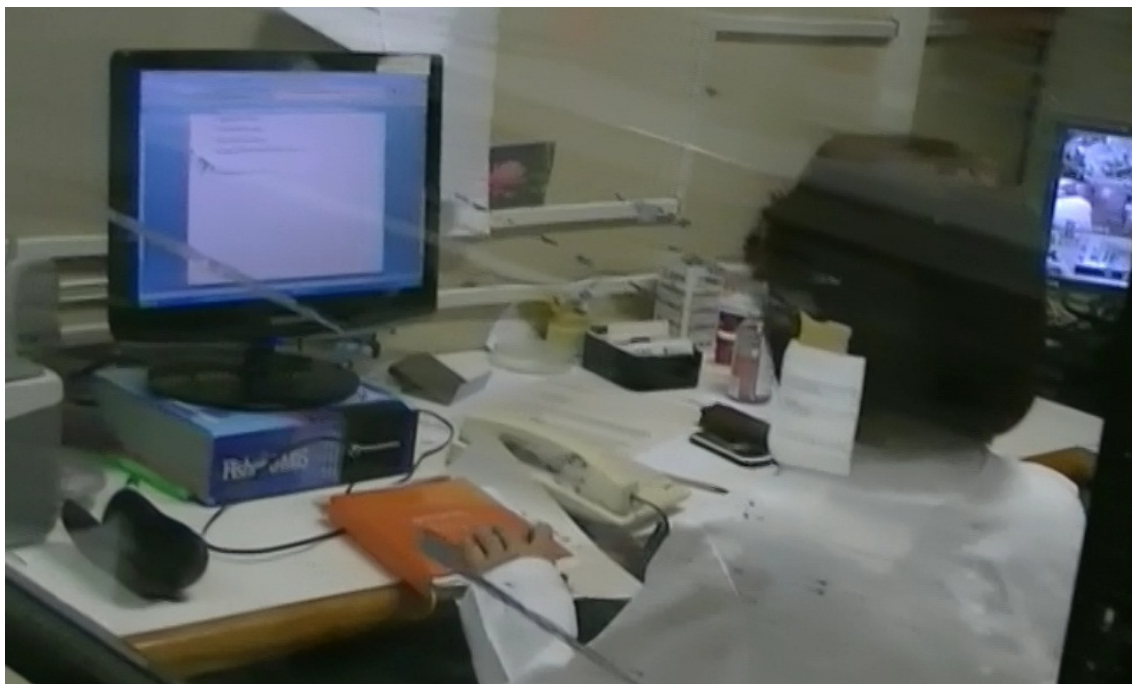


FIGURA 18: Sala da pesquisadora.
Fonte: Pesquisa de campo.



FIGURA 19: Equipe de pesquisadores trabalhando no laboratório.
Fonte: Pesquisa de campo.



FIGURA 20: Materiais do Laboratório de Bioquímica Humana.
Fonte: Pesquisa de campo.



FIGURA 21: Materiais do Laboratório de Bioquímica Humana.
Fonte: Pesquisa de campo.

Logo após, a pesquisadora nos apresentou as outras salas que compõem o Laboratório: a sala de cultura de células, a sala de análise biotecnológica e a sala de microbiologia.



FIGURA 22: Conhecendo as salas do Laboratório.

Fonte: Pesquisa de campo.

A pesquisadora mostrou ainda os principais equipamentos do Laboratório, destacando a centrífuga e a incubadora com *shake* do laboratório que são fundamentais para as pesquisas realizadas.



FIGURA 23: Sala de Microbiologia.

Fonte: Pesquisa de campo.



FIGURA 24: Incubadora com *shake* do Laboratório.
Fonte: Pesquisa de campo.

Continuamos o percurso e fomos à última sala que se destina à finalização dos processos relacionados as práticas científicas da biologia molecular. Nessa parte do Laboratório são realizadas as extrações de DNA/RNA (extração e transformação do plasmídeo). Eu já havia estado no Laboratório anteriormente, em meados de 2010, na época em que a REDENIT-CE estava auxiliando a pesquisadora na proteção de suas tecnologias, mas, como na época a visita se destinou à resolução de questões técnicas, não havia o conhecido com profundidade.

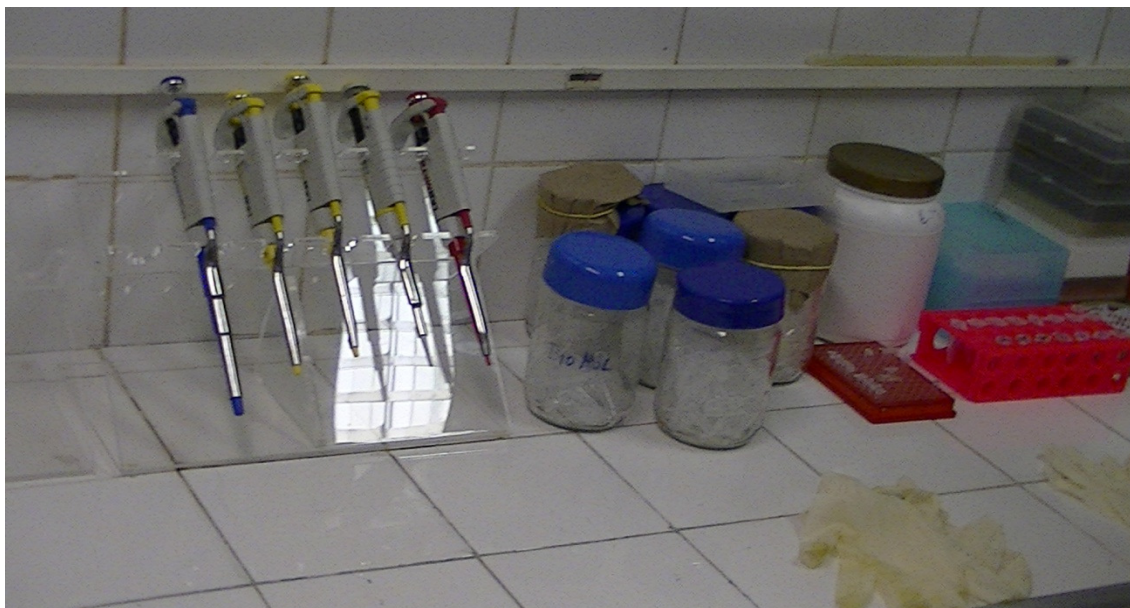


FIGURA 25: Laboratório de biologia molecular (extração de DNA).
Fonte: Pesquisa de campo.

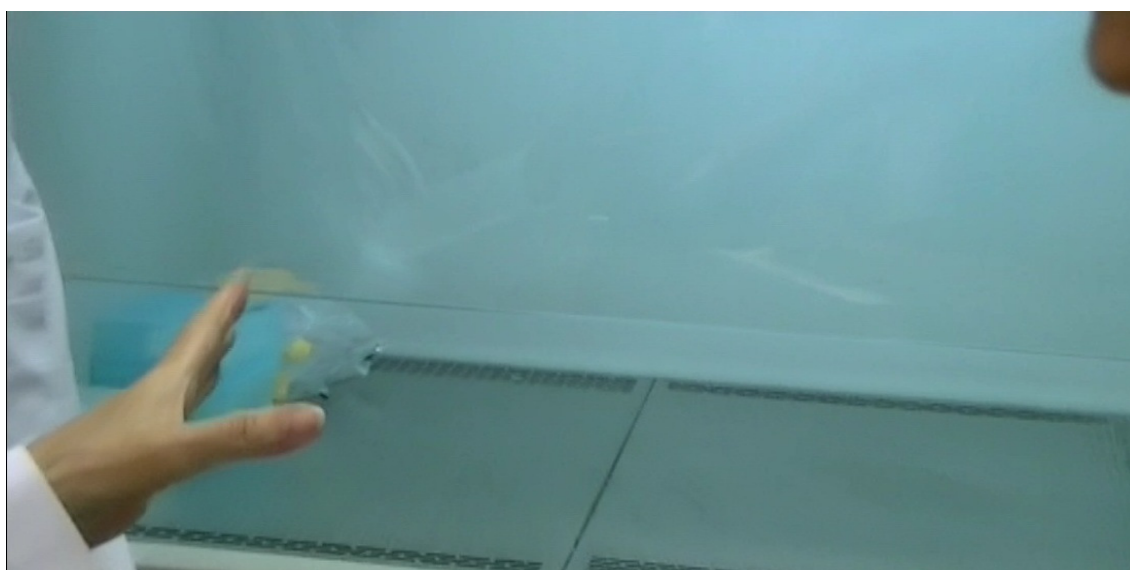


FIGURA 26: Equipamento com luz UV para extração do DNA-RNA.
Fonte: Pesquisa de campo.

No caminho para a sala do laboratório onde seria realizada a entrevista, no corredor, percebemos uma quantidade considerável de equipamentos sem uso, ainda com embalagem protetora. Nesse sentido, indagamos a pesquisadora sobre a razão dos mesmos estarem fora de uso do laboratório. Sobre isso, ela comentou:

Pesquisadora: Essas caixas aqui são gaiolas climatizadas pra camundongos e ratos, só que a gente não tem onde colocar. Elas evitam a contaminação do usuário, bem como do meio ambiente. Essa sala já está esbarrotada também. Não tem como.

Questão colocada: Mas e aí, o que vocês vão fazer? Precisa aumentar, não, o laboratório?

Pesquisadora: Não sei, não sei. A gente não sabe o quê fazer porque a reforma, o projeto nunca saiu da UECE.



FIGURA 27: Equipamentos comprados e não utilizados por falta de espaço no Laboratório.
Fonte: Pesquisa de campo.



FIGURA 28: Equipamentos comprados e não utilizados por falta de espaço no Laboratório.
Fonte: Pesquisa de campo.



FIGURA 29: Equipamentos comprados e não utilizados por falta de espaço no Laboratório.
Fonte: Pesquisa de campo.

Passamos então ao local de realização da entrevista.



FIGURA 30: Laboratório onde foi realizada a entrevista.

Fonte: Pesquisa de campo.

7.6 Relatos e Enredos Baseados no Resgate Histórico da Tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”

Os relatos e enredos históricos a seguir foram organizados segundo a tríade desenvolvida por Rabinow (2002), no que se refere à evolução do campo científico: técnica (os artefatos utilizados); conceito (concepção da tecnologia em si), e; sistema experimental (como a técnica se conecta).

Rabinow (2002) considera que os objetos científicos não são apenas “descobertos”, mas são também “construídos” e, nesse sentido, a historiografia de uma pesquisa possibilita a observação do processo de avanço científico e consolidação da técnica em sistema experimental, referente à trajetória da tecnologia sob estudo.

1. O Surgimento da Técnica

Um dos principais problemas do combate à dengue é o seu diagnóstico. Como mostrado por Varella (2012), a identificação precoce da doença é fundamental, pois se trata de uma doença dinâmica que pode evoluir rapidamente para quadros mais graves em apenas dois ou três dias. Seu diagnóstico inicial ainda é probabilístico, partindo-se do exame físico do paciente e de seu histórico, bem como da exclusão de outras doenças, como a doença meningocócica (meningite ou meningococemia), ou a leptospirose. Até o momento, os exames clínicos realizados (hematócrito e contagem de plaquetas) fornecem informações úteis, mas não comprovam o diagnóstico de dengue, tendo em vista que a alteração das taxas sanguíneas pode estar atrelada a outras infecções (VARELLA, 2012).

A necessidade de um diagnóstico preciso para a dengue foi um dos motivos que impulsionou o desenvolvimento da tecnologia sob estudo na busca de uma solução para o problema. De acordo com a pesquisadora:

Porque quando o pesquisador decide fazer uma pesquisa, ele pensa em quê? Ele pensa em solucionar um problema. (...)

Bom, se eu tenho um objetivo, eu vou procurar o quê? Solucionar, procurar soluções para um problema que atinja a população de uma maneira geral.

Então, eu sempre estou procurando o quê? Uma solução para um determinado problema, ou seja, a cura de uma doença, o controle de uma doença, como é o caso da vacina da dengue. Então aqui as nossas pesquisas são aplicadas, direcionadas para obter um produto que venha a trazer benefícios pra gente. Então esse é o nosso objetivo.

Então aqui nossas pesquisas são direcionadas pra resolver problemas da dengue, realizar diagnóstico precoce porque é muito triste você ver todo o dia as pessoas morrerem, crianças... Essa semana mesmo morreu um bebê de dengue hemorrágica porque os médicos não conseguiram diagnosticar a dengue e salvar a vida da criança (Pesquisadora).

Além disso, a cientista pesquisadora narra também sua experiência pessoal que contribuiu como um motivador para o desenvolvimento da tecnologia.

Primeiro, eu tive dengue mais ou menos em 2002. Eu já era professora substituta. Eu tive dengue e vi que existia uma lacuna imensa no conhecimento, no conhecimento relacionado à clínica de dengue, diagnóstico... porque você ficava a mercê do acaso. (...)

Então, eu passei três semanas doente e comecei a refletir sobre isso. “- Meu Deus, como é que uma pessoa que não tem acesso à saúde, não tem plano de saúde, como essas pessoas sofrem procurando um posto de saúde, sem ter diagnóstico, sem ter orientação?”.

Então, a partir daí, eu fiz o primeiro projeto de dengue. E então comecei a estudar sobre a dengue (Pesquisadora).

Os primeiros projetos voltados ao estudo da dengue se iniciaram no ano de 2004 no Laboratório de Bioquímica Humana da Universidade Estadual do Ceará – UECE quando a pesquisadora, a partir de seus conhecimentos nas áreas de Virologia, Imunologia e Biotecnologia, começou a refletir sobre como poderia desenvolver uma tecnologia que solucionasse o problema de saúde pública da dengue.

Como mostrado por Rabinow (1996, 2002), esse primeiro estágio pode ser considerado como o resultado de uma combinação de melhoramentos e aperfeiçoamentos de uma metodologia, no caso, o estado da técnica referente à imunização contra a dengue. Além disso, podem ser inseridas novas variações de técnicas, expandindo-se assim a consciência do que a imunização contra a dengue pode oferecer, como ocorrido na tecnologia em estudo.

Considerando segundo Latour (2001) os anéis da *Autonomização* (pares) e das *Alianças* (aliados) dos cinco circuitos para a compreensão do sistema circulatório dos fatos científicos, descreve-se a seguir as práticas desenvolvidas pela pesquisadora em relação às associações e alianças entre essa e seus colegas. Para Latour (2001), somente a partir de associações e alianças industriais, políticas, governamentais uma disciplina pode se tornar autônoma.

Assim, com o objetivo de obter recursos para saldar as dificuldades financeiras e para suprir a carência de equipamentos no laboratório, a pesquisadora desenvolveu as práticas das associações e da construção de alianças com outros colegas e instituições para garantir autonomia e continuidade à sua pesquisa. Uma das primeiras alianças conseguida pela pesquisadora foi com o Instituto de Doenças Tropicais Evandro Chagas, Instituto de referência nacional, localizado em Belém, PA.

Quando eu cheguei na UECE e pensei em fazer pesquisa – eu entrei como professora substituta em 2000, não sabia que não ia conseguir ficar só dentro na sala de aula, então já comecei a criar um gosto puro por parcerias. (...).

Então, em 2002, eu não tinha nada, nem conhecia ninguém e ninguém me conhecia. Então eu mandei uma carta para o doutor Pedro Vasconcelos (do Instituto Evandro Chagas), aí expliquei pra ele que estava iniciando uma pesquisa sobre dengue pedindo a ele que aceitasse dois alunos (de iniciação científica) pra estágio para treinamento em biologia molecular (Pesquisadora).

Os relatos acima sugerem que a aliança já iniciada em 2002, foi um dos motivadores para a autonomia e continuação da pesquisa, dando início à conformação do quinto circuito - *Vínculos e nós* - do sistema circulatório dos fatos científicos. Segundo Latour

(2001), o quinto circuito, por ser um ponto central da rede que estabelece ligação com os quatro outros circuitos, mantém unidos inúmeros recursos heterogêneos (LATOURE, 2001). A FIGURA 31 abaixo destaca as primeiras relações estabelecidas pela pesquisadora, a partir do surgimento de sua ideia.

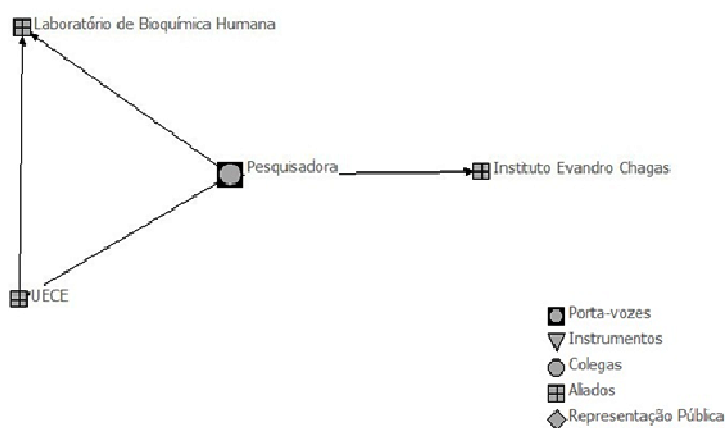


FIGURA 31: Rede gerada para o surgimento da técnica.
Fonte: Pesquisa de campo.

2. O Desenvolvimento da Tecnologia (Conceito Tecnológico)

Rabinow (2002) parte do entendimento de que um ‘conceito tecnológico’ é o resultado de uma combinação de técnicas existentes. O diferencial, a originalidade dessa combinação é que constituiria o conceito final elaborado. Nesse sentido, resgata-se a seguir os relatos acerca do processo de desenvolvimento desse conceito no contexto histórico da tecnologia sob estudo.

Em 2002, houve a aprovação do primeiro projeto relacionado com a dengue e foi financiado pela Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Ceará - FUNCAP, no valor de R\$ 9.600,00, com duração de dois anos (2002/2004). O Projeto foi intitulado de “Desenvolvimento de técnicas sorológicas para o diagnóstico da dengue”. Para o seu desenvolvimento, foi ainda realizada, além da FUNCAP, alianças com o LACEN - Laboratório Central (Laboratório responsável pelo diagnóstico e monitoramento de todas as doenças infecciosas, como HIV, hepatite, viroses bacterianas, entre outras), o qual forneceu os primeiros vírus para os testes. Os colaboradores colegas e pares aliados do Projeto foram:

Ricardo Carvalho (Diretor do LACEN), Fernanda Montenegro (professora da área de virologia), e Elza Gadêlha (Vice-Diretora do LACEN e doutora pela RENORBIO).

Nessa época, eu fiz o projeto, procurei o LACEN, eu nem conhecia ninguém. Só cheguei lá.

Desse projetinho nasceram várias colaborações desde o início. Porque eu fui lá, apresentei o Projeto e conversei. Minha atitude com relação à pesquisa é buscar parcerias e não fechar (Pesquisadora).

O discurso da pesquisadora mostra o importante papel dos cientistas na busca por associações institucionais e alianças entre os pares para o desenvolvimento e autonomia de suas pesquisas, como mostrado por Latour (2001) nos anéis da *Autonomização* (pares) e das *Alianças* (aliados) dos cinco circuitos para a compreensão do sistema circulatório dos fatos científicos.

A partir da prática científica das alianças e de associações com os atores humanos e não humanos desse Projeto, foi possível adquirir equipamentos e materiais para o laboratório como pipetas, equipamento de eletroforese, proporcionando assim o desenvolvimento de uma pesquisa básica mais abrangente, uma vez que o laboratório ainda não se encontrava equipado para tal. Consoante ao disposto por Latour (2001) percebe-se a importância da combinação dos atores humanos e não humanos a partir do primeiro circuito da *Mobilização do Mundo*, e dos circuitos da *Autonomização* (pares) e das *Alianças* (aliados) para a continuidade e com o intuito de argumentar em favor da pesquisa.

Então eu descobri que o campo de pesquisa da dengue era muito árido existia uma lacuna imensa com relação à pesquisa.

O que eu percebi nesse momento é que a pesquisa da dengue era voltada pra clínica (...) e o Brasil não estava fazendo nada contra a dengue da maneira que eu pensava, como eu via o problema. Então eu comecei, primeiro: produção de anticorpos para desenvolver uma técnica sorológica. Mas como era pouco dinheiro e eu não tinha estrutura nenhuma, eu comecei a apostar que eu podia acreditar nessa pesquisa, então fiz o segundo projeto (Pesquisadora).

Ainda em 2006, a pesquisadora participou de outro projeto intitulado de “Uso do vírus de plantas na produção de proteínas para o vírus da dengue com o objetivo de produzir uma vacina tetravalente”. A pesquisadora submeteu-o ao edital do PPSUS – Programa de Pesquisa para o Sistema Único de Saúde e obteve a aprovação, mas, para tanto, teve que ‘mascarar’ o objetivo final do Projeto, haja vista o desconhecimento da tecnologia pelos órgãos de fomento, iniciando com esse episódio histórico uma importante controvérsia entre

aliados e a pesquisadora. A seguir se descreve esta controvérsia pelas palavras da pesquisadora:

Foi aprovado pelo PPSUS, mas eu não coloquei “vacina”, sabe, porque eu sabia que ia ter um problema. Eu coloquei produção de antígenos pro vírus da dengue usando o vírus da planta. Eu mascarei o objetivo final que era a produção de vacina pra conseguir. (...).

No ano seguinte, resubmeti o projeto de produção de vacina à FUNCAP que não aceitou esse projeto da vacina. Me lembro até hoje, eu nunca tinha escutado alguém dizer isso com relação a projeto. Disse que meu projeto era promíscuo, aí eu não sabia qual era a promiscuidade que meu projeto estava fazendo (Pesquisadora).

Nota-se aqui um ponto interessante no relato da pesquisadora ao destacar o posicionamento controverso negativo de instituições de amparo à pesquisa como a FUNCAP ante o (des) conhecimento da tecnologia, sobretudo, relacionado ao grau de novidade da tecnologia que estava sendo proposta.

Conforme Nobre (2009) o termo controvérsia se refere a uma disputa em que se alegam razões prós ou contra de conhecimentos científicos ou técnicos ainda não assegurados, podendo envolver atores diversos. Dessa forma, a análise das controvérsias permite que sejam visualizados e compreendidos os conflitos de interesses, as influências e resistências no processo de construção de conhecimento. Nesse sentido e de acordo com Pedro (2005), compreender e mapear as controvérsias requer uma especial atenção aos dispositivos de saber-poder que estão em ação nas redes, lembrando que os argumentos lançados não são apenas técnicos, mas estão fortemente entrelaçados com crenças, interesses e com as outras redes em que os cientistas estão inseridos.

Esse segundo Projeto “Uso do vírus de plantas na produção de proteínas para o vírus da dengue com o objetivo de produzir uma vacina tetravalente” se mostrou, portanto, mais ousado que o primeiro, tendo por finalidade a obtenção de material para equipar o laboratório. O limite de recurso financeiro a ser obtido era de R\$ 50.000,00 e foi requisitado pela pesquisadora para a compra de uma centrífuga para o laboratório de Bioquímica Humana da RENORBIO (FIGURA 32). A inserção da centrífuga no discurso, um elemento não humano, mais uma vez destaca o papel fundamental do circuito da *Mobilização do Mundo*, ou seja, dos instrumentos utilizados (LATOURE, 2001) para o prosseguimento e autonomia das pesquisas e, que no caso histórico sob estudo, representou um importante elemento (não humano) para a resolução da controvérsia entre o laboratório e seus aliados.

Aí eu pensei: “eu ganho a centrífuga aqui e ganho dinheiro pra reagentes em outros projetos”. Então comecei a trabalhar com tecnologia já avançada para produzir vacinas com plantas.

Nessa época, por quê eu pensei nessa ideia de fazer vacina usando vírus da planta? Porque eu fiz uma pesquisa e cheguei a uma conclusão, baseada nos meus conhecimentos em virologia e baseada também nos meus conhecimentos em imunologia, eu vi que era praticamente impossível produzir vacina usando os métodos tradicionais, ou seja, de atenuar o vírus que é feito hoje (Pesquisadora).



FIGURA 32: Centrífuga do Laboratório.

Fonte: Pesquisa de campo.

Em uma cidade do Nordeste Brasileiro, como Fortaleza, na qual há uma proliferação grande de mosquitos, atenuar um vírus e aplicá-lo em uma pessoa pode ser perigoso, pois o vírus não está morto, somente atenuado (geneticamente enfraquecido). Então, se o mosquito picar outra pessoa, o vírus pode voltar à sua forma selvagem, podendo causar uma epidemia. A impossibilidade de se fabricar vacina usando os métodos tradicionais decorre do fato de que a doença da dengue se manifesta em quatro sorotipos parecidos, porém diferentes. Deste modo, é praticamente impossível aplicar os quatro sorotipos ao mesmo tempo em uma pessoa. Esses foram um dos problemas que fizeram com que a pesquisadora refletisse diferentemente sobre o problema da dengue, pensando em soluções para tanto.

Assim, ainda no ano de 2006, foi divulgado edital de fomento à pesquisa, via a agência de fomento FUNCAP. Nesse sentido, a fim de obter recursos para o desenvolvimento da pesquisa, submeteu-se projeto intitulado de “Monitoramento do vírus no meio ambiente”, obtendo-se recursos do Conselho para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq,

do PPSUS, e do Governo do Estado do Ceará. A partir dos recursos obtidos na monta de R\$ 87.000,00, foi possível a compra de materiais para dar continuidade ao desenvolvimento da pesquisa que já estava em andamento, mesmo sem recursos financeiros suficientes. O projeto teve a duração de 2006 a 2008 e gerou duas teses de doutorado na RENORBIO, além de publicações em periódicos internacionais.

Sobre o grau de novidade do objeto de sua pesquisa, a pesquisadora Izabel informou que no começo teve muitas dificuldades para a aprovação e autonomia de sua ideia, ante o descrédito de alguns aliados e pares entre estes o órgão de fomento do Governo local, como no episódio da FUNCAP por ocasião do primeiro projeto submetido a este órgão de fomento à pesquisa. Conforme anteriormente discutido, no que se refere aos graus de novidade e impactos da inovação, estes podem ser classificadas em radical ou incremental; arquitetural ou modular; e disruptiva ou de sustentação (HENDERSON; CLARCK, 1990; KATZ, 2001; TIGRE, 2006; CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009).

Contudo e considerando as controvérsias emersas a partir do grau de novidade, no relato a seguir, consegue-se observar a necessidade da busca na conformação, através da ampliação da rede dos fatos científicos da pesquisadora visando consolidar a credibilidade e autonomia de seu projeto frente aos seus pares, bem como frente aos seus possíveis aliados institucionais. Como ressalta Latour (2001, p. 106), “um especialista isolado é uma contradição em termos”.

Questão colocada: No início da elaboração dessa sua tese, dessa sua ideia, que era completamente diferente do que vinha a ser feito até então, a senhora não sofreu? O que seus colegas pensavam sobre o assunto? Como foi esse debate?

Pesquisadora: Muito! Eu tenho vários pareceres contrários. Quando você manda o projeto, aí tem os avaliadores. Algum parecerista dava um parecer contrário assim absurdo! Falava: “- isso não existe”!

Questão colocada: Você teve projetos que não foram aceitos?

Pesquisadora: Muitos, muitos, porque a ideia é muito avançada e ninguém aceitava. Primeiro que as pessoas não sabiam como produzir proteínas pra vacina a partir de uma planta, então condenavam logo dizendo: “- Isso não existe, isso não existe. É impossível!”, aí reprovavam logo (Pesquisadora).

Apesar de não se configurar o critério de novidade absoluta, tendo em vista já existir no mundo tecnologia semelhante de produção de vacinas a partir de sistemas vegetais, contudo, ainda não havia vacinas produzidas com vegetais especificamente contra a dengue. Como a Inglaterra e os Estados Unidos desenvolvem pesquisas avançadas no setor de

imunização utilizando sistemas vegetais como biofábricas, a pesquisadora buscou parceria com o professor de química biológica, George Lomonossoff, da Universidade de Norwich para a continuação do desenvolvimento da ideia. O contato estabelecido ocorreu por *e-mail* (george.lomonossoff@jic.ac.uk), ampliando e proporcionando assim uma importante aliança ente pares e laboratórios para o completo desenvolvimento da tecnologia referente à etapa de inserção vírus e obtenção da proteína viral.

Eu escrevi pra ele e ele me apoiou e me ajudou porque no início eu pensava em colocar o vírus da dengue pra produzir as proteínas e manter os dois vírus: o vírus da planta e o vírus da dengue. Minha primeira ideia foi essa.

Então, o que foi que observei nesse projeto é que eu conseguia sim produzir as proteínas da dengue no vírus da planta, mas eu tinha que fazer num pedaço pequeno da proteína do vírus da dengue.

Então eu escrevi pra esse meu colaborador lá fora e ele me ajudou a montar um vírus que pudesse produzir proteína de um envelope pra outro.(...).

A participação dele foi acreditar na minha ideia e falar você vai colher porque você está no caminho certo. Faz isso que você chega lá! (...).

Esse apoio que, pra mim, porque pra mim ele é um dos ‘Papas’ em produção de proteínas em plantas e ele disse: - “Segue que você está no caminho certo”. Então, o resto a gente desenvolveu aqui (Pesquisadora).

Muito embora a aliança tenha se firmado apenas virtualmente, há disposição das partes em oficializar essa aliança em nível internacional. Novamente se observa a importância da associação, julgamento e posicionamentos de colegas pares especialistas para a autonomia da pesquisa sob estudo.

Outra aliança importante a ser ressaltada é entre a integração do Laboratório de Bioquímica Humana com a Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO. A Rede, formalizada em 2006, tem um papel importante nesse processo, uma vez que pesquisadores e alunos do Laboratório de Bioquímica Humana foram fazer doutorado no Programa *Stricto Sensu* da RENORBIO, já na área específica da pesquisa: diagnóstico e produção de vacinas. Além disso, a pesquisadora participou ativamente na elaboração do projeto para a constituição da própria RENORBIO.

Estes episódios históricos relatados evidenciam a conformação do quinto circuito - *Vínculos e nós* - do sistema circulatório dos fatos científicos. Enfatiza-se, segundo Latour (2001), o quinto circuito por ser um ponto central da rede que estabelece ligação com os quatro outros circuitos, entre estes – *Mobilização do mundo; Autonomização (pares); Aliança (aliados) e Representação pública* - mantendo unidos inúmeros recursos heterogêneos.

E a esse ponto, os relatos e enredos históricos ouvidos e observados evidenciaram a concatenação do elo da *Representação Pública* no contexto do sistema circulatório dos fatos científicos que se refere à necessidade do pesquisador em ter importantes relações com a opinião pública, como imprensa, mídia em geral, e cidadãos. A opinião pública influencia os demais circuitos, portanto a preocupação com esse circuito é fundamental para vencer os preconceitos e dúvidas concernentes à pesquisa, aumentando assim o poder de convencimento do pesquisador (LATOUR, 2001). A aliança com a RENORBIO, a evolução das pesquisas da dengue entre os pares do laboratório, e os grupos de pesquisa associados chamaram a atenção da mídia. Assim, em 2007, embora a tecnologia estivesse ainda na fase de testes, a pesquisadora foi procurada pela Rede Globo. Percebe-se, portanto, como interagem e se entrelaçam esses multi-agentes heterógenos na construção da rede dos fatos científicos (WINDRUM; GARCÍA-GOÑI, 2008; LATOUR, 2001).

Nós fomos procurados pela Rede Globo. Porque a Rede Globo procurou no Brasil todo em 2007. Eu acho que foi em 27 de outubro de 2007 foi ao ar.

Nessa época, a gente já trabalhava, a RENORBIO já existia (...), a gente já tinha projeto, aí foi como esse Projeto da vacina começou a aparecer.

Então, em 2007, quando começou uma grande epidemia de dengue no Brasil todo, A Rede Globo procurou em todas as instituições de pesquisa no Brasil todo para identificar grupos de pesquisa que trabalhavam com dengue. Então nós fomos localizados aqui, a Rede Globo entrou em contato comigo, eu falei até com o William Bonner. Então eles entraram em contato e enviaram uma equipe até aqui para fazer a reportagem (Pesquisadora).

A pesquisadora relata também como a repercussão pública pode ser controversa e por vezes prejudicial ao respingar na autonomia da pesquisa ao se confrontar com diferentes notícias “oficiais e mundanas” provenientes do mesmo estado da Federação.

Além disso, conforme a pesquisadora, a repercussão do projeto em nível nacional ocasionou ainda certa “admiração” e ou ‘ciúme’ de outras instituições aliadas porque a UECE, enquanto coordenadora no triênio da RENORBIO, começou a aparecer em outros canais e meios de comunicação (Rede Globo, Tv Brasiliense, Rádio de Minas Gerais, no Rio de Janeiro, no Paraná).

A gente passou no Jornal Nacional e muita gente que nem acreditava “- Isso não é a UECE!” (tom de descrédito e admiração).

Sobre a pesquisa da dengue, as primeiras publicações dos resultados de suas pesquisas datam de 2007, 2008, uma vez que, como o assunto é novo, os primeiros resultados saíram nessa época.

Para o alcance de mais recursos, visando dar continuidade à pesquisa sobre a dengue, foi submetido novo projeto ao edital do CNPq no ano de 2007 (duração do projeto de 2007 a 2010), ampliando a rede dos fatos científicos através de práticas associativas e de alianças com outros laboratórios e instituições de fomento. A pesquisadora entrou em contato com a professora Dr^a. Rosa Amália Fireman Dutra, da Universidade Estadual de Pernambuco – UPE, e escreveram o projeto em conjunto, intitulado “Rede Nordeste de biosensores aplicados à saúde”. Nesse projeto, conseguiu-se a monta aproximada de R\$ 900.000,00 para a compra de reagentes e equipamentos de biologia molecular. A aliança permanece atual, tendo gerado inclusive diversas publicações. Desse Projeto, nasceram outros projetos, ampliando as associações e combinações entre os atores humanos e não humanos. Os reagentes conseguidos nesse Projeto (ator não humano) foram fundamentais para a padronização das técnicas experimentais até então utilizadas, constituindo-se assim um ator fundamental para a autonomia da pesquisa e constituição do conceito tecnológico segundo Rabinow (2002) e Latour (2001).

Ainda em 2008, foi aprovado o projeto “Uso de vírus de planta como vetor na produção de uma vacina tetravalente contra a dengue” pela CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, mas com o intuito de se conseguir bolsas PNPd (Plano Nacional de Doutorado). Nesse Projeto, foram conseguidas duas bolsas de pós-doutorado, trazendo-se um pesquisador chileno para trabalhar no Laboratório e na pesquisa da tecnologia sob estudo. O pesquisador chileno, Sergio Marcelo Rodriguez Málaga (pesquisador também desenvolvedor da vacina contra a dengue), passou 2 anos trabalhando com a pesquisadora no Laboratório Bioquímica Humana.

Atualmente, após a saída do pesquisador Sergio Málaga, entrou a pesquisadora Maria Lucia Franklin (que concluiu doutorado na França), bolsista de pós-doutorado (PNPD), além de outra bolsa de pós-doutor também conseguida através de aliados e editais institucionais. Esta ampliação entre os aliados e pares assim como, a atração de doutores de outros grupos de pesquisa demonstram a importância e o impacto da pesquisa no meio acadêmico, político governamental, público e industrial.

Questão colocada: A senhora atrair esses pós-doutores significa que a senhora está tendo uma aceitação entre outros grupos de pesquisa relevantes, né?

Pesquisadora: Sim, isso aí já foi a nível nacional. Foi a CAPES que aprovou, é diferente. E a FIOCRUZ aceitou esse Projeto também para o pós-doutorado que eu tenho (Pesquisadora).

O pós-doutoramento da cientista pesquisadora ampliou a rede dos fatos científicos até então conformada ao ser realizado na FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz, após recebimento de bolsa pela FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, em 2010, tendo como orientador o professor Dr. Giovanni Salvatori (pesquisador da FIOCRUZ, na área de proteínas e desenvolvimento de diagnóstico e professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro).

Por fim, também no ano de 2008, o Banco do Nordeste do Brasil - BNB abriu um edital para estudo das plantas nativas, visando o desenvolvimento de fármacos e produtos naturais para controle de doenças na região. A pesquisadora então escolheu reproduzir a técnica e conceito experimental até então desenvolvido, utilizando para este projeto a Carnaúba (*Copernicia prunifera*), árvore típica da região semiárida do Nordeste Brasileiro, e conhecida também como a árvore-símbolo do Estado do Ceará.

Quando eu olhei, eu pensei em fazer um projeto com a Carnaúba. Porque eu achava a Carnaúba assim, uma planta milenar que vem fazendo cera, muita coisa com Carnaúba na Alemanha, então por que a gente não valoriza o que é nosso?

O BNB aprovou o Projeto cujo recurso proporcionou o depósito do primeiro pedido de patente da pesquisadora Izabel, que também foi o primeiro depósito de pedido de patente da UECE.

Em 2012, no último edital lançado pelo Banco do Nordeste (à época da entrevista com a pesquisadora), foram aprovados três novos projetos (dengue, uso de plantas e Carnaúba). De acordo com a pesquisadora, o BNB sempre foi um excelente aliado, sendo uma “aliança especial”.

Os relatos acima articulados são referentes aos projetos aprovados nos editais das agências de fomento, às bolsas de estudo e às pesquisas conseguidas através das alianças com as instituições de pesquisa, à ampliação da equipe de pesquisadores e aliados, conforme a FIGURA 34 abaixo. Os recursos liberados possibilitaram acessar alguns dos *dispositivos de inscrição*, enquanto princípio metodológico para a descrição da rede dos fatos científicos, ou seja, tudo o que possibilite uma exposição visual, de qualquer tipo, em textos e documentos, e que possibilitam “objetivar” a rede (LATOUR, 2000; PEDRO, 2008).

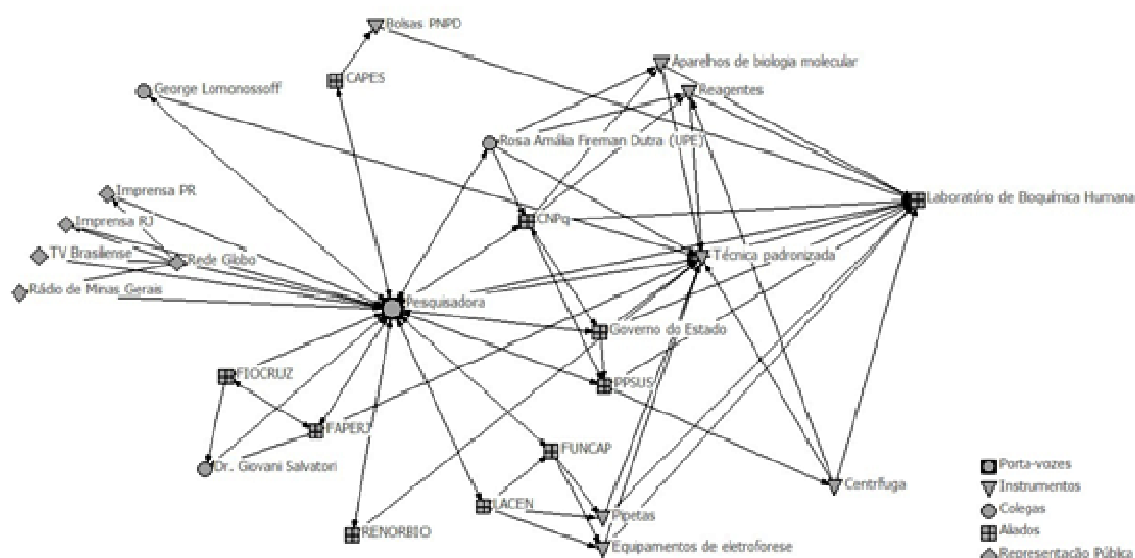


FIGURA 33: Rede gerada para o desenvolvimento do conceito da tecnologia.
Fonte: Pesquisa de campo.

3. Patenteamento (Sistema Experimental)

Rabinow (2002) postula que, para uma prática se tornar científica, é necessário que ela seja formalmente escrita, conforme as normas da comunidade. Para o autor, a constituição do conhecimento científico ocorre:

Somente após o desenvolvimento de um sistema experimental no qual o conceito pudesse ser transformado numa prática, ser formalizado experimentalmente e produzir resultados que fossem ao encontro das normas de evidências publicáveis (RABINOW, 2002, p. 190).

Nesse sentido e, além das publicações efetivadas e já relatadas anteriormente, considera-se para a consecução deste trabalho, o processo de patenteamento como um *output* do processo de desenvolvimento de uma tecnologia com potencial inovador. O documento de patente é um importante *dispositivo de inscrição*, ao possibilitar uma exposição visual, em textos e documentos, objetivando a rede (LATOURE, 2000; PEDRO, 2008), e evidenciando as diretrizes necessárias para a replicação do conhecimento em outros laboratórios, consolidando-se assim o conceito tecnológico em sistema experimental (RABINOW, 2002).

Em fevereiro de 2011, foi depositado o pedido de patente “Processo de Produção de Proteínas do Vírus da Dengue em Plantas, e Uso de Proteínas na Preparação de Vacina

Contra a Dengue”, referente à tecnologia objeto de estudo. O depósito do pedido de patente impactou a mídia em nível nacional, consolidando o circuito da *Representação pública* do sistema circulatório dos fatos científicos (LATOIR, 2001).

Nós patenteamos antes porque a gente não queria divulgar daquela maneira. A gente não esperava ter aquela repercussão toda. A gente pensava que fosse assim no NIT, ficar por aqui mesmo, mas teve uma explosão, pode-se dizer. Eu fui procurada por jornalistas do Brasil todo, de grandes jornais, como Folha de São Paulo (Pesquisadora).

No próximo item será detalhado a descrição das práticas de comercialização da tecnologia sob estudo, contudo, para o momento, ressalta-se que o processo de proteção foi coordenado pelo antigo aliado - Núcleo de Inovação Tecnológica da Universidade Estadual do Ceará – NIT/CE, e, posteriormente, compartilhado com a aliança firmada com a Rede de Núcleos de Inovação Tecnológica do Estado do Ceará - REDENIT/CE, também sediada na UECE.

Conforme anteriormente relatado, a aliança entre a pesquisadora e o NIT data de março do ano de 2008. Esse foi o ano em que Luiz Eduardo dos Santos Tavares ingressou como Coordenador do NIT da UECE, tendo por objetivo inserir na Instituição uma mescla de visão acadêmica com uma visão empresarial. Em entrevista, o Coordenador da REDENIT/CE resgata esse período:

Quando eu cheguei na UECE, não havia nenhuma patente nem política de propriedade intelectual, de proteção da inovação, então eu tentei mesclar essa visão acadêmica com uma visão empresarial.

Entre os anos de 2009 e 2010, houve muitos choques culturais, pois havia um atraso tecnológico de 30 a 40 anos de somente publicação e não patenteamento.

Então meu primeiro trabalho no NIT foi entrar em contato com os pesquisadores-chaves da Universidade, já que eu não tinha recursos, pra tentar difundir isso de uma forma mais rápida.

Então entrei em contato com o professor Nunes, com a professora Izabel, com a professora Diana, com vários professores que eram referência, e aí começaram os confrontos (Coordenador da REDENIT-CE).

Nesse período, o NIT focou nos pesquisadores formadores de opinião e que mais desenvolviam tecnologia na UECE e na RENORBIO (então coordenada pela UECE). Do ponto de vista da pesquisadora, o início da aliança com o NIT da UECE foi bastante controverso.

No início, para implantar o NIT aqui na Universidade, foi, na minha opinião, bastante conturbado. O NIT não tinha culpa nenhuma. Aí a UECE criou o NIT, mas nós não fomos informados da criação do NIT.

Aí foi conturbado por quê? Eu vou dizer desde o início. Por eu ser professora substituta e ter tido projetos aprovados. (...) Nessa época, ao invés da UECE, dos nossos administradores acharem “Nossa, tem uma professora que quer trabalhar com projeto público, teve efeito contrário. Eu ganhei vários inimigos por isso”.

Aí é como se diz ‘gato escaldado tem medo da água fria’, aí no NIT nós não fomos comunicados, nem avisados. Eu não sabia da existência do NIT mesmo, e quando surgiu a primeira chance de eu fazer a minha primeira patente, na verdade, o que eu queria era convencer o NIT de que a gente precisava de um apoio, de um escritório que escrevesse a nossa patente porque eu não sabia e ninguém sabia. Eu olhava assim pro Luiz Eduardo e dizia: “Eu não sei e nem você. Eu tenho certeza que você não sabe”.

Mas o NIT achava que podia. Então foram talvez conflitos de comunicação dos dois lados. Meu também. Olhei pro NIT com desconfiança. Por que o NIT vai fazer se ele não tem estrutura para nos dar apoio agora? (...)

Eu acho que vocês compreenderam que eu tinha razão também que, naquele momento, não tinha como as meninas que você tinha lá no NIT fazerem essa busca. Nem internet direito a gente tem na UECE. Começava uma busca e daqui a pouco caía a internet, então era isso que eu via em vocês. Que não tinha como. Não era por falta de competência, mas sim de estrutura.

Depois que o NIT tiver uma estrutura, pode chegar (Pesquisadora).

Nesse período, estava em andamento o processo de patenteamento da primeira tecnologia da UECE que, por coincidência, também havia sido desenvolvida pela pesquisadora Izabel Florindo relacionado ao estudo de plantas nativas utilizando a Carnaúba. Para o depósito do pedido de patente dessa tecnologia em particular, a pesquisadora havia conseguido recursos frente ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB). Contudo, após a resolução dessas controvérsias relativa às desconfianças, comunicação e repartições de méritos no processo de patenteamento, releva-se que, atualmente, a pesquisadora conta com mais de 10 pedidos de patente depositados.

Além disso, durante esse processo de patenteamento da primeira tecnologia, entre 2009 e 2010, houve controvérsias provenientes de conflitos de comunicação com o NIT da Universidade Federal do Ceará – UFC, uma vez que a UFC queria patentear antes, alegando que havia também um pesquisador da Instituição envolvido. O NIT da UFC se negava a assinar o ajuste de propriedade intelectual entre as Universidades envolvidas.

Aí começou outro problema porque a UFC achava que quem tinha que ser a principal instituição devia ser a UFC e eu disse não! A Coordenadora sou eu. Eu não sou da UFC, sou da UECE. Eu tive apenas uma colaboração da UFC que um aluno da RENORBIO fez doutorado dentro desse Projeto (Pesquisadora).

A controvérsia gerada entre as Instituições UECE e UFC teve que ser levada ao nível de Reitorias, tendo que um Reitor negociar com o outro para resolver a controversa questão.

Aí esses conflitos existiram, mas eu acho que foram positivos também. Amadureceu um lado, como o outro. E não é bom também você encontrar tudo bonzinho demais, tudo tranquilo. Então isso também foi bom (Pesquisadora).

Durante as controvérsias e conflitos no processo de patenteamento, entre os anos de 2009 e 2010, foi criada a REDENIT/CE. A Rede foi formalmente constituída em março de 2010, em conformidade com as Leis de Inovação Federal (Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004) e Estadual (Lei nº 14.200/2010), e é formada por Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) de Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) do Estado do Ceará, tendo por objetivo principal fomentar o repasse das capacidades científicas e tecnológicas produzidas nessas ICTs para o mercado e a sociedade em geral.

Após o recebimento de verba da FUNCAP no valor de R\$ 660.000,00, em junho de 2010, a REDENIT pode se estruturar, suprimindo, deste modo, algumas dificuldades enfrentadas pelo NIT da UECE. A alocação desses recursos permitiu o patenteamento de 46 tecnologias oriundas de diversas instituições partícipes da REDENIT (17 instituições), mediante a contratação de um Escritório de Advocacia especializado – Atem&Remmer.

Deste modo, o processo de patenteamento da tecnologia em estudo, assim como a proteção das demais 45 tecnologias protegidas, só foram possíveis mediante a interação entre multi-agentes heterogêneos, como mostrado no Sistema Circulatório dos Fatos Científicos de Latour (2001).

Estes episódios históricos relatados evidenciam, segundo Latour (2001), os - *Vínculos e nós* – na conformação entre os heterogêneos circuitos do sistema circulatório dos fatos científicos, estabelecendo um ponto central de ligação com os quatro outros circuitos, entre estes – *Mobilização do mundo; Autonomização (pares); Aliança (aliados) e Representação pública.*

Após ser acionada pela pesquisadora, a REDENIT/CE (aliança institucional) que, recebendo recursos da FUNCAP (Aliança Institucional) no valor de R\$ 600.000,00 para sua estruturação do laboratório (Mobilização do Mundo), teve condições para a contratação de escritório de advocacia especializado (Aliança), permitindo assim a proteção das tecnologias

(Mobilização do mundo), repercutindo assim na mídia em geral (Repercussão Pública), conforme FIGURA 34 a seguir:

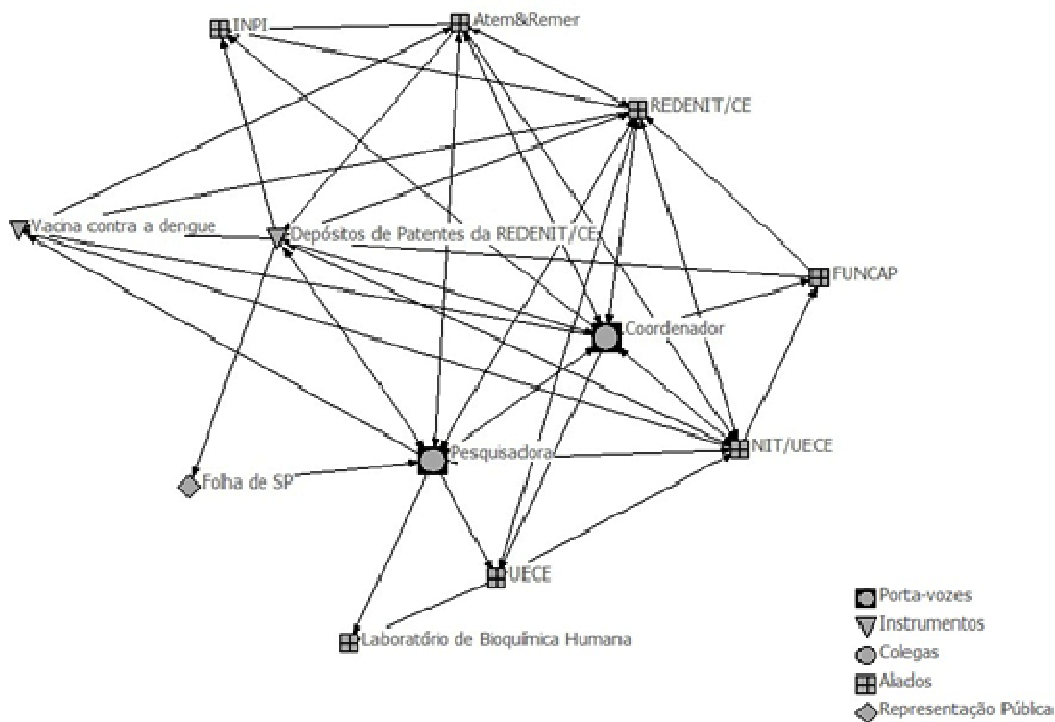


FIGURA 34: Rede gerada no processo de patenteamento (sistema experimental).
Fonte: Pesquisa de campo.

Nesse contexto, evidencia-se ainda, segundo Latour (2000) e Pedro (2008), que o princípio metodológico para o mapeamento “das ligações da rede” ao delinear as relações que se estabelecem entre os diversos atores e nós que compõem a rede, envolve as múltiplas traduções produzidas pelos atores, ressaltando suas articulações e, em especial: os efeitos de sinergia ou de cooperação na rede; os efeitos de encadeamento ou de repercussão da rede; as cristalizações ou limitações da rede.

7.7 Cartografando a Controvérsia

A presente dissertação tem por objetivo descrever e investigar o potencial de ruptura da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência os pressupostos sociológicos da Teoria Ator-Rede (TAR). Para avaliar o potencial de ruptura será eleita como *porta de entrada* a controvérsia

emersa por ocasião das práticas de comercialização da tecnologia sob estudo, pois é preciso encontrar uma forma de entrar na rede, de acessá-la e, de algum modo, participar de sua dinâmica no que tange às práticas de comercialização.

Latour (2008) defende que para se compreender as novas combinações e associações entre os atores em uma rede sociotécnica, é necessário rastrear os atores, através das práticas científicas, seguir os passos, as conexões por eles feitos, suas articulações controvertidas, percorrer seus caminhos na rede, delineando-a, ou seja, cartografando-a a fim de entender os vínculos, os nós embutidos nas controvérsias que surgem a partir do relacionamento entre os atores. Assim, pode-se recuperar a trajetória de uma tecnologia, de pesquisas e inovações desenvolvidas, revelando, desta maneira, as associações entre os atores, as conexões entre ciência e política estabelecidas para a constituição de uma determinada rede.

Conforme anteriormente articulado, o termo controvérsia refere-se a uma disputa em que se alegam razões prós ou contra de conhecimentos científicos ou técnicos ainda não assegurados, podendo envolver atores diversos, como: governo, capital, agências públicas, tecnologia, religiões, sociedade civil, etc. A análise das controvérsias permite que sejam visualizados e compreendidos os conflitos de interesses, as influências e resistências no processo de construção de conhecimento, ou seja, as ações dos atores da rede em diferentes esferas social, política e moral. Entende-se, portanto, a cartografia das controvérsias como um observatório diferenciado para a visualização e rastreamento das redes sociotécnicas composto por um conjunto de técnicas de visualização e análise de polêmicas (NOBRE, 2009).

Por abranger inúmeros fatores humanos e não humanos, as controvérsias formam “fóruns híbridos” complexos, envolvendo disputas, debates, jogos de interesse e influência de atores, desestabilização, aberturas de caixas-pretas, incertezas compartilhadas, negociação, a fim de se reduzir a complexidade do social. Por sua vez, a análise das controvérsias permite a visualização de como se constitui o social em sua forma mais dinâmica.

Para melhor entendimento das etapas envolvidas na trajetória da tecnologia sob estudo, serão utilizados os princípios metodológicos para a realização do acompanhamento de uma controvérsia indicados por Latour (2001) e Pedro (2008): 1) Buscar uma *porta de*

entrada; 2) Identificar os *porta-vozes*; 3) Acessar os *dispositivos de inscrição*; 4) Mapear as *ligações da rede*.

Elegeu-se, portanto, como *porta de entrada* da rede a controvérsia gerada a partir das práticas de comercialização da tecnologia. A escolha da controvérsia se justifica uma vez que, para se tornar uma inovação, a tecnologia tem que chegar aos consumidores finais, ao mercado (NELSON, 2006; BELL, 1993). E, a partir da análise desse processo de comercialização, será possível analisar o potencial de disrupção da tecnologia objeto de estudo (CHRISTENSEN, 2009).

1) *Porta de entrada*:

Após o depósito do pedido de patente da tecnologia potencialmente de ruptura, houve uma repercussão grande na imprensa, despertando o interesse da FIOCRUZ. A Instituição, que, à época estava prestes a fechar uma parceria de 6 bilhões de reais com uma instituição de pesquisa de Israel (Franhauber) para o desenvolvimento de uma vacina contra a dengue, entrou em contato com a pesquisadora, visando melhor conhecer a tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica” gerada pelo Laboratório Bioquímica Humana da RENORBIO - UECE.

A pesquisadora comunicou ao NIT e, em sua aliança, foi apresentar a pesquisa à Bio-Manguinhos, fábrica de vacinas da FIOCRUZ que produz e fornece vacina para as necessidades do país.

Pelo que eu entendi daquela conversa é que a Fiocruz estava interessada em tomar conhecimento do que a gente estava fazendo, mas nós também não entregamos todos os detalhes. Falei em geral o que eu estava fazendo. Eles ficaram de vir aqui, ver as minhas condições, assinar um termo de confidencialidade com a UECE (Pesquisadora).

Para a comercialização da tecnologia é importante a busca de alianças fortes, facilitando a comercialização e o escoamento da tecnologia no mercado. Diante disso, discutiu-se com a FIOCRUZ a possibilidade da comercialização da tecnologia, haja vista a Instituição possuir uma importante infraestrutura e ser nacional e internacionalmente reconhecida.

Ocorre que, somente para a assinatura do Termo de Confidencialidade, instrumento necessário para assegurar a proteção do conhecimento, houve uma demora de 6

meses até a assinatura, pois a FIOCRUZ alegou que perderam o Termo por três vezes. A assinatura do instrumento de confidencialidade só foi realizada no final de 2011, obstando assim o processo de patenteamento e comercialização.

A FIOCRUZ alegou também a necessidade da realização de testes clínicos, que é uma das exigências mais dispendiosas. Contudo, o Laboratório de Bioquímica Humana da RENORBIO/UECE ainda não tem condições físicas para a realização desses testes e para a produção da vacina em larga escala. Entre as dificuldades, cita-se a exigência de padronização exigida pela FIOCRUZ. Por outro lado, a pesquisadora está envidando esforços para organizar o Laboratório Bioquímica Humana, visando alcançar este objetivo, a partir da organização de uma estufa de vegetação, bem como a partir do controle de temperatura para a produção.

Sobre os recursos necessários para a reforma e ampliação do laboratório, a pesquisadora informa que aguarda desde 2007 a liberação de recursos especiais pela FUNCAP, prometidos pelo Governo do Estado do Ceará ao se colocar a par das notícias amplamente divulgadas na mídia sobre a tecnologia das vacinas vegetais em combate à dengue desenvolvida pela pesquisadora da RENORBIO - UECE. A pesquisadora ainda aponta que as dificuldades institucionais são um dos principais óbices ao desenvolvimento da pesquisa nesta sua etapa de comercialização.

Só aqui dentro da UECE nós levamos uns 2 a 3 anos porque começaram os problemas dentro da UECE. “- Ah, se aumentar dois metros pra cá vai levar duas vagas de carro”. Poxa, o que é mais importante? Um laboratório desenvolvendo pesquisa contra a dengue ou dois carros estacionados? Aí são essas cabeças pequenas que não dá para você entender (Pesquisadora).

Apesar das dificuldades institucionais, a pesquisadora, em parceria com o NIT/UECE e a REDENIT/CE desenvolveram estratégias para comercialização da vacina contra a dengue. Assim, foi criada uma *spin-off* – a *Greenbean* - com o objetivo de gerar condições para a tecnologia chegar ao mercado, inovando-se assim em termos de modelo de gestão (CHRISTENSEN, 1997), uma vez que o sistema comercial voltado à produção de vacina se caracteriza por empresas de grande porte.

Além de Christensen (1997), a criação da *spin-off Greenbean* vai de encontro com às discussões colocadas por Rose (2012), Nelson (2006) e por Bell (1993). Rose (2012) ao fazer referência à “economia da vitalidade” evidencia que os atores anteriores como as grandes corporações farmacêuticas se transformaram como resultado de suas relações com a

ciência, surgindo nesse processo, novos atores, como as empresa emergentes tipo *spin-off* de biotecnologia.

Por sua parte Nelson (2006) e Bell (1993) enfatizaram que, no contexto das economias emergentes, o processo acerca da introdução no mercado das atividades de pesquisa e desenvolvimento – P & D produzidas nos laboratórios científicos ocorreu por meio de uma evolução institucional, objetivando sua integração às estruturas organizacionais dos setores produtivos e/ou ainda, através do surgimento de institutos de P & D independentes. Este processo veio de encontro ao *gap* crescente entre a pesquisa desenvolvida nos institutos de P & D científicos e os setores produtivos, provocando uma discussão sobre a necessidade de um planejamento para a integração, visando a construção de pontes através da criação de instituições intermediárias e ou empresas emergentes (tipo *spin-off* e *start-ups*) que facilite a difusão e transfira tecnologia, possibilitando a ligação entre a P & D produzidas nos laboratórios e os setores de produção.

Nesse sentido, foi criada a *Greenbean*, *spin-off* registrada e sendo preparada para ser incubada na incubadora da UECE. Ocorre que a empresa atualmente se encontra localizada nas dependências do Laboratório de Bioquímica Humana da RENORBIO-UECE, estando, por essa razão, impedida de produzir em escala comercial, mas somente de forma experimental, por ser um laboratório científico pertencente à estrutura de uma Universidade Pública. Assim, para a produção comercial, é necessário também que seja construído o laboratório comercial da própria *Spin-Off*. Acontece que a estruturação de um laboratório dessa natureza requer o aporte financeiro aproximado em 3 milhões de Reais, precisando assim da presença na rede de novos aliados e alianças – dessa vez de investidores.

Outro ponto que obsta o prosseguimento da produção e comercialização da tecnologia é de âmbito institucional e se refere aos embargos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. A dificuldade de acesso aos regulamentos e procedimentos legais necessários à produção de vacinas em âmbito nacional retarda o prosseguimento da ampla comercialização da tecnologia, uma vez que a falta de critérios políticos e institucionais causa insegurança técnica e jurídica para a fabricação.

Já entramos em contato com a ANVISA e com a FIOCRUZ e nenhuma das duas Instituições até agora nos forneceram os regulamentos necessários para a produção de vacina (Amanda – gestora da *Greenbean*).

2) *Porta vozes:*

Posteriormente à escolha *da porta de entrada*, passou-se à identificação dos porta-vozes, ou seja, aqueles que ‘falam pela rede’, que acabam por sintetizar a expressão de outros actantes humanos e não humanos (LATOUR, 2000; PEDRO, 2008). Assim, a partir da rede formada nessa controvérsia, foram identificados seus respectivos porta-vozes, a saber: a bioquímica responsável pelo desenvolvimento da tecnologia, e o Coordenador da REDENIT.

3) *Dispositivos de inscrição:*

Considerando a controvérsia eleita e entre os dispositivos de inscrição utilizados para objetivação da rede que está transportando as práticas da comercialização da tecnologia sob estudo estão os termos de confidencialidade assinados durante o processo, o documento de depósito de pedido de patente, bem como o contrato de constituição e transferência da *Spin-Off* do laboratório científico para a incubadora da UECE.

4) *Ligações da rede:*

Conforme a rede abaixo (FIGURA 35), percebe-se os porta-vozes que constituem a rede, assim como os demais atores humanos e não humanos partícipes da controvérsia cartografada referente às práticas de comercialização da tecnologia, a saber:

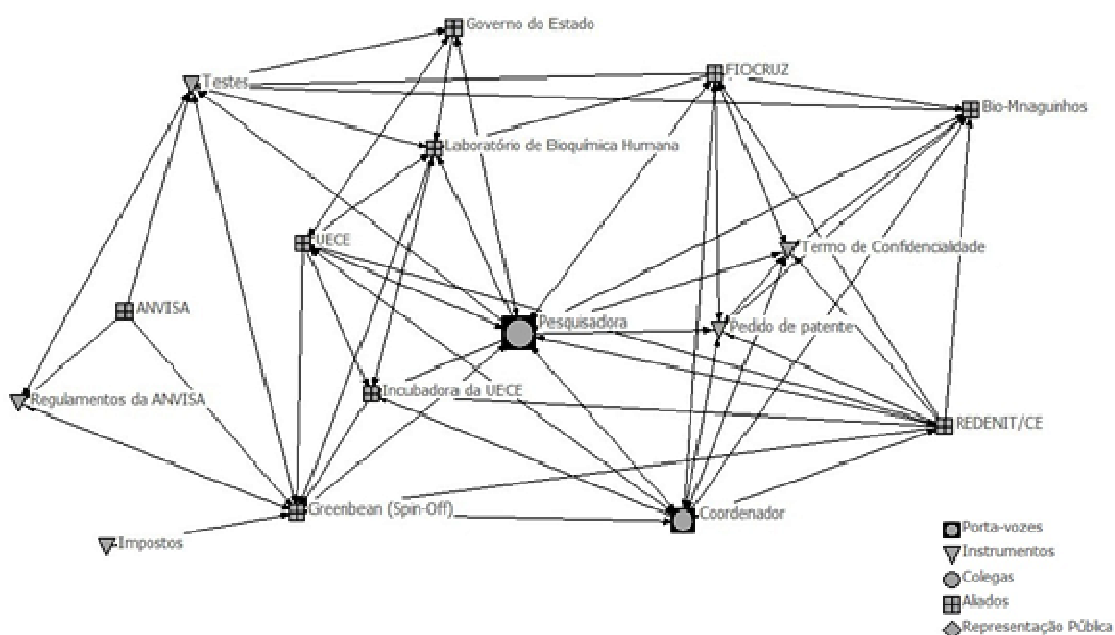


FIGURA 35: Rede grada no processo de comercialização (controvérsia).
 Fonte: Pesquisa de campo.

Frente ao exposto, constata-se que, ao descrever e investigar o processo histórico de desenvolvimento da tecnologia foi possível visualizar como esses elementos constantes do Sistema Circulatório de Fluxos Científicos (LATOURE, 2001) interagiram num processo complexo e dinâmico: Mobilização de Mundo (instrumentos), Autonomização (colegas), Alianças (aliados) e Representação Pública, conforme exposto na FIGURA 36.

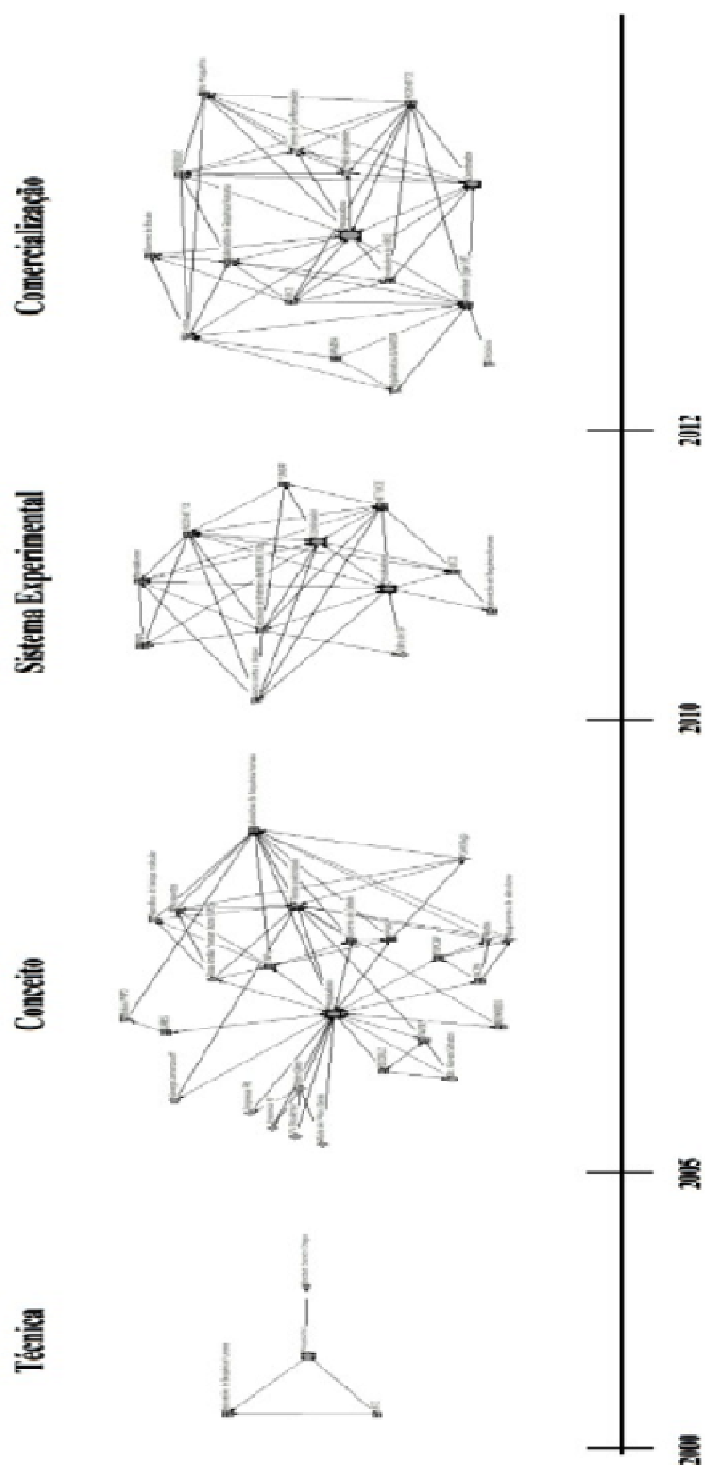


FIGURA 36: Resgate histórico da tecnologia (linha do tempo).
Fonte: Pesquisa de campo.

Uma vez realizada a cartografia da controvérsia elegida, passa-se à investigação do potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema

Vegetal como Biofábrica”, partindo-se da análise dos elementos básicos de um processo de ruptura.

7.8 O Potencial de Disrupção da Tecnologia

De acordo com Christensen, Grossman e Hwang (2009), uma inovação disruptiva vem a dominar um mercado existente, ao inserir um produto mais barato e de performance inferior, com foco na simplicidade e acessibilidade, trazendo benefícios para todos. Para os autores, todo processo de ruptura é constituído por três elementos principais que permitem que problemas fundamentais de um setor sejam tratados a menores escala, custo e capacidade humana do que o comumente exigido.

O primeiro elemento é um *Capacitador tecnológico* (tecnologia sofisticada que tem por intuito simplificar); o segundo, uma *Inovação do Modelo de Gestão*, oferecendo aos consumidores soluções disponíveis e acessíveis, e; o terceiro elemento é um *Sistema Comercial* formado por uma cadeia de valor inteiramente nova. Nesse sentido, vamos analisar o potencial de ruptura da tecnologia, a partir de cada um de seus elementos constituintes:

I) Capacitador Tecnológico

Um Capacitador Tecnológico permite que problemas básicos de um setor em específico sejam resolvidos com menores dispêndios de escalas, custos e recursos humanos, sendo, portanto, a espinha dorsal dos modelos de gestão de ruptura (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009).

A área da saúde tem um fluxo intenso de novas tecnologias, mas a natureza de maior parte delas é de sustentação do mercado. Assim, para os autores, as tecnologias vindouras que proporcionem diagnósticos mais precisos e terapias com maior eficácia, têm o potencial de transformar a área da assistência à saúde, mediante a ruptura. Nesse sentido, uma

tecnologia se torna disruptiva quando ela é capaz de converter uma medicina intuitiva em uma medicina de precisão (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009). Para os autores:

A gestão de clínica de testes e o concomitante desenvolvimento de diagnósticos de precisão – deve se tornar a essência de geração de lucro no futuro. As grandes empresas estão deixando a melhor parte do negócio (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 28).

A tecnologia em estudo apresenta uma solução viável, um processo vantajoso de produção de vacina contra a dengue. Além disso, frente ao estado da técnica, a tecnologia oferece como diferenciais a diminuição considerável nos custos, a simplicidade na produção, a produção em alta escala, a redução de reações alérgicas típicas das vacinas desenvolvidas através dos métodos tradicionais (utilização de organismos vivos e vírus atenuados), e a segurança biológica, adequando-se, portanto, ao conceito proposto por Christensen, Grossman e Hwang (2009) de inovação de ruptura.

A vacina busca atender a uma prioridade mundial que é o combate à dengue. Atualmente, a doença assola cerca de 100 milhões de casos/ano em população de risco de 2,5 a 3 bilhões de seres humanos, segundo dados fornecidos pela Organização Mundial de Saúde (2011). A tecnologia de origem vegetal combate os quatro sorotipos de manifestação do vírus da dengue.

Apesar do pedido de patente se relacionar à produção de vacina contra a dengue, a partir de sistemas vegetais, o projeto da pesquisadora é mais amplo, abrangendo outros sub-projetos:

- Kits de diagnóstico;
- Produção de proteínas recombinantes;
- Produção de vacinas, e;
- Controle da doença.

Sobre o diferencial da vacina desenvolvida, a pesquisadora relata:

Então o, que é que nós verificamos com essa produção de vírus de planta?

Que você pode fazer uma vacina pra dengue via oral, sem problema, sem adjuvante que é uma via natural, não é agressivo, qualquer bebezinho pode tomar, qualquer pessoa idosa pode tomar que não vai haver agressão porque é oral e, além disso, pode-se chamar de uma vacina fitoterápica porque é uma vacina produzida em planta. Ela não tem efeito colateral, não tem proteínas tóxicas na planta, quer seja na folha de feijão, quer seja na folha de boldo, não importa.

É uma vacina que usa uma tecnologia altamente avançada, então por que não apostar nessa vacina que não tem risco nenhum e acreditar numa vacina que é importada da França, que é baseada no vírus atenuado? (Pesquisadora)

Por ser produzida utilizando um sistema vegetal como biofábrica, a vacina possui um alto grau de pureza, diminuindo os custos de produção. Deste modo, a tecnologia se mostra como um instrumento importante para o fomento de políticas públicas voltadas para a prevenção da doença nacional e internacionalmente (países tropicais e subtropicais), haja vista os altos gastos governamentais com o tratamento da doença. Como observado pela pesquisadora, “o custo de prevenção da doença pode ser menor do que os tratamentos convencionais de pacientes infectados”.

Por ser uma tecnologia limpa, a pesquisa foi reconhecida como uma das 100 tecnologias de destaque para a criação de uma Economia Verde no século 21 pelo *Bright Green Book* – O Livro Verde do Século 21. De acordo com a pesquisadora, uma única planta (*Vigna unguiculata*) pode gerar inúmeras doses de vacina, além disso, seu custo de produção é aproximadamente 75% mais barato do que o preço do principal concorrente (valor de produção de proteína necessária para a vacina contra a dengue).

Diante do exposto, entende-se aqui que a tecnologia em estudo responde ao primeiro elemento do processo de ruptura, o *Capacitador Tecnológico*, uma vez que oferece soluções economicamente viáveis, simples, sustentáveis e, além disso, proporciona a acessibilidade à saúde ao contribuir para uma medicina de precisão no caso da dengue. Dá-se prosseguimento então à análise do próximo elemento de disrupção, com o intuito de caracterizar o potencial disruptivo da tecnologia em estudo.

2. Inovação do Modelo de Gestão

Para Christensen (2012), após a identificação de uma tecnologia potencialmente de ruptura, é necessário que se elabore uma estratégia adequada para a sua comercialização, voltando-se assim os esforços para a análise do contexto organizacional. Nesse ponto, avalia-se a melhor estratégia: se mudar os valores e a cultura da organização principal ou criar uma nova organização (CHRISTENSEN, 2012).

Para Christensen (2012), organizações pequenas e independentes (*spin-offs*) seriam apropriadas quando se confronta com uma inovação de ruptura, uma vez que possuem uma organização especialmente dedicada dentro da rede de valor emergente (CHRISTENSEN, 2012). Nesse sentido e conforme anteriormente descrito, foi criada a empresa *Greenbean*, registrada e em processos de incubação na incubadora de empresas da UECE, atuando nas áreas de biotecnologia, imunologia, microbiologia, bioquímica e biologia molecular.

A *Greenbean* é uma empresa de produtos biotecnológicos desenvolvidos em plataformas vegetais e possui tecnologia para a produção de proteínas transientes recombinantes para o desenvolvimento de kits de diagnósticos, fármacos, vacinas, bem como desenvolve alimentos funcionais para atender os mercados humano e animal (GREENBEAN, 2013).

E o NIT agora tem dado um apoio muito grande porque está criando uma estrutura e levar isso até o mercado, ou seja, levar ao objetivo final.

Então se nós desenvolvemos esses kits que podem diagnosticar a dengue na fase inicial, por que a gente não tem a oportunidade de levar isso ao mercado? Por que o Brasil tem que importar tudo?

É uma visão diferenciada que estou procurando mostrar é que o Brasil tem mão-de-obra qualificada pra produzir o que conseguirmos, não tem necessidade de importar tantos produtos como proteínas recombinantes, diagnóstica da dengue, já que o Brasil já tem essas competências (Pesquisadora).

O fato de estar sendo criada uma empresa do tipo *spin-off*, mostra que a tecnologia já está no estágio final. Contudo, a empresa, no momento, não comercializará a vacina, pois ainda não há estrutura para a sua produção. A estratégia de curto e médio prazo para a empresa *Greenbean* é produzir os *kits* de diagnóstico, oferecer serviços e produzir proteínas, a fim de se manter a empresa até que haja os recursos necessários para a comercialização da vacina, bem como a aprovação da ANVISA. De acordo com a FIGURA 37, pode-se visualizar o planejamento estratégico da *Spin-Off* para o prazo de cinco anos.

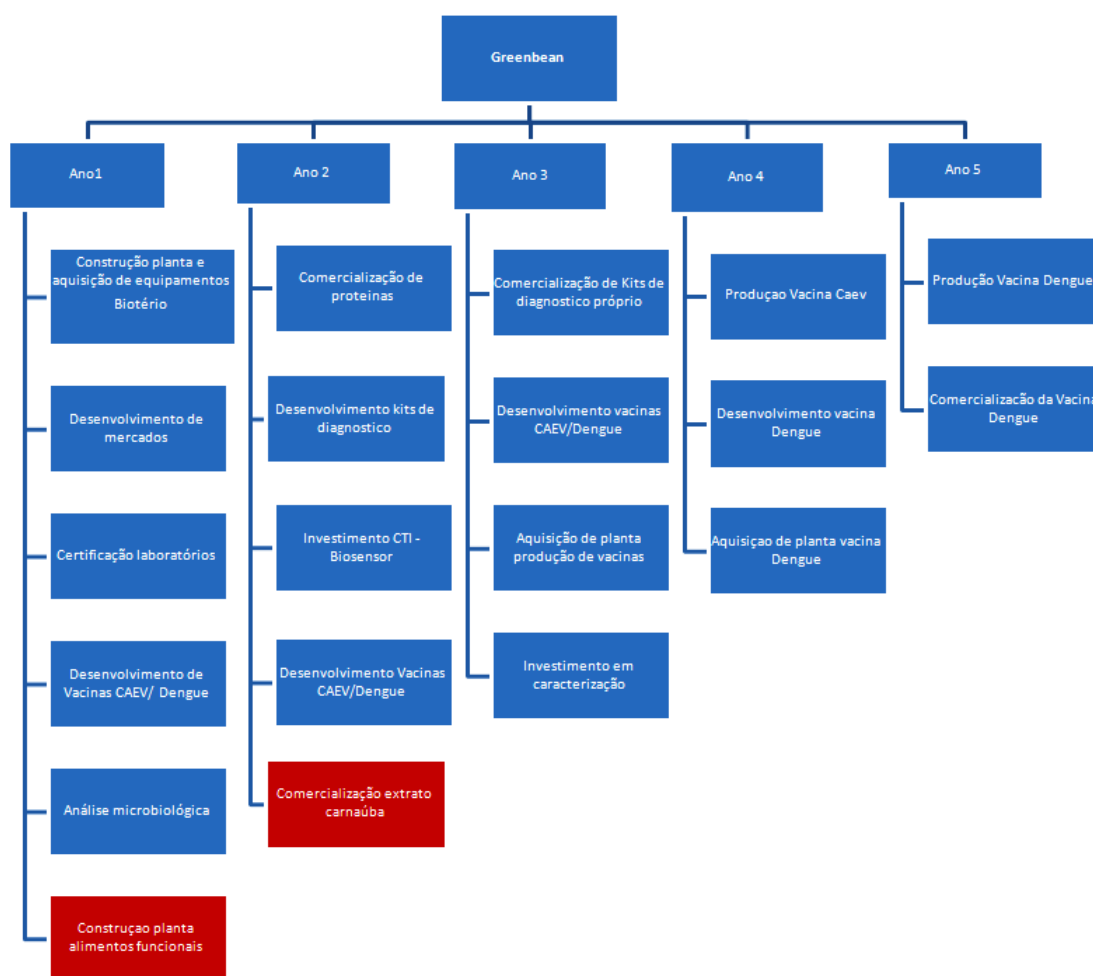


FIGURA 37: Planejamento Estratégico da *Greenbean* para o prazo de 5 anos.
 Fonte: *GREENBEAN*, 2013.

Constata-se que a estratégia utilizada pela pesquisadora, em aliança com o NIT/UECE para viabilizar a comercialização da tecnologia se alinha à proposta de Christensen (1997) no que se refere à inovação no modelo de gestão ante uma tecnologia potencialmente disruptiva. O plano de negócio da Greenbean (FIGURA 38) mostra ainda uma atitude apropriada diante das dificuldades institucionais e econômicas, adequando-se portanto, ao segundo elemento do processo de ruptura.

3. Sistema Comercial

O terceiro capacitador da ruptura elencado por Christensen, Grossman e Hwang (2009) se refere ao novo sistema de valor comercial, consistindo em uma cadeia de valor completamente distinta da precedente vinculada aos novos modelos de gestão então surgidos.

O sistema comercial da área de vacinas é constituído por grandes empresas farmacêuticas que formam uma estrutura oligopólica de alto nível de competição e concorrência, com gastos de P&D e volume de vendas na cifra de bilhões de dólares anuais (FIOCRUZ, 2006). Atualmente, as seis principais empresas que dominam mundialmente o setor são: Novartis, Sanofi Pasteur, Merck, Roche, Sandoz, Lilly e Glaxo (GREENBEAN, 2013).

No panorama nacional, há a distribuição de vacinas mais tradicionais de baixo custo, e as modernas com um custo mais elevado, sendo, portanto, mais restritas. A capacidade competitiva dos produtores nacionais se mostra baixa, em comparação com os competidores internacionais. Nesse sentido, defende-se o potencial de ruptura da tecnologia por se tratar de uma tecnologia nova que, ao proporcionar diagnósticos mais precisos e terapias com maior eficácia contra a dengue, tem o potencial de transformar a área da assistência à saúde, mediante a ruptura.

No caso da dengue, as tentativas de produção estão espalhadas pelo mundo, envolvendo iniciativas em Instituições de Saúde, a gigante farmacêutica Sanofi Pasteur AS, bem como de P&D no Brasil, Estados Unidos, Japão, Índia, Tailândia e Filipinas (SILOBREAKER, 2013). Acontece que muitas dessas tentativas de produção de vacinas partem do vírus atenuado, estando em fase de testes, com a ocorrência de testes fracassados e efeitos colaterais (THE NY TIMES, 2012; MEDICAL NEWS TODAY, 2013; NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, 2013).

Deste modo, visualiza-se o elemento Capacitador Tecnológico na tecnologia em estudo, uma vez que esta oferece como diferenciais a diminuição considerável nos custos (um quarto do valor de mercado), a simplicidade na produção, a produção em alta escala, a redução de reações alérgicas, típicas das vacinas desenvolvidas através dos métodos tradicionais (utilização de organismos vivos e vírus atenuados), e a segurança biológica.

Conclui-se também que a estratégia utilizada pela pesquisadora, em aliança com o NIT/UECE para viabilizar a comercialização da tecnologia se alinha à proposta de Christensen (1997) no que se refere à inovação no modelo de gestão ante uma tecnologia potencialmente disruptiva.

Por fim, a solução trazida pela tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, por se tratar de uma análise de inovação de ruptura em potencial, tendo em vista que a tecnologia ainda não chegou ao mercado, não podem ser visualizadas modificações ou transições no atual sistema comercial. Não obstante isso, defende-se o potencial de ruptura no Sistema Comercial atual, por se tratar de uma tecnologia que oferece atributos de desempenho diferenciados. Espera-se, portanto, que a tecnologia sob estudo progrida suficientemente a ponto de causar uma curva de disrupção no mercado, alterando assim a configuração do sistema comercial então vigente (CHRISTENSEN, 2012).

8 CONCLUSÕES

A realização desta pesquisa teve por intuito contribuir para o desenvolvimento de uma abordagem mais ampla ao lançar mão dos pressupostos sociológicos da Teoria Ator-Rede (TAR), no que se refere ao estudo do potencial disruptivo de tecnologias, na área da biotecnologia, por se tratar de um setor estratégico para o País.

A utilização da abordagem da Teoria Ator-Rede possibilitou a investigação da construção da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, como um processo dinâmico em constante definição, no qual o enredamento entre os atores, durante o resgate histórico da tecnologia, é constantemente reconfigurado pelos seus movimentos de translação.

O resgate histórico do processo de desenvolvimento da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica” teve como intuito responder à questão: Considerando os pressupostos sociológicos da Teoria Ator Rede, qual o potencial de inovação de ruptura da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”?

Essa questão foi responsável pelo norteamento da pesquisa, com o fim de atingir o objetivo geral proposto, a saber: investigar e descrever o potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência os pressupostos sociológicos da Teoria Ator-Rede (TAR).

A presente pesquisa de dissertação se pautou por fases, representadas como seus objetivos específicos que foram atingidos no decorrer da dissertação. A primeira delas consistiu em relatar a evolução histórica do “*status* da arte ao de ciência” da tecnologia em estudo. O resgate histórico do processo de desenvolvimento da tecnologia sob estudo foi realizado através de pesquisa documental, bibliográfica, bem como pesquisa empírica de campo, mediante procedimentos observacionais dentro do Laboratório de Bioquímica Humana, vinculado à RENORBIO e no qual foi desenvolvida a tecnologia sob estudo, bem como a realização de entrevistas abertas e em profundidade com atores-chave para a investigação e anotações no caderno de campo.

A partir do resgate histórico da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, foi possível a realização do segundo objetivo específico que consistiu no rastreamento dos atores em rede, obtendo-se assim seus porta-vozes. A partir dos dados colhidos na pesquisa de campo, bem como dos *softwares* de ARS, Ucinet e Netdraw, foi possível realizar o mapeamento das redes formadas, identificando-se os porta-vozes.

O material compilado durante a composição do *corpus* da pesquisa foi organizado em forma de relatos e enredos observando as passagens históricas, tomando como referência a abordagem sociológica da TAR a partir dos três esquemas analíticos eleitos para orientar a descrição, entre estes: A tríade desenvolvida por Rabinow (2002), no que se refere à evolução do campo científico; os quatro princípios metodológicos e o esquema do sistema circulatório dos fatos científicos para o mapeamento das controvérsias e ligações da rede conforme explicitado Latour (2000; 2001). Os resultados obtidos (FIGURAS 33, 34, 35 e 36) permitiram que fossem observados os atores e as controvérsias existentes no processo de desenvolvimento da tecnologia objeto de estudo. Após isso, procedeu-se à escolha da controvérsia que foi cartografada.

Por fim, para a execução da última etapa da pesquisa, foi cartografada a controvérsia elegida, tendo sido utilizados os princípios metodológicos para a realização do acompanhamento de uma controvérsia indicados por Latour (2001). Elegeu-se como *porta de entrada* da rede a controvérsia gerada a partir da comercialização da tecnologia (FIGURA 35). Nesse sentido, a partir da análise desse processo de comercialização, foi possível a análise do potencial de disrupção da tecnologia objeto de estudo.

Percebeu-se que a suposta estabilidade que transparece no documento de depósito de pedido de patente não faz jus ao complexo processo pelo qual atores humanos e não humanos interagem, mediante movimentos de translação. Assim, ao descrever e investigar o processo histórico de desenvolvimento da tecnologia foi possível visualizar como esses elementos constantes no Sistema Circulatório de Fluxos Científicos (LATOURE, 2001) interagiram: Mobilização de Mundo (instrumentos), Autonomização (colegas), Alianças (aliados) e Representação Pública.

Ao alcançar os objetivos acima aludidos, foi-me possível responder à questão norteadora dessa pesquisa: Considerando os pressupostos sociológicos da Teoria Ator Rede,

qual o potencial de inovação de ruptura da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”?

De acordo com Christensen, Grossman e Hwang (2009), uma inovação disruptiva vem a dominar um mercado existente, ao inserir um produto mais barato e de performance inferior, com foco na simplicidade e acessibilidade, promovendo uma maior acessibilidade à saúde. Para os autores, todo processo de ruptura é constituído por três elementos principais que permitem que problemas fundamentais de um setor sejam tratados a menores escala, custo e capacidade humana do que o comumente exigido: *Capacitador Tecnológico, Modelo de Gestão e Sistema Comercial*. Desta maneira, investigou-se o potencial de ruptura da tecnologia a partir desses elementos.

Entende-se que o elemento Capacitador Tecnológico se encontra configurado, uma vez que a tecnologia oferece soluções economicamente viáveis, simples, sustentáveis e, além disso, proporciona a acessibilidade à saúde ao contribuir para uma medicina de precisão no caso da dengue.

No que se refere ao segundo elemento de ruptura, constata-se que a estratégia utilizada pela pesquisadora, em parceria com o NIT/UECE para viabilizar a comercialização da tecnologia, mediante a incubação de uma *spin-off*, alinha-se à proposta de Christensen no que se refere à inovação no modelo de gestão ante uma tecnologia potencialmente disruptiva.

Por fim, por se tratar de uma análise de inovação em potencial, tendo em vista que a tecnologia ainda não chegou ao mercado, não podem ser visualizadas modificações ou transições no atual sistema comercial. Não obstante isso, defende-se o potencial de ruptura da tecnologia por se tratar de uma tecnologia nova internacionalmente, que oferece soluções econômicas, sustentáveis, sendo assim potencialmente capaz de definição de preços de mercado.

Algumas limitações acompanharam essa dissertação. Primeiramente, as redes obtidas foram mapeadas a partir de elementos que, no contexto da pesquisa, ofereciam diferencial, assim alguns elementos que talvez fizessem parte do processo de desenvolvimento da tecnologia não foram analisados.

Deste modo, espera-se que novos estudos possam aprofundar a análise realizada nessa dissertação, inserindo esses elementos, bem como analisando as várias dimensões

existentes nas relações entre os elementos humanos e não humanos da rede. Espera-se também que estudos se voltem mais especificamente à análise da *spin-off* e seu processo de transferência de tecnologia.

A análise de inovações no setor de biotecnologia, principalmente no que se refere às inovações disruptivas em economias *latecomers*, é um tema que ainda está longe de ser esgotado, sendo assim, esta dissertação representa um esforço inicial de construção deste campo.

REFERÊNCIAS

ADNER, R. When are technologies disruptive? A demand-based view of the emergence of competition. **Strategic Management Journal**, p. 667-688, 2002.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Biotecnologia:** Iniciativa Nacional de Inovação. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20Setorial%20Biotecnologia.pdf> Acesso em: set. 2012

ALCADIPANI, R.; TURETA, C. Teoria Ator-Rede e análise organizacional; contribuições e possibilidades de pesquisa no Brasil. **Organizações & Sociedade**, v. 16, n. 51, p. 647-664, 2009. Disponível em: < <http://www.revistaoes.ufba.br/viewarticle.php?id=720>> Acesso em: 20 set. 2012.

ANDREASSI, T. **Gestão da inovação tecnológica** (Coleção debates da administração). São Paulo: Thomson Learning, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BIOTECNOLOGIA - BRBIOTEC Brasil; CENTRO BRASILEIRO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO. **Brazil Biotech Map 2011**. Disponível em: < http://www.cebrap.org.br/v1/upload/pdf/Brazil_Biotec_Map_2011.pdf> Acesso em: set. 2012.

BAINS, W.; EVANS, C. The business of biotechnology. In: RATLEDGE, C.; KRISTIANSEN, B. (Ed.). **Basic biotechnology**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

BARNES, B.; BLOOR, D.; HENRY, J. **Scientific knowledge**. A Sociological Analysis. Chicago: The University of Chicago Press, 1996.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som:** um manual prático. (P. A. Guareschi, Trad.). Petrópolis: Vozes, 2000.

BELL, M. **Integrating R&D with industrial production & technical linkages & changing structures**. Economic and Social Commission for Western Asia. UNIDO/HCST/IFSTAD. memo 30p., 1993.

BONACELLI, M. B. M. Determinantes da evolução da biotecnologia nos anos 90: a cooperação empresarial. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 10, n. 1/3, p. 72-92, 1993.

BOWER, J. L.; CHRISTENSEN, C. M. **Disruptive Technologies: Catching the Wave**. Harvard Business Review, 73(1), p. 45-53, 1995.

BURRILL, G. S.; LEE JR., K. B. **Biotech '92: promise to reality —an industry annual report**. San Francisco: Ernst & Young, 1991.

BRASIL: MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Cartilha: Entenda a Dengue**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/flash/cartilha_dengue.html> Acesso em: 12 fev. 2013.

BRASIL. Decreto-lei nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm Acesso em: 12 nov. 2013.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm Acesso em: 12 nov. 2013.

BRASIL. Lei nº 14.220, de 16 de outubro de 2008. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior. **Diário Oficial do Estado**. Disponível em: <http://www.sct.ce.gov.br/index.php/downloads/category/22-lei-de-inovacao-do-ceara> Acesso em: 12 nov. 2013.

BRAZIL dengue cases almost triple as new strain spreads. **BBC News Latin America & Caribbean**. 26 fev. 2013. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/news/world-latin-america-21585328>> Acesso em: 02 mar. 2013.

BRIGHT GREENBOOK. **Vacina contra a dengue produzida do feijão**. Disponível em: <<http://www.brightgreencities.com/v1/pt/bright-green-book/brazil/vacina-contr-a-dengue-produzida-do-feijao/>> Acesso em: 22 set. 2012.

CALLON, M. Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. **L'Année sociologique**, n. 36, p. 169-206, 1986.

_____. **Introduction in la science et ses réseaux:** genèse et circulation des faites scientifique. Paris, La Découverte /UNESCO, p.7-33, 1989.

_____. Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of Saint Brieuc Bay. In M. Biagioli (Ed.) **The Sciencer Studies Reader**. New York and London, Routledge: p. 67-83, 1999.

CALLON, M.; LATOUR, B. Unscrewing the Big Leviathan: How Actors Macro-Structure Reality and How Sociologists Help Them to Do So. In: KNORRCETINA, K & CICOUREL, A. V. (Eds). **Advances in Social Theory and Methodology**. London: Routledge and Kegan Paul, p. 277-303, 1981.

CALLON, M.; LAW, J. Agency and the hybrid collectives. **The South Atlantic Quarterly**, London, v.94, n.2, p. 481-507, 1995.

CASSIOLATO, José Eduardo e LASTRES, Helena. Sistema de inovação e desenvolvimento as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392005000100003&script=sci_arttext&tlng=en Acesso em: 17 nov. 2012.

CHESBROUGH, H. W. **Open innovation**. Boston, MA: Harvard Business School, 2006.

_____. The era of open innovation. **MIT Sloan Management Review**, v. 3, n. 44, p. 34-42, 2003.

CHRISTENSEN, C. M. **The innovator's dilemma:** when new technologies cause great firms to fail. Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 1997.

_____. **Dilema da Inovação:** Quando as Novas Tecnologias Levam Empresas ao Fracasso. M. Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 2012.

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

CHRISTENSEN, C. M.; GROSSMAN, J.; HWANG, J. **The innovator's prescription:** a disruptive solution for health care. New York: McGraw-Hill, 2009.

COMO curar o sistema público de saúde. **Veja Acervo Digital**. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/como-curar-o-sistema-publico-de-saude> Acesso em: 12 fev. 2013.

COSTA, A. S. M; BARROS, D. F.; MARTINS, P.E.M. Perspectiva histórica em administração: novos objetos, novos problemas, novas abordagens. In: **Revista de Administração de Empresas – RAE**, v. 50, n.3, jul./set., p. 288-299, 2010.

CZARNIAWSKA, B. Emerging institutions: Pyramids or Anthills? **Organization Studies**, v. 30, n. 4, p. 423-441, 2009. Disponível em: <http://oss.sagepub.com/content/30/4/423.short> Acesso em: nov. 2012.

DATAMONITOR. **Global Biotechnology**: Industry Profile. Reference Code: 0199-0695, ago. 2007.

DECLEYN, S.; BRAET, J. **Research valorisation through spin-off ventures : Integration of existing concepts and typologies**. Faculty of Applied Economics. Department of Environment, Technology and Technology Management. Research paper, 2008. Disponível em: <http://www.mendeley.com/profiles/sven-de-cleyn/> Acesso em: 07 jan. 2013.

DENGUE Vaccine Shows Early Promise. **National Institutes of Health**. United States of America, fev. 2013. Disponível em: <http://www.nih.gov/researchmatters/february2013/02042013Dengue.htm> Acesso em: 01 mar. 2013.

DENZIN, N.K; LINCOLN, Y. S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DODGSON, M.; GANN, D.; SALTER, A. **Think, play, do: technology, innovation, and organization**. New York: Oxford University Press, 2005.

DODGSON, M.; GANN, D.; SALTER, A. **The management of technological innovation: strategy and practice**. New York: Oxford University Press, 2008.

DOMÈNECH, M.; TIRADO, F.J. Claves para la lectura de textos simétricos. Sociología Simétrica. **Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad**. Barcelona: Gedisa Editorial, 1998.

DRUCKER, P. F. **Inovação e Espírito Empreendedor – Entrepreneurship**. São Paulo: Pioneira, 6ª ed., 1985.

EARLY-Stage Trial Of NIH-Developed Candidate Dengue Vaccine Shows Promise. **Medical News Today**. Bexhill-on-Sea, United Kingdom, 25 jan. 2013. Disponível em: <http://www.medicalnewstoday.com/releases/255346.php> Acesso em: 22 fev. 2013.

EISENHARDT, K.; BOURGEOIS III, L. J. Politics of Strategic Decision Making in High-Velocity Environments: Toward a Midrange Theory. **The Academy of Management Journal**, v. 31, n. 4, p. 737-770, dez., 1988.

ETSCHMANN, M.; GEBHART, P.; SELL, D. Economic benefits of the application of biotechnology – examples. In: HOFMAN, M.; THONART, P. (Ed.). **Engineering and Manufacturing for Biotechnology** (Vol. 4). New York: Kluwer Academic Publishers, 2002.

ETZKOWITZ, H; L. LEYDESDORFF. The Dynamics of Innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations, **Research Policy**, 29(22), p. 109-123. 2000.

FAGERBERG, J. Innovation: A Guide to the Literature. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (Eds.). **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação**: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

FRASCATI Manual: **Standard Method Proposed for Surveys of Experimental Research and Development**. Paris: OECD, 2002.

FREEMAN, C. Introduction. DOSI, G. et al. (Eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London, Francis Pinter and New York: Columbia University Press, 1988.

FOX, S. Communities of practice, Foucault and actor network theory. **Journal of Management Studies**, v. 37, n. 3, p. 853-867, 2000.

FUNDAÇÃO BIOMINAS. **Estudo de empresas de biotecnologia do Brasil**. Belo Horizonte: Fundação Biominas, 2011.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – FUNECE. Francisco Jarbas Santos de Sousa, Isaac Neto Goes da Silva, Lia Magalhães de Almeida, Maria Izabel Florindo Guedes, Maria Lucia Torres Franklin, Sérgio Marcelo Rodriguez Málaga. **Processo de**

produção de proteínas do vírus da dengue em plantas, e uso de proteínas na preparação de vacina contra a dengue. BR n. PI 1100532-7, 16 fev. 2011.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIRÃO, I. CE é 2º lugar no ranking de mortes por dengue. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, julho, 2012. Disponível em:<<http://portalsaude.saude.gov.br/portalsaude/arquivos/17072012.pdf>> Acesso em: 28 nov. 2012.

GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. B. **Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais: Paradigmas, Estratégias e Métodos.** São Paulo: Saraiva, 2006.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas.** São Paulo: v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GRACE, E. S. **Biotechnology unzipped: promises and realities.** Washington, D.C.: Joseph Henry Press, 1997.

GREENBEAN BIOTECHNOLOGY. **Apresentação Institucional.** Fortaleza, 2013. 1 CD ROM.

GUERREIRO RAMOS, A. **A redução sociológica.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

HARLAND, C. et al. A conceptual model for researching the creation and operation of supply networks. **British Journal of Management**, v.15, p. 1-20, 2004.

HART, S. L.; CHRISTENSEN, C. M. The great leap: Driving innovation from the base of the pyramid. **Sloan Management Review**, 44(1), p. 51-56, 2002.

HASSARD, J. LAW, J. & LEE, N. **Preface. Organization.** 6(3), p. 387–390, 1999.

HELBLE, Y.; CHONG, L. C. The importance of internal and external R&D network linkages for R&D organizations: evidence from Singapore. **R&D Management**, 34, 5. r Blackwell Publishing Ltd, 2004.

HENDERSON, R. M.; CLARK, K. B. Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 9-30, 1990.

HITT, M. A. **Empreendedorismo e Inovação Corporativa**. In M. A. HITT, Administração Estratégica. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 520-547, 2005.

HO, Mae-Wan. **Genetic engineering biotechnology**. Challenges and opportunities. Academy of Sciences, Kuala Lumpur, May 28, 1999.

ÍAÑEZ PAREJA, E. **Patentes e Biotecnologia**. 2000. Disponível em: http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/biopatentes_1.html Acesso em: set. 2012.

KIM, W. C.; MAUBORGNE, R. – **A Estratégia do Oceano Azul**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2005.

KNORR-CETINA, K. Citation for David Bloor. **Science, Technology & Human Values**. 22(3), 1997.

LATOUR, B. **Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society**. Milton Keynes, Open University Press, 1987.

_____. **Jamais fomos modernos**. Ensaio de antropologia simétrica. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

_____. **Pandora's hope: essays on the reality of science studies**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.

_____. **On recalling ANT**. In: LAW, J.; HASSARD, J. **Actor network theory and after**. Oxford: Blackwell Publishers, 1999b.

_____. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

_____. **A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos**. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

_____. A ciência como rede de atores: ressonâncias filosóficas. **História, Ciências e Saúde – Manguinhos**, mai/ago, vol. 11, nº 2, 2004.

_____. **Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory**. New York: Oxford University Press, 2005.

_____. **Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red**. Buenos Aires: Manantial, 2008.

LATOURET, B.; WOOLGAR, S. **A vida de Laboratório**. A Produção dos Fatos Científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LAW, J. **On the methods of long distance control: vessels, navigation and the Portuguese rout to India**. In: Power action and believe: a new sociology of knowledge? Heley: Routledge, 1986.

_____. Technology and heterogeneous engineering: the case of Portuguese expansion. BIJKER, W.; HUGHES, T & PINCH, T. **The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology**. London: MIT Press, 1987.

_____. **Notes on the Theory of the Actor-Network: Ordering, Strategy and Heterogeneity**. Paper published by the Center for Science Studies, Lancaster University, Lancaster LA1 4YN, 1992. Disponível em <<http://www.lancs.ac.uk/fass/sociology/papers/law-notes-on-ant.pdf>> Acesso em 14 jul. 2012.

_____. **After ANT: Complexity, Naming, and Topology**. In: LAW, J. e HASSARD, J. (Ed.). Actor-Network Theory and after. Oxford: Blackwell Publishing/The Sociological Review, 1999.

_____. **Disasters, Asymmetries and Interferences**. Centre for Science Studies. Lancaster: Lancaster University, 2003. Disponível em: <<http://www.comp.lancs.ac.uk/sociology/papers/Law-Disasters-Asymmetries-andInterferences>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

_____. **Notas sobre a Teoria do Ator-Rede: ordenamento, estratégia, e heterogeneidade**. Tradução de Fernando Manso. Rio de Janeiro: COMUM, 2006.

LEMOS, Cristina; **A Inovação na Era do Conhecimento**. Parcerias Estratégicas, n. 8, mai. 2000 p. 157-177. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/cce/revista/Parcerias8/cristinalemoos.PDF>> Acesso em: 21 ago. 2012.

LEONARD-BARTON, D. **Nascentes do Saber, criando e sustentando as fontes de inovação**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1998.

LEWIS, M. W.; GRIMES, A. J. Metatriangulação: a construção de teorias a partir de múltiplos paradigmas. **Revista de Administração de Empresas**, 45(1), 72-9, 2005. Disponível em: <http://rae.fgv.br/rae/vol45-num1-2005/metatriangulacao-construcao-teorias-partir-multiplos-paradigmas> Acesso em: 31.03.2012.

MACHADO, Diego Queiroz. **Esforços para Inovação em Redes Sociais: uma Análise no Setor de Biotecnologia**. 2012. 128 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Acadêmico em Administração de Empresas) – Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.

MACHADO, D. Q.; IPIRANGA, A. S. R. Esforços para Inovação em Redes Sociais: uma Análise no Setor de Biotecnologia. In: Encontro Nacional da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, Rio de Janeiro 2012. **Anais...** Rio de Janeiro, ANPAD, 2012, 1 CD ROM.

MAPAS da dengue. **Site da Dengue**, 2013. Disponível em: <http://www.dengue.org.br/index.html> Acesso em: 12 fev. 2013.

MARSHAL, C., ROSSMAN, G. B. **Designing Qualitative Research**. Thousand Oaks, USA: Sage, 1999.

MORIN, E. Epistemologia da Complexidade. In: SCHNITMAN, DORA FRIED (org.) **Novos Paradigmas, Cultura e Subjetividade**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

NATIONAL Science Indicators. **SCImago Journal Et Country Rank (SJR)**. Disponível em: <<http://www.scimagojr.com/countryrank.php/>> Acesso em 16 nov. 2012.

NELSON, R. R. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas, São Paulo: Editora da UNICAMP, 2006.

NELSON, R.; WINTER, S.G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Belknap Press, 1982.

NILL, K. **Glossary of biotechnology terms**. 3rd ed. Washington, DC: CRC Press, 2002.

NOBRE, J. C. A. **As novas biotecnologias da reprodução e as redes bioéticas de ação: cartografando controvérsias**. 2009. 158 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

NOBRE, J. C. A.; PEDRO, R. M. L. R. Reflexões sobre as possibilidades metodológicas da Teoria Ator-Rede. In: **Cadernos UniFOA**. Volta Redonda, nº14, dez/2010, p. 47- 56, 2012. Disponível em: < <http://www.unifoa.edu.br/cadernos/edicao/14/47.pdf>>. Acesso em 9 set. 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção sobre Diversidade Biológica**. Disponível em: < http://www.rbma.org.br/anuario/pdf/legislacao_01.pdf> Acesso em: 02 set. 2012.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 2005. Disponível em: < <http://www.oei.es/salactsi/oslo2.pdf> >. Acesso em: 10 jul. 2012.

PAVITT, K. Innovation process. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (Eds.). **The Oxford Handbook of Innovation**. (Cap. 4, pp. 86-113). Oxford: Oxford University Press, 2005.

PECI, A.; ALCADIPANI, R. Demarcação científica: uma reflexão crítica. **Organizações e Sociedade**, v. 13, n. 36, p. 145-161, 2006. Disponível em: <http://www.revistaoes.ufba.br/viewarticle.php?id=254&layout=abstract&locale=ES> Acesso em: dez. 2012.

PEDRO, R. Redes e Controvérsias: ferramentas para uma cartografia da dinâmica psicossocial. In: **VII Esocite - Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias**. Rio de Janeiro: 2008.

PÊGAS, J. A. P; PRÁ, D. Farmacogenética. In: Regina Scivoletto; Antonio Carlos Camargo;. (Org.). **Inovação, Biotecnologia e Saúde Pública**. X ed.São Paulo: Instituto Uniemp, 2005, v. , p. 117-136.

PIMENTEL NETO, José Geraldo. **Desarticulação entre a base de C&T e a oferta de serviços de atenção à saúde:** a “imaturidade” do sistema setorial de inovação em saúde no estado de Pernambuco. 2008. 156 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

POLLACK, A. In a Setback, Sanofi’s Dengue Fever Vaccine Falls Short of Its Goal. **The New York Times**, New York, 10 set. 2012. Disponível em: http://www.nytimes.com/2012/09/11/health/a-dengue-vaccine-falls-short-of-expectations.html?_r=0 Acesso em: 22 fev. 2013.

PONTI, M. Uncovering causality in narratives of collaboration: actor-network theory and event structure analysis. **Forum: Qualitative Social Research/Sozialforschung**, v. 13, n. 1, p. 1-25, 2011.

PORTER, M. O que é estratégia? In M. PORTER. **Competição**. Elsevier Editora, p. 46-82, 1999.

POSSAS, M. L. Elementos para uma integração micro-macrodinâmica na teoria do desenvolvimento econômico. **Revista Brasileira de Inovação**, v.1, n.1. jan/jun 2002. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/revista_brasileira_inovacao/indice.asp>. Acesso em: 18 ago. 2012.

RABINOW, P. **Making PCR: A Story of Biotechnology**. Chicago: The University of Chicago Press, 1996.

_____. Formas, experiências e saberes errantes, In: _____. **Antropologia da Razão**, Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002 (organização e tradução João Guilherme Biehl).

RENORBIO – Rede Nordeste de Biotecnologia. **Desenvolvido por Renorbio**, 2005-2010. Disponível em: <<http://www.renorbio.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

REZAIE, R. et al. Brazilian health biotech: fostering crosstalk between public and private sectors. **Nature Biotechnology**, v. 26, n. 6, p. 627-644, 2008.

ROESCH, S. M. A. A dissertação de mestrado em Administração: proposta de uma tipologia. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 31, n. 1, p.75-83, 1996.

ROSE, N. **Políticas de la vida**. Biomedicina, poder y subjetividade em el siglo XXI. La Plata: UNIPE, Editorial Universitaria, 2012.

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta**: tecnologia e economia. (Clássicos da Inovação). Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006.

ROTHWELL, R. Successful Industrial Innovation: Critical Success Factors for the 1990's. **R&D Management**, 22/3, p. 221-239, 1992.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodología de la investigación**. México: McGraw-Hill, 1991.

SANTOS, B. S. **A crítica da razão indolente**: contra o desperdício da experiência. São Paulo: Cortez, 2002.

SANZ, José Antônio Barroso. **Inovação nos serviços de hotelaria hospitalar**: um estudo em dois hospitais de Porto Alegre. 2010. 113f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Administração), Universidade Vale dos Sinos, Porto Alegre, 2010.

SCHUMPETER, J.A. **Business cycles**: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. New York: McGraw-Hill, 1939.

_____. **Capitalism, Socialism and Democracy**. New York: Harper, 1942.

_____. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores AS, 1984.

_____. **A teoria do desenvolvimento econômico**. (Os Economistas). São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa 2010/2011**. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/25BA39988A7410D78325795D003E8172/\\$File/NT00047276.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/25BA39988A7410D78325795D003E8172/$File/NT00047276.pdf)> Acesso em: 12 out. 2012.

SILOBREAKER. **Brazil dengue vaccine**. Disponível em: <<https://my.silobreaker.com/Search.aspx?q=dengue+vaccine&rd=true>> Acesso em: 12 fev.2013.

SMITH, J. E. **Biotechnology**. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

SOUZA, Leandro Henrique. **Redes sociais como proposta para amplificar a criação do conhecimento em organizações inovadoras**. 2010. 165f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação) – Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SPINK, M. J.; LIMA, H. Rigor e visibilidade: a explicitação dos passos da interpretação. In: SPINK, M. J. (Org.). **Práticas discursivas e produção dos sentidos no cotidiano: aproximações teóricas e metodológicas**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

TEIXEIRA, M. A ciência em ação: seguindo Bruno Latour. **História, Ciências, Saúde Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1. 2001.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TONELLI, D. F.; BRITO, M. J.; ZAMBALDE, A. L. Empreendedorismo na ótica da teoria ator-rede: explorando alternativa às perspectivas subjetivista e objetivista. **CADERNOS EBAPE.BR**, v. 9, Edição Especial, artigo 7, Rio de Janeiro, Jul. 2011

TURETA, C. **Práticas Organizativas em Escolas de Samba: o Setor da Harmonia na Produção do Desfile da Vai-Vai**. 2011. 325f. Tese de Doutorado – (Escola de Administração de Empresas de São Paulo) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2011.

TURETA, C.; ROSA, A.R.; SANTOS, L.L. da S. Estratégia como prática social e actor-network theory: uma possível conversação para o estudo da estratégia. In: Encontro Nacional da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, Salvador, 2006. **Anais...** Salvador, ANPAD, 2006, 1 CD ROM.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. Faculdade de Medicina. **Sistema de Saúde no Brasil**. Disponível em: < <http://fm.usp.br/cedem/did/atencao/4-%20Bibliografia%20Complementar%20-%20Sistema%20de%20Sa%C3%BAde%20no%20Brasil%20FINAL.pdf>> Acesso em: 12 fev. 2013.

UTTERBACK, J.; VEDIN, B.-A.; ALVAREZ, E.; EKMAN, S.; SANDERSON, S. W.; TETHER, B.; VERGANTI, R. **Design-inspired innovation**. Singapore: World Scientific, 2006.

VARELLA, D. **Dengue: Quadro Clínico, Diagnóstico e Tratamento.** Disponível em: <<http://drauziovarella.com.br/wiki-saude/dengue-quadro-clinico-diagnostico-e-tratamento/>> Acesso em: set. 2012.

VENTURINI, T. Diving in Magma How to Explore Controversies with Actor-Network Theory, to appear in **Public Understanding of Science** (Draft version - sd).

VIEIRA, M.M.F.; CALDAS, M.P. Teoria crítica e pós-modernismo: principais alternativas à hegemonia funcionalista. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, FGV/EAESP, v.46, n.1, p.59-70, 2006.

VIZEU, F. **Em algum lugar do passado: contribuições da pesquisa histórica para os estudos organizacionais brasileiros.** In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓSGRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 31, 2007, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: ANPAD, 2007.

VON TUNZELMANN, G.N. **Technology and Industrial Progress: The Foundations of Economic Growth.** Aldershot: Edward Elgar, p. 532, 1996.

WINDRUM, P; GARCÍA-GOÑI, M. A neo-Schumpeterian model of health services innovation. **Research Policy**, v.37. n. 4, p. 649-672, 2008.

WITTGENSTEIN, L. **Tratado Lógico-Filosófico. Investigações Filosóficas.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2º.ed., 1995.

YOUNG, C. Why Biotech Startups are Not the Same as Tech Startups. **Techli Innovation+Everywhere**. 14, nov. 2011. Disponível em: <<http://techli.com/2011/11/biotech-startups-not-tech-startups/>> Acesso em: 12. Nov. 2013