GUILHERME SOARES GURGEL DO AMARAL

**A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO SETOR
ELÉTRICO BRASILEIRO: UMA INVESTIGAÇÃO DA
POLÍTICA TECNOLÓGICA PARA O SETOR COM BASE NA
TEORIA EVOLUCIONÁRIA DA MUDANÇA TÉCNICA**

**São Paulo
2012**

GUILHERME SOARES GURGEL DO AMARAL

**A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO SETOR
ELÉTRICO BRASILEIRO: UMA INVESTIGAÇÃO DA
POLÍTICA TECNOLÓGICA PARA O SETOR COM BASE NA
TEORIA EVOLUCIONÁRIA DA MUDANÇA TÉCNICA**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. João Furtado

**São Paulo
2012**

AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Guilherme Soares Gurgel do Amaral

FICHA CATALOGRÁFICA

Amaral, Guilherme Soares Gurgel do

**A Pesquisa e Desenvolvimento no Setor Elétrico Brasileiro:
Uma investigação da política tecnológica para o setor com base
na teoria evolucionária da mudança técnica / G.S.G. do Amaral. --
São Paulo, 2012.**

123 p.

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1.Cooperação tecnológica 2.Desenvolvimento de tecnologia
3.Inovações tecnológicas 4.Pesquisa do produto 5.Geração de
energia elétrica (Pesquisa;Desenvolvimento) 6. Energia elétrica
(Pesquisa; Desenvolvimento) I.Universidade São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

A minha esposa Marília pelo companheirismo, inspiração e amor.
Que a cada dia me mostra os caminhos de uma vida de harmonia e superação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao Prof. João Furtado pela sabedoria em me orientar da melhor forma para o desenvolvimento de minha formação como pesquisador, e por todas as oportunidades oferecidas para que eu pudesse completar esse mestrado da melhor forma possível.

Aos Professores Renato Garcia e Adriana Bin pela atenção e pelos ótimos aconselhamentos para a execução desse trabalho.

Aos colegas e amigos Eduardo Urias, Thiago Rocha e Leonardo Gomes que tiveram uma participação fundamental na elaboração do trabalho. Com certeza os três figurarão sempre como grandes amigos e professores.

A todos os colegas do GEID pelos ótimos debates e estudos de temas tão valiosos para nossa universidade e país. Que continuemos desenvolvendo esse espaço valioso de formação e debate em um país tão pobre em pensamento crítico de qualidade.

A todos os professores, funcionários e colegas do Departamento de Engenharia de Produção da Poli/USP pela dedicação e amizade.

E, por fim, à minha família, e em especial a minha mãe, pois sem seu amor nada seria possível em minha vida.

RESUMO

A invenção da energia elétrica pode ser considerada como um dos eventos mais marcantes da história moderna. As fortes influências sociais e econômicas que o sistema elétrico exerce sobre a sociedade, atreladas a suas características próprias, fazem com que o sistema elétrico enfrente desafios que extrapolam sua própria dinâmica. Essa característica faz com que o Estado assuma uma grande responsabilidade pela gestão e planejamento dos sistemas elétricos, o que envolve questões de natureza não meramente econômicas que impulsionam e dão forma à dinâmica dos sistemas atualmente existentes, tanto no Brasil quanto no mundo.

Dentre tais ações de intervenção do Estado, que alteram as condições de competitividade do sistema e toda sua dinâmica, estão políticas tecnológicas para induzir a inovação no setor. No Brasil, a lei 9.991/2000 que institui a obrigatoriedade de investimento de parte da receita operacional líquida (ROL) das empresas do setor em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), representa a política tecnológica específica para abordar tal questão. Tal lei visa induzir o desenvolvimento tecnológico no sistema para contribuir com o aumento de sua eficiência e na decorrente modicidade tarifária.

Esta pesquisa teve como objetivo investigar a eficácia da política tecnológica aplicada ao sistema elétrico brasileiro em induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor. Tal investigação foi feita com base na teoria evolucionária do desenvolvimento tecnológico, através de estudos de caso para se testar a hipótese desenvolvida de que somente a obrigatoriedade de investimento em projetos de P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no sistema elétrico brasileiro.

Os resultados da pesquisa demonstram que a se confirma. É possível argumentar que a proposição apresentada, de que tal hipótese se relaciona ao baixo comprometimento das empresas com o tema, que não são induzidas a assumirem um comportamento condizente com a dinâmica de inovação no setor, dadas suas percepções de oportunidades e suas condições de apropriabilidade, é uma importante variável explicativa para a avaliação da política tecnológica no setor.

ABSTRACT

The invention of electricity can be considered as one of the most important events in modern history. The strong social and economic influences that the electrical system has on society, linked to its own characteristics, make the electrical system faces challenges that go beyond its own dynamics. This feature makes the state to assume a great responsibility for the management and planning of electrical systems, which involve issues not merely economic in nature that drive and shape the dynamics of systems currently exist, both in Brazil and worldwide.

Among such actions of state intervention, which alter the competitive conditions of the system and all its dynamics, are policies to induce technological innovation in the industry. In Brazil, the law 9.991/2000 establishing the mandatory investment of part of the net operating income (NOI) of companies in the industry in research and development (R & D) represents the specific technology policy to address this issue. This law aims to lead the technological development in the system to contribute to the increase of its efficiency and the resulting low tariffs.

This research aimed to investigate the effectiveness of technology policy applied to the Brazilian electric system to induce the dynamics of technological development in the sector. This research was based on the evolutionary theory of technological development, through case studies to test the hypothesis developed that only the obligation of investment projects in R & D has not been sufficient to induce the dynamics of technological development in the Brazilian electric system.

The results show that the hypothesis is confirmed. It can be argued that the proposition presented, that this hypothesis relates to the low commitment of the companies with the theme, which are not induced to take a behavior consistent with the dynamics of innovation in the industry, given their perceptions of their opportunities and appropriability conditions, is an important explanatory variable for the evaluation of technology policy in the sector.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo Linear de Inovação	27
Figura 2 - Evolução do consumo mundial de energia elétrica (TWh).....	34
Figura 3 - Evolução da participação da oferta de eletricidade na matriz energética nacional.	37
Figura 4 - Evolução da participação de empréstimos estrangeiros na estrutura de recursos do setor elétrico	42
Figura 5 – Principais encadeamentos tecnológicos entre diferentes tipos de empresas.....	46
Figura 6– Rede de causalidade das variáveis referentes ao planejamento energético	48
Figura 7 - Montantes investidos em P&D no setor de energia nos países da OECD (US\$x1000*).....	50
Figura 8 – Estrutura institucional do setor elétrico brasileiro.....	62
Figura 9 – Ambientes de comercialização do setor elétrico brasileiro	64
Figura 10– Processo de Avaliação e Aprovação de Propostas de Programa Anual de P&D de acordo com as diretrizes estabelecidas no Manual de 2006.....	71
Figura 11– Processo de Avaliação e Aprovação de Propostas de Projeto de P&D de acordo com as diretrizes vigentes no Manual de 2008.....	74
Figura 12– Perdas na rede elétrica*	82
Figura 13– Evolução dos índices de perdas na rede elétrica no Brasil.....	83
Figura 14– Distribuição dos projetos de P&D em relação a seus executores.	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades definidoras de um padrão setorial de inovação	20
Tabela 2 – O uso de motores elétricos como fração da potência mecânica total na produção, 1899 - 1954	32
Tabela 3 - Quantidade de Empresas e usinas elétricas, com indicação da natureza e da potência dos grupos geradores, segundo as unidades da federação - 1920	38
Tabela 4 - Evolução da Capacidade Instalada do Grupo Light no Brasil e a sua participação percentual. 1910 - 1960	39
Tabela 5 - Evolução da capacidade instalada de energia elétrica, por categoria de concessionário – 1952 – 65	41
Tabela 6 - Concessionárias de Energia Elétrica privatizadas (1995 – 2000).....	43
Tabela 7 – Hipóteses de elaboração de cenários para as variáveis críticas do planejamento energético	49
Tabela 8– Redução no consumo de eletricidade por classe decorrentes do racionamento de energia elétrica ao longo da crise de 2001	58
Tabela 9 - Principais agentes e suas funções do novo modelo do setor	61
Tabela 10 – Evolução da estrutura institucional do Setor Elétrico Brasileiro.....	66
Tabela 11– Percentual da ROL investido em Eficiência Energética e Pesquisa e Desenvolvimento.....	69
Tabela 12–Reconhecimento do investimento realizado em P&D em função da avaliação “insuficiente”	75
Tabela 13–Projetos e investimentos de P&D aprovados pela ANEEL (1999/2007)	80
Tabela 14– Projetos e investimentos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL (2008/2011).....	84
Tabela 15– Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL em relação a seu produto principal (2008/2011*).....	85
Tabela 16– Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL em relação à fase da cadeia da inovação (2008/2011*).....	86
Tabela 17– Empresas entrevistadas no estudo de caso.	97
Tabela 18– Estrutura dos Departamentos Responsáveis pelo P&D nos casos estudados ..	98
Tabela 19 – Resultados dos Estudos de Caso para os indicadores sobre captação e seleção de projetos de P&D	101

Tabela 20– Resultados dos Estudos de Caso para os indicadores sobre seleção de parceiros e expectativas em relação aos projetos de P&D..... 103

Tabela 21– Resultado dos Estudos de Caso em relação à aderência a hipótese testada ... 107

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo do trabalho	2
1.2. Metodologia	4
1.3. Estrutura da dissertação.....	5
2. CONCEITOS EVOLUCIONÁRIOS PARA A COMPREENSÃO DA DINÂMICA DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.....	7
2.1. A perspectiva sistêmica e evolucionária do desenvolvimento tecnológico.....	7
2.2. As rotinas e o comportamento indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.....	11
2.3. Os mecanismos de busca e seleção como elementos indutores da dinâmica do desenvolvimento tecnológico	15
2.4. Sistemas Tecnológicos e Sistema de inovação: A percepção sistêmica do desenvolvimento tecnológico	22
2.5. Uma abordagem evolucionária para políticas tecnológicas.....	25
3. A DINÂMICA DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA TECNOLÓGICO DE ENERGIA ELÉTRICA	30
3.1. Emergência da eletricidade e a constituição do sistema elétrico: Um breve histórico.....	30
3.2. A evolução do setor de energia elétrica no Brasil.....	36
3.3. Uma tipologia da dinâmica da inovação no setor elétrico	44
3.4. Uma justificativa para a intervenção de políticas tecnológicas no setor elétrico.....	47
4. DAS MUDANÇAS INSTITUCIONAIS DA DÉCADA DE 1990 AO “NOVO MODELO” SETORIAL BRASILEIRO E A INTRODUÇÃO DA POLÍTICA TECNOLÓGICA PARA O SETOR.....	53
4.1. As mudanças institucionais no sistema elétrico brasileiro na década de 1990.....	54
4.2. O novo marco regulatório e a configuração institucional do setor elétrico brasileiro	59
4.3. A Lei 9.991/2000 e a obrigatoriedade de investimentos em P&D: A política tecnológica para o setor elétrico brasileiro	67

5. ESTUDOS DE CASO PARA A INVESTIGAÇÃO DA POLÍTICA TECNOLÓGICA APLICADA AO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	78
5.1. Avaliação dos resultados da política tecnológica do setor elétrico: Definição de uma hipótese.	80
5.2. Investigação sobre a dinâmica competitiva nos segmentos de geração e transmissão de energia elétrica	88
5.3. Investigação sobre a dinâmica competitiva no segmento de distribuição de energia elétrica	91
5.4. Estudo de múltiplos casos para a investigação da política tecnológica aplicada ao setor elétrico brasileiro.	96
6. CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA	109
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

1. INTRODUÇÃO

A invenção da energia elétrica pode ser considerada como um dos eventos mais marcantes da história moderna. Seus impactos profundos abrangeram a indústria, a forma como as pessoas vivem, a organização do espaço econômico e a organização das cidades e dos territórios. Uma verdadeira revolução que somente pode ser comparada ao advento da informática e eletrônica no fim do século XX.

Os sistemas elétricos possuem formas de extrema complexidade envolvendo uma grande rede de atores que se estende de geradores, transmissores e distribuidores, a consumidores, fornecedores, agentes reguladores, dentre muitos outros. As pessoas e as corporações que desenvolveram as tecnologias nas quais se baseia o sistema de energia elétrica inventaram não somente dispositivos tecnológicos (como geradores, linhas de transmissão, etc.), mas também induziram a emergência de formas organizacionais como companhias geradoras, concessionárias de distribuição, agências reguladoras, etc. Esse processo de desenvolvimento consistiu um grande sistema que apresenta uma dinâmica própria.

Pelo fato de os componentes desse sistema serem interligados, sua evolução forma um processo dinâmico, interativo e recursivo, que caracteriza sua complexidade. As características próprias do comportamento das organizações que desenvolveram no passado e que exploram atualmente o setor de energia elétrica derivam da própria dinâmica desse sistema, marcado pela regulação e forte dependência de sua trajetória.

As fortes influências sociais e econômicas que o sistema elétrico exerce sobre a sociedade, atreladas as características próprias do setor, que, como será visto, são monopólios naturais, fazem com que o sistema elétrico enfrente desafios que extrapolam sua própria lógica de inversão e acumulação. Essa característica faz com que o Estado assuma uma grande responsabilidade pela gestão e planejamento dos sistemas elétricos, o que envolve questões de natureza não meramente econômicas que impulsionam e dão forma à dinâmica dos sistemas atualmente existentes, tanto no Brasil quanto no mundo.

Dentre tais ações de intervenção do Estado, que alteram as condições de competitividade do sistema e toda sua dinâmica, estão políticas tecnológicas para induzir a inovação no setor. O desenvolvimento tecnológico é tido como uma saída necessária para a resolução de diversos problemas apresentados pelo sistema. Em todo o

mundo, problemas relacionados ao suprimento e as qualidades técnicas, sociais e ambientais, da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica são assumidos como responsabilidade do Estado, e enfrentadas através de políticas específicas ao desenvolvimento tecnológico.

Em face das características inerentes à dinâmica do processo de desenvolvimento tecnológico e ao próprio setor, questões relativas ao desenvolvimento tecnológico em um ambiente tão complexo são um desafio a ser encarado por pesquisadores interessados em compreender e contribuir para constituição de sistemas elétricos competitivos e que atendam todas as demandas sociais.

No Brasil, a lei 9.991/2000 que institui a obrigatoriedade de investimento de parte da receita operacional líquida (ROL) das empresas do setor em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), representa a política tecnológica específica para abordar tal questão. Tal lei visa induzir o desenvolvimento tecnológico no sistema para contribuir com o aumento de sua eficiência e na decorrente modicidade tarifária. Sua investigação é o desafio posto a essa pesquisa.

1.1. Objetivo do trabalho

A presente pesquisa tem como objetivo investigar a eficácia da política tecnológica aplicada ao sistema elétrico brasileiro em induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor.

O desenvolvimento tecnológico no setor elétrico é tido como fundamental para a solução de alguns problemas ambientais e sociais decorrentes do processo de desenvolvimento econômico em todo o mundo. E, dessa forma, espera-se que o sistema seja capaz de desenvolver soluções através de novas tecnologias que atendam tais demandas. Essas soluções podem ser novas tecnologias sustentáveis aplicadas ao setor, bem como novos dispositivos ou processos que melhorem a eficiência ao longo de toda sua cadeia produtiva, dentre outras soluções.

No Brasil, a política tecnológica voltada ao setor pode ser caracterizada pela obrigatoriedade de investimento de parte das receitas das empresas em projetos de P&D, conforme argumentado. Nesse trabalho parte-se da hipótese que somente tal obrigatoriedade não tem sido suficiente para a dinâmica do setor em direção a padrões mais elevados de desenvolvimento tecnológico. Propõe-se que, por um lado, a inovação tecnológica não se apresenta como um elemento de vantagem competitiva para as

empresas do setor elétrico brasileiro, uma vez que não são claras as oportunidades tecnológicas e as possibilidades de se apropriar dos ganhos advindos da inovação. Por outro lado, tal política não induz a articulação necessária dos agentes envolvidos nos processos de desenvolvimento tecnológico. Essa articulação que se transforma em uma relação sistêmica entre os diversos agentes relacionados à inovação no sistema elétrico é necessária para a indução da dinâmica do desenvolvimento tecnológico, conforme será visto ao longo desse trabalho. Ambos os aspectos de tal política fragilizam as ferramentas de indução da dinâmica do desenvolvimento tecnológico utilizada pelos formuladores de políticas para o setor.

Propõe-se que as políticas tecnológicas devem ter como objetivo induzir o comportamento das empresas de determinado setor para viabilizar um padrão almejado de desenvolvimento tecnológico e focar esforços na constituição de relações sistêmicas entre os diversos atores. Os mecanismos utilizados devem considerar os princípios descritos pela teoria, que, conforme será visto em capítulos posteriores, respeitem as características tecnológicas do setor e que induzam comportamentos através da manipulação dos incentivos a busca por novas tecnologias em determinado sistema tecnológico.

Duas conclusões teóricas são fundamentais para as proposições desse trabalho e se tornarão seus constructos teóricos centrais. Derivadas do referencial teórico utilizado por essa dissertação, a primeira conclusão é que o fenômeno de desenvolvimento tecnológico apresenta uma dinâmica sistêmica, onde muitos atores se interagem e há recursividade e complementaridade entre eles. Esse fato torna necessária a intervenção também de forma sistêmica de políticas tecnológicas para a indução da dinâmica do desenvolvimento tecnológico. Não bastando ações pontuais na forma de projetos desconectados e de curto prazo.

A segunda conclusão, que se relaciona diretamente à primeira, é que tal dinâmica sistêmica do desenvolvimento tecnológico é induzida pela busca deliberada dos agentes que compõem tal sistema. Dessa forma, a política tecnológica precisa, necessariamente, induzir o comportamento de busca de tais agentes para induzir a dinâmica do sistema. O padrão de busca apresentado por agentes de determinado setor é função das próprias relações existentes entre o ambiente no qual tais agentes estão imersos. As respectivas respostas dos agentes do setor à indução do ambiente se dão através de estratégias de busca das empresas, caracterizando os sistemas tecnológicos como sistemas complexos.

Em vista desse fato, os formuladores de políticas tecnológicas precisam levar em consideração os elementos indutores de tal comportamento para induzi-los à dinâmica desejada de desenvolvimento tecnológico.

1.2. Metodologia

O objeto estudado nessa pesquisa foram empresas concessionárias do setor elétrico brasileiro. A metodologia empregada foram estudos de casos, que foram desenvolvidos para auxiliar na identificação da dinâmica dos programas de desenvolvimento tecnológico existente em empresas concessionárias do setor de energia elétrica em face à obrigatoriedade de investimento em projetos de P&D.

O objetivo dos estudos de caso é apresentar um breve diagnóstico dos programas de P&D e inovação nas empresas. Para isso indicadores foram selecionados com base na literatura para auxiliar a identificação dos elementos que caracterizam os constructos teóricos centrais às proposições desse trabalho conforme apresentado anteriormente. Esses indicadores são *proxies* que podem indicar o comprometimento das empresas com o tema, que, conforme visto é o elemento central do desencadeamento da dinâmica do processo inovativo em sistemas tecnológico. Outros indicadores servem de *proxies* para indicar as relações existentes entre os agentes do sistema na busca pela constituição de um sistema que dê suporte à inovação no setor, respeitando suas características intrínsecas, que é o elemento constituinte da dinâmica do desenvolvimento tecnológico em todos os setores da economia.

Os indicadores buscados através dos estudos de caso foram i) a origem dos projetos, de sua ideia à execução; ii) os critérios de seleção de projetos; iii) a estrutura dos departamentos responsáveis pela P&D; iv) os critérios de busca e seleção de parceiros para os projetos e; v) os resultados encontrados e previstos pelos gerentes de P&D das empresas em relação a utilização e apropriação dos ganhos dos projetos pela empresa e, sucessivamente, pelo sistema.

Tais estudos foram subsidiados com uma pesquisa exploratória baseada na literatura, em dados secundários e em entrevistas que demonstrem indícios do comportamento das concessionárias no que tange o desenvolvimento tecnológico e sua resposta à obrigatoriedade do investimento.

Estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que se foca no entendimento da dinâmica presente em um determinado objeto. Tal metodologia de estudo de caso

envolve, normalmente, levantamento de dados secundários, pesquisas de campo para levantamento de dados primários e entrevistas. As evidências encontradas podem ser qualitativas (expressas em textos) ou quantitativas (números).

De acordo com Eisenhardt (1989), a metodologia de estudo de caso é uma metodologia indutiva, que parte de uma hipótese desenvolvida através da observação de um determinado fenômeno ou da literatura e busca sua confirmação através da confrontação com a realidade.

Dessa forma, pretende-se responder à seguinte pergunta de pesquisa: a política tecnológica para o setor, baseada na obrigatoriedade do investimento em P&D pelas empresas concessionárias, tem sido eficiente no sentido de induzir o comportamento de tais empresas em direção à inovação tecnológica, através do comprometimento das mesmas com seus programas de P&D e da constituição de relações sistêmicas com os demais parceiros?

1.3. Estrutura da dissertação

O primeiro passo desse trabalho consistirá na caracterização teórica da dinâmica evolucionária do desenvolvimento tecnológico em sistemas econômicos. Para isso serão apresentados seus principais conceitos, com o objetivo de esclarecer quais são os constructos teóricos necessários à análise da dinâmica almejada ao sistema elétrico brasileiro. Dessa forma, no segundo capítulo um referencial teórico é construído abordando a literatura da teoria evolucionária, visando elucidar a dinâmica do desenvolvimento tecnológico em sistemas econômicos, no qual está inserida a indústria de energia elétrica. O objetivo desse capítulo é apresentar os elementos centrais de uma perspectiva teórica de política tecnológica sob o enfoque evolucionário para influenciar os comportamentos e a dinâmica do sistema em direção à inovação e ao desenvolvimento tecnológico.

No terceiro capítulo é apresentada uma breve história do setor, sua emergência e seus padrões de desenvolvimento tecnológico. O objetivo desse capítulo é caracterizar a trajetória de desenvolvimento do sistema com base nos conceitos desenvolvidos no referencial teórico, bem como apresentar sua dinâmica de desenvolvimento tecnológico. Trata-se de um capítulo auxiliar, mas necessário para a argumentação de que a dinâmica presente em sistemas tecnológicos pressupõe uma intervenção pública baseada na indução do comportamento das empresas do setor considerando a característica

sistêmica que relaciona diversos agentes na sociedade. A apresentação de sua trajetória ilustrará como a interação entre diferentes agentes, heterogêneos e autônomos, fez surgir o que hoje se conhece como sistema elétrico, e influencia, ainda hoje, o comportamento de suas empresas, objeto desse estudo.

O quarto capítulo tem como objetivo caracterizar o marco regulatório do sistema elétrico brasileiro. Nesse capítulo é resgatada, brevemente, sua trajetória e apresentada sua atual configuração, que consiste no ambiente no qual as empresas concessionárias do setor estão imersas. Tal ambiente exerce profundo impacto na formulação das estratégias de busca das empresas, e é onde as novas inovações, fruto dos esforços de tais empresas, estarão sujeitas a seleção. Como parte do marco regulatório do sistema elétrico brasileiro, nesse capítulo também será apresentada a política tecnológica do setor.

No quinto capítulo apresenta-se o estudo de caso desenvolvido. Esse capítulo tem como objetivo apresentar o diagnóstico dos programas de P&D estudados, bem como aprofundar o entendimento da dinâmica do desenvolvimento tecnológico no sistema elétrico brasileiro. Como um setor regulado, as receitas das empresas do setor elétrico são determinadas por políticas tarifárias específicas que levam em consideração as características do setor e os objetivos da política energética do país. Uma vez identificado o impacto da política tecnológica no setor, e testada a hipótese central do trabalho através de entrevistas e estudos de caso, será necessário avaliar a regulação tarifária visando identificar os mecanismos de apropriabilidade existentes no setor. Também são analisadas as relações existentes entre os agentes do sistema na constituição de um sistema setorial de inovação. Dessa forma, possibilitando a conclusão desse trabalho e a indicação de suas limitações e a possibilidade de aprofundamentos futuros no capítulo de conclusão.

2. CONCEITOS EVOLUCIONÁRIOS PARA A COMPREENSÃO DA DINÂMICA DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

A investigação da política tecnológica realizada nesta pesquisa será baseada em uma perspectiva evolucionária do desenvolvimento tecnológico. De acordo com tal perspectiva, a inovação se mostra um fenômeno sistêmico e complexo, e sua dinâmica evolucionária é resultado da interação entre diversas estratégias de busca por ganhos, por parte de diversos agentes postos em um ambiente de seleção que privilegia determinado comportamento.

Uma vez entendido a inovação como um fenômeno sistêmico, os resultados da busca por inovação tornam-se inerentemente incertos sob o ponto de vista de uma empresa, sendo fruto de um processo evolucionário de busca e seleção, o que torna extremamente difícil que uma empresa por si só obtenha sucesso em suas estratégias de busca.

Esse capítulo tem como objetivo esclarecer os conceitos utilizados por esse trabalho para a compreensão dos fenômenos desencadeadores do processo de inovação e, mais especificamente, do desenvolvimento tecnológico para auxiliar a investigação acerca da política tecnológica para o setor elétrico brasileiro.

2.1. A perspectiva sistêmica e evolucionária do desenvolvimento tecnológico

A perspectiva evolucionária do desenvolvimento tecnológico parte da percepção que o processo de inovação ocorre de forma incremental e recursiva ao longo de uma determinada trajetória (ROSENBERG, 1983). O ponto central para se analisar o processo de desenvolvimento tecnológico sob o prisma da teoria evolucionária está relacionado à relação causal e de interdependência entre um processo de busca pela inovação e os mecanismos endógenos de seleção do mercado que induzem e determinam a dinâmica de tal processo.

Diversos estudos empíricos apontam para uma evolução sistêmica do desenvolvimento tecnológico (ROSENBERG, 1983; DOSI, 1984; MOWERY & ROSENBERG, 1990). Tais estudos enfatizam algum tipo de “determinação contextual” entre os fatores relacionados à ciência, por um lado, e as variáveis socioeconômicas, por outro, com a dinâmica do desenvolvimento tecnológico (DOSI, 1984). O papel desempenhado pelos fatores institucionais são os determinantes da direção e intensidade

da atividade inovadora, e essa é uma característica fundamental para a compreensão da dinâmica da inovação de acordo com a teoria evolucionária (DOSI, 1988). Nas sociedades industriais modernas o inter-relacionamento entre empresas e diversas outras instituições mostra-se particularmente forte. Tal inter-relacionamento é institucionalizado de diversas maneiras e incorporado à dinâmica do sistema econômico através das estratégias competitivas das empresas em um ambiente dinâmico em constante evolução.

A característica sistêmica do desenvolvimento tecnológico, de acordo com a teoria evolucionária, implica que a produtividade de uma dada invenção depende da disponibilidade de tecnologias complementares que viabilizam sua integração no ambiente posto (TEECE, 1986). A nova tecnologia passa a ser compreendida como um novo componente a ser incluído a um sistema complementar estabelecido. A existência de tais relações de complementaridade torna excessivamente difícil a análise do fluxo de benefícios de qualquer invenção de forma isolada.

A ênfase nas complementaridades do processo de desenvolvimento tecnológico torna explícito o fato de que o retorno social de uma inovação raramente pode ser identificado de forma isolada, sendo fruto de um sistema recursivo e interdependente que em muitas vezes se apoiam no que podemos chamar de arranjo institucional (MOWERY & ROSENBERG, 1990). O processo evolucionário do desenvolvimento de novas tecnologias, conforme argumenta Rosenberg (1983), reflete, assim, um amplo sistema de complementaridades tecnológicas e interações institucionais entre empresas e instituições de ciência e tecnologia, dentre outras.

A análise do desenvolvimento tecnológico sob o enfoque evolucionário altera em grande medida a noção clássica, ou ortodoxa, da relação entre os sistemas econômicos e a tecnologia. De fato, a teoria evolucionária surge como contraponto às teorias clássicas, ou ortodoxas, que consideram o desenvolvimento tecnológico como sendo exógeno ao sistema de relações econômicas¹. Para tais teorias, novas tecnologias são incorporadas através da compra de equipamentos contendo novas aplicações científicas, sendo essas tecnologias livremente dispostas no “mundo” da ciência e tecnologia que não se relaciona ao ambiente econômico.

¹ Para maiores explicações acerca da contraposição da teoria evolucionária às teorias econômicas que consideram o desenvolvimento tecnológico como exógeno ao sistema econômico, especialmente a teoria econômica neoclássica, ver Nelson & Winter (1982) e Dosi (1984).

Para a teoria evolucionária as relações entre ciência, tecnologia e economia são endógenas ao sistema econômico. Mesmo o processo de invenção que muitas vezes foi considerado exógeno para a explicação do processo de inovação, apesar de sempre ter sido reconhecido como uma importante etapa em qualquer processo de desenvolvimento tecnológico passa a ser considerado como um processo complementar e evolucionário, sendo em parte dependente das relações sistêmicas impostas pelo processo de inovação.

No ambiente institucional das sociedades industriais, em que parte de inovação provém das atividades internas às organizações de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), a distinção entre invenção e inovação² torna-se de pouca utilidade para a compreensão da dinâmica da inovação (NELSON & WINTER, 1982). Tecnologias sempre procedem de uma ideia ou um conceito, e tais ideias procedem, por sua vez, de um fenômeno observado. Um fenômeno é meramente um efeito natural que existe independente dos humanos e da tecnologia. Entender como a observação de tais fenômenos gera alguns princípios de uso que ordenam a forma como esses fenômenos se transformarão em dispositivos tecnológicos, e passarão a dividir uma arquitetura tecnológica comum ao sistema, é que é necessário para se entender como se dá o processo de invenção sob o prisma evolucionário (ARTHUR, 2006).

O caráter sistêmico enfatizado pela teoria evolucionária resulta em que os melhoramentos no desempenho de uma parte do sistema têm uma significação limitada caso não haja melhoramentos simultâneos em outras partes. Essa necessidade de mais inovações em atividades complementares, como em outras tecnologias e instituições, é uma razão importante para o fato que até avanços à primeira vista espetaculares, normalmente dão origem a curvas de aumento de produtividade e eficiência que se elevam apenas de forma gradual. Isso reflete ao que teóricos evolucionários conceituam como a cumulatividade do processo de desenvolvimento tecnológico.

A cumulatividade e a característica sistêmica do desenvolvimento tecnológico são de grande relevância para a compreensão da dinâmica da inovação em sistemas tecnológicos, como o sistema elétrico, uma vez que estabelece a necessidade de inovações de caráter sistêmico e estrutural, dificultando a obtenção de resultados

² A distinção entre invenção e inovação é atribuída a Schumpeter, que em seus trabalhos argumenta que invenção é um elemento exógeno ao ambiente econômico, e que o processo de inovação estabelece a relação entre a ciência e o mercado. Para maiores informações ver Schumpeter (1939).

positivos através do desenvolvimento de projetos pontuais sem uma relação estrutural com a dinâmica da empresa e de todo o setor.

As conotações mais amplas do termo “evolucionário” incluem uma preocupação com processos de mudanças estruturais de longo prazo e progressivos, conforme argumentam Nelson & Winter (1982). Para tais autores, a dinâmica do desenvolvimento tecnológico observada na realidade presente, não pode ser interpretada como sendo composta por soluções de problemas atuais, solucionados através da elaboração de projetos de inovação ou de P&D. A dinâmica do desenvolvimento tecnológico é muito melhor compreendida como o resultado produzido por processos estruturais e dinâmicos, de tentativa e erro, compreensíveis a partir de condições conhecidas ou conjecturadas no passado e manifesto através das relações sistêmicas entre diversos atores.

Dessa forma, a teoria evolucionária contribui para o avanço no entendimento da dinâmica do desenvolvimento tecnológico ao introduzir em sua análise a percepção de que é muito raro que grandes ganhos advindos de novas tecnologias sejam o resultado de inovações tecnológicas isoladas, e de mudanças radicais no curso do progresso técnico a partir de projetos isolados de P&D. O efeito combinado de um grande número de melhoramentos no interior de um sistema tecnológico pode ser imenso. E há em tais sistemas, mecanismos internos de pressão que contribuem para gerar incentivos indutivos de caráter dinâmico e recursivo que possibilitam e induzem a inovação através da busca deliberada de empresas e instituições (ROSENBERG, 1983; NELSON & WINTER, 1982; DOSI, 1982; 1984; 1988).

A busca deliberada das empresas por inovação, através de estratégias de P&D dentre outras formas, é o elemento indutor de toda a dinâmica do desenvolvimento tecnológico. Apesar das incertezas inerentes aos resultados dos esforços em busca da inovação, incertezas decorrentes das características sistêmicas supracitadas, existem nos sistemas econômicos elementos que induzem as empresas em tal empreitada. Políticas públicas visando a emergência de novas tecnologias se relacionam a esses elementos, uma vez que conformam o ambiente no qual as empresas estão imersas e dão os incentivos necessários à sua ação. Entretanto, para se investigar a forma como políticas devem agir para induzir as empresas à busca por inovação, e assim desencadear o processo sistêmico que culmina na emergência de novas tecnologias, é necessário se

compreender como as empresas formulam suas estratégias de ação sob o enfoque evolucionário.

2.2. As rotinas e o comportamento indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico

As regras de decisão empregadas pelas firmas formam um conceito operacional básico da teoria evolucionária (NELSON & WINTER, 1982). Rejeita-se, no entanto, a noção de comportamento maximizador como explicação de por que as regras de decisão são o que são. O comportamento maximizador é comumente utilizado para se analisar o comportamento de empresas em mercados capitalistas, e trás como decorrência interpretações distintas das evolucionárias acerca da dinâmica da inovação e do desenvolvimento tecnológico (NELSON & WINTER, 1982; DOSI, 1984).

Para a teoria da escolha racional, que defende o argumento do comportamento maximizador, as firmas são vistas como operando de acordo com um conjunto de regras de decisão que determinam o que fazem em razão das condições externas (mercado) e internas (tais como o estoque de capital disponível). Tais regras de decisão são claras, as empresas maximizam seus lucros no curto prazo através da otimização dos diferentes recursos disponíveis a sua produção. Dessa forma, a hipótese maximizadora leva os analistas a tentarem descobrir por que determinada empresa está fazendo algo, ou o que faria sob condições diferentes, com base numa avaliação dos seus objetivos e do seu conjunto de escolhas, partindo da hipótese de que esse conjunto seja conhecido e otimizável (NELSON & WINTER, 1982).

A noção teórica do comportamento maximizador das empresas tem como decorrência a crença de que as empresas sempre agem de forma a maximizar seu lucro no curto prazo, e, uma vez que todas as condições são dadas e conhecidas por todas as empresas em determinado momento³, todas as empresas agem de forma similar, sendo quase homogêneas em suas decisões, ou seja, agem da forma considerada racional para a maximização dos lucros com as condições dadas pelo mercado. Assim, basta o mercado agir livremente que as empresas se adequarão prontamente às condições estabelecidas pelo mesmo.

³ A hipótese de informação perfeita e livre mobilidade nos mercados também é um dos pilares da teoria ortodoxa. Para se ter uma análise crítica dos fundamentos da teoria ortodoxa ver a obra de Nelson & Winter (1982) capítulo 3.

Para a teoria da escolha racional (ou teoria ortodoxa), o desenvolvimento tecnológico torna-se decorrência direta da conformação da estrutura produtiva às novas descobertas ocorridas no campo da ciência que tenham impacto na produtividade dos fatores de produção. Do ponto de vista de políticas públicas, para que inovações ocorram, basta que políticas sejam voltadas estritamente ao fomento à ciência, uma vez que o mercado se encarregará de incorporar as inovações através do ajuste das empresas a novos padrões maximizadores de concorrência sob novos patamares de produtividade. Para a teoria ortodoxa, torna-se então contraditório se falar em políticas tecnológicas e de inovação, uma vez que as mesmas ocorrem em um mercado, que por si só é plenamente capaz de incorporar os ganhos de produtividade advindos da ciência (HALL, 1986; METCALFE, 1995).

Em contraposição a teoria da escolha racional, a teoria evolucionária argumenta que em situações de interação estratégica, como ocorre nos mercados, o número de eventos a serem considerados nas decisões econômicas é tão grande, que o cálculo maximizador torna-se, além de impraticável, irracional. Isso ocorre mesmo que seja possível vislumbrar todas as alternativas de ações possíveis e conhecer seus efeitos particulares. Além disso, de acordo com a teoria evolucionária, a decomposição do problema e a criação de rotinas gerais tornam muito mais fáceis à tomada de decisão cotidiana (POSSAS, 1998). Assim, para a teoria evolucionária, as empresas, entendidas como organizações heterogêneas, buscam satisfazer suas ambições e necessidades de forma idiossincrática, de acordo com seu contexto, baseada em processos históricos que visam tornar previsível e possível a significação de ações frente a um ambiente incerto.

Dessa forma, os autores evolucionários consideram as “regras de decisão” como parentes conceituais muito próximos das “técnicas” de produção, uma vez que tais empresas estão imersas em um ambiente complexo e sistêmico, enquanto a tradicional teoria econômica as vê como coisas diferentes.

O termo geral utilizado pela teoria evolucionária para todos os padrões comportamentais, regulares e previsíveis, das firmas é “rotina” (NELSON & WINTER, 1982). Para os autores da teoria evolucionária, a rotinização das tarefas é a forma mais eficaz que as empresas encontraram para acumular conhecimento, e, assim, obter ganhos de produtividade com suas operações cotidianas e operarem frente a incerteza.

Para explicar a direção e a intensidade do desenvolvimento tecnológico, que passa a ser um elemento endógeno ao sistema econômico e induzido pela busca de empresas

que tomam suas decisões baseadas em rotinas, autores evolucionários atentam para a existência de “paradigmas tecnológicos”. Tais paradigmas moldam os padrões de soluções de determinados problemas, assim como o comportamento dos agentes econômicos envolvidos em tal processo (DOSI, 1982).

Paradigma tecnológico é uma analogia ao conceito de paradigma científico elaborado por Kuhn para descrever a direção do progresso científico, assim como a “ciência normal” constitui a “efetivação de uma promessa” contida num paradigma científico, o “progresso técnico” viável passa a ser definido por meio de um certo “paradigma tecnológico” definido pelo sistema econômico (DOSI, 1984). Esse fato reforça a característica de cumulatividade do desenvolvimento tecnológico introduzida em tópico anterior.

Da mesma forma, define-se a trajetória tecnológica (NELSON & WINTER, 1977) como o padrão de atividade “normal” de resolução do problema (isto é, do “progresso”), com base num paradigma tecnológico. É importante ressaltar que os paradigmas tecnológicos possuem um poderoso efeito de exclusão: os esforços e a estratégia tecnológica dos engenheiros e das organizações às quais pertencem focalizam-se em direções precisas, embora fiquem “cegos” com respeito a outras possibilidades tecnológicas fora do paradigma tecnológico vigente.

Os autores evolucionários reconhecem, entretanto, que há um grande conjunto de comportamentos empresariais que não constituem “rotinas”. O fato de nem todo comportamento empresarial seguir um padrão regular e previsível é acomodado pela teoria por meio do reconhecimento de que existem elementos estocásticos que influem na dinâmica do sistema. E tais elementos estocásticos atuam tanto na determinação das decisões dos agentes quanto nos seus resultados decorrentes da diversidade de estratégias de busca empregadas pelas empresas.

Esse espectro de possibilidades corresponde, na teoria evolucionária, à variedade dos diferentes papéis desempenhados pelos elementos estocásticos na representação da tomada de decisões de investimento. Porém, através do processo de seleção dos mercados, firmas lucrativas crescerão e firmas não-lucrativas minguarão, e as características operacionais das firmas lucrativas representarão uma crescente parcela das atividades do ramo em questão, sendo estabelecidas após sua seleção pelo ambiente, como rotinas a serem assumidas e copiadas, induzindo a expectativa dos agentes econômicos de determinado setor (NELSON & WINTER, 1982).

A ênfase no termo evolucionário sugere, então, que a dinâmica do desenvolvimento tecnológico se deve a relação existente entre as rotinas de busca das empresas e a seleção de novas inovações pelo mercado. O ambiente de seleção induz os comportamentos das empresas em suas estratégias de busca, e, dessa forma, também induz a dinâmica do próprio sistema.

Dessa forma, a questão central para o formulador de políticas visando à mudança estrutural do sistema em direção a determinados padrões de desenvolvimento tecnológico passa a ser então, para a teoria evolucionária, o de estimular as capacidades inovadoras para gerar variações nos comportamentos das empresas em seu processo de busca (METCALFE, 1995), bem como dar o suporte necessário ao estabelecimento de relações sistêmicas entre os diversos atores envolvidos na inovação (NELSON & WINTER, 1982; ROSENBERG, 1983).

O ponto forte do argumento de tais autores, para o objetivo desse trabalho é que inovações não são meros meios de solucionar problemas no atual estado de determinada tecnologia através da elaboração de projetos de P&D desconectados das estratégias das empresas e do mercado. Tal processo é muito mais dinâmico e consiste, sobretudo, em resolver problemas em um determinado nível tecnológico se baseando e buscando soluções em outros níveis de todo o sistema tecnológico, ou mesmo fora dele. Esse processo faz parte de um complexo sistema de complementaridade tecnológica e científica, que se apoia e influencia as instituições envolvidas no processo. Esse processo se baseia em rotinas e conhecimentos desenvolvidos ao longo de determinada trajetória. Tal processo também demanda certo grau de liberdade e se caracteriza como um processo de tentativa e erro, onde as empresas buscam ganhos através da incerteza inerente do processo inovativo.

Com base em tais conceitos da teoria evolucionária, é possível extrair duas conclusões centrais para a compreensão da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

Em primeiro lugar, tal dinâmica é caracterizada pelas relações sistêmicas existentes entre os diversos agentes que compõem determinado sistema tecnológico. As relações de complementaridade tecnológica, cumulatividade da base de conhecimento e de todo o processo de inovação, e a influência das instituições na determinação da dinâmica do desenvolvimento tecnológico, dentre outras questões abordadas pelos teóricos evolucionários, enfatizam a necessidade da constituição de sistemas que determinam e induzem a dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

E em segundo lugar, a teoria evolucionária permite compreender o papel da empresa em sua busca por ganhos advindos do processo de inovação como o elemento central e indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico. É através da busca deliberada dos agentes envolvidos em determinado sistema que emergem novas tecnologias e soluções que aumentem a produtividade e eficiência dos sistemas tecnológicos.

Essas duas conclusões são centrais para a investigação proposta por essa pesquisa. E serão abordadas nos próximos tópicos desse capítulo.

2.3. Os mecanismos de busca e seleção como elementos indutores da dinâmica do desenvolvimento tecnológico

Sendo firmemente enraizada na teoria comportamental da firma, foi visto que o foco da teoria evolucionária é sobre as regras de decisões das empresas e suas interações dentro de um sistema tecnológico. Há em tais sistemas vários mecanismos de seleção constituídos pelo arranjo institucional ao qual será submetida determinada inovação (METCALFE, 1995). Pode-se dizer que a dinâmica evolucionária do desenvolvimento tecnológico se baseia nos processos de busca por inovações pelas empresas e seleção pelos mercados de novos produtos contendo atributos tecnológicos.

Busca e seleção são elementos simultâneos e interativos do processo evolucionário de desenvolvimento tecnológico, que estruturam e esclarecem o que se sabe acerca do fenômeno microeconômico do processo de desenvolvimento tecnológico, conforme argumentam Nelson & Winter (1982). São simultâneos e interativos, pois os mesmos incentivos que geram o *feedback* da seleção também influenciam as direções da busca por novas tecnologias. E fundamentais para toda a argumentação evolucionária do desenvolvimento tecnológico, pois as firmas e as inovações evoluem ao longo do tempo através da ação de busca e seleção, o que determina a dinâmica do sistema em sua direção e intensidade.

As características-chave que distinguem os processos de busca são a irreversibilidade, ou seja, “o que foi feito foi feito”, seu caráter contingente, ou seja, sua dependência do contexto, e sua incerteza inerente (NELSON & WINTER, 1982). Não existem regras “otimizadoras” para os processos de busca, e conforme visto anteriormente, o termo geral utilizado pela teoria evolucionária para todos os padrões comportamentais, regulares e previsíveis, das firmas é “rotina”. Nesse caso, rotinas de busca.

No que se relaciona à motivação das empresas a sua busca por inovações, é possível afirmar que as empresas em uma sociedade capitalista, entendidas como unidades que decidem a respeito da aplicação do capital, têm um objetivo primordial. Mesmo que seus dirigentes, seus acionistas e seus trabalhadores tenham individualmente outros objetivos conflitantes, a necessidade de que a firma sobreviva coloca-lhe um propósito claro e imperativo: o de fazer render o capital aplicado (POSSAS, 1998). A teoria evolucionária, porém, reconhece que esse objetivo esteja posto de forma bastante imprecisa, e pode se apresentar de formas muito diferentes.

Nesse sentido “as forças competitivas não apenas moldam as decisões empresariais voluntárias, elas também ajudam a estabelecer restrições involuntárias, relacionadas à sobrevivência, para as decisões empresariais” (NELSON & WINTER, 1982, p.58). Da mesma forma, para Freeman & Soete (1997), deixar de inovar equivale a morrer, e conseqüentemente, para os autores, se as empresas estabelecidas em ambientes de seleção competitivos desejam sobreviver, a despeito de todas as suas incertezas sobre inovação, a maioria dessas firmas permanecem numa rotina inovativa.

A análise da relação dinâmica entre busca e seleção leva à conclusão que as empresas não podem ser interpretadas como agentes estritamente autônomos e atomizados. As relações com o ambiente exercem profundo impacto no comportamento das empresas, moldando e incentivando determinadas rotinas. E o ambiente de seleção no qual estão imersas induz suas estratégias de busca de ganhos econômicos à inovação.

Em suas trajetórias de busca, as firmas dispõem de uma série de opções e de estratégias alternativas.

“Elas podem usar seus recursos e habilidades científicas e técnicas numa variedade de combinações diferentes. Elas podem dar maior ou menor peso a considerações de curto ou longo prazo, constituir alianças de vários tipos, licenciar inovações feitas alhures, tentar fazer previsões tecnológicas e de mercado, bem como desenvolver uma variedade de produtos e processos por iniciativa própria. Elas podem modificar a ciência e a tecnologia mundiais numa pequena escala, mas não podem prever com precisão o resultado de seus próprios esforços inovativos, ou aqueles de suas concorrentes, de modo que o acaso e os riscos, que elas enfrentam ao tentar introduzir qualquer grande mudança na tecnologia mundial, sempre estarão presentes” (FREEMAN & SOETE, 1997, p.457)

A criatividade e o comportamento inovador das empresas estão intimamente conectados à incerteza do processo de descoberta, ou busca, pelo qual as firmas

encontram e exploram seus conjuntos de escolhas (METCALFE, 1995). Sobre o comportamento das empresas, no que se refere a seus processos de busca, nos limitaremos a considerar que:

“Qualquer firma atua dentro de um espectro de possibilidades tecnológicas e de mercado, derivadas do crescimento da ciência, da tecnologia e do mercado mundiais. Estes desenvolvimentos são, em grande medida, independentes das firmas individuais e continuarão a sê-lo mesmo se elas deixassem de existir. Para sobreviver e se desenvolver, elas devem levar em conta essas limitações e circunstâncias históricas. Sob esse aspecto, suas atividades inovativas não são livres ou arbitrárias, mas historicamente circunscritas. A sobrevivência e crescimento delas dependem de sua capacidade de adaptar-se a esse ambiente externo em rápida mudança, e de mudá-lo” (FREEMAN & SOETE, 1997, p.456).

Adotaremos nesse trabalho as estratégias de P&D como uma *proxy* para identificar as estratégias de busca empregadas pelas empresas. Existem diversos estudos que relacionam as estratégias de inovação de empresas às estratégias de P&D (NELSON & WINTER, 1982), apesar de a literatura apresentar algumas limitações dessa opção teórica (ROSENBERG, 1983; DOSI, 1984) é reconhecidamente uma *proxy* importante para a avaliação das estratégias das empresas em sua busca por inovações tecnológicas.

O tomador de decisões sobre P&D é considerado como tendo uma série de regras de decisões que norteiam o emprego de suas atividades (NELSON & WINTER, 1982). Para aumentar as probabilidades de sucesso no mercado e influir na competitividade das empresas as regras que determinam a “direção” dos projetos de P&D precisam estar alinhadas às estratégias globais das empresas (COOPER, 2008). Essas regras determinam a direção da “busca”, e podem ser denominada “estratégias de busca”, o que se considera sinônimo de “estratégia tecnológica”.

“Uma estratégia pode estar vinculada a variáveis como o tamanho da firma, sua lucratividade, a atuação de seus concorrentes, a avaliação dos resultados de P&D em geral e de categorias particulares de projetos particulares, a avaliação da facilidade ou da dificuldade de se alcançar certos tipos de avanços tecnológicos, e o complexo particular de habilidades e de experiência possuídos pela firma” (NELSON & WINTER, 1982, p.361)

O argumento de que empresas podem desenvolver diferentes estratégias de busca em face de suas necessidades e possibilidades serve para defender a ideia de que não há

meios “ótimos” para a busca tecnológica das empresas, muito menos “estratégias de otimização”. Nem mesmo há um processo claramente estabelecido de como as empresas devem agir para atingir seu sucesso, ou para buscar a inovação. O que existe, ao se tratar de inovação e desenvolvimento tecnológico, é um processo complexo e recursivo de tentativa e erro. As empresas, sendo o elemento fundamental para emergência da inovação, são submetidas constantemente a um processo de seleção que induz e molda seu comportamento, podendo ser apresentar de diversas maneiras.

Busca e seleção são elementos que ocorrem simultaneamente, conforme argumentado anteriormente, e a influência de um sobre o outro é complexa e dinâmica. A influência das estratégias de busca sobre o ambiente de seleção se dá na medida em que o primeiro influencia, através de suas ações, o arranjo institucional que compõe o segundo (NELSON & SAMPAT, 2001). Também novas tecnologias, fruto dos esforços de busca das empresas podem alterar o ambiente de seleção (DOSI, 1984). Porém, a despeito dos esforços deliberados que as empresas fazem para influenciar de alguma forma o ambiente de seleção, elas possuem pouco, ou nenhum, controle dos resultados de seus esforços, esse fato representa um elemento quase que aleatório que as empresas precisam levar em conta em suas estratégias tecnológicas (FREEMAN & SOETE, 1997).

As influências do ambiente de seleção sobre as estratégias de busca das empresas se dão na medida em que a seleção induz comportamentos e estratégias, influenciando as rotinas estabelecidas nas empresas de determinado setor (NELSON & WINTER, 1982; DOSI, 1984; KEMP, 1994). Existem diferentes formas de seleção, sendo a mais comum na literatura a seleção pelo mercado.

Um argumento aqui utilizado sobre a influência do ambiente de seleção via mercado no comportamento das empresas de determinado setor é o argumento elaborado por Dosi (1988). Para o autor, o comprometimento de recursos de agentes motivados pelo lucro em projetos de P&D deve envolver tanto a percepção de algum tipo de oportunidade de apropriação quanto uma série de incentivos concretos, e o mercado é o ambiente onde essa informação é transmitida para todos os agentes envolvidos.

A forma como se dá a seleção pelo mercado se relaciona diretamente ao regime tecnológico no qual a empresa está submetida. Malerba & Orsenigo (1997), argumentam que um padrão setorial de comportamento e das estratégias de busca pela inovação, resultante do processo de seleção, é relacionado à natureza do regime

tecnológico onde as empresas atuam. Dessa forma os autores propõem que um ambiente de seleção marcado por um regime tecnológico é uma combinação particular de algumas propriedades fundamentais de tecnologias. Condições de oportunidade, de apropriabilidade, graus de cumulatividade da capacidade tecnológica e as características da base de conhecimento relevantes são os elementos constituintes dos padrões observáveis do ambiente de seleção em setores no que diz respeito à inovação.

A Tabela 1 define os parâmetros existentes para a caracterização de um padrão setorial de inovação, e suas possíveis dimensões de acordo com Malerba & Orsenigo (1997).

Tabela 1- Propriedades definidoras de um padrão setorial de inovação

Propriedades	Característica	Dimensões para a caracterização
Condições de Oportunidade	Condições de Oportunidade reflete a facilidade em inovar dada uma quantia de recursos investida em pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> • Grau: Altas oportunidades oferecem incentivos poderosos à atividade inovadora, pois elas determinam a probabilidade de se obter inovação a determinada monta de recursos investidos em pesquisa. • Variedade: Em alguns casos, altos graus de oportunidade estão associados com a potencialmente rica variedade de soluções tecnológicas. Nos estágios “pré-paradigmáticos” das tecnologias, quando o design dominante não foi ainda definido, empresas podem buscar em várias direções e surgir com diferentes soluções tecnológicas. Já no estágio “paradigmático”, quando um padrão dominante já emergiu, a mudança técnica procede ao longo de trajetórias específicas, logo, a variedade de diferentes soluções tecnológicas é reduzida. • Pervasividade: Em casos de alta pervasividade, novos conhecimentos podem ser aplicados a muitos produtos e mercados, enquanto no caso de baixa pervasividade, novos conhecimentos aplicam-se somente a poucos produtos ou mercados. • Fontes: As fontes de oportunidades tecnológicas diferem-se ao longo de tecnologias e indústrias. Em algumas indústrias, as condições de oportunidades são relacionadas ao estoque de conhecimento científico em universidades. Em outros setores, as oportunidades de inovar podem vir de departamentos de P&D, ou através do conhecimento tácito interno.
Condições de Apropriabilidade	Condições de apropriabilidade sumariza as possibilidades de proteger as inovações da imitação e de se extrair lucros a atividade inovadora.	<ul style="list-style-type: none"> • Grau: setores podem ser classificados de acordo com as condições de apropriabilidade (alta e baixa). Alta apropriabilidade significa a existência de meios de proteger a inovação da imitação. Baixa apropriabilidade denota um ambiente econômico caracterizado por externalidades de conhecimento (spillovers). • Meios de apropriabilidade: Empresas se utilizam de uma variedade de meios para proteger suas inovações, seja por patentes, por segredo, inovação contínua ou pelo controle de ativos complementares. A efetividade de tais meios de apropriabilidade difere-se largamente de indústria para indústria, dessa forma afetando a natureza das externalidades de conhecimento.
Cumulatividade	Cumulatividade captura as propriedades de inovações correntes em influenciar as inovações futuras.	<ul style="list-style-type: none"> • Processos de aprendizado e retornos crescentes de tecnologias: Refere-se à geração de novos conhecimentos tecnológicos construídos sobre o que se tem previamente feito. • Insumos Organizacionais: A cumulatividade pode ser gerada pelo estabelecimento de P&D a custos fixos, onde há um relativo fluxo contínuo de inovações. • Sucessos atraem sucessos: A noção de cumulatividade pode se relacionar com a intuição, em certa medida “Schumpeteriana”, que relaciona os investimentos em P&D, ao desempenho tecnológico e à lucratividade da atividade.
Base do Conhecimento	Refere-se às propriedades do conhecimento no qual as atividades inovadoras das empresas estão baseadas	<ul style="list-style-type: none"> • A natureza do conhecimento: refere-se ao vários níveis de especificidade, tacitividade, complexidade e independência do conhecimento tecnológico • Além dessa há a forma de comunicação e transmissão do conhecimento.

Fonte: Adaptado de Malerba&Orsenigo (1997)

Dessa forma, de acordo com a teoria evolucionária as estratégias de busca das empresas são profundamente influenciadas pelo ambiente na qual atuam. Argumenta-se que políticas tecnológicas devem ter como objetivo influenciar o comportamento estratégico das empresas em sua busca por inovação através de ferramentas que moldem o ambiente, levando-se em consideração as propriedades definidoras do ambiente de seleção conforme apresentado por Malerba & Orsenigo (1997).

O conceito de oportunidade tecnológica se refere à relação entre ciência e tecnologia, ou seja, à probabilidade de se estabelecer pontes entre o avanço científico e o desenvolvimento tecnológico dado o recurso investido. Tal conceito está diretamente relacionado aos conceitos de cumulatividade e das características da base de conhecimento destacados na tabela acima, uma vez que a definição de oportunidades tecnológicas em determinado setor é dependente de sua trajetória tecnológica e das características científicas das tecnologias que constituem o sistema no qual o setor se apoia.

O progresso do conhecimento científico em geral cria uma gama mais ampla de aplicações tecnológicas potenciais do que as que são selecionadas pelas empresas e pelo mercado (DOSI, 1988). O motivo pelo qual determinados conhecimentos científicos se transformam em tecnologias aplicadas ao mercado, enquanto outros permanecem restritos aos meios acadêmicos, se deve às questões relativas ao ambiente de seleção no qual as empresas e as instituições responsáveis pela ponte entre a ciência e a tecnologia estão imersas.

Dosi (1984) analisa os mecanismos através dos quais só alguns dos paradigmas tecnológicos disponibilizados pela ciência são realmente desenvolvidos, economicamente aplicados e, frequentemente, se tornam dominantes. Para o autor, é suficiente argumentar que este processo de seleção depende (a) da natureza e dos interesses das “instituições que fazem a ponte” entre a pesquisa pura e as aplicações econômicas; (b) de fatores estritamente institucionais, tais como agências públicas de fomento e de regulação e (c) dos mecanismos de seleção via mercado e/ou dos requisitos tecnológicos e econômicos dos usuários. Pode-se resumir, entretanto, que todas essas questões se relacionam diretamente a possível apropriabilidade dos ganhos advindos dessas novas tecnologias quando inseridas no mercado.

O conceito de apropriabilidade será fundamental para esse trabalho, e como sugerido pela literatura (DOSI, 1988; MALERBA & ORSENIGO, 1997; KEMP, 1994), graus variados de apropriação privada dos benefícios da inovação são tanto o incentivo

como o resultado do processo inovativo, pois são frutos das relações dinâmicas existentes entre os agentes envolvidos em um sistema tecnológico. Denomina-se apropriabilidade a propriedade dos conhecimentos tecnológicos e dos artefatos técnicos, do mercado e do ambiente legal que viabilizam economicamente as inovações e as protegem, em graus variados, como ativos geradores de renda, das imitações dos concorrentes.

O importante a ser argumentado em relação a tais conceitos de oportunidade tecnológica e apropriabilidade, para os objetivos desse trabalho, é que, conforme argumento elaborado por Dosi (1988), as oportunidades, que derivam parcialmente de avanços científicos “exógenos” e parcialmente de conhecimentos acumulados endogenamente pelas firmas, e as condições de apropriabilidade, respondem pelos diversos graus de comprometimento das empresas privadas com a inovação.

Ainda de acordo com o autor, o ponto central da análise dos padrões de comportamentos de busca das empresas, é que suas estratégias influem diretamente nos padrões setoriais de mudanças técnicas observadas, e são o resultado da interação de vários tipos de induções de mercado resultante de combinações de oportunidades e apropriabilidades (DOSI,1988).

2.4.Sistemas Tecnológicos e Sistema de inovação: A percepção sistêmica do desenvolvimento tecnológico

Até aqui foi argumentado que o processo de desenvolvimento, sob o ponto de vista evolucionário, é um processo sistêmico. Tal processo é baseado na interação entre diversos agentes e instituições, e demanda ativos complementares que possibilitem sua emergência em um sistema tecnológico estabelecido. Nesse tópico serão apresentados os conceitos por trás dessa noção sistêmica que auxiliarão na investigação da política tecnológica aplicada ao setor elétrico brasileiro.

Estudos demonstram que novas tecnologias ao longo de seu processo de desenvolvimento se constituem em um verdadeiro sistema tecnológico (HUGHES, 1989). Isso significa que o processo de desenvolvimento tecnológico se apoia em diversas instituições que, se relacionando de forma recursiva, constitui um sistema tecnológico contemplando diversas dimensões, como conhecimentos e outras tecnologias complementares, que conformam sua dinâmica e sua trajetória de desenvolvimento.

Sistema tecnológico é o conceito utilizado pela teoria evolucionária para ilustrar a rede de relações sistêmicas exigida para o funcionamento de determinada tecnologia. Tais sistemas tecnológicos contêm componentes que se confundem e que são complexos. Esses componentes são moldados e construídos socialmente (HUGHES, 1989), o que implica que o processo de desenvolvimento tecnológico é um processo dinâmico e social que se dá em determinado tempo e lugar na história sendo difícil a generalização acrítica de sua dinâmica.

Dentre os componentes de um sistema tecnológico estão os artefatos físicos, como os geradores, transformadores e linhas de transmissão em um sistema de energia elétrica. Sistemas tecnológicos também incluem organizações, como as indústrias, empresas concessionárias e bancos de investimentos, e eles usualmente incorporam componentes científicos, como livros, artigos, programas universitários e de pesquisa. Legislações, como as leis e regras regulatórias, também fazem parte de um sistema tecnológico.

Dessa forma:

“Um artefato – sendo ele físico ou não – funciona como um componente em um sistema de interações com outros artefatos, todos contribuindo diretamente ou através de outros componentes para o objetivo comum do sistema. Se um componente é removido de um sistema ou se suas características mudam, o outro artefato no sistema deverá mudar suas características da mesma forma. Em um sistema elétrico, por exemplo, uma mudança na resistência, ou no perfil de carga, do sistema irá demandar mudanças compensatórias nos componentes de distribuição, transmissão e geração. Se há evidências que as políticas de investimento de um banco de investimento são coordenadas com as atividades comerciais de um gerador elétrico, então fica claro que há uma relação sistêmica entre eles; uma mudança na política em um irá desencadear mudanças na política de outro. Se os cursos de engenharia mudam sua ênfase do estudo em corrente contínua para corrente alternada, espera-se que quase que ao mesmo tempo os artefatos físicos do sistema elétrico mudarão no mesmo sentido, dada as relações sistêmicas existentes entre eles.” (HUGHES, 1989, p. 52)

O uso do conceito Sistema Tecnológico enfatiza a necessária ênfase dada pela teoria evolucionária para as relações existentes entre os diversos componentes de tal sistema. Sua dinâmica se apoia em um complexo sistema de relações institucionais que permeiam toda a sociedade. Inovações, dessa forma, se dão através de inclusões de novas variações dentro de sistemas tecnológicos estabelecidos, ou no limite, através da

emergência de novos sistemas com novas relações entre novos e velhos artefatos e componentes (HUGHES, 1989). Esse fato é de grande importância para a teoria evolucionária e para as conclusões dessa pesquisa, uma vez que políticas tecnológicas visando interferir na dinâmica de determinado sistema deve considerar tais relações entre a nova tecnologia e o sistema estabelecido. Políticas tecnológicas também devem tentar estabelecer novas relações para que haja maior probabilidade de emergência de uma inovação (DOSI, 1984; NELSON & WINTER, 1982).

Com base em tais argumentos, os autores evolucionários consideram as relações existentes entre os diversos atores que participam de um sistema de grande importância para o desenvolvimento tecnológico e mesmo o desenvolvimento industrial de determinado setor, região ou país. O nome dado a esse complexo grupo de instituições que se interagem de forma sistêmica para possibilitar a emergência de novas variações tecnológicas é Sistemas de Inovação. Dessa forma, um fator importante a se buscar através de políticas tecnológicas é o estabelecimento e o fortalecimento de tais sistemas (FREEMAN, 1995).

O termo “Sistemas de inovação” vem sendo largamente utilizado para a análise e compreensão da dinâmica do processo do desenvolvimento tecnológico e o papel de políticas públicas na indução de tal dinâmica.

Pode-se definir sistemas de inovação como sendo um conjunto de instituições públicas e privadas que contribuem nos âmbitos macro e microeconômico para o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias, (NELSON, 1994). Os sistemas de inovação podem variar dependendo do escopo de suas atividades, podendo ser sistemas regionais, setoriais, específicos, nacionais, dentre outros.

Como o objeto dessa pesquisa é a investigação da política tecnológica para um setor específico, o setor elétrico, é importante a descrição de sistemas setoriais de inovação. Pode-se conceituar tal sistema, de acordo com Malerba (2002), como o conjunto de produtos novos e já estabelecidos para usos específicos e o conjunto de interações de mercado e não-mercado entre agentes para a produção de tais produtos. Segundo o autor, os agentes que compõem um sistema setorial são organizações e indivíduos que evoluem através do processo de mudança e transformação desencadeadas no setor. Tal abordagem dá ênfase às estruturas sistêmicas entre a produção, os agentes, o conhecimento e a tecnologia, e, fundamentalmente, à dinâmica de sua transformação.

O nível setorial dos sistemas de inovação tem sido considerado como uma alternativa ao conceito de sistemas nacionais. Argumenta-se em muitos casos que as

interações ocorridas no contexto das novas inovações em um mundo globalizado tendem a não respeitar as fronteiras nacionais. Porém, uma vez que tais inovações se apoiam em entidades com agendas específicas relacionadas às inovações, como universidades e agências de fomento, que dentre outras, possuem caráter estritamente nacionais, não se pode perder de vista tal dimensão, mesmo que se trate especificamente de um setor industrial (LUNDVALL et al., 2002; FREEMAN, 1995).

O foco na interação para o aprendizado e no caráter nacional dos sistemas de inovação evoca a importância dada pelos acadêmicos estudiosos do tema ao papel das instituições na determinação do grau e direção do processo de inovação. Instituições entendidas aqui como normas, hábitos e regras, estão profundamente embrenhadas na sociedade, e elas desempenham um papel determinante em como as pessoas se relacionam umas com as outras e em como as organizações aprendem e utilizam seu conhecimento (LUNDVALL et al., 2002). Conjuntamente com tais instituições informais, um grande número de instituições formais, como direitos de propriedade bem definidos e implementados, leis contratuais, dentre muitas outras, são de extrema importância para o funcionamento da economia e de sua dinâmica que desencadeia o processo inovativo.

Dessa forma, para a investigação do processo de desenvolvimento tecnológico almejado para o setor elétrico pelos formuladores de políticas tecnológicas para o setor, é necessário considerar as relações existentes entre agentes ao longo de toda essa cadeia (como fornecedores, consumidores, concorrentes, regulador, etc.). Esse elemento, constante na teoria evolucionária do desenvolvimento tecnológico, será considerado nessa pesquisa parte fundamental na constituição de uma dinâmica que propicie ao setor novas inovações de acordo com os objetivos da política empregada. E a investigação da política do setor aqui empreendida deverá ter como base essa percepção teórica, que, em conjunto com os mecanismos de indução das estratégias de busca das empresas, formam os elementos chave para a compreensão da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

2.5. Uma abordagem evolucionária para políticas tecnológicas

Para a teoria evolucionária, tecnologias não são meros meios de se solucionar problemas operacionais estabelecidos e facilmente perceptíveis, mas frutos de um processo assimétrico e evolucionário que apresenta características próprias e demandam estruturas de longo prazo e condições específicas para sua emergência. Da mesma forma, tecnologias não podem ser consideradas como elementos exógenos aos sistemas

econômicos, que são integradas através da incorporação (compra) de novas máquinas e bens de capitais com conteúdos tecnológicos livremente disponíveis e de fácil mobilidade.

As relações entre ciência, tecnologia e inovação são alvo de grande debate na literatura preocupada em desenvolver políticas tecnológicas visando a indução de inovações como um processo fundamental para o desenvolvimento econômico. O interesse da sociedade na inovação e no desenvolvimento tecnológico, que legitima a intervenção na dinâmica dos mercados através de políticas públicas, se deve às potencialidades advindas desse fenômeno para a melhoria do bem-estar social e nos ajustes estruturais que as inovações ocasionam no sistema econômico (HALL, 1986). Schumpeter (1911) descreve o fenômeno de inovação como o elemento central, ou o único eminentemente capitalista, para o desenvolvimento econômico e das sociedades industriais.

É reconhecido que a competitividade de empresas, setores e nações tem profundas relações com a dinâmica do desenvolvimento tecnológico e da inovação (NELSON, 1996). E dadas as grandes incertezas inerentes à inovação, os retornos esperados em investimentos em P&D e projetos de inovação tecnológica podem apresentar uma grande variância se comparado a investimentos em projetos com tecnologias já dominadas pelas empresas. Essa grande variância pode coibir investimentos em novas tecnologias e inovação no nível socialmente desejado. Assim, políticas tecnológicas específicas são necessárias para induzir os mercados a níveis satisfatórios de inovação (HALL, 1986).

É reconhecido que o mercado por si só é incapaz de gerar os elementos necessários à emergência de inovações na medida socialmente desejada (NELSON, 1959). Contudo, a forma como intervir na dinâmica do desenvolvimento tecnológico através das políticas tecnológicas tem sido fruto de grandes debates. Há na literatura uma polarização entre dois extremos que moldam as práticas de políticas tecnológicas empregadas visando impulsionar o desenvolvimento tecnológico.

De acordo com Pavitt;

“Há um debate recorrente a respeito da importância do “impulso pela ciência” (*technology push*) e da “indução pela demanda” (*demand pull*) para deflagrar a atividade inovativa e determinar seus padrões” (PAVITT, 1984, p. 365)

Tais extremos se relacionam a concepções diferentes da natureza do processo de desenvolvimento tecnológico, sendo:

“a primeira, indicando as forças de mercado como principais determinantes da mudança técnica (teorias da “indução pela demanda”), e a segunda, definindo a tecnologia como fator autônomo, ou quase autônomo, pelo menos a curto prazo (teorias do “impulso pela tecnologia”) (DOSI, 1984, p. 30)

Essa polaridade no pensamento tem influenciado os formuladores de políticas públicas de diversas formas. Por um lado, a tradição baseada no conceito de indução pela demanda preconiza que não há necessidade de políticas tecnológicas, uma vez que a demanda dos mercados induz a ciência a buscar soluções para os problemas dados. E uma vez que essa tradição não reconhece a necessidade de políticas tecnológicas para indução da inovação, não faz sentido abordá-la nesse estudo.

Por outro lado, a crença defendida pelos teóricos da tendência do “impulso pela ciência e tecnologia” de que o conhecimento e sua utilização fossem metas conflitantes influenciou os formuladores de políticas tecnológicas por muitos anos. E dessa forma:

“A crença de que os progressos científicos são convertidos em utilizações práticas por meio de um fluxo dinâmico que vai da ciência à tecnologia tem sido em toda parte um lugar-comum entre os administradores de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Bush⁴ endossou essa crença de uma maneira enfática – ao dizer que os progressos da ciência são a principal fonte de inovação tecnológica, e isso acabou sendo absorvido pela visão predominante do relacionamento entre ciência e tecnologia”. (STOKES, 1997, p.27)

A percepção de que da ciência à tecnologia há um contínuo que deve ser percorrido para a emergência da inovação passou a ser conhecida como “modelo linear” de inovação, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo Linear de Inovação

Fonte: Stokes, 1997

⁴Vannevar Bush, diretor do *Office of Scientific Research and Development (OSRD)*, entidade do governo Americano responsável pelas políticas tecnológicas durante e logo após a II Guerra Mundial. Foi substituída pela *National Research Foundation*.

De acordo com o modelo linear, o papel de políticas tecnológicas deveria ser investir pesadamente em pesquisa básica e aplicada, que apresenta maiores riscos e menor interesse direto pelo mercado. A partir daí, as descobertas passarão pelo contínuo até se tornarem produtos no mercado.

Porém, conforme observado pela teoria evolucionária, o processo de desenvolvimento tecnológico se mostra muito mais dinâmico e complexo do que o apresentado pelo modelo acima descrito. E, nas palavras de Hall (1986):

“O que é notado é que o processo inovativo é muito mais uma rede de interações seqüenciais e simultâneas que um fluxo linear. Intervenções apropriadas são, dessa forma, longe de serem simples e as experiências sugerem que muito do que foi feito no passado pode ser perdido ou ineficaz. Em princípio, as intervenções deveriam ocorrer com o objetivo de estimular ou direcionar a pesquisa básica ou aplicada, o desenvolvimento experimental, a inovação ou a difusão. Isso explica porque existem argumentos para o subsídio à pesquisa nas universidades e laboratórios do governo, ou a subsídios direcionados ao investimento em plantas industriais inovadoras. Entretanto, os formuladores de políticas públicas deveriam estar dedicados em fortalecer as relações e aumentar a velocidade do fluxo de informação entre as partes envolvidas conectando-as.” (HALL, 1986, p. 3)

Dessa forma, de acordo com teóricos evolucionários, políticas tecnológicas não devem se focar somente em pesados investimentos em pesquisa básica e aplicada, com a crença de que daí se derivará novas aplicações científicas e tecnológicas facilmente aplicáveis no mercado. Tais investimentos são de extrema valia para a inovação, porém, como o desenvolvimento tecnológico é um processo complexo e dinâmico, para a teoria evolucionária a política tecnológica deve buscar constituir um sistema de relações onde os interesses dos diversos agentes converjam em torno de estratégias de busca comprometidas com a inovação, como elemento que trará competitividade e benefícios econômicos, aumentando assim a possibilidade de sucesso de novas inovações no ambiente na qual serão sujeitas a seleção (METCALFE, 1995).

Para aumentar suas possibilidades de sucesso, políticas tecnológicas devem se ajustar à dinâmica do desenvolvimento de inovações em cada setor, e os mecanismos utilizados pela política tecnológica para induzir o desenvolvimento de novas tecnologias e assim aumentar a eficiência do setor, devem considerar os princípios evolucionários do processo de desenvolvimento tecnológico descritos nesse capítulo.

Para a investigação da política tecnológica do setor elétrico brasileiro, que visa induzir sua dinâmica de desenvolvimento tecnológico, serão buscados elementos que indiquem que a política tecnológica está de fato induzindo o comportamento das empresas a um maior comprometimento com o processo de inovação. Sendo reconhecido que tal comprometimento se manifesta através de estratégias de busca estruturadas, e através do estabelecimento de um sistema de relações condizentes com a dinâmica de desenvolvimento tecnológico no setor. Esse comprometimento será medido através de pesquisas acerca da formulação de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

No próximo capítulo será apresentado um breve histórico do setor visando apresentar sua trajetória e sua dinâmica sistêmica, que auxiliará na investigação proposta por essa dissertação.

3. A DINÂMICA DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA TECNOLÓGICO DE ENERGIA ELÉTRICA

A característica sistêmica do desenvolvimento tecnológico exige a interação entre diversos níveis de um mesmo sistema, tornando-se, assim, necessárias interações entre instituições de apoio, instituições de ciência e tecnologia, universidades, fornecedores, consumidores, agentes reguladores, dentre outros. O presente capítulo tem como objetivo apresentar uma breve história da trajetória do desenvolvimento do sistema elétrico para ilustrar sua dinâmica evolucionária.

3.1. Emergência da eletricidade e a constituição do sistema elétrico: Um breve histórico

O surgimento da energia elétrica no final do século XIX não somente trouxe profundas mudanças em toda a estrutura industrial, mas também na forma das pessoas viverem, na ocupação do espaço econômico e na organização das cidades. Entretanto, não se pode considerar a emergência da eletricidade como um fato isolado e muito menos que emergiu de forma rápida e repentina.

Muitas das inúmeras aplicações da energia elétrica surgidas nas décadas de 1880 e 1890 já haviam sido exploradas em pequena escala durante os anos 1870. A eletricidade havia sido utilizada para a iluminação da *Gare Du Nord* de Paris já em 1876, na impressão do jornal *Times* e do *Gaiety Theatre* de Londres em 1878, e nas arcadas *Kaiser* de Berlim no mesmo ano (FREEMAN & SOETE, 1997).

A história da eletricidade revela uma busca contínua por parte de muitas indústrias, não apenas da fonte mais barata de energia, mas de uma forma de energia dotada de certas características economicamente desejáveis (ROSENBERG, 1983). Tais características podem ser resumidas como flexibilidade para ser transportada e a possibilidade de ser consumida em pequenas escalas.

A observação de fenômenos eletrostáticos e magnéticos é antiga. No século XVII as experiências visando à criação artificial dos fenômenos luminosos se multiplicaram em vários países europeus. Elas desencadeiam uma série de avanços científicos que se inicia com as descobertas de Galvani e de Volta no final do século XVIII (MARTIN, 1990). A pilha construída por Volta em 1799 marca o início de um encadeamento de aberturas científicas, de novos aparelhos e de novas máquinas, que culminará com a descoberta das correntes induzidas por Faraday em 1831, da qual irá se originar o

dínamo em 1867, o motor elétrico de Gramme em 1873 e a lâmpada de filamento de Edison em 1881. Algumas dessas descobertas tiveram repercussões imediatas na satisfação das necessidades por alguns atributos especiais de energia, o que as induziram a um rápido e virtuoso desenvolvimento, como no caso da iluminação pública.

A história da eletricidade se deve em grande medida a sua aplicação para a iluminação pública, e apesar de seu desenvolvimento ser devedor da complementaridade entre diversas invenções incrementais e experimentos em todo o mundo, o processo de emergência do sistema elétrico se deve em grande medida à fundamental participação de Thomas A. Edison⁵.

A história de Thomas Edison serve para ilustrar o papel das estratégias de busca de empresários empreendedores para a dinâmica do desenvolvimento tecnológico e para a própria dinâmica do sistema tecnológico. O papel desse empresário também serve para ilustrar as diversas relações de cooperação que se estabeleceram entre diversos agentes para viabilizar a inovação que muito impulsionou o que culminou no que hoje é conhecido como sistema elétrico (HUGHES, 1989).

Segundo Hughes;

“Edison era o líder de um grupo de invenção e desenvolvimento (o que hoje é conhecido como pesquisa e desenvolvimento), mas ele era também algo a mais – um empresário-inventor. Somente poucos homens hoje em dia atendem a todas as responsabilidades como as designadas para um empresário-inventor. Edison não somente presidia a invenção e seu desenvolvimento, mas também lidava com seu financiamento, sua publicidade e seu marketing. Seu mais famoso projeto, o sistema elétrico, serve muito bem para ilustrar tal ponto.” (HUGHES, 1990, p. 122)

Os esforços de P&D nos laboratórios de Edison envolviam pesquisas em equipamentos eletromagnéticos (geradores), aparelhos dedicados ao sistema (como alternadores, medidores, lâmpadas incandescentes, dentre outros) e circuitos complexos. Paralelamente, o empresário inicia a busca por financiamento e traça um plano de negócio para viabilizar sua inovação. Thomas Edison funda em 1878 a “*Edison Electric Light Company*” com o propósito de angariar fundos para seu projeto. E em 1882 o sistema desenvolvido por Edison recebe seu primeiro contrato para a iluminação da “*Pearl Street Station*” em Nova York. A partir desse primeiro contrato seu sistema se

⁵ Para uma história completa da atuação de Thomas Alva Edison no desenvolvimento dos sistemas elétricos veja HUGHES, T. P. (1990).

alimenta de uma série de inovações incrementais e mudanças em seu modelo de negócios que possibilitaram seu grande sucesso posterior (HUGHES, 1990).

Diversas outras descobertas e inovações, no sistema elétrico e em outros sistemas tecnológicos, foram necessárias para a emergência do que hoje se considera o sistema elétrico (FREEMAN & SOETE, 1997). Esse fato enfatiza que a dinâmica da emergência do sistema elétrico e seu desenvolvimento é devedor das diversas relações entre agentes dentro e fora do sistema.

A evolução da utilização da eletricidade não se deu sem a concorrência de inovações nas trajetórias tecnológicas estabelecidas no momento inicial de sua emergência. A utilização do gás natural para a iluminação pública progrediu muito no decorrer da segunda metade do século XIX. E nesse terreno já ocupado, a iluminação elétrica precisou de muito desenvolvimento e inovações complementares para lutar e impor-se como a solução dominante para iluminação pública, principalmente nos países europeus onde a indústria do gás é mais bem implantada do que nos Estados Unidos (MARTIN, 1990).

Da mesma forma, a concorrência com tecnologias estabelecidas também restringiu outros usos de eletricidade em setores industriais em seus períodos iniciais. Como exemplo, embora posteriormente tal tecnologia fosse ter enormes efeitos econômicos, em 1889 os motores elétricos ainda representavam menos de 5% do total da potência instalada nas indústrias dos EUA. Nessa época motores movidos a energia elétrica não haviam ainda tido um impacto substancial na economia norte-americana (ROSENBERG, 1983) e sua evolução se deu de forma lenta e gradual apoiada por uma série de medidas que melhora sua eficiência e sua difusão.

Tabela 2 – O uso de motores elétricos como fração da potência mecânica total na produção, 1899 - 1954

Anos	Potência total (milhares de cv)	Motores elétricos (Milhares de cv)	Motores elétricos (%) do total de cv)
1899	9.811	475	4,8
1904	13.033	1.517	11,6
1909	18.062	4.582	25,4
1914	21.565	8.392	38,9
1919	28.397	15.612	55
1925	34.359	25.092	73
1929	41.122	33.844	82,3
1939	49.893	44.827	89,8
1954	108.362	91.821	84,7

Fonte: MOWERY & ROSENBERG, 1998

Na verdade, o ritmo gradativo da adoção inicial dessa importante inovação constitui um bom exemplo da concretização gradual dos impactos das inovações, conforme apresentado no capítulo anterior, refletindo a necessidade da ocorrência de diversas inovações complementares em tecnologia, organização e administração para tornar possível uma adoção generalizada de alguma nova tecnologia (ROSENBERG, 1983).

A primeira versão de uma nova tecnologia como os motores elétricos, precisa inevitavelmente ser substancialmente melhorada através de longas séries de inovações e modificações incrementais, e essas modificações afetam tanto a própria tecnologia quanto o entendimento, por parte dos usuários, de seu potencial e de seus requerimentos de operação (MOWERY & ROSENBERG, 1998).

A inovação tecnológica desempenhou, no caso da eletricidade, um papel ainda mais importante do que em outras indústrias de energia em seu momento de emergência (MARTIN, 1990). Suas características próprias fizeram com que fosse de extrema importância à filiação entre a nova indústria e os avanços dos conhecimentos científicos da época. Para geração de energia através da eletricidade não bastava produzir e utilizar em grande escala, recursos naturais conhecidos de longa data (como o carvão ou o petróleo), mas de converter tais recursos e outros (sobretudo hidráulicos) através de um conhecimento científico relativamente novo em formas de energia (motriz e de iluminação) adequadas às novas necessidades impostas pelo desenvolvimento industrial.

A crescente disponibilidade de energia elétrica de baixo custo para os consumidores deu origem a um crescente conjunto de novos produtos. Durante os anos 1920, foram introduzidos o rádio, a geladeira e o aquecedor de água elétrico. A difusão de novos produtos refletiu as reduções no custo da eletricidade, a maior conveniência dessa modalidade de energia, e os custos em declínio dos produtos que usavam eletricidade, muitos dos quais se beneficiaram das tecnologias de fabricação de produção em massa.

“Muitos dos equipamentos elétricos que se tornaram disponíveis para o consumo de massa durante os anos 1920 não eram fundamentalmente novos. A disponibilidade de eletricidade e o pequeno motor elétrico deram vida a diversas invenções que já estavam disponíveis, pelo menos de forma primitiva, havia muitos anos, mas que feneceram devido à ausência de uma fonte apropriada de energia. Alguns eletrodomésticos, como aspiradores de pó, máquinas de lavar louça e máquinas de lavar roupa, haviam sido desenvolvidos já nos anos 1850 e 1860, mas permaneceram na prateleira até que os motores elétricos os tornaram viáveis.” (MOWERY & ROSENBERG, 1998, p. 122)

De uma forma bastante abrangente, o desenvolvimento do sistema elétrico influenciou toda a sociedade do século XX.

“As consequências desse conjunto de tecnologias domésticas, especialmente as que poupavam trabalho – como os aspiradores e as máquinas de lavar – para a estrutura da vida norte-americana, e mesmo a sua organização espacial, foram profundas. Mas, as consequências dos eletrodomésticos não ficaram apenas nessas mudanças “menores”, pois a própria organização espacial das compras foi transformada pela aptidão das geladeiras de armazenarem estoques maiores de alimentos por períodos de tempo muito mais prolongados. Não eram mais necessárias as idas diárias, ou três vezes por semana, ao armazém para obter alimentos frescos. A simultânea adoção generalizada da geladeira e do automóvel tornou possível o crescimento de grandes supermercados, o deslocamento dos pequenos comerciantes urbanos de alimentos, e a dispersão espacial tanto da população como dos comerciantes varejistas de alimentos em função de viagens de compras menos frequentes e a maior distância.” (MOWERY & ROSENBERG, 1998, p. 122)

O aumento da demanda por eletricidade e de sua oferta é induzida por mais inovações em sistemas de geração e transmissão de energia elétrica, aumentando significativamente o número de atores envolvidos no sistema. Em 1882 a companhia de Thomas Edison instala a primeira usina hidrelétrica nos EUA, e em 1884, Charles Pearson desenvolve a primeira turbina para geração de eletricidade a gás, iniciando um processo de grande evolução do sistema, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Evolução do consumo mundial de energia elétrica (TWh)

Fonte: Adaptado de Martin, 1990

O sistema elétrico passa assim a se desenvolver e assumir suas características hoje conhecidas. Tais características extrapolaram as inovações tecnológicas e passaram a se constituir em um verdadeiro sistema tecnológico, contendo instituições de apoio, regulação e fomento.

Sua crescente complexidade se deve em certo grau a seu impacto na sociedade, seja através dos benefícios advindos da utilização da energia elétrica para a economia dos países, seja através das externalidades negativas advindas de sua produção, transmissão e distribuição. Devido a tais impactos sociais, passa a ser necessária a regulação da atividade por parte do Estado. Uma das primeiras formas de regulamentação dos serviços de energia elétrica surge na França entre os anos 1890 a 1905. Chamada “*permission de voirie*” era uma autorização municipal para uso das vias pelas distribuidoras de eletricidade (RECH, 2004).

Foi a partir das primeiras décadas do século XX;

“com o desenvolvimento das grandes centrais hidrelétricas e da transmissão a longa distância que passou a ser necessária uma regulamentação estatal mais presente e decisiva, com cláusulas de fixação de tarifas, regulamentação das relações com o Estado e usuários, definição mais precisa das cláusulas dos contratos de concessão e regras claras para as negociações”. (RECH, 2004, p.19)

O setor elétrico passa a se constituir em diferentes segmentos de um mesmo sistema, sendo composto pelos segmentos de produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Em 1920 foi estabelecido o primeiro agente regulador de energia elétrica nos EUA, a *Federal Power Authority*, bem como a *Electricity Board* na Grã-Bretanha em 1926, o Código de Águas no Brasil em 1934⁶, e a *Lei Laval*, fixando tarifas a nível nacional na França em 1935⁷.

Após identificar, já no início da evolução do setor no começo do século XX, as grandes oportunidades de ganhos advindos das economias de escala conseguidas através da instauração de monopólios regionais e de tecnologias de geração centralizada com grandes conexões nos sistemas de transmissão, as empresas do setor passaram a praticar

⁶ Promulgado em pelo Decreto 24.643/1934 foi o primeiro projeto nacional voltado para a gestão do setor de águas e energia elétrica. Transfere para a União a competência para legislar e outorgar concessões de energia, antes regidos apenas por contratos assinados com estados e municípios.

⁷ Para maiores esclarecimentos da evolução da regulação no setor elétrico no Brasil e no mundo, ver Rech (2004).

a estratégia do “construa e cresça”, buscando, para isso o estabelecimento monopólios regionais regulados pelo Estado (HIRSH, 1989).

“Em meados dos anos 1930 a cultura de gestão baseada no “construa e cresça” já estava estabelecida, e provia a terceira perna fundamental do setor elétrico, juntamente com os princípios básicos de gestão e as tecnologias de larga escala. Claro que estas três pernas estavam inter-relacionadas: as estratégias de negócio demandavam a criação de monopólios regulados a serviço de um conjunto de consumidores que utilizavam uma crescente quantidade de eletricidade. E as tecnologias de geração de grande escala proviam a economia de escala para atender a crescente demanda com ganhos de produtividade. Finalmente, emergiu uma cultura e uma ideologia para justificar e reforçar as estratégias de negócio e o uso de tecnologias de larga escala.” (HIRSH, 1989, p. 35)

A partir de meados da segunda metade do século XX o Estado passa a assumir o controle do sistema em praticamente todo o mundo. Seja através da regulação do mercado ou de empresas estatais, os Estados passam a controlar a geração, a transmissão e a distribuição de energia com o argumento de se tratarem de bens públicos de utilidade fundamental para o funcionamento da sociedade, bem como serem caracterizados como monopólios naturais⁸. Essa característica perdurou até meados da década de 1980, quando se iniciaram os processos de privatizações e desverticalização do setor em todo, e essa dinâmica será apresentada através da exposição da evolução do sistema elétrico brasileiro.

3.2.A evolução do setor de energia elétrica no Brasil.

No Brasil, assim como em outros países, o aumento da complexidade do sistema, decorrente do aumento da importância da eletricidade na matriz energética nacional (Figura 3) a partir do processo de industrialização que o país atravessou a partir de 1930, ocasionou um maior grau de intervenção estatal e regulação no setor. Esse fenômeno também foi observado na maioria das economias industrializadas, sendo que a regulamentação da dinâmica do setor reflete diretamente na dinâmica do setor e da busca por inovação.

⁸Monopólio natural é um conceito muito utilizado para se tratar de regulação econômica de serviços públicos, suas principais características são: indivisibilidades, externalidades negativas e positivas, ganhos de escopo e escala que impossibilitam a concorrência direta. (LANDI, 2006).

Figura 3 - Evolução da participação da oferta de eletricidade na matriz energética nacional.

Fonte: MME

No momento inicial da emergência da eletricidade no mundo, ao final do século XIX, a economia brasileira apoiava-se, sobretudo, na exportação de bens primários. O aumento do volume de tais exportações, especialmente café, e a valorização desses produtos no mercado internacional fizeram possível a modernização da infraestrutura de serviços no Brasil.

A partir do final do século XIX, o desenvolvimento do sistema de energia elétrica no Brasil foi marcado pela proliferação de sistemas isolados e pela concentração de usinas em áreas próximas aos centros urbanos. Desenvolvimento esse atrelado aos primeiros esforços de uma indústria⁹ nascente, ainda dependente da dinâmica do mercado exportador de café (POSSAS, 1983).

A Tabela 3 ilustra a organização do setor elétrico baseada em sistemas isolados, constituídos para o atendimento de cargas locais, na década de 1920. O importante a frisar é que nesta configuração havia uma pequena ou quase nenhuma interferência do Estado nos assuntos relacionados ao sistema elétrico.

⁹ Para uma análise mais aprofundada do surgimento da indústria no país, o autor indica a leitura de Suzigan (1986) que consta nas referências desse trabalho.

Tabela 3 - Quantidade de Empresas e usinas elétricas, com indicação da natureza e da potência dos grupos geradores, segundo as unidades da federação - 1920

Unidades da federação	Número de empresas	Número de usinas elétricas	Geradores Térmicos (Máquinas a vapor e combustão interna)		Geradores hidráulicos (Turbinas e rodas d'água)		Total	
			Número de instalações	Potência HP	Número de instalações	Potência HP	Número de instalações	Potência HP
Alagoas	4	4	5	1.471	-	-	5	1471
Amazonas	3	3	3	2.382	-	-	3	2382
Bahia	8	8	5	7.467	3	16.600	8	24067
Ceará	3	3	3	115	-	-	3	115
Distrito Federal	1	1	1	30.000	-	-	1	30000
Espírito Santo	11	11	1	100	10	7.434	11	7534
Goiás	1	1	1	100	-	-	1	100
Maranhão	2	2	3	335	-	-	3	335
Mato Grosso	7	8	7	966	1	350	8	1316
Minas Gerais	72	91	2	1.480	90	56.934	92	58414
Pará	4	4	4	6.800	-	-	4	6800
Paraíba	7	7	7	1.748	1	50	8	1798
Paraná	20	20	13	5.178	7	1.537	20	6715
Pernambuco	15	16	16	15.151	1	45	17	15196
Piauí	2	2	2	760	-	-	2	760
Rio de Janeiro	17	18	3	135	15	82.815	18	82980
Rio Grande do Nor	4	4	5	1.759	-	-	5	1759
Rio Grande do Sul	40	41	35	13.043	7	1.204	42	14247
Santa Catarina	11	11	2	90	9	7.581	11	7671
São Paulo	66	78	19	15.674	65	195.494	81	211168
Sergipe	6	6	6	629	-	-	6	629
Território do Acre	2	4	4	195	-	-	4	195
TOTAL	306	343	147	105.578	209	370.044	353	475.652

Fonte: Memória da Eletricidade, 1988

No decorrer da década de 1920, entretanto, verifica-se um movimento de concentração do setor em torno de concessionárias estrangeiras. Os primeiros anos da década representam um período de grandes transformações na sociedade brasileira, induzidos em grande parte pelo fluxo de capitais estrangeiros que se direcionavam ao país visando à exploração de uma demanda crescente impulsionada pelos recursos advindos do café.

Dois elementos básicos caracterizam a dinâmica da indústria de energia elétrica no Brasil durante a década de 1920: a construção de centrais geradoras de maior porte e a intensificação do processo de concentração e centralização das empresas concessionárias, que culminou, no final do decênio, com a quase completa desnacionalização do setor (XAVIER, 2005).

Dentre as empresas estrangeiras que ingressaram no Brasil no início do século destaca-se o grupo de serviços urbanos Light. A Tabela 4 ilustra o aumento da participação da companhia na capacidade instalada de geração de energia elétrica no país nos primeiros anos do século.

Tabela 4 - Evolução da Capacidade Instalada do Grupo Light no Brasil e a sua participação percentual. 1910 - 1960

Anos	Grupo Light	
	MW	Participação %
1910	48	30
1920	134	37,5
1930	330	44,1
1940	595	53,7
1950	980	52,1
1960	2.140	50,4

Fonte: Martins, 2009

A partir da década de 1930¹⁰, com a consolidação do processo de industrialização do país, o crescimento da demanda por energia elétrica exigiu o maior aproveitamento do potencial hidrelétrico nacional através da construção de usinas cada vez mais afastadas dos principais mercados consumidores, bem como a construção de extensas linhas de transmissão com níveis de tensão progressivamente mais elevados (MEMORIA DA ELETRICIDADE, 1988).

Até a década de 1930 a lógica territorial do setor elétrico possibilitava um arranjo institucional marcado pela presença hegemônica das companhias estrangeiras, com forte dependência da atividade econômica e baseada na autoprodução de energia elétrica “*inside the fence*” sem a participação direta do estado. A partir dessa década, a crescente participação do Estado alterou essa lógica, envolvendo diversos outros atores e interferindo diretamente na dinâmica da evolução do setor no país.

¹⁰ “... fica evidente que a década de 1930 representa um ponto de inflexão na transição para uma economia industrial, mas também é evidente que essa transição começou durante o período de crescimento liderado pelas exportações, após o choque da Primeira Guerra Mundial e particularmente na década de 1920. Entretanto, essa transição seria completada no fim da década de 1950, quando o processo de industrialização avançou para abranger a produção interna de insumos básicos e bens de capital.” (SUZIGAN, 1986, p. 348)

A promulgação do Código de Águas em 1934 foi a primeira ação visando regulamentar o setor de energia elétrica no país (LANDI, 2006). Com o código, as autorizações e concessões para a exploração do serviço de geração e distribuição de energia elétrica passam a ser concentradas nas mãos do governo federal. As autorizações também passam a ser exclusivas de empresas brasileiras ou organizadas no Brasil. Com o Código de Águas instituem-se no país definitivamente o controle e a participação do Estado no setor elétrico nacional.

Entretanto;

“Estas medidas desestimularam os empresários que, em associação às restrições impostas, em razão da Segunda Guerra Mundial, nas importações de máquinas e equipamentos, reduziram o ritmo de expansão da capacidade instalada, em descompasso com o crescimento do consumo, levando ao racionamento nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro” (LANDI, 2006, p. 54).

A situação de escassez de energia perdurou até 1950, quando assume a presidência da República Getúlio Vargas. Para suprir a escassez crônica de energia observada no período de 1940 a 1950, bem como impulsionar o investimento em infraestrutura como um todo, foi constituída a Comissão Mista Brasil – EUA (CMBEU). Tal comissão tinha a finalidade central de formular programas concretos de investimentos destinados à eliminação de pontos de estrangulamento na produção do país, como o caso da escassez de energia elétrica.

Porém, após a criação da Petrobrás e a instituição do monopólio estatal do petróleo em 1953, o governo americano decide suspender as atividades da CMBEU¹¹. Ao longo de seus anos de atividades, a comissão aportou US\$ 102,2 milhões no setor elétrico nacional que beneficiaram as concessionárias estrangeiras e uma parcela de empresas estaduais nacionais (LANDI, 2006).

Nas décadas de 1950 e 1960, após um período inicial de dificuldades para o financiamento público de obras no setor de energia elétrica, iniciativas do governo passam a estimular a participação efetiva do Estado no setor de energia elétrica. Como medida para viabilizar os investimentos da União no setor, institui-se em 1953 o Fundo

¹¹ Os programas desenvolvidos no âmbito da CMBEU seriam financiados por instituições multilaterais como o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD). Tais recursos seriam administrados no Brasil pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), fundado em 1952.

Federal de Eletrificação (FFE) e, ao final da década, o Plano Nacional de Eletrificação (PNE¹²).

Como parte do PNE criaram-se, em 1960 o Ministério de Minas e Energia (MME) e, em 1961, as Centrais Elétricas Brasileiras S.A., mais conhecida como Eletrobrás. O objetivo da criação de ambas as instituições foi garantir o arcabouço institucional para os empreendimentos encaminhados pelo governo federal no setor elétrico (LANDI,2006).

Pode-se afirmar que:

“Com o recuo das empresas estrangeiras no cenário nacional, que no passado foram os agentes centrais na expansão da eletricidade, as empresas estatais, centralizadas na figura da Eletrobrás, tornaram-se responsáveis pelo avanço setorial, tanto no que se refere ao volume de eletricidade gerada, quanto à expansão territorial dos sistemas elétricos e a interligação dos mesmos.” (MARTINS, 2009, p. 20)

A Tabela 5 mostra a evolução da participação do Estado na matriz elétrica nacional.

Tabela 5 - Evolução da capacidade instalada de energia elétrica, por categoria de concessionário – 1952 – 65

Anos	Público		Privado		Auto-Produtor		Total	
	Potência (MW)	Part (%)	Potência (MW)	Part (%)	Potência (MW)	Part (%)	Potência (MW)	Part (%)
1952	136	7	1.636	82	214	11	1.985	100
1953	171	8	1.631	78	303	14	2.105	100
1954	303	11	2.160	77	343	12	2.806	100
1955	539	17	2.248	71	362	11	3.149	100
1956	657	19	2.552	72	341	10	3.550	100
1957	681	17	2.969	73	390	10	4.040	100
1958	825	21	2.743	69	426	11	3.993	100
1959	969	24	2.724	66	423	10	4.115	100
1960	1.099	23	3.182	66	519	11	4.800	100
1961	1.342	26	3.242	62	622	12	5.205	100
1962	1.792	31	3.161	55	776	14	5.729	100
1963	2.306	36	3.164	50	886	14	6.355	100
1964	2.872	42	3.085	45	883	13	6.840	100
1965	4.048	55	2.486	34	877	12	7.411	100

Fonte: Memória da Eletricidade, 1988

¹² O PNE foi criado durante o governo de Getúlio Vargas. Com seu suicídio, o projeto foi deixado de lado, sendo posteriormente retomado e aprovado durante o governo de Juscelino Kubitscheck. Durante esse governo importantes medidas para viabilizar institucionalmente o controle do Estado sobre o setor elétrico foram tomadas, como a regulamentação integral do Código de Águas em 1957, criação do Ministério de Minas e Energia em 1960 e a fundação definitiva da Eletrobrás em 1961.

Com o golpe de Estado em 1964, uma reforma institucional do Estado brasileiro foi empregada visando restabelecer a estabilidade político-institucional, e com isso o setor elétrico passou por uma reforma garantindo-lhe uma maior autonomia. De forma sintética, dois agentes federais foram responsabilizados pela coordenação da operação e planejamento do sistema elétrico nacional. Instituiu-se o Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), que assumiu todas as funções inerentes ao poder concedente, transformando-se em órgão normativo e fiscalizador do sistema. E fortaleceu-se a Eletrobrás, responsável pela coordenação e planejamento da expansão e operação do sistema.

A manutenção do programa de investimento do sistema elétrico, ao longo de todo o período de 1950 a 1980 foi em ampla medida dependente de financiamentos externos. Conforme a Figura 4, a expansão da oferta de energia elétrica no Brasil, principalmente ao longo da década de 1970 e 1980, se deu à custa do endividamento externo.

Figura 4 - Evolução da participação de empréstimos estrangeiros na estrutura de recursos do setor elétrico

Fonte: Memória da Eletricidade, 1988

A partir dos anos 80 a redução dos fluxos de recursos financeiros para o país, decorrente de diversas crises internacionais e internas, prejudicou as grandes obras de infraestrutura do setor elétrico. A partir desse período iniciaram-se pressões para transformações profundas do setor elétrico em âmbito mundial. No Brasil, o movimento

pelas reformas do Estado iniciou-se no governo Collor, a partir do início dos anos 1990, com a adoção do Programa Nacional de Desestatização (PND¹³).

A Tabela 6 apresenta as empresas elétricas estaduais e federais privatizadas como resultado das políticas definidas pelo PND ao longo da década de 1990.

Tabela 6 - Concessionárias de Energia Elétrica privatizadas (1995 – 2000)

Empresa	Origem	Ano de Venda	Comprador
Escelsa	Federal	1995	Iven, GTD
Light	Federal	1996	EDF, AES, Houston
Cerj	Estadual	1996	Chilectra, EDP, Endesa
Coelba	Estadual	1997	Iberdrola, Previ
Cachoeira Dourada	Estadual	1997	Endesa
CEEE (Norte/Nordeste)	Estadual	1997	VBC, CEA
CEEE (Centro-Oeste)	Estadual	1997	AES
CPFL	Estadual	1997	VBC, Bonaire
Enersul	Estadual	1997	Iven, GTD
Cemat	Estadual	1997	Rede, Inepar
Energipe	Estadual	1997	Cataguazes, CMS
Cosern	Estadual	1997	Iberdrola, Previ
1/3 da Cemig	Estadual	1997	AES, Southern, Opportunity
Coelce	Estadual	1998	Cerj, Enersis, Endesa
Eletropaulo	Estadual	1998	EDF, AES, Houston
Celipa	Estadual	1998	Rede, Inepar
Elektro	Estadual	1998	Enron
Gerasul	Federal	1998	Tractebel
Bandeirante	Estadual	1998	VBC, Bonaire, EDP
Cesp Paranapanema	Estadual	1999	Duke Energy
Cesp Tietê	Estadual	1999	AES
Celb	Estadual	1999	Cataguazes
Celpe	Estadual	2000	Iberdrola, Previ
Cemar	Estadual	2000	PPL
Saelpa	Estadual	2000	Cataguazes, Alliant

Fonte: Martins, 2009

Diante do quadro de grande endividamento dos estados nacionais, uma grande euforia em relação às propostas neoliberais¹⁴ e das novas tendências tecnológicas para o

¹³ O PND foi criado através da Medida Provisória 155, tendo sido transformado na Lei 8.301/90. Para maiores informações Landi (2006)

¹⁴ Economistas neoliberais apontaram o modelo keynesiano como sendo o responsável pela crise dos anos 1980. Liderados por economistas adeptos do *laissez-faire*, como Milton Friedman, denunciaram a inflação como sendo o resultado do aumento da oferta de moeda pelos bancos centrais. A solução que propunham para a crise seria a redução gradativa do poder do Estado, com a diminuição generalizada de tributos, a privatização das empresas estatais e redução do poder do Estado de fixar ou autorizar preços.

setor, o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional (FMI) passaram a recomendar a reformulação do setor elétrico em diversos países. Segundo as entidades, a mudança deveria envolver além da privatização das empresas, uma reforma estrutural e regulatória de todo o setor (VINHAES, 2003). Tais reformas deveriam introduzir a competição no setor.

No Brasil, as reformas ocorreram ao longo da década de 1990 e constitui no que hoje é o marco regulatório do setor elétrico brasileiro, elemento central para esse trabalho que será analisado com maior profundidade no próximo capítulo.

3.3. Uma tipologia da dinâmica da inovação no setor elétrico

O importante para o presente trabalho a ser destacado na análise da trajetória de desenvolvimento da eletricidade, é que essa tecnologia emergiu através de um processo evolucionário e sistêmico, apoiada em diversos atores e instituições. Todos os atores envolvidos nessa trajetória foram induzidos por interesses, pautados por expectativas de ganhos através da inovação. Tais atores desenvolveram, assim, tecnologias e organizações que culminaram no que hoje é o sistema elétrico.

Setores podem apresentar diferentes dinâmicas de desenvolvimento tecnológico de acordo com sua trajetória, da base de conhecimento na qual se apoia, as oportunidades existentes no regime tecnológico vigente e os regimes de apropriabilidade existentes (MALERBA & ORSENIGO, 1997). O padrão de inovação em um determinado setor pode também ser classificado de acordo com a origem da inovação ao longo da cadeia produtiva do sistema (PAVITT, 1984).

“Uma vez que os padrões de inovação são cumulativos, suas trajetórias tecnológicas serão amplamente determinadas pelo que foi no passado, em outras palavras, por suas atividades principais. Atividades principais diferentes geram trajetórias tecnológicas diferentes. Elas podem ser adequadamente agrupadas em três categorias, que denominamos “dominada pelo fornecedor”, “intensiva em produção” e “baseada em ciência”. Estas trajetórias diferentes podem, por sua vez, ser explicadas pelas diferenças setoriais em três características: fontes de tecnologia, necessidades dos usuários e meios para se apropriar dos benefícios” (PAVITT, 1984, p. 353)

A apresentação da trajetória do desenvolvimento tecnológico do sistema elétrico serve para ajudar na classificação do setor em relação à dinâmica de inovação

apresentada. Tal classificação será útil para a investigação da política tecnológica para o setor em induzir o comportamento das empresas a um maior comprometimento com o desenvolvimento tecnológico e seu decorrente ganho de eficiência.

As relações existentes entre as estratégias de busca das empresas do setor e inovações tecnológicas decorrentes de sua dinâmica são tratadas em diversos estudos interessados em compreender as relações entre empresas, instituições e inovações (HUGHES, 1989; HIRSH, 1989; MOWERY & ROSENBERG, 1998; SINCE & DAVID, 2003). Segundo tais autores, a dinâmica de inovação do setor está diretamente relacionada ao vínculo entre empresas concessionárias, fornecedores de equipamentos de geração e transmissão, governos e instituições de ciência e tecnologia.

A dinâmica do desenvolvimento do sistema elétrico é devedora, em grande medida, das inovações advindas de empresas fornecedoras de equipamentos elétricos, com destaque para a participação fundamental de Thomas Edison, e da empresa que fundou, a *General Eletric*. Dessa forma, argumenta-se que o sistema elétrico é classificado como sendo “dominado pelo fornecedor” na tipologia desenvolvida por Pavitt (1984).

Empresas dominadas pelo fornecedor dão uma contribuição secundária ao desenvolvimento de suas tecnologias. A maior parte das inovações vem de fornecedores de equipamentos e materiais, embora muitas vezes a pesquisa com financiamento oficial e a extensão de serviços também deem sua contribuição.

Em relação aos fornecedores do sistema elétrico, pode-se classificá-las como “empresas baseadas em ciência”, de acordo com a tipologia do mesmo autor. De acordo com tal classificação, as fontes de tecnologia de empresas com essa natureza são as atividades de P&D baseadas no rápido desenvolvimento das ciências subjacentes nas universidades e em outras instituições. Para Pavitt (1984), as empresas dominadas pelos fornecedores obtêm a maior parte de suas tecnologias das empresas intensivas em produção e baseadas em ciências. O autor cita o exemplo das empresas de energia elétrica e sua relação com as empresas fornecedoras baseadas em ciência em seu seminal trabalho.

Pavitt (1984) também estabelece um sistema de encadeamentos tecnológicos que relaciona empresas das diferentes naturezas, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Principais encadeamentos tecnológicos entre diferentes tipos de empresas

Fonte: Pavitt, 1984

O sistema de encadeamento proposto por Pavitt (1984) inclui relações que vão além de transações relacionadas à compra e venda de bens que incorporem tecnologia. As relações podem incluir fluxos de informações e habilidades entre empresas com diferentes características. Tal característica pode ser observada na evolução tecnológica do setor elétrico. Segundo Hirsh:

“Como um resultado da demanda de mercado criada pelas concessionárias, os fornecedores de equipamentos passaram a desenvolver suas máquinas através de técnicas desenvolvidas através da experiência. Os fornecedores passaram a introduzir inovações através da introdução de tecnologias customizadas e pioneiras, específicas para as concessionárias. O processo de desenvolvimento levava alguns anos, assim como a manufatura. A máquina poderia então ser posta em uso e observada pela concessionária e pela empresa fornecedora. Baseadas na experiência adquirida com o projeto, as empresas fornecedoras iniciavam o projeto de outra versão incorporando melhorias incrementais seguindo a demanda de outras concessionárias.” (HIRSH, 1989, p. 38)

Tal sistema sugere que políticas tecnológicas para o setor elétrico precisam levar em consideração as relações existentes para o desenvolvimento tecnológico entre empresas

concessionárias, instituições de ciência e tecnologia, e suas fornecedoras. Estas relações fizeram parte da evolução tecnológica do setor e definem sua dinâmica.

3.4.Uma justificativa para a intervenção de políticas tecnológicas no setor elétrico

A intervenção do Estado na dinâmica do desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica se justifica por diversas razões. As políticas relacionadas à P&D no setor elétrico são de extrema importância para a indução de tecnologias consideradas fundamentais para o abastecimento de energia elétrica no país.

No Brasil, a P&D do setor elétrico foi durante muitos anos concentrada no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). O centro foi criado em 1974 por iniciativa do MME, e vinculado à Eletrobrás. O objetivo principal do CEPEL era solucionar problemas de manutenção de equipamentos e de instrumentos de medição para o sistema elétrico brasileiro bem como desenvolver novas soluções tecnológicas para o setor (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991; DRUMMOND, 2001)¹⁵.

A criação do CEPEL representa o início das formulações de políticas tecnológicas específicas para o setor elétrico. Tal comprometimento do Estado com o desenvolvimento tecnológico no setor está relacionado ao fato da eletricidade ser base para toda a atividade econômica. Essa preocupação com a evolução tecnológica do setor, já no início da década de 1970, se relaciona diretamente com a necessidade de planejamento das fontes de energia e as tecnologias de processamento de energia que estariam à disposição da economia nacional no futuro (CARVALHO & GOLDEMBERG, 1980). As ações do governo por meio de políticas tecnológicas para o setor elétrico servem como estímulo ao desenvolvimento de determinadas tecnologias, bem como uma forma de impor uma dinâmica de produtividade e eficiência de mercado em sistemas considerados como monopólios naturais.

No Brasil o governo é o responsável pelo planejamento do setor elétrico. A metodologia empregada para esse planejamento leva em consideração a projeção tecnológica como parte integrante e fundamental para a eficiência e segurança do suprimento da energia elétrica no longo prazo. A Figura 6 apresenta as dimensões consideradas pelo governo, através de suas instâncias responsáveis conforme será apresentado no próximo capítulo, para sua projeção de mercado de energia elétrica no

¹⁵ Para maiores informações sobre a história e atuação do CEPEL ver Drummond (2001).

país, que é base para a tomada de ações de políticas energética e para a expansão e segurança do sistema.

Figura 6– Rede de causalidade das variáveis referentes ao planejamento energético

Fonte: EPE, 2005

Com base em cenários atribuídos às variáveis acima descritas, o governo toma decisões sobre intervenções no setor de energia elétrica. Baseado em tais cenários, no que se refere às novas tecnologias, é que os governos decidem sua intervenção na dinâmica do desenvolvimento tecnológico do setor. A Tabela 7 destaca as hipóteses consideradas pelo governo brasileiro para cada uma das variáveis críticas para o planejamento energético e seu impacto para a segurança energética do longo prazo.

Tabela 7 – Hipóteses de elaboração de cenários para as variáveis críticas do planejamento energético

Incertezas Críticas		Hipóteses Plausíveis		
Ajustes estruturais (Velocidade e profundidade)		Ajustado	Ajuste Parcial	Não Ajustado
Taxa de investimento (elevação sustentada)	Crescimento acelerado	Crescimento moderado	Manutenção	Redução
Investimentos em infra-estrutura	Aumento acelerado	Aumento moderado	Manutenção do nível	Redução do nível
Estrutura do PIB: Participação setor serviços	Cresce mais setor serviços	Cresce menos setor serviços	Manutenção	Decresce setor serviços
Distribuição espacial da renda (grau de melhoria)	Redução acelerada das desigualdades	Redução moderada das desigualdades	Manutenção	Aumento da concentração
Novas tecnologias: Internalização e difusão	Maior intensidade de internalização	Menor intensidade de internalização	Pequena internalização	Nenhuma internalização

Fonte: EPE, 2005

Com base em tais hipóteses, o governo traça metas de política energéticas para que o suprimento seja garantido. Dessa forma, a intervenção na dinâmica do desenvolvimento tecnológico do setor passa a ser parte da política energética no país, e tal fato se agrava com as mudanças institucionais que retiraram do Estado parte das responsabilidades a ele atribuídas no passado.

A mudança na dinâmica do setor decorrente da intervenção de políticas tecnológicas induz o comportamento dos agentes envolvidos em sua busca por oportunidades tecnológicas e, dessa forma, a dinâmica e a direção do desenvolvimento tecnológico.

Entretanto, conforme foi visto, existem características específicas de cada setor em relação à sua dinâmica de inovação, e os formuladores de políticas tecnológicas precisam considerá-las para garantir maior eficiência na indução da dinâmica de desenvolvimento tecnológico.

A liberalização dos mercados atingida através da desverticalização e da privatização de empresas estatais provocou uma redução dos investimentos em P&D, sejam públicos ou privados, no setor elétrico em todo o mundo. Vários autores argumentam que a dramática redução nos investimentos em inovação no setor de energia a partir dos anos 1980, conforme apresentado na Figura 7, é uma resposta direta às reestruturações da indústria elétrica (WILLIAMS, 2001; JAMASB & POLLITT, 2008).

**Figura 7 - Montantes investidos em P&D no setor de energia nos países da OECD
(US\$x1000*)**

Fonte: IEA

* Valores referentes a 2007

Seguindo as experiências internacionais, o conceito incorporado na arquitetura institucional do setor elétrico no Brasil, a partir da década de 1990, estabelece a separação do produto (energia) e do serviço transporte de energia (rede de transmissão). Nesse raciocínio, estava implícita a ideia de que os incentivos para o lucro através da concorrência iriam encorajar as empresas a investir em P&D e em inovação (JAMASB & POLLITT; 2008).

Na verdade, porém, o principal efeito para a dinâmica do sistema da liberalização dos mercados está nos incentivos à redução de custos e aumento da eficiência do processo através da concorrência e na busca pelo lucro no curto prazo.

“A liberalização do setor de energia elétrica tem transformado a eletricidade de um serviço público a uma *commodity* que é tecnicamente homogênea. Quando a habilidade das empresas de diferenciar produtos homogêneos é limitada, os preços tendem a convergir. Como resultado, as margens de lucros podem ser necessariamente obtidas através de redução de custos. Os lucros de curto-prazo podem ser aumentados através da redução dos gastos em P&D. E por outro lado, projetos de P&D colaborativos, que podem ser desejáveis para declinar os custos não provêm às empresas nenhuma vantagem competitiva. Ao mesmo tempo, manter departamentos de P&D internos torna-se muito custoso.” (JASMAB & POLLITT, 2008, P.998)

Os resultados práticos da liberalização dos mercados para o investimento em P&D no setor elétrico em todo o mundo foram negativos no sentido de haver uma diminuição dos esforços em P&D por parte das novas empresas privatizadas e desverticalizadas. O novo ambiente regulatório força as empresas a reduzirem seus custos ao mesmo tempo em que não gera os incentivos necessários à cooperação para a manutenção dos esforços em P&D (WILLIANS, 2001).

Por outro lado, a liberalização dos mercados teve um importante impacto nas estruturas organizacionais das concessionárias e em seu comportamento. Como consequência dessa reformulação organizacional, alguns autores argumentam que formas de resistência às inovações estejam para mudar. O argumento defendido por tais autores é que com a liberalização do mercado, novos entrantes, novas regras para os consumidores e novas regras para as decisões de investimentos e de tecnologias emergiram (MARKARD & TUFFER, 2008; SINE & DAVID, 2003; WILLIANS, 2001). Entretanto, a despeito de tais efeitos atrativos, é reconhecido que somente a imposição da competição nos mercados de energia elétrica dificilmente seria suficiente, por si só, para induzir a emergência de novas tecnologias e a prática da inovação tecnológica.

A liberalização dos mercados acarretou uma mudança nos principais princípios de funcionamento do sistema, a própria estrutura do mercado e a organização industrial do setor, e isso pode resultar em um caminho fundamentalmente diferente na obtenção de todos os tipos de inovação a ser explorado pelos formuladores de políticas públicas. Em relação à situação de monopólio, estudos têm demonstrado que os processos de inovação eram preponderantemente concentrados em aspectos técnicos como em tecnologias para uma alta qualidade do suprimento de energia.

Nos mercados verticalizados e predominantemente de monopólios estatais, existia um foco em inovações incrementais em tecnologias estabelecidas. Em outras palavras, inovações tinham que ser compatíveis com o sistema estabelecido de suprimento e as correspondentes práticas de engenharia (MARKARD & TRUFFER, 2006). Inovações precisavam ser inseridas na estrutura organizacional existente e são desenvolvidas principalmente com base em recursos e competências já existentes no próprio setor. O mais importante para os interesses desse trabalho é que os procedimentos operacionais padrão das empresas, assim como suas rotinas de investimentos e pesquisa, não mudavam muito ao longo do tempo, sendo subordinados à própria lógica de operação do sistema.

No ambiente de mercado liberalizado, alguns autores argumentam que os objetivos empresariais e os princípios de tomada de decisão mudaram, conjuntamente com os meios de seleção de inovações. Questões como a eficiência em custos e serviços orientados aos consumidores passaram a receber grande atenção. De uma mesma forma, estudos citam que diferenciação de produtos e a diversificação do negócio têm ganhado uma crescente importância, e projetos de inovação em muitos casos têm sido designados a fortalecer a cooperação e a alianças estratégicas com outras concessionárias e empresas fornecedoras (MARKARD & TRUFFER, 2006).

As mudanças no comportamento das empresas em relação ao novo ambiente liberalizado estão relacionadas aos mecanismos de indução gerados pela regulação. Tais mudanças se relacionam diretamente às condições de apropriabilidade referentes à regulação das tarifas praticadas no setor.

No próximo capítulo será apresentada a evolução recente do marco regulatório do setor elétrico brasileiro, de sua privatização e desverticalização, à implantação da atual política tecnológica como uma forma que o governo brasileiro encontrou para lidar com os problemas advindos da privatização conforme exposto.

4. DAS MUDANÇAS INSTITUCIONAIS DA DÉCADA DE 1990 AO “NOVO MODELO” SETORIAL BRASILEIRO E A INTRODUÇÃO DA POLÍTICA TECNOLÓGICA PARA O SETOR

O objetivo desse capítulo é apresentar a evolução recente do quadro institucional do setor elétrico brasileiro até sua configuração atual. Em um setor regulado as receitas das empresas não são diretamente definidas pelo mercado, e consequentemente, seus lucros são indiretamente definidos por receitas e despesas controladas por legislação específica. O ambiente regulado é também o ambiente de seleção no qual novas tecnologias se submeterão. Os investimentos em expansão, melhorias do sistema e a adoção de determinada tecnologia estão sujeitos a tal regulação. Com base no apresentado, sua caracterização é fundamental para à investigação empregada nessa dissertação uma vez que o comportamento das empresas e a própria dinâmica do desenvolvimento tecnológico estão diretamente relacionados a tal ambiente.

O conceito de regulação econômica aqui tratado, é o que se refere a órgãos e regulamentos existentes para controlar e estruturar o funcionamento de setores de serviços públicos¹⁶ privatizados. Ao se tratar de serviços públicos, trata-se em especial dos setores de transportes, gás natural, comunicações, água e saneamento básico, e energia elétrica (RECH, 204) que dentre outras características¹⁷ são classificados como monopólios naturais.

¹⁶ O conceito de serviços públicos surge com o desenvolvimento do Estado moderno no bojo das revoluções burguesas do século XVIII, como as Revoluções Francesas e Industriais. O conceito se relaciona à noção de “bem público”, que se caracteriza por gerarem vantagens indivisíveis em benefício de toda a sociedade RECH (2004).

¹⁷ Estes setores têm em comum algumas características importantes. Seus produtos são considerados básicos para a vida econômica e social, e apresentam significativas externalidades em seu funcionamento. Dentro do próprio setor existem economias de escala e escopo que os caracterizam como monopólios naturais. As tecnologias desses setores apresentam complementaridades que torna mais eficiente, do ponto de vista econômico e social, sua coordenação do que a competição. Os setores de serviços públicos tendem a demandar volumosos investimentos com longos prazos de maturação, e tais investimentos apresentam grande irreversibilidade e custos irrecuperáveis, o que também favorece a regulação pública para a mitigação de riscos e viabilização de investimentos (LANDI, 2006).

4.1. As mudanças institucionais no sistema elétrico brasileiro na década de 1990

Com a reforma do setor elétrico brasileiro, iniciada ao final da década de 1980, pretendeu-se induzir a concorrência no setor através da privatização das empresas estatais, e da menor influência do Estado nos assuntos relacionados e regulação e planejamento (LANDI, 2006). Para atender aos objetivos estabelecidos para a reformulação do Estado, passou-se a adotar as seguintes orientações para o setor elétrico no país:

- i) Os capitais privados deveriam substituir o Estado na gestão da indústria de suprimento de energia;
- ii) As empresas elétricas deviam ser desverticalizadas¹⁸ para viabilizar a concorrência no suprimento de seus serviços;
- iii) Um órgão regulador deveria passar a atuar como interface entre governo e os agentes do mercado de energia elétrica e, também, como responsável pela arbitragem de eventuais conflitos de interesses entre esses agentes;
- iv) Deveria ser introduzido um novo regime tarifário, orientado para a busca da eficiência econômica;
- v) Deveria ser estruturado um regime contratual, que repassasse para o mercado a arbitragem da maior parte dos riscos assumidos pelos agentes econômicos.

Dessa forma, como parte dos esforços para adequar o modelo institucional do setor elétrico ao movimento iniciado através das privatizações das empresas, foi promulgada a Lei 9.947/96 que institui a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A agência foi instituída para regular e fiscalizar o setor, além de exercitar o papel de poder concedente no lugar do extinto DNAEE. Foi concebida como autarquia vinculada ao MME, com fortes traços de autonomia, como autonomia financeira e administrativa. Apesar da relativa autonomia, a agência permaneceria subordinada às "políticas e diretrizes" do poder executivo através do MME (JÚNIOR, 2007).

Assim, a ANEEL passou a exercer as seguintes funções:

¹⁸ Até meados da década de 1990, todos os segmentos que compõem o sistema elétrico, geração, transmissão, distribuição e comercialização, eram regulados, planejados e explorados por uma só empresa, o que caracterizava o modelo verticalmente integrado do setor. No Brasil, isso ocorria através da Eletrobrás e outras empresas pertencentes aos estados. A desverticalização consiste em separar cada um desses segmentos e atribuir sua exploração para empresas distintas, visando ganhos de eficiência econômica reduzindo a possibilidade de subsídios cruzados entre os segmentos.

- i) Regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal, promovendo a articulação com os estados e Distrito Federal, para aproveitamento energético dos cursos de água e compatibilização com a política nacional de recursos hídricos;
- ii) Promover, também, as licitações destinadas à contratação de concessionárias de serviço público para produção, transmissão e distribuição de energia elétrica e para a outorga de concessão para aproveitamento de potenciais hidráulicos; e
- iii) Fixar os critérios para cálculo do preço de transporte, assegurando aos fornecedores e respectivos consumidores livres acesso aos sistemas de distribuição e transmissão de concessionários e permissionários de serviço público, mediante ressarcimento do custo de transporte envolvido.

O Governo Federal pretendia estabelecer um novo modelo institucional, comercial e regulatório com a possibilidade de criar bases sólidas para o futuro desenvolvimento do setor elétrico baseado na livre competição via iniciativa privada. Todo o processo de reforma institucional do setor teve como base o relatório de conclusão de um estudo contratado pelo MME de uma grande consultoria internacional.

“Concluído em junho de 1997, o estudo buscou desenhar um aparato regulatório/institucional, bem como um modelo mercantil e de financiamento para o setor elétrico brasileiro. A reestruturação proposta, que seguia o modelo implementado em outros países, a partir da experiência inglesa, buscava atingir dois objetivos centrais: de um lado, manter as funções políticas e de regulamentação nas mãos do Governo e, de outro, transferir, ao setor privado, a responsabilidade sobre operações e investimento anteriormente executadas pelo setor público.” (LANDI, 2006, p. 109).

Uma importante mudança recomendada pelo relatório, acerca do modelo mercantil do setor elétrico, foi a criação do Mercado Atacadista de Energia (MAE), instituído pela Lei 9.648/98. O novo mercado tinha como o objetivo central permitir a livre negociação de toda a energia do sistema interligado.

A negociação de energia no sistema elétrico brasileiro ficaria a cargo das empresas geradoras, distribuidoras e comercializadoras, criando um ambiente de livre mercado onde os comercializadores pudessem comprar de qualquer agente gerador e revender para seus consumidores finais. Esse ambiente de contratação desobrigava o Estado de sua função de planejador do sistema, uma vez que as distribuidoras passaram a ser

responsáveis pela contratação de sua demanda prevista diretamente dos geradores, através do MAE, sem nenhuma interferência do governo federal.

A execução dos contratos definidos neste mercado livre ficaria a cargo de uma nova instituição, que passaria assumir um papel até então sob responsabilidade da empresa estatal Eletrobrás. O Operador Nacional do Sistema (ONS), agente privado de interesse público também instituído pela Lei 9.648/98, tornou-se o responsável pela operacionalização, programação e despacho da energia em todo o Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia elétrica. O ONS passou a administrar também todos os ativos de transmissão pertencentes às empresas geradoras e de distribuição, com o objetivo de assegurar a otimização do sistema.

A lei supracitada define as atribuições do ONS como sendo:

- i) O planejamento e a programação da operação e o despacho centralizado da geração, com vistas à otimização dos sistemas eletroenergéticos interligados;
- ii) A supervisão e a coordenação dos centros de operação de sistemas elétricos;
- iii) A supervisão e o controle da operação dos sistemas eletroenergéticos nacionais interligados e das interligações internacionais;
- iv) A contratação e a administração de serviços de transmissão de energia elétrica e respectivas condições de acesso, bem como dos serviços ancilares;
- v) Propor à ANEEL as ampliações das instalações da rede básica de transmissão, bem como os reforços dos sistemas existentes, a serem licitados ou autorizados; e
- vi) A definição de regras para a operação das instalações de transmissão da rede básica dos sistemas interligados, a serem aprovados pela ANEEL.

O sistema passou a centralizar nesses dois atores institucionais o papel de planejador e operador do sistema elétrico nacional. Com esse novo arranjo institucional as empresas concessionárias ficariam livres para contratar energia diretamente dos geradores, da forma que lhes fosse mais conveniente. E a livre concorrência passou a ser a pedra fundamental do modelo institucional do setor elétrico brasileiro.

Entretanto, uma grave crise de abastecimento de energia no ano 2001 acaba por revelar algumas falhas e limites do modelo adotado.

Com o novo aparato institucional do sistema elétrico brasileiro;

“... passamos a conviver com duas entidades, o ONS e o MAE, que assumem a responsabilidade de executar as principais funções exercidas, até então, pela Eletrobrás, ou seja, otimizar a operação do despacho de carga do sistema, bem como negociar a energia necessária para suprir os fluxos de energia.

Esta mudança institucional eliminou a tarefa de planejar da Eletrobrás transferindo-a, principalmente, para o ONS. A crise de energia, pela qual passou o país em 2001, revelou contudo, a fragilidade desta estratégia, uma vez que a adoção de um modelo descentralizado, em uma base hidráulica predominante, requer, ao contrário do que se esperava, uma constante coordenação de planejamento, em função das expectativas pluviométricas, para que sua operação seja economicamente eficiente, situação que não ocorreu.” (LANDI, 2006, p. 127)

A orientação do governo à época, de transferir as responsabilidades das antigas empresas estatais para a iniciativa privada, abrindo mão da autonomia decisória e do planejamento do sistema se mostrou equivocada dada as características inerentes ao próprio sistema. De acordo com Landi:

“... ao transferir para a iniciativa privada, leia-se empresas distribuidoras recém privatizadas, a tarefa de expandir a oferta energética, vinculando seu interesse em contratar energia a longo prazo apenas para atender à demanda energética crescente de seus consumidores, através de contratos bilaterais, o modelo rompe a própria lógica de planejamento anterior, que depositava nas mãos das empresas geradoras a expansão do sistema, que procurava, inclusive, manter o risco de algum racionamento em até 5%.” (LANDI, 2006, p. 128)

Diversos estudos apontam para as possíveis causas da crise de 2001, conhecida como a “crise do apagão”. A incumbência de se avaliar as causas da crise foi da Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica, criada por decreto do Presidente da República em 22 de maio de 2001. O objetivo definido para a Comissão foi o de avaliar, no prazo de sessenta dias, a política de produção energética e identificar as causas estruturais e conjunturais do desequilíbrio entre a demanda e a oferta de energia (XAVIER, 2005).

As causas que levaram o sistema elétrico brasileiro à crise são complexas e sua apresentação detalhada foge dos objetivos dessa dissertação¹⁹. Para os interesses imediatos desse trabalho, o importante é que com o modelo institucional proposto não se constituiu um ambiente regulatório adequado ao sistema, inviabilizando novos investimentos para garantir sua segurança no suprimento. A transição de deveres e poderes entre instituições não foi feita, o que deixou o sistema elétrico brasileiro “acéfalo” (GOLDENBERG & PRADO, 2003).

Além disso:

¹⁹ Para maiores informações ver Landi (2006)

“As privatizações das empresas elétricas brasileiras foram feitas quando as bolsas de valores mundiais estavam em seu auge de crescimento, puxado pela chamada “bolha especulativa” de Wall Street e com o Real sobrevalorizado em relação ao dólar. Muitas empresas internacionais financiaram suas compras na privatização tomando empréstimos de curto prazo de bancos internacionais. Dessa forma, assim que esses recursos chegavam ao país tinham de atender a dois serviços financeiros: o primeiro ligado à remessa de lucros da empresa privatizada e o outro para pagar os juros e as amortizações do dinheiro que foi tomado para a privatização” (GOLDENBERTG & PRADO, 2003, p. 229)

Tal fato inviabilizou novos investimentos no setor. Além disso, a partir de 1999:

“Com a crise cambial brasileira e com as crises russa e asiática, não houve mais recursos para a privatização das grandes geradoras da Eletrobrás e a rolagem da dívida existente só foi possível com o aumento de prêmios de risco que pioravam mais a situação das empresas devedoras e das contas nacionais, de modo que as empresas privatizadas não tinham condições de efetuar novos investimentos.” (GOLDENBERTG & PRADO, 2003, p. 229)

Como resultado da crise energética o governo instituiu medidas que levaram a um racionamento de energia elétrica. A Tabela 8 apresenta as percentagens de consumo a serem reduzidas durante o racionamento de acordo com o perfil de cada classe de consumidor.

Tabela 8– Redução no consumo de eletricidade por classe decorrentes do racionamento de energia elétrica ao longo da crise de 2001

Consumidor	Consumo em 2000	Redução de 20%	Sobretaxa	Bônus ^a	Corte de Fornecimento ^b
1. Residência	Até 100 kWh	Opcional	Não	Sim	Não
2. Residência	101 a 200 kWh	Sim	Não	Sim	Sim
3. Residência	201 a 500 kWh	Sim	Não ^c	Sim	Sim
4. Residência	Acima de 500 kWh	Sim	Não ^d	Sim	Sim
5. Indústria/Comércio (Alta Tensão) ^e	Acima de 500 kWh	15% a 25%	Não	Não	Sim
6. Indústria/Comércio (Baixa Tensão)	Acima de 500 kWh	20%	Não	Não	Sim
7. Área Rural	Sem Limite	10%	Não	Não	Sim
8. Setor Público Federal	Sem Limite	15% a 35%	Não	Não	Sim

Fonte: Pêgo Filho et al., 2001

^a Quem economizar acima de 20% do consumo médio ganhará desconto

^b Sem redução haverá corte de energia por três dias, na primeira vez, e por seis dias nas residências.

^c Caso não atinjam a meta de 20%, 50% de multa.

^d Caso não atinjam a meta de 20%, 200% de multa.

^e A redução que não for feita será cobrada pelo preço do mercado atacadista e haverá corte de fornecimento pelo número de dias necessários para recompor a meta. A empresa pode vender a parte do consumo economizada a outras empresas em leilões da distribuidora ou acumular para uso futuro. Pode, também, comprar energia de outras nos leilões.

Os efeitos combinados da crise geraram impactos que se estendem para além dos anos imediatamente posteriores a crise. Com o corte de energia, e consequentemente da produção industrial, os níveis de consumo no país retrocederam aos níveis de 1995. E os impactos na confiança e nas expectativas dos agentes econômicos para retomarem seus investimentos produtivos no país foram maiores do que os impactos imediatos na produção industrial e no PIB. Assim, sobre os impactos da crise energética para a manutenção do nível de investimento na economia nacional, Delfim Neto argumenta que:

“O que se pode dizer é que seus efeitos sobre o crescimento econômico se prolongarão para além de sua vigência, porque ele está impondo às empresas um investimento que se tornará inútil em dois ou três anos. Uma parte dos investimentos deste e do próximo ano não serão em bens de produção que aumentam a capacidade produtiva e a produtividade das empresas, mas em gastos "mortos" para cobrir a imprevidência do Governo. A queda do investimento "vivo" reduzirá o aumento do estoque de capital e, assim, sacrificará a taxa de crescimento econômico dos próximos anos.” (NETO, 2001)

Como consequência imediata, após a deflagração da crise energética de 2001, sucedeu-se uma grande crise institucional no setor e em todo o governo. Com a troca do governo em 2003, iniciou-se uma série de mudanças que culminariam no que hoje se conhece como “O Novo modelo do Setor Elétrico” instituído pela Lei 10.848 de 2004. O qual está em vigor até hoje.

4.2. O novo marco regulatório e a configuração institucional do setor elétrico brasileiro

Partindo de um diagnóstico elaborado pela Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica, o “Relatório Kelman²⁰”, o novo governo que toma posse em 2003 formula uma nova mudança no marco institucional do sistema elétrico brasileiro.

Dessa forma, foi montado um grupo de trabalho com o objetivo de assessorar o governo na formulação da reforma institucional do setor elétrico. E esse trabalho foi finalizado pelo MME em dezembro de 2003 (MARTINS, 2009).

²⁰ O Relatório Kelman, nome dado em referência a seu coordenador Jerson Kelman, apresenta em 11 anexos as causas relacionadas à crise do apagão. Sua principal conclusão é que a crise esteve muito mais relacionada às mudanças estruturais implementadas no âmbito do processo de reestruturação do setor, que inviabilizou novos investimentos, do que por desequilíbrio conjuntural decorrente da estiagem vivenciada no final de 2000 e início de 2001.

Podem-se resumir os princípios básicos do novo modelo proposto como sendo fundamentalmente os seguintes (Brasil, 2003):

- i) Prevalência do Conceito de Serviço Público: centra-se no entendimento de que produção de energia deve ser realizada, prioritariamente, por concessionárias de serviço público, principalmente quando destinada aos consumidores cativos.
- ii) Modicidade Tarifária: sua manutenção é fundamental no novo modelo, pois se alinha com outros requisitos relacionados à correta prestação do serviço público, a saber: regularidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade e cortesia. Para que seja garantida, a proposta defende a retomada do planejamento da expansão do sistema, em caráter determinativo, com a introdução de mecanismos que, preservados os benefícios da competição, permitam que a renda decorrente da permanência em operação dos ativos depreciados possa contribuir para a modicidade tarifária²¹.
- iii) Mitigação dos Riscos Sistêmicos: tanto para investidores como para consumidores, será viabilizada com a adoção da competição pelo direito de participar do atendimento ao mercado.
- iv) Universalização do acesso e uso dos serviços de eletricidade: dado o peso desse serviço para a vida das pessoas e para o desenvolvimento do país, só será atendido através de políticas públicas específicas.
- v) Transparência e Contestação Públicas: como o novo arranjo institucional defende o planejamento como fundamental e decisivo, para o êxito do modelo, torna-se necessária a incorporação de contestação pública nos distintos estágios do planejamento, com o objetivo de garantir a máxima transparência das ações do setor.

O governo instituiu através da lei 10.848/2004 o novo modelo. Tal lei definiu os principais agentes do novo modelo e suas funções de acordo com a Tabela 9.

²¹ Para se atingir esse objetivo, empresas concessionárias de transmissão e distribuição passam por revisões tarifárias periódicas (em períodos que variam de 3 a 5 anos). O objetivo dessas revisões é repassar ao consumidor final, através de redução na tarifa de energia elétrica, os ganhos de produtividade e de depreciação do capital investido pelas empresas concessionárias. Tal fato possui profundos impactos para dinâmica do setor e é de grande relevância para essa dissertação. Essa metodologia se baseia na metodologia conhecida como “*price cap*” ou regulação por incentivo, e será abordada profundamente no capítulo 6 desse trabalho, bem como seus impactos para a dinâmica do desenvolvimento econômico no setor de energia elétrica.

Tabela 9 - Principais agentes e suas funções do novo modelo do setor

Agentes	Funções
Conselho Nacional de Política Energética - CNPE	Homologação da política energética, em articulação com as demais políticas públicas
Ministério de Minas e Energia - MME	Formulação de políticas para o setor energético; implementação dessas políticas energéticas; e exercício do poder concedente
Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL	Mediação, regulação e fiscalização do funcionamento do sistema elétrico, envolvendo o cumprimento das normas do marco regulatório em geral e das obrigações dispostas nos atos de outorga (contratos de concessão, autorização ou permissão) dos serviços de geração, transmissão e distribuição
Empresa de Pesquisa Energética - EPE	Execução dos estudos de planejamento energético
Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE	Contabilização e liquidação de diferenças contratuais no curto prazo; e administração dos contratos de compra de energia para atendimentos aos consumidores regulados
Operador Nacional do Sistema - ONS	Operação integrada e centralizada do sistema elétrico interligado; e administração da contratação das instalações de transmissão
Operador dos Sistemas Elétricos Isolados - OSI	Coordenação da operação dos sistemas isolados
Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico - CMSE	Monitoramento das condições de atendimento, no horizonte de cinco anos, com o objetivo de assegurar a implementação de providências com vistas a garantir a normalidade do suprimento de energia elétrica (coordenação do MME, com apoio da EPE, CCEE, da ANEEL e do ONS)
Eletrobrás	Financiamento, em caráter suplementar, da expansão do setor elétrico; exercício da função de holding das empresas estatais federais; administração de encargos e fundos setoriais; comercialização da energia de Itaipu e de fontes alternativas contempladas pelo PROINFA ²² ; e Coordenação do OSI

Fonte: Brasil, 2003

²² O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), instituído pelo Decreto nº 5.025/2004, tem o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN).

A Figura 8 ilustra o diagrama da atual conformação da estrutura institucional do setor elétrico brasileiro após a introdução do novo modelo em 2004.

Figura 8 – Estrutura institucional do setor elétrico brasileiro

Fonte: ANEEL, 2010

Como se pode observar, com o novo modelo institucional o governo pretende reassumir o papel de planejador do sistema elétrico nacional. O modelo subordina à política do MME o planejamento da expansão, retirando o poder concedente da ANEEL e passando-o novamente ao ministério. O modelo mantém, entretanto, a autonomia da regulação e fiscalização da ANEEL e de operação do sistema do ONS.

Também como medida para garantir um maior controle no planejamento da expansão do sistema, visando garantir o suprimento de energia elétrica no longo prazo, o novo modelo reestabelece o papel da Eletrobrás e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)²³. Ambas as organizações, que tiveram um papel importante para a expansão do sistema na segunda metade do século XX, foram suprimidas do modelo anterior.

O novo modelo centraliza na esfera do governo federal a elaboração e execução do planejamento do sistema, visando corrigir as falhas apresentadas no sistema anterior que

²³ Para maiores informações sobre a participação do BNDES na constituição do setor elétrico nacional ver Landi (2006).

o delegava à iniciativa privada através da livre negociação no mercado. Partindo-se das diretrizes determinadas pelo CNPE e das metas de políticas energéticas estabelecidas pelo MME e pelo congresso nacional, o planejamento é realizado pela EPE através da elaboração dos planos de expansão do setor elétrico. Os planos mencionados são submetidos a consulta pública, através de audiências realizadas na empresa, visando atender os requisitos estabelecidos pelo modelo de transparência e modicidade tarifária.

A contratação dos serviços de geração ocorre em um novo modelo comercial centrado na figura da CCEE, que substitui o MAE. O novo modelo de contratação de serviços de geração abrange todos os agentes e instituições que atuam no setor elétrico brasileiro, tanto do sistema isolado quanto do sistema interligado (LANDI, 2006). Para incluir todos os agentes no mesmo regime de contratação, respeitando suas características específicas, o modelo de contratação desenhado estabelece a coexistência de dois ambientes de contratação:

- i) Ambiente de Contratação Regulada (ACR): opera com tarifas de suprimento regulada, através da compra de energia pelo conjunto das distribuidoras (denominado *pool*) em leilões de energia por diversos prazos de maneira a proteger os consumidores cativos, atendidos por tais distribuidoras. Neste ambiente, todos os geradores vendem energia para todas as distribuidoras por meio da CCEE. Os leilões de energia são separados por fontes e por leilões de energia nova (de expansão do sistema) e leilões de energia existente com o intuito de garantir a prática de preços²⁴ que garantam a modicidade tarifária e a segurança econômico-financeira das empresas concessionárias.
- ii) Ambiente de Contratação Livre (ACL): onde geradores e produtores independentes de energia elétrica²⁵ comercializam energia, com preços e quantidades livremente negociados, com os consumidores livres, que pela legislação²⁶ são aqueles que têm demanda superior a 3 MW, visando estimular a

²⁴ Os leilões de energia elétrica adotam a metodologia de “leilão holandês”, onde os ofertantes iniciam os lances com seus valores mais altos, limitado a um preço teto estipulado pelo leiloeiro, e vão diminuindo até que toda a demanda seja contemplada na saída do último ofertante.

²⁵ A figura do Produtor Independente de Energia (PIE) foi instituída no setor de energia elétrica a partir da lei 9.074/95 como parte do processo para a privatização do setor. Consistem em empresas, ou consórcios de empresas, privadas, concessionárias do serviço público para a geração de energia elétrica.

²⁶ A figura do Consumidor Livre também foi instituída pela Lei 9.074/95 como forma de viabilizar o processo de privatização do setor.

iniciativa de tais consumidores. Ressalta-se que a figura do comercializador de energia, central no modelo anterior, foi preservada no novo modelo, mas com atuação restrita ao ACL.

A contratação de novos empreendimentos de geração de energia elétrica no novo modelo passa a ser então realizada através de licitações. Para a expansão do sistema de geração ocorrem leilões executados pela CCEE com cinco anos de antecedência visando contratar energia para atender uma dada previsão de demanda por parte das empresas concessionárias de distribuição. Ocorrem também leilões com três anos de antecedência para contratar acréscimos decorrentes da revisão das projeções de demanda supracitadas.

Outro ponto importante para a manutenção da segurança no sistema e da modicidade tarifária é que no novo modelo as empresas de distribuição são obrigadas a contratar nesses leilões públicos 100% da energia necessária para atender a demanda em sua área de concessão. No modelo anterior as empresas eram obrigadas a manter 85% de energia contratada através de contratos de longo prazo, abrindo espaço para a especulação de preços através de contratos bilaterais de curto prazo na contratação dos demais 15%.

A Figura 9 ilustra os distintos ambientes de contratação e seus respectivos agentes:

Figura 9 – Ambientes de comercialização do setor elétrico brasileiro

Fonte: CCEE

Os elementos apresentados são os pontos centrais que constituem o novo modelo institucional do setor elétrico, que, de acordo com MME (BRASIL, 2003), busca atingir três objetivos: a) garantir a segurança de suprimento de energia elétrica; b) promover a

modicidade tarifária, por meio da contratação eficiente de energia para os consumidores regulados; e c) promover a inserção social no setor, em particular pelos programas de universalização de atendimento²⁷.

No momento de implantação do novo modelo do setor de energia elétrica, diversos atores setoriais apontavam desafios para se atingir tais objetivos. Entretanto, apesar de seus objetivos não terem sido ainda completamente alcançados, “os alicerces do modelo estão devidamente consolidados” (BAJAY, 2010, p.13).

Os principais problemas apresentados pelo novo modelo setorial até o momento se relacionam às dificuldades encontradas pelos agentes do governo, responsáveis pelo planejamento e operacionalização da expansão do sistema, em garantir os processos de contratação de energia nova através de leilões. O sistema tem apresenta dificuldade em garantir sua expansão conforme o estabelecido nos planos elaborados pela EPE.

Em relação aos leilões de energia nova, têm-se observado a crescente participação de novas usinas termelétricas, que queimam bastantes poluentes. Tal participação das térmicas é maior do que a inicialmente prevista nos planos divulgados pelo governo. Esse problema revela certa inabilidade do MME e da EPE em formatar os leilões e seu escalonamento ao longo do tempo. Também revela dificuldades que a EPE tem encontrado para obter as licenças ambientais prévias dos projetos de novas usinas hidrelétricas que deveriam participar dos leilões (BAJAY, 2010). A fragmentação das atribuições legais relacionadas ao meio ambiente dificulta um planejamento integrado para a utilização dos recursos hídricos, o que ocasiona atrasos e dificuldades para o planejamento da expansão do sistema elétrico.

Outra questão relacionada às dificuldades enfrentadas pelo atual modelo se relaciona à atuação das empresas estatais e do financiamento das novas usinas. Após a implantação do novo modelo cessou-se o processo de privatização das empresas estatais do setor elétrico, porém não foram definidos claramente os papéis a serem desempenhados por tais empresas. Agentes privados do setor tem argumentado que, sem diretrizes claras do governo, empresas estatais têm oferecido energia nos leilões abaixo de seus custos marginais (BAJAY, 2010). Esse fato pode ser interpretado como uma forma de solução encontrada pelo governo para financiar a expansão do sistema em face as altas taxas de juros praticadas pela economia brasileira.

²⁷ Para atingir esse objetivo de universalização, o Governo Federal lançou em novembro de 2003 o Programa “Luz para todos”, que tem a meta de levar energia elétrica para mais de 10 milhões de pessoas do meio rural até o ano de 2008, prorrogado até 2011.

A Tabela 10 apresenta um breve resumo da evolução da estrutura institucional do setor elétrico com o objetivo de facilitar sua comparação.

Tabela 10 – Evolução da estrutura institucional do Setor Elétrico Brasileiro

Modelo Antigo (até 1995)	Modelo de Livre Mercado (1995 a 2003)	Novo Modelo (2004)
Financiamento através de recursos públicos	Financiamento através de recursos públicos e privados	Financiamento através de recursos públicos e privados
Empresas verticalizadas	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação.
Empresas predominantemente Estatais	Abertura e ênfase na privatização das Empresas	Convivência entre Empresas Estatais e Privadas
Monopólios - Competição inexistente	Competição na geração e comercialização	Competição na geração e comercialização
Consumidores Cativos	Consumidores Livres e Cativos	Consumidores Livres e Cativos
Tarifas reguladas em todos os segmentos	Preços livremente negociados na geração e comercialização	No ambiente livre: Preços livremente negociados na geração e comercialização. No ambiente regulado: leilão e licitação pela menor tarifa
Mercado Regulado	Mercado Livre	Convivência entre Mercados Livre e Regulado
Planejamento Determinativo - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS)	Planejamento Indicativo pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)	Planejamento pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
Contratação: 100% do Mercado	Contratação : 85% do mercado (até agosto/2003) e 95% mercado (até dez./2004)	Contratação: 100% do mercado + reserva
Sobras/déficits do balanço energético rateados entre compradores	Sobras/déficits do balanço energético liquidados no MAE	Sobras/déficits do balanço energético liquidados na CCEE. Mecanismo de Compensação de Sobras e Défis (MCSD) para as Distribuidoras.

Fonte: CCEE (Disponível em: <http://www.ccee.org.br>)

Tendo em vista a atual configuração do setor, no próximo tópico será apresentada a política voltada especificamente ao desenvolvimento tecnológico no setor de energia elétrica no país.

4.3. A Lei 9.991/2000 e a obrigatoriedade de investimentos em P&D: A política tecnológica para o setor elétrico brasileiro

Visando incentivar a busca por inovações para uma maior eficiência e modicidade tarifária no setor, em 2000 a ANEEL regulamentou o programa de pesquisa e desenvolvimento para o sistema elétrico brasileiro. Tal regulamentação foi baseada em diversas pesquisas internacionais, e na constatação dos efeitos da liberalização dos mercados e das privatizações sobre a dinâmica de investimentos em P&D por parte das concessionárias (CGEE, 2001).

De fato, o Brasil reconheceu a necessidade de estabelecer procedimentos para manter investimentos em P&D dentro de um contexto de empresas de energia privatizadas e competitivas antes mesmo do início dos processos de mudanças estruturais do sistema elétrico. A obrigatoriedade da aplicação de recursos em pesquisa e desenvolvimento pelas concessionárias de energia elétrica tem sua raiz na década de 1980 com a lei nº 8.897/1985. Esta lei dispõe sobre o regime de permissão e concessão de serviços públicos previsto no artigo 175 da Constituição Federal. A constituição, “em seu artigo 29 inciso X, estabelece ao poder concedente a obrigatoriedade de estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio-ambiente e conservação” (CGEE, 2001), daí decorre a necessidade de regulamentação por parte do poder concedente das atividades de pesquisa e desenvolvimento.

“Apoiados nesse instrumento, a partir das primeiras privatizações, foram introduzidas cláusulas com referências a aplicações em P&D das novas companhias. De uma maneira mais sintética, a partir de 1998, os contratos de concessão controlados pela ANEEL estabelecem a obrigatoriedade de aplicação de 1% da receita anual líquida das empresas concessionárias distribuidoras de eletricidade em Programas de Conservação de Energia e Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico Brasileiro. De 1998 até julho de 2000, a ANEEL editou três Resoluções que estabeleceram regras para as aplicações dos recursos e conduziu a supervisão dos programas de P&D e eficiência energética das concessionárias privadas.” (CGEE, 2001, p. 217).

Em 24 de julho de 2000 foi instituída a lei nº 9.991, que estabelece a aplicação de 1% da Receita Operacional Líquida (ROL) das empresas concessionárias²⁸ do setor elétrico em P&D. O objetivo dessa lei é o desenvolvimento de novas tecnologias e

²⁸ De acordo com a Lei 9991/00, estão isentas da obrigatoriedade de investimento em P&D as empresas do setor elétrico que geram energia por meio de pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, cogeração qualificada, usinas eólicas ou solares.

serviços que melhorem a qualidade do fornecimento de energia elétrica para a sociedade.

Em relação às práticas até então adotadas pela ANEEL no que se refere à obrigatoriedade do investimento em P&D, com a promulgação da lei houve uma redefinição da forma como esses investimentos seriam aplicados. Regulamentados por resoluções da agência, antes de 2000 os investimentos obrigatórios em P&D das empresas do setor representavam parte de suas receitas diretamente empregadas pelas empresas em projetos, sem qualquer fiscalização ou responsabilidade por parte do agente regulador. Com a introdução da lei 9.991, houve uma repartição de recursos e responsabilidades entre as empresas e o governo, através da constituição do Fundo Setorial do Setor Elétrico (CT-ENERG) (CGEE, 2001).

Originalmente, os recursos gerados a partir da lei passariam a ser usados em duas categorias de investimentos em P&D:

- i) 50% em investimentos em P&D concedidos e implementados pelas próprias concessionárias de eletricidade sob supervisão da ANEEL;
- ii) 50% em investimentos em P&D através do Fundo Setorial CT-ENERG.

Com a promulgação do novo modelo institucional do setor elétrico, que foi instituído pela lei 10.848 de 2004, a distribuição dos recursos advindos da lei 9.991/00 passou a ser definida da seguinte forma:

- i) 40% (quarenta por cento) dos recursos devem ser recolhidos ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNCDT). Os recursos do FNDCT são geridos pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) que administra o CT-ENERG;
- ii) 40% (quarenta por cento) dos recursos devem ser destinados à execução de projetos de P&D nas empresas concessionárias, reguladas pela ANEEL;
- iii) 20% (vinte por cento) dos recursos devem ser recolhidos ao Ministério de Minas e Energia. Tais recursos são utilizados para a manutenção da EPE, que fora instituída no novo modelo.

O foco desta pesquisa recairá sobre a parcela do investimento em P&D sob responsabilidade das empresas concessionárias, e regulada pela ANEEL. Em relação à parcela destinada ao CT-ENERG, seus objetivos são: contribuir para melhorar o suprimento de energia elétrica do país, melhorar a eficiência do uso de energia, promover a qualidade e confiabilidade do sistema, diminuir custos de energia para a sociedade e aumentar a competitividade da economia brasileira (CGEE, 2001). O CT-

ENERG deveria perceber as diferentes alocações que os agentes do setor fazem em suas agendas específicas de P&D e procurar áreas onde é possível realizar esforços para catalisar, agregar ou alavancar recursos entre os demais agentes, sempre de maneira consistente com as diretrizes do CNPE.

A lógica do estabelecimento do CT-ENERG seria complementar às áreas onde as empresas não focariam seus esforços de P&D. Tais áreas seriam determinadas de acordo com as diretrizes políticas do governo instituídas através do CNPE. O modelo de política tecnológica aplicado no setor assume que muitos dos projetos das empresas, financiados com recursos regulados pela ANEEL, terão como objetivos reduzir seus custos operacionais, aumentar suas vendas de eletricidade e atender aos requisitos regulatórios que o próprio órgão regulador poderá impor. O CT-ENERG deveria observar tal característica para planejar suas atividades e suprir a deficiência do modelo em gerar projetos de caráter mais estratégico para o país (CGEE, 2001).

No que se refere à parcela do investimento em P&D sob responsabilidade das empresas, correspondente a 0,4% da ROL, sua distribuição é definida conforme a Tabela 11.

Tabela 11– Percentual da ROL investido em Eficiência Energética e Pesquisa e Desenvolvimento

Empresa	Fase Atual			Fase Posterior		
	P&D (% da ROL)	Eficiência Energética (% da ROL)	Vigência	P&D (% da ROL)	Eficiência Energética (% da ROL)	Vigência
Geração	1		Até 31/12/2010	1		A partir de 01/01/2011
Transmissão	1			1		
Distribuição	0,5	0,5		0,75	0,25	

Fonte: ANEEL (www.aneel.gov.br)

Nota-se que as empresas concessionárias do serviço de distribuição de energia elétrica devem aplicar parte de seus recursos em eficiência energética e parte em projetos relacionados a P&D. Essa obrigatoriedade de aplicação de recursos em projetos de eficiência energética é decorrente da crise de 2001, e está prevista para se encerrar em 2011, porém existem expectativas quanto à destinação desses recursos para outras

funções²⁹ ou à manutenção dos investimentos uma vez que o país ainda apresenta altas taxas de perda de energia elétrica.

A aplicação dos recursos em P&D pelas empresas é regulamentada por resoluções específicas da ANEEL. A agência é a responsável pela avaliação e fiscalização dos projetos de P&D de acordo com as diretrizes estipuladas através do Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (ANEEL, 2006; 2008).

“...a ANEEL estabelece as diretrizes e orientações que regulamentam a elaboração de projetos de P&D do setor de energia elétrica. Os projetos do Programa de P&D deverão estar pautados pela busca de inovações para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado das empresas de energia elétrica. A pesquisa empresarial no setor de energia elétrica deverá ter cronogramas e metas bem definidas, porque é diferente da pesquisa acadêmica pura, que se caracteriza pela liberdade de investigação.” (ANEEL, 2008, p. 7).

Em 2008, a ANEEL publicou um novo Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento, conhecido como o “Manual 2008”. Em relação à sua versão anterior, que estava em vigor desde a instauração da obrigatoriedade do investimento através dos contratos de concessão em 1999, o novo manual apresenta mudanças importantes no que se refere às possibilidades de apropriação dos ganhos relativos aos projetos e à diminuição da burocracia para a execução dos projetos.

Uma alteração que pode ocasionar impactos no comportamento de busca das empresas do setor é que a avaliação e a autorização pela agência dos projetos de P&D elaborados pelas concessionárias deixam de ser prévias, ou seja, não é mais necessária a anuência da agência para se iniciar projetos de P&D conforme era estabelecido no antigo manual. O processo de avaliação dos projetos passa a compreender duas etapas: a avaliação inicial e a avaliação final. A primeira etapa torna-se opcional; a última, obrigatória. Em ambas o foco das avaliações é o resultado do projeto frente ao investimento previsto ou realizado (ANEEL, 2008).

De acordo com as diretrizes anteriores;

²⁹ Existe a expectativa de que o recurso se direcione para a recomposição das perdas tributárias dos estados que faziam parte do sistema isolado. Com a retirada de operação de usinas térmicas que abasteciam tais estados, decorrente da conexão dos mesmos ao Sistema Interligado Nacional, seus governos perderiam volumosos recursos do ICMS pago pelo combustível de tais usinas, o que geraria uma perda tributária que seria recomposta com os recursos antes investidos em projetos de eficiência energética pelas concessionárias.

“...para cumprir a obrigação de investir no Programa de P&D, as empresas deverão submeter anualmente, à aprovação da ANEEL, um Programa constituído de um ou mais projetos, contendo as metas físicas e financeiras para execução do Programa do ciclo em questão. Cada ciclo anual, para efeitos do envio dos Programas de P&D à ANEEL, inicia em setembro e finaliza em agosto do ano seguinte, sendo que as empresas obedecerão as datas estabelecidas nos contratos de concessão ou, quando for o caso, aquelas determinadas pela ANEEL.” (ANEEL, 2006, p. 1)

Assim, as empresas eram obrigadas a submeter à aprovação da ANEEL seus programas de P&D contendo todos os projetos previstos para cada ciclo de um ano. Projetos com duração maior do que 12 meses eram considerados projetos plurianuais, e sua continuidade, após o primeiro ano de execução, também era submetida à aprovação da ANEEL.

A Figura 10 apresenta o processo de avaliação e aprovação dos programas de P&D referentes a cada ciclo constante no antigo manual.

Figura 10– Processo de Avaliação e Aprovação de Propostas de Programa Anual de P&D de acordo com as diretrizes estabelecidas no Manual de 2006

Fonte: Aneel, 2006

Os critérios de avaliação definidos pelo antigo manual de P&D eram definidos de acordo com a probabilidade de sucesso do projeto. De acordo com a ANEEL, o sucesso de um projeto de P&D depende de dois fatores básicos: da natureza dos produtos quanto à criatividade científica e inovação tecnológica, por um lado, e da sua potencialidade aplicativa pelo outro. “A convergência da descoberta e do seu uso prático, mais ou menos imediato, isto é, transformando o resultado da pesquisa em inovação tecnológica é a mola mestra dos programas de P&D” (ANEEL, 2006, p 15).

Eram oito os critérios de avaliação do antigo manual:

- i) Factibilidade do Projeto de Pesquisa;
- ii) Transferência dos Resultados;
- iii) Qualificação do Coordenador;
- iv) Disponibilidade do Coordenador;
- v) Qualificação da Equipe;
- vi) Disponibilidade da Equipe;
- vii) Razoabilidade dos Custos;
- viii) Benefícios do Projeto.

É importante ressaltar que com a alteração das diretrizes de avaliação e autorização dos projetos de P&D pela ANEEL, com a introdução do novo manual em 2008, reduz-se a burocracia para a escolha e a gestão dos programas de P&D das empresas do setor, o que condiz com as necessidades características do processo de inovação (SALLES-FILHO, 2010). Porém se altera a forma como as empresas passam a lidar com os riscos referentes à execução de projetos de P&D.

Conforme a literatura apresentada em capítulos anteriores, inovação é um fenômeno inerentemente incerto, e contém riscos que não podem ser controlados nem antecipados pelo formulador de estratégias de P&D. Entretanto, como uma obrigação legal, o P&D para o setor elétrico apresenta riscos além dos riscos inerentes à inovação. A esses riscos dá-se o nome de risco regulatório, ou seja, o risco de sofrer punições referentes ao não cumprimento das obrigações regulatórias constantes no contrato de concessão. Com o antigo manual de P&D do setor, o risco regulatório referente à aplicação dos recursos em P&D era minimizado uma vez que a ANEEL aprovava previamente a execução dos ciclos de projetos anuais.

Com a alteração do manual, as empresas do setor passam a assumir o risco de terem seus recursos investidos em P&D “glosados” depois de feitos os investimentos e a avaliação final do projeto. A avaliação inicial passa a ser optativa e não garante às

empresas que seus investimentos serão reconhecidos como esforços em P&D. Através da avaliação final dos relatórios, a agência pode não reconhecer os gastos já incorridos em um determinado projeto como sendo referentes à P&D, o que representaria prejuízos para a empresa.

De acordo com o novo manual de P&D do setor;

“... para cumprir a obrigação de investir em P&D, as Empresas deverão enviar à ANEEL seus projetos, contendo, principalmente, informações sobre os resultados esperados e sua aplicabilidade, custos previstos para execução e expectativa de retorno financeiro, pertinência do estudo a temas de interesse do setor elétrico, grau de inovação ou avanço tecnológico pretendido. Após a execução do projeto, a ANEEL fará uma avaliação criteriosa dos resultados alcançados e dos gastos incorridos, para fins de aprovação do projeto e reconhecimento dos investimentos realizados. Os gastos não reconhecidos num dado projeto aprovado deverão ser estornados à Conta de P&D e remunerados pela SELIC a partir de suas datas de registro contábil. O mesmo procedimento se aplica para os gastos incorridos em projetos reprovados.” (ANEEL, 2008, p. 7).

E ainda de acordo com a agência, a alteração contida no novo manual;

“... reflete as alterações legais e regulamentares relacionadas a P&D, os aperfeiçoamentos identificados pelas áreas responsáveis pelo assunto na ANEEL e o esforço em oferecer ao setor de energia elétrica procedimentos para catalisar a busca do novo e/ou de aperfeiçoamentos envolvidos nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica.” (ANEEL, 2008, p. 7).

O novo manual institui que os valores da ROL a serem investidos em projetos de P&D, e a serem recolhidos ao FNDCT e ao MME, bem como o montante de recursos empenhados e relacionados à execução dos projetos da Empresa, deverão ser enviados mensalmente pela empresa, através de relatórios de acompanhamento, à ANEEL. Essa fiscalização tem como objetivo garantir o fluxo de projetos das empresas e a fiscalização da conta de P&D³⁰ de cada empresa. O saldo da conta passa a ser corrigido mensalmente pela SELIC³¹, ou seja, o saldo constante na conta das empresas, referentes ao valor a ser obrigatoriamente investido em P&D, cresce à taxa SELIC a cada mês.

³⁰ A conta de P&D é um termo comumente utilizado no setor para se referir à diferença entre os recursos referentes à parcela P&D devidos à ANEEL e os recursos já aplicados pela empresa em projetos.

³¹ A taxa SELIC é um índice pelo qual as taxas de juros cobradas pelo mercado se balizam no Brasil. A taxa é apurada pelo Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), obtida mediante o cálculo da taxa média ponderada e ajustada das operações de financiamento por um dia, lastreadas em títulos

Além disso, a partir de 1º de janeiro de 2011, a empresa que acumular na conta de P&D montante superior ao investimento obrigatório dos últimos dois anos, excluindo-se os rendimentos provenientes da remuneração pela SELIC e os lançamentos relacionados à execução dos projetos, estará sujeita a multa³² de acordo com a Resolução Normativa nº 63/2004.

Dessa forma, a agência pretende estimular o investimento de projetos de P&D por conta e risco das empresas com o objetivo de comprometê-las com a elaboração, seleção, execução e gestão eficiente dos projetos.

A Figura 11 apresenta o processo de avaliação de projetos conforme estabelecido pelo novo manual de P&D do setor.

Figura 11– Processo de Avaliação e Aprovação de Propostas de Projeto de P&D de acordo com as diretrizes vigentes no Manual de 2008

Fonte: Aneel, 2008

públicos federais e cursadas no referido sistema ou em câmaras de compensação e liquidação de ativos, na forma de operações compromissadas (Banco Central do Brasil).

³² De acordo com o inciso XX do art. 6º da Resolução 63/2004, a multa por deixar de implementar nos prazos previstos e conforme os regulamentos estabelecidos pela ANEEL, o Programa de Eficiência Energética e/ou o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento, pode chegar a 1% do faturamento da concessionária.

Em ambas as etapas de avaliação propostas pelo manual de 2008, os resultados dos projetos de P&D serão avaliados utilizando-se os seguintes critérios:

- i) Originalidade;
- ii) Aplicabilidade;
- iii) Relevância, e
- iv) Razoabilidade dos custos.

A cada critério é atribuída uma pontuação que determinará a nota do projeto, a qual definirá sua aprovação ou reprovação. Dessa forma, o reconhecimento dos investimentos dos gastos dos projetos como sendo P&D, e, assim, desobrigando as empresas de investir novamente aquele valor, é estabelecido através de notas concedidas de 1 a 5 de acordo com critérios de “Excelente”, “Bom”, “Aceitável”, “Insuficiente” e “Inadequado”. Os projetos com conceito “Aceitável”, “Bom” ou “Excelente” serão aprovados e terão seus custos reconhecidos totalmente como P&D e debitados da conta das empresas. Os projetos considerados como “insuficientes” passam a ter parte de seus recursos “glosados”. Havendo diferença entre o custo da execução do projeto e o valor reconhecido pela ANEEL, a diferença deverá ser estornada à Conta de P&D e gasto novamente, sendo o montante glosado passando a ser parte dos custos da empresa. A Tabela 12 apresenta o percentual de investimento a ser reconhecido no caso de projeto ser considerado “insuficiente”.

Tabela 12–Reconhecimento do investimento realizado em P&D em função da avaliação “insuficiente”

Nota do Projeto	Percentual do Custo Aprovado do Projeto a ser Reconhecido como Investimento em P&D
2,1	10%
2,2	20%
2,3	30%
2,4	40%
2,5	50%
2,6	60%
2,7	70%
2,8	80%
2,9	90%

Fonte: ANEEL, 2008

Outra importante alteração do manual de projetos de 2008 em relação à versão anterior, que se relaciona aos interesses dessa dissertação em investigar a política

tecnológica para aplicada ao setor elétrico, é que no manual de 2006 poderiam ser enquadrados como projetos de P&D projetos relacionados às seguintes fases da cadeia de inovação:

- i) Pesquisa básica dirigida;
- ii) Pesquisa aplicada; e
- iii) Desenvolvimento experimental.

Com a introdução do novo manual, passa-se a considerar também investimentos em:

- iv) Cabeça-de-série, lote pioneiro ou inserção no mercado.

Essa alteração permite que empresas invistam parte de seus recursos nas etapas finais do projeto de inovação e, dessa forma, possibilita a inclusão de produtos novos no mercado. Como forma de induzir a introdução de novos produtos no mercado foram introduzidas pelo novo manual regras para o compartilhamento de receitas provenientes da comercialização de produtos e serviços gerados por projetos de P&D.

O marco regulatório do sistema elétrico brasileiro tem como um de seus objetivos a modicidade tarifária. Tal modicidade é atingida através de revisões tarifárias periódicas nas empresas concessionárias de serviço de distribuição e transmissão de energia elétrica. Nas revisões são incorporadas variáveis redutoras nas tarifas de energia que refletem os ganhos de produtividade e a depreciação dos ativos das empresas. Dentre esses ganhos de produtividade, estão os ganhos advindos dos projetos de P&D executados pelas empresas ao longo desse período. Isso faz com que as empresas tenham poucas possibilidades de se apropriarem dos ganhos advindos da P&D, pois são repassados aos consumidores nas revisões tarifárias periódicas³³.

Como uma tentativa de corrigir esse fato, o novo manual estabelece que as empresas dos segmentos de distribuição ou de transmissão de energia elétrica poderão se apropriar das receitas provenientes da comercialização dos resultados de projetos de P&D. Tais receitas continuarão a ser compartilhadas com a sociedade no processo de revisão tarifária, porém, as empresas desses segmentos podem se apropriar de 50% a 70% delas quando comercializadas. As empresas do segmento de geração de energia elétrica poderão se apropriar integralmente dessas receitas. Tal fato contribui para estimular o desenvolvimento de projetos com maior potencial de inserção no mercado (POMPERMAYER, 2009; SALLES-FILHO, 2010).

³³ Esse fato é de grande importância para esse trabalho, e conforme dito em notas anteriores será aprofundado no capítulo 5 dessa dissertação.

A despeito das melhorias incluídas no manual de 2008, a eficácia da política tecnológica apresentada, baseada na obrigatoriedade dos investimentos em P&D pelas empresas do setor para a melhoria da eficiência e sua decorrente modicidade tarifária, tem sido questionada por diversos autores (MARTINI & MAFEI, 2005; SILVA Jr., 2008; SALLES FILHO, 2010).

Com o objetivo de investigar, sob um enfoque evolucionário, a política tecnológica aplicada ao setor, foram feitos estudos de caso com empresas concessionárias do setor. Tais estudos de caso tiveram como objetivo testar a hipótese definida com base na literatura e dados secundários a ser apresentada no próximo capítulo. Tais estudos de caso contaram com questionários semi-estruturados desenvolvidos para compreender a estrutura das empresas em relação a seus programas de P&D e inovação, visando identificar seu comprometimento e suas relações com todo o sistema, ou seja, com outras empresas do setor, universidades, institutos de ciência e tecnologia e empresas fornecedoras. Os resultados desses estudos serão apresentados nos próximos capítulos desse trabalho.

5. ESTUDOS DE CASO PARA A INVESTIGAÇÃO DA POLÍTICA TECNOLÓGICA APLICADA AO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Em capítulos anteriores desse trabalho foi apresentado o argumento que o processo de inovação é fruto de relações dinâmicas entre as estratégias de busca das empresas e do ambiente de seleção das inovações. Também foi argumentado que a dinâmica do processo de desenvolvimento tecnológico pode variar entre setores de acordo com a combinação de diferentes elementos, sendo que oportunidades tecnológicas, graus de apropriabilidade, cumulatividade de competências e a base do conhecimento são elementos constituintes da dinâmica específica de determinado setor (MALERBA & ORSENIGO, 1997).

O objetivo desse trabalho é investigar a política tecnológica para o setor elétrico brasileiro em relação a sua eficácia em induzir o comportamento das empresas em direção a um maior comprometimento com a inovação, e assim, induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor. Foi proposto que para tal investigação serão buscados elementos que indiquem que a política tecnológica está de fato induzindo o comportamento das empresas a um maior comprometimento com o processo de inovação. Sendo reconhecido que tal comprometimento se manifesta através de estratégias de busca estruturadas e através do estabelecimento de um sistema de relações condizentes com a dinâmica de desenvolvimento tecnológico no setor.

Induzir o comprometimento com a inovação, através das estratégias de busca das empresas, para a constituição de um sistema de relacionamentos entre os diversos agentes relacionados à cadeia de valor do setor, é um elemento central para aumentar a possibilidade de sucesso no desenvolvimento de novas tecnologias e processos. Isso se torna ainda mais importante em setores, como o setor elétrico, cuja dinâmica de inovação se define como “dominada pelo fornecedor” de acordo com a tipologia desenvolvida por Pavitt (1984), conforme apresentado no terceiro capítulo dessa dissertação. Foi visto que a política tecnológica do setor elétrico deve buscar constituir um sistema de relações onde os interesses dos diversos agentes converjam em torno de estratégias comprometidas com a inovação, como um elemento de competitividade, que traga benefícios econômicos (HALL, 1986; DOSI, 1988; METCALFE, 1995).

Conforme argumentado em capítulos anteriores, com base em nos conceitos da teoria evolucionária, a dinâmica do desenvolvimento tecnológico pode ser caracterizada pelas relações sistêmicas existentes entre os diversos agentes que compõem determinado sistema tecnológico. As relações de complementaridade tecnológica, cumulatividade da base de conhecimento e de todo o processo de inovação, e a influência das instituições na determinação da dinâmica do desenvolvimento tecnológico, dentre outras questões abordadas pelos teóricos evolucionários, enfatizam a necessidade da constituição de sistemas que determinam e induzem a dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

Também de acordo com o referencial teórico utilizado por essa dissertação, é possível compreender o papel da empresa em sua busca por ganhos advindos do processo de inovação como o elemento central e indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico. É através da busca deliberada dos agentes envolvidos em determinado sistema que emergem novas tecnologias e soluções que aumentem a produtividade e eficiência dos sistemas tecnológicos.

Para esse estudo, o ponto central da análise dos padrões de comportamentos de busca das empresas, é que suas estratégias influem diretamente nos padrões setoriais de mudanças técnicas observadas, e são o resultado da interação de vários tipos de induções de mercado resultante das combinações de oportunidades e apropriabilidades específicas do setor (DOSI,1988).

O conceito de oportunidade tecnológica se refere à relação entre ciência e tecnologia, ou seja, à probabilidade de se estabelecer pontes entre o avanço científico e o desenvolvimento tecnológico dado o recurso investido. Tal conceito está diretamente relacionado à trajetória e às características da base de conhecimento do setor elétrico, uma vez que a definição de oportunidades tecnológicas em determinado setor é dependente de sua trajetória tecnológica e das características científicas das tecnologias que constituem o sistema no qual o setor se apoia.

Condições de apropriabilidade estão diretamente relacionadas à dinâmica competitiva dos setores industriais, e podem mudar entre os setores, afetando, assim, sua dinâmica do desenvolvimento tecnológico (MALERBA & ORSENIGO, 1997). No setor elétrico brasileiro, o regime de apropriabilidade está relacionado às possibilidades de ganhos com a inovação serem reconhecidos pela política tarifária do setor, sendo assim, incorporados à sua dinâmica competitiva. E, no que se refere à política tarifária,

os segmentos de geração e transmissão apresentam dinâmicas muito distintas das do segmento de distribuição de energia elétrica.

No próximo tópico, será discutida a hipótese desse trabalho que será testada através de estudos de caso para dar suporte à investigação aqui proposta. E nos tópicos seguintes desse capítulo uma proposição explicativa para a hipótese definida será apresentada.

5.1.Avaliação dos resultados da política tecnológica do setor elétrico: Definição de uma hipótese.

No Brasil, um elemento central da política tecnológica voltada ao setor elétrico é a obrigatoriedade de investimento de parte das receitas das empresas em projetos de P&D. O investimento em tais projetos é regulado por diretrizes estabelecidas pela ANEEL através dos chamados “Manuais”. Dada as mudanças das diretrizes para o investimento em projetos de P&D introduzidas pelo novo manual em 2008, é necessário que a avaliação dos resultados da política tecnológica seja feita considerando tais diferenças e separando ambos os períodos de análise para a formulação da hipótese dessa dissertação.

Sob a regulamentação do antigo manual de 2006, foi investido R\$ 1,49 bilhão em projetos de P&D pelas empresas do setor entre 1998 e 2007, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13–Projetos e investimentos de P&D aprovados pela ANEEL (1999/2007)

Ciclo	Número de Projetos Aprovados	Valor Aprovado (R\$/Milhões)
1998/1999	63	12,90
1999/2000	164	29,74
2000/2001	439	113,30
2001/2002	535	156,22
2002/2003	672	198,80
2003/2004	602	186,97
2004/2005	600	191,68
2005/2006	917	352,14
2006/2007	563	255,35
Total	4.555	1.497,10

Fonte: ANEEL, 2010

Entre os resultados alcançados por tais projetos ao longo desse período, destaca-se a produção de software, com 25% dos aportes, seguida da concepção de metodologias, com 21,3%, e a criação de novos equipamentos com 1,2%. Também aparece o desenvolvimento de processos, com 8,3%, e a implantação de sistemas, com 8,1% (ANEEL, 2009).

Para alguns autores, um estudo da distribuição dos projetos de P&D desenvolvidos ao longo dos anos sob as diretrizes do antigo manual sugere que tais projetos, em sua maioria, são voltados a atender as necessidades operacionais imediatas das empresas. Eles são pouco relacionados com o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o aumento da eficiência e qualidade do setor elétrico nacional (QUANDT et al., 2008; SILVA Jr., 2008).

De acordo com o observado na literatura apresentada em capítulos anteriores, a dinâmica do desenvolvimento tecnológico é diretamente relacionada ao grau de comprometimento das empresas do setor (NELSON & WINTER, 1982; DOSI, 1984). A eficácia dos investimentos em P&D é decorrente de um comprometimento das estratégias das empresas com o desenvolvimento tecnológico e da correta articulação de atores que darão suporte à introdução da nova tecnologia no sistema posto (DOSI, 1984; 1988). Em um estudo para identificar a inserção na estratégia empresarial das concessionárias dos projetos de P&D oriundos de investimentos obrigatórios do setor elétrico, sob a regulação do antigo manual, autores argumentam que;

“De forma geral, as evidências da pesquisa indicam que as atividades de inovação não apresentam grande importância para estratégias de ampliação do nível de competitividade ou do potencial para geração de novos negócios entre as empresas do setor. Os impactos das inovações não chegam a ultrapassar o âmbito de melhorias em processos internos das empresas. Os resultados estão fracamente vinculados ao desempenho global das empresas e às melhorias de indicadores ambientais e sociais.” (QUANDT et. al, 2008, p. 253).

A despeito da obrigatoriedade do investimento em P&D, e da mudança no marco regulatório visando o aumento da concorrência no setor e da eficiência dos projetos, existe ainda a expectativa de que os investimentos em tais projetos podem não estar apresentando nenhum impacto significativo na qualidade dos serviços das empresas (SILVA Jr., 2008). A lei 9.991/2000, que implantou o programa de P&D no setor elétrico, tem como objetivo induzir o desenvolvimento tecnológico visando aumentar a eficiência do setor e contribuir, assim, com sua modicidade tarifária, que é o objetivo

final de todo o marco regulatório que rege a dinâmica do sistema. Entretanto, a despeito dos 10 anos de investimentos em P&D o país ainda apresenta índices de perdas na rede elétrica muito distante de países desenvolvidos e mesmo de alguns países com estrutura social e econômica semelhantes. A Figura 12 apresenta os índices de perdas na rede elétrica em diferentes países para auxiliar a comparação.

Figura 12– Perdas na rede elétrica*

Fonte: U.S. Energy Information Administration (<http://www.eia.gov/cfapps/>)

*Ano de Referência 2008

Pode-se observar que o país apresenta índices de perda acima da média mundial, e, ao mesmo tempo, apresenta perdas maiores do que países com característica semelhantes no que se refere à estrutura do setor elétrico, como é o caso do Canadá e da Rússia, marcados por uma geração centralizada conectada por grandes e complexos sistemas de transmissão e distribuição. Também é possível argumentar que a despeito dos investimentos em P&D e eficiência energética, estipulados pela lei 9.991, tais índices não apresentaram melhoras significativas ao longo dos anos, conforme apresentado pela Figura 13.

Figura 13– Evolução dos índices de perdas na rede elétrica no Brasil

Fonte: Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2007)

Com a mudança nas diretrizes para execução de projetos de P&D, através da instituição do manual de 2008, a ANEEL teve como objetivo estabelecer mecanismos para corrigir falhas apresentadas no antigo manual quanto ao incentivo à eficiência da inovação tecnológica no setor. Conforme já argumentado, merece destaque a definição de regras para compartilhamento de receitas provenientes da comercialização de produtos e serviços gerados por projetos de P&D e a inclusão do financiamento de cabeças de série, lotes pioneiros e da inserção no mercado.

Com o novo manual,

“... a ANEEL tornou o controle dos projetos menos burocrático e autorizou as empresas a se apropriarem de 50% a 70% dos benefícios econômicos gerados pelo esforço de P&D, desde que se trate de tecnologias a serem comercializadas, mas não utilizadas pelas próprias empresas GTD (que, diga-se, representa a maior parte do resultado do investimento em P&D).”
(SALLES-FILHO, 2010)

É reconhecido que a mudança nas diretrizes que regem os projetos de P&D do setor de energia elétrica trouxe benefícios ao setor. De acordo com o atual superintendente de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética da ANEEL:

“Uma vez superadas as dificuldades iniciais do novo modelo de investimento em P&D no setor de energia elétrica, e considerado o volume de investimento já realizado e o vasto acervo de conhecimento gerado, tornam-se imprescindíveis esforços na elaboração de projetos com maior aplicabilidade e impacto técnico-econômico para o setor. Essa mudança ou evolução já

vinha ocorrendo, naturalmente, mas ganhou impulso com as novas diretrizes da ANEEL para aplicação dos recursos. Além de ênfase nos resultados e flexibilidade na execução dos projetos, foram criados mecanismos de incentivo à geração de produtos com maior potencial de inserção no mercado e/ou efeito prático para o consumidor final de energia. Espera-se, assim, que os novos projetos de P&D tenham maior contribuição no desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica, reduzindo sua dependência de conhecimento e tecnologia produzidos no exterior.” (POMPERMAYER, 2009, p. 11).

Dessa forma, sob as diretrizes do novo manual, de maio de 2008 a fevereiro de 2011, foram submetidos 1.322 projetos de P&D para avaliação inicial da ANEEL. A Tabela 14 apresenta os valores e os projetos propostos pelas empresas para avaliação inicial da ANEEL³⁴.

Tabela 14– Projetos e investimentos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL (2008/2011)

Ano	Número de Projetos Aprovados	Valor (R\$/Milhões)
2008	35	44.949
2009	301	482.571
2010	570	893.112
2011*	416	1.141.404
TOTAL	1.322	2.562.036

Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>

*Atualizado até 09/11/2011

A distribuição de tais projetos em relação a seus produtos principais propostos para a avaliação inicial pela ANEEL é apresentada na Tabela 15.

³⁴ De acordo com o apresentado, a avaliação inicial dos projetos de P&D elaborados pelas empresas concessionárias não é obrigatório e nem serve de garantia de que o projeto será aprovado em sua avaliação final. Dessa forma, não se pode afirmar que os valores acima representam valores realmente aplicados em projetos de P&D no setor elétrico no período em questão, mas serve para ilustrar o montante de investimentos possíveis e disponíveis para a aplicação.

Tabela 15– Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL em relação a seu produto principal (2008/2011*)

Produto Principal do Projeto	%
Conceito ou Metodologia	33%
Software	18%
Sistema	20%
Material ou Substância	5%
Componente ou Dispositivo	8%
Máquina ou Equipamento	17%

Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>

*Atualizado até 09/11/2011

Passados quase três anos da implantação das novas diretrizes para o investimento em P&D pelo setor elétrico, a grande concentração de projetos cujo produto principal seja Conceito ou Metodologia, Software e Sistema, pode ser um indicativo de que as empresas continuem a privilegiar projetos que se relacionem mais à pesquisa e ao desenvolvimento de soluções para problemas pontuais no seu processo do que em desenvolvimento de novos produtos ou tecnologias que introduzam novidades no setor. Entretanto, a mudança no manual é relativamente recente, o que pode indicar que as empresas estão internalizando competências para a elaboração e gestão de projetos mais ousados de desenvolvimento de novas tecnologias com potenciais de inserção no mercado.

Ao longo desse trabalho, foi argumentado que a elaboração e operacionalização de políticas tecnológicas visando à intervenção na dinâmica da inovação no sistema elétrico é algo longe de ser fácil e trivial. Estudos anteriores tiveram como objetivo avaliar a eficácia de tal política aplicada ao setor em induzir as estratégias das empresas em direção de projetos de inovação tecnológica, e seu resultado:

“os resultados... não indicam o alinhamento dos esforços de inovação com as estratégias corporativas. De modo geral constatou-se o contrário. Os gestores de P&D atribuem média importância aos diversos tipos de atividades inovativas vinculadas ao desempenho da organização, ou no que se refere aos seus reflexos em variáveis importantes para o ambiente em que se inserem.” (QUANDT et al., 2008, p. 254).

Outros autores ainda argumentam que as mudanças nas diretrizes de P&D advindas com o manual de 2008, são tímidas e pouco efetivas.

“A timidez está justamente em insistir na não remuneração do esforço da inovação feita para uso da empresa (produtividade, qualidade). A baixa efetividade está em forçar que as empresas joguem todo o investimento para produzir e comercializar tecnologia (porque aí elas podem se apropriar da parte do benefício gerado). Teremos dezenas de empresas de GTD tentando entrar em mercados oligopolizados de equipamentos e softwares relacionados a energia. Ainda que alguns negócios venham a ser bem sucedidos, não há como imaginar dezenas de “fábricas” de tecnologia competindo pelos mesmos mercados”. (SALLES-FILHO, 2010)

A Tabela 16 apresenta a distribuição dos projetos submetidos para avaliação inicial pela ANEEL em relação à fase da cadeia de inovação das empresas.

Tabela 16– Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL em relação à fase da cadeia da inovação (2008/2011*)

Fase da Cadeia da Inovação do Projeto	%
Pesquisa Básica Dirigida	9,2%
Pesquisa Aplicada	53,8%
Desenvolvimento Experimental	30,6%
Cabeça-de-série	5,4%
Lote Pioneiro	0,9%
Inserção no Mercado	0,2%

Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>

*Atualizado até 09/11/2011

Conforme apresentado, a dinâmica do desenvolvimento tecnológico em determinado sistema é decorrente da conjunção entre diferentes elementos, dentre eles as condições de oportunidades tecnológicas e de apropriabilidade dos ganhos advindos da inovação (MALERBA & ORSENIGO, 1997), responsáveis diretamente pelo grau de comprometimento das empresas com o tema (DOSI, 1988). Tais elementos induzem às empresas a formularem rotinas de buscas comprometidas com a inovação e ao estabelecimento de relações condizentes com a dinâmica tecnológica do setor relacionada às suas oportunidades tecnológicas.

Dessa forma, com base na literatura e nos dados apresentados neste tópico, sugere-se como hipótese a ser testada por esse trabalho que somente a obrigatoriedade de investimento em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em direção a padrões mais elevados de desenvolvimento tecnológico. A política não tem sido capaz de garantir um maior comprometimento das empresas com o tema, não sendo

a inovação um elemento constitutivo da dinâmica competitiva no setor. Também não tem sido capaz de criar relações sistêmicas entre todos os agentes envolvidos no processo de desenvolvimento tecnológico observado no setor, como empresas fornecedoras de equipamentos, institutos de pesquisa e universidades.

A trajetória do desenvolvimento tecnológico no setor elétrico, conforme apresentada em capítulos anteriores, indica que o desenvolvimento de oportunidades tecnológicas passíveis de serem exploradas através de projetos de P&D decorre de um sistema de relações entre empresas concessionárias, universidades e, sobretudo, fornecedores de materiais e equipamentos elétricos. Tal sistema se estabeleceu em todo o mundo como um sistema de longo prazo de troca de informações e tentativa e erro no desenvolvimento de soluções aplicáveis ao sistema. Tal sistema foi constituído pela ação de agentes interessados em obter ganhos econômicos com os resultados da inovação, e tais ganhos se remetem à dinâmica competitiva em cada segmento (geração, distribuição e transmissão) e às possibilidades de apropriação dos ganhos advindos da inovação.

No Brasil, as condições aplicadas ao setor, no que se refere às possibilidades das empresas se apropriarem dos ganhos da inovação, através das diretrizes para os gastos em P&D apresentadas no manual da ANEEL, resultam em baixas possibilidades de apropriação dos frutos da inovação (SALLES-FILHO, 2010). Tal fato contribui para um baixo comprometimento das empresas com o tema, e não as induz ao estabelecimento de rotinas de busca, com base em uma dinâmica sistêmica para a inovação.

O pressuposto básico por trás desta proposição é que as condições de apropriabilidade no setor de energia elétrica brasileiro, tão importante para o padrão da atividade inovativa em setores industriais, não são suficientes para tornar a inovação um elemento importante nas estratégias competitivas das empresas. As condições de apropriabilidade também se relacionam com a dinâmica competitiva do setor, ou como as empresas formulam suas estratégias competitivas e estabelecem suas rotinas de busca por inovação.

Dessa forma, a política tecnológica precisa reconhecer tal dinâmica, respeitando suas especificidades e adequando suas ferramentas políticas ao ambiente que tentará influenciar. Seja através do manejo das condições de apropriabilidade dos ganhos da inovação visando induzir as estratégias da empresa, seja induzindo a constituição de relações entre todos os agentes visando a formulação de um sistema de inovação capaz de gerar as oportunidades tecnológicas necessárias para atender os objetivos da política.

Nos próximos tópicos serão apresentadas questões relativas à dinâmica competitiva no setor em seus diferentes segmentos, que sofre influência das condições de apropriabilidade e oportunidade, induzindo as estratégias de busca de empresas. O objetivo de tal exposição é auxiliar na investigação dos estudos de caso e no teste da hipótese desenvolvida.

Conforme argumentado anteriormente, o atual modelo institucional do setor elétrico tem como um de seus principais objetivos o de garantir a modicidade tarifária através da competição na geração e transmissão, e da regulação por incentivos no setor de distribuição. Assim, para se analisar o regime de apropriabilidade do setor é necessário separar os segmentos de geração e transmissão do de distribuição de energia elétrica e assim estão estruturados os tópicos a seguir.

5.2. Investigação sobre a dinâmica competitiva nos segmentos de geração e transmissão de energia elétrica

É possível se caracterizar a dinâmica competitiva nos segmentos de geração e transmissão de energia elétrica como uma dinâmica onde diferentes empresas disputam a concessão pública para a exploração do serviço de geração ou transmissão de energia. Tal competição se dá na forma de leilões públicos organizados pelo governo para garantir o suprimento de energia e a expansão da rede de transmissão no país. Tais leilões possuem o intuito de garantir uma prática de preços visando a modicidade tarifária e a segurança econômico-financeira das empresas concessionárias (BAJAY, 2010).

Os leilões adotam a metodologia de “leilão holandês”, onde os ofertantes iniciam os lances com seus valores mais altos, limitado a um preço teto estipulado pelo leiloeiro, nesse caso o governo, e vão diminuindo até que toda a demanda seja contemplada na saída do último ofertante.

O importante a se destacar, para os interesses deste trabalho, é que a competição, elemento tão importante para a dinâmica do desenvolvimento tecnológico sob o enfoque evolucionário, se dá somente no momento do leilão promovido pelo governo. Após a venda da energia ou da contratação do serviço de transmissão, as empresas passam a ter suas receitas definidas por contratos que variam de 15 a 30 anos no caso das empresas geradoras de energia elétrica e de 30 anos para as empresas de transmissão. Tais contratos são corrigidos pela inflação e podem ser considerados recebíveis financeiros

de longo prazo e de baixo risco para as empresas, bastando o atendimento aos requisitos técnicos estipulados no contrato de concessão.

Um fator importante a ser observado no segmento de geração e transmissão de energia elétrica, é que dada a complexidade dos investimentos em seus novos ativos, sua estruturação financeira torna-se complexa e na maioria das vezes acontece na forma de um “*Project Finance*”³⁵. De acordo com a literatura especializada no assunto (FARIA, 2003; BONONI & MALAVESI, 2004), para tal estruturação financeira é necessária a criação de uma sociedade de propósito específico (SPE). Cria-se assim, uma nova empresa que será dedicada somente à gestão e operação de um ativo específico, isolando o projeto de geração e transmissão de seus acionistas, que muitas vezes são grandes “*holdings* financeiras” ou consumidores industriais de energia.

A estruturação financeira de um “*Project Finance*” tem como objetivo reduzir os riscos dos envolvidos através da estruturação do projeto de forma isolada de seus investidores. Dessa forma, tais projetos são estruturados para que se mantenha ao longo de toda a vida útil do empreendimento uma relativa autonomia, tanto de seus investidores quanto de seus credores. Para muitas das empresas desses segmentos, o ativo é tido como um ativo financeiro ou uma fonte de um insumo necessário à sua produção. Tal investimento é encarado como um grande ativo imobilizado que gera recebíveis de longo prazo suficiente para a remuneração do capital aplicado a taxas predefinidas, seja através de dividendos ou do consumo próprio de uma energia mais barata. Sendo parcialmente incorporado às operações das empresas envolvidas, as mesmas possuem pouca ingerência sobre sua operação.

Como parte de uma operação estruturada, os investimentos em ativos de geração e transmissão buscam atingir taxas de retorno pré-estabelecidas no momento da estruturação do projeto. É sugerido que o impacto de tal estrutura financeira para a dinâmica competitiva de tais segmentos resulta que as empresas, muitas vezes somente uma SPE, não se sintam induzidas a adotar estratégias competitivas baseadas na inovação. Isso porque a taxa de retorno dos investimentos já realizados muitas vezes

³⁵ O *Project Finance* é uma estruturação financeira que visa viabilizar um determinado projeto de investimento. Geralmente, para essa estruturação é criada uma sociedade de propósito específico (SPE), isolando o projeto dos acionistas. Esta estrutura tem sido utilizada principalmente em projetos de infraestrutura, devido à existência de um fluxo de receitas previsível. Para maiores informações: (FARIA, 2003).

pode ser maior do que as taxas de retorno dos investimentos em novas tecnologias, com maiores riscos envolvidos e fruto de uma estruturação financeira desvantajosa.

Uma vez que a dinâmica competitiva dos segmentos de geração e transmissão está baseada em uma competição para a venda de projetos estruturados na forma de um “*Project Finance*”, as condições para se apropriar dos resultados da inovação estão restritas à incorporação de novas tecnologias e processos que garantam maior retorno aos investidores em tais projetos sob tal estruturação financeira. Dessa forma, sugere-se que tais fatos reforcem a necessidade da política tecnológica do setor induzir as relações sistêmicas com fornecedores e parceiros industriais, e o estabelecimento de programas de desenvolvimento tecnológico de longo prazo para o desenvolvimento de oportunidades tecnológicas para tais segmentos. Pois é necessário que uma determinada tecnologia seja incorporada a um empreendimento em uma fase madura de seu desenvolvimento, pois, para se atingir as taxas de retorno necessárias para não prejudicar a taxa de retorno global do investimento e garantir sua competitividade sob tal dinâmica, é necessário que não haja riscos tecnológicos excessivos nos novos investimentos.

O exposto acima não significa que não há possibilidades advindas da inovação para as empresas do setor. Observa-se no setor que empresas do segmento de geração e transmissão estão se estruturando para se apropriarem dos ganhos advindos das inovações do programa. Será visto nos estudo de caso apresentados no próximo capítulo que determinadas empresas do segmento apresentam uma gestão sofisticada, focando em tecnologias estratégicas de interesse do mercado e da empresa, como fontes alternativas de geração e materiais de supercondutividade para a transmissão. As mudanças advindas com o novo manual induziram as empresas a melhorarem sua gestão e tentarem se apropriar dos ganhos da inovação. Como será visto em tópicos posteriores, determinadas empresas possuem, ou estão desenvolvendo, processos estruturados de aproximação com a indústria fornecedora de equipamentos para garantir maior sucesso em seus investimentos de P&D.

Entretanto é reconhecida pelas empresas entrevistadas a necessidade de processos estruturados e de longo prazo para se auferir ganhos dos projetos de inovação em um segmento com tais características apontadas nesse tópico, e assim, induzir a estratégia competitiva das empresas do segmento à inovação.

5.3. Investigação sobre a dinâmica competitiva no segmento de distribuição de energia elétrica

Conforme apresentado em capítulos anteriores, com as mudanças institucionais ocorridas no setor a partir do final da década de 1980, os países passaram a introduzir a competição através da desverticalização dos segmentos e da introdução de incentivos à eficiência através da modicidade tarifária. No segmento de distribuição, considerado como um monopólio natural, a “competição” foi introduzida através da mudança do regime tarifário praticado até então. Dessa forma, o regime de regulação das tarifas empregadas no Brasil, e em outros países, mudou da Regulação pelo Custo à Regulação pelo Preço (ou Regulação por incentivos).

No regime de regulação pelo custo do serviço, praticado no país durante o período de monopólio estatal, o regulador (o extinto DNAEE) apurava a base de remuneração e os custos operacionais incorridos pela empresa regulada e estabelecia a tarifa necessária para sua remuneração devida. Entretanto, a partir da década de 1980, foi considerado que tal regime tarifário, apesar de ser eficaz para coibir o abuso de poder de mercado dos monopólios naturais, e de proporcionar segurança à empresa regulada quanto à remuneração de seus custos, não oferecia incentivos para aumentar a produtividade de novos investimentos e buscar o aumento da eficiência operacional (LANDI, 2006; INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2011).

Dessa forma, com a mudança institucional do setor, instituiu-se o regime de regulação pelo preço, ou por incentivo, para as empresa distribuidoras de energia elétrica. O novo regime tarifário implica em uma tolerância de tarifas acima do custo de serviço por um prazo pré-especificado. As tarifas passaram a ser reajustadas anualmente e revistas periodicamente visando introduzir mecanismos de “pressão” em monopólios naturais que simulasse a pressão exercida pela concorrência em mercados competitivos. Estes ganhos servem para incentivar a empresa a empreender esforços e investir em inovações que possam resultar na redução do custo do serviço de distribuição (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2011).

No Brasil, a tarifa cobrada pelas distribuidoras é dividida em duas parcelas destinadas a fins específicos. A maior parte da tarifa cobrada destina-se ao pagamento dos custos repassados aos elos a montante do setor (geração e transmissão), além dos encargos setoriais. Esta parte da tarifa é denominada de “Parcela A” e refere-se a custos “não-gerenciáveis” pelas distribuidoras, sendo simplesmente repassados aos seus consumidores. É nesta parcela que se encontram os recursos necessários ao

investimento em P&D das distribuidoras, que, por concepção é considerado como um “custo não-gerenciável”, ou um encargo setorial.

A parcela “A” representa atualmente 71% do total da tarifa de energia elétrica recolhido pelas distribuidoras. Como os custos relacionados a tal parcela referem-se ao repasse dos encargos e dos contratos de suprimento e transmissão, e esses, por sua vez, são definidos através dos leilões, a ANEEL somente regula tal parcela de forma indireta nos editais de tais leilões (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2011).

A parte da tarifa que a ANEEL regula diretamente, e que se destina à remuneração dos serviços das distribuidoras de energia, é denominada “Parcela B”. E essa parcela se relaciona aos custos sob gestão direta da distribuidora. É reconhecido pelo regime tarifário que as distribuidoras incorrem em dois tipos de despesas a serem ressarcidas pela parcela “B”: i) despesas operacionais e ii) despesas de capital. A tarifa que remunera as atividades das empresas de distribuição de energia elétrica pode ser representada pela equação:

$$Parcela\ B\ (R\$/kWh) = \frac{(r - \partial)B + C}{q}$$

Onde:

r: Custo de capital;

∂ : Taxa de depreciação;

B: Base de remuneração;

C: Custo de operação e manutenção; e

q: Consumo de energia elétrica.

A tarifa a ser cobrada pelas distribuidoras é reajustada anualmente pela inflação e revisada periodicamente através de um processo de revisão tarifária. Tal revisão ocorre com frequência que varia de três a cinco anos, conforme estabelecido no contrato de concessão de cada distribuidora. O objetivo de tal revisão é que seja promovido um realinhamento geral de custos de operação e manutenção, base de ativos e remuneração de capital com base na comparação da eficiência entre empresas do mesmo setor. (LANDI, 2006).

A cada processo de revisão tarifária, o desempenho de determinada empresa é aferido pela comparação em relação a uma “empresa de referência”, um “benchmark”, que induza o acompanhamento de aumentos de produtividade e redução de custos

alcançados por outras empresas do setor (LANDI, 2006). Dessa forma, a tarifa de uma empresa é determinada considerando a eficiência de uma empresa em relação a outras empresas do mesmo setor. Se a eficiência da empresa for superior à das outras distribuidoras a sua tarifa poderá ser mantida em patamar que proporcione maior vantagem em relação aos seus custos (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2011). O objetivo dessa metodologia é manter uma estrutura permanente de incentivos para a redução dos custos do serviço de distribuição de energia.

Também como parte do processo de revisão tarifária, é definido um fator “X” para cada empresa, que estará constante nos índices de reajuste tarifário anual com o objetivo de se repassar os ganhos de produtividade que se espera obter ao longo dos anos de um ciclo tarifário³⁶ para os consumidores de energia. Assim, as tarifas de energia das distribuidoras são reajustadas anualmente pela inflação e descontadas por meio do Fator X que representa o ganho de produtividade esperado para a distribuidora. O índice de reajuste tarifário das distribuidoras é definido pela equação a seguir.

$$\text{Índice de Reajuste: } \frac{VPA + VPB \times IGPM \times \text{Fator} \times}{Receita}$$

Onde:

VPA: Valor da Parcela A; e

VPB: Valor da Parcela B;

O Fator X por sua vez, pode ser definido pela equação:

$$\text{Fator } X = (Xe + Xc) \times ((1 - IGPM) - Xa) + Xa$$

Onde:

Xa: Diferença entre o IPCA e IGPM incidente na folha salarial;

Xc: Pesquisa IASC³⁷; e

³⁶ Ciclo tarifário é o nome que se dá aos anos corridos entre uma revisão periódica e outra. Conforme apresentado, tal período pode variar de 3 a 5 anos de acordo com os termos constantes no contrato de concessão assinado pela empresa de distribuição.

³⁷ A pesquisa IASC é uma pesquisa feita pela ANEEL que mede a satisfação do consumidor em relação à distribuidora que o atende.

Xe: Ganhos de escala.

Conforme argumentado, o objetivo do regime de regulação pelo preço, ou por incentivo, é induzir as empresas reguladas do setor à busca contínua pela eficiência, transferindo-a para os consumidores, e assim conquistando a modicidade tarifária. A ideia central por trás de tal regime é a adoção de mecanismos que simulem a pressão competitiva do mercado em setores considerados monopólios naturais, assumindo que tal pressão será suficiente para induzir as empresas à busca por ganhos de produtividade através da inovação.

Entretanto, a análise das fórmulas de tarifação do setor, no que interessa aos objetivos dessa pesquisa, passa a ideia de que os ganhos de produtividade são obtidos de forma passiva, sendo relacionados estritamente à incorporação de novas tecnologias em sua base de remuneração e processos que resultem em redução de custos de operação, além da exploração dos ganhos de escala advindos do monopólio regional.

Essa percepção contradiz a concepção evolucionária do desenvolvimento tecnológico, conforme descrito em capítulos anteriores dessa dissertação. Pesquisas sobre a fonte dos ganhos de produtividade e eficiência em diversos setores da economia, incluindo o setor elétrico, apontam para a mudança técnica decorrente do processo de inovação como sua principal fonte. Também há em tais pesquisas a concepção da inovação como um processo sistêmico decorrente da busca deliberada dos agentes por ganhos advindos da apropriação de seus resultados (FREEMAN & SOETE, 1997). E tal processo inovativo inclui riscos e custos que precisam ser incorporados na avaliação das estratégias de busca das empresas.

Esse fato também é reconhecido por agentes do setor elétrico brasileiro. Em uma recente avaliação do regime de tarifação por incentivo, o Instituto Acende Brasil (2011), destaca que:

“Tais ganhos de produtividade não são obtidos de forma passiva. Eles decorrem de esforços dos gestores das empresas e envolvem custos de assunção de riscos. Não é incomum a adoção de iniciativas que se provem infrutíferas. Para cada inovação redutora de custos bem sucedida a empresa provavelmente tentou outras que não renderam os resultados esperados. Os ganhos de produtividade obtidos desses tipos de iniciativas não são muito previsíveis.” (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2011, p. 19)

Para se obter uma inovação, uma empresa concessionária do serviço de distribuição de energia elétrica deve fazer um investimento em um projeto de P&D. Tal projeto poderá ser financiado com os recursos do programa de P&D da ANEEL, mas deverá também contar com o comprometimento da empresa na gestão e assunção de riscos devidos do projeto. E tal fato gera custos para a empresa que não são contemplados pela política tecnológica aplicada ao setor.

“Tal investimento seria um custo adicional incorrido pela empresas para viabilizar uma redução de custos que seria desnecessária caso a empresas não optasse por adotar a inovação. Da perspectiva do regulador, este gasto seria um custo operacional, e não um investimento, pois não agregaria novos ativos à base de remuneração da empresa. Isso significa que esse “investimento” seria remunerado unicamente pelos incentivos proporcionados pelo regime de regulação pelo preço.” (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2011, p. 20).

Como a remuneração das empresas de distribuição de energia elétrica se dá, em grande medida, através da remuneração do capital investido em sua base de remuneração de ativos, os incentivos para a redução de custos operacionais através de inovações que não se relacionem a tal base se restringem exclusivamente às possibilidades de apropriação dos ganhos operacionais durante o ciclo tarifário em que a redução ocorre.

Por outro lado, é reconhecido pela literatura que tecnologias em sua fase inicial de desenvolvimento apresentam custos maiores do que as tecnologias consideradas maduras, e a incorporação de novas tecnologias na base de ativos das empresas distribuidoras pode ser dificultada pelo processo de revisão tarifária caso não seja reconhecido o custo adicional decorrente da incorporação de uma inovação tecnológica. Também se considera difícil a obtenção de ganhos de produtividade em um período curto como o ciclo tarifário quando se trata de inovações tecnológicas que precisam de uma série de ajustes incrementais para aumentar sua eficiência.

Dessa forma, é proposto que a dinâmica competitiva observada no segmento de distribuição de energia elétrica também pode ser considerada uma das variáveis explicativas à hipótese proposta por esse trabalho. Tal fato se relaciona à dinâmica imposta pelo regime tarifário no setor, pois se torna mais vantajoso para as empresas a incorporação de tecnologias maduras através da compra de equipamentos, muitas vezes sem qualquer transferência de competências tecnológicas, o que induz suas estratégias

competitivas. Dadas as fórmulas aplicadas às empresas em seu processo de revisão tarifária, é visto que para as empresas de distribuição de energia elétrica sua competitividade está relacionada a ganhos na base de ativos e redução dos custos de operação, que muitas vezes são conseguidos pela incorporação de tecnologias estabelecidas e competências em engenharia, não sendo necessário o investimento em inovações.

Dessa forma, ao não ser reconhecida a dinâmica competitiva dos segmentos, a obrigatoriedade de gastos em projetos de P&D passa a ser vista como um encargo setorial que não condiz com a dinâmica empresarial do setor.

Atrelando a esse fato, a restrição para que as empresas do segmento de distribuição se apropriem dos ganhos advindos de inovações tecnológicas quando utilizadas pela própria empresa, faz com que o regime de apropriabilidade do setor elétrico brasileiro, no que se relaciona à distribuição, se torne fraco (SALLES-FILHO, 2010). Assim, a eficácia da política tecnológica para o setor torna-se também pouco eficaz.

Entretanto, como no caso da geração e transmissão, também é observado que em alguns casos as empresas de distribuição de energia elétrica possuem um alto grau de comprometimento com a inovação. Apesar da política tarifária não induzir necessariamente à inovação, existem empresas que possuem ganhos e apresentam estratégias comprometidas com o tema. Tal fato será mais bem explorado no próximo tópico, onde serão apresentados os estudos de caso realizados e encaminhada conclusão dessa pesquisa.

5.4. Estudo de múltiplos casos para a investigação da política tecnológica aplicada ao setor elétrico brasileiro.

Estudos de caso foram feitos para testar a hipótese dessa dissertação de que a obrigatoriedade de se investir parte da receita em P&D não tem sido suficiente para induzir as empresas em direção à busca por desenvolvimento tecnológico. Foi visto que a política deve tentar induzir a dinâmica de desenvolvimento tecnológico no setor através de mecanismos que garantam maior comprometimento das empresas com o tema, possibilitando a constituição de um sistema de relações que envolva toda a cadeia de valor da indústria de energia elétrica.

Para testar as hipóteses desenvolvidas nesse trabalho, de que a política tecnológica não tem sido eficiente em induzir o comportamento das empresas em direção à inovação, sendo tal fato sendo relacionado ao descolamento entre as ferramentas de

política e à dinâmica setorial, foram feitos estudos de casos com o objetivo de compreender como as empresas estão fazendo a gestão de seus programas de P&D. Foram realizadas 13 entrevistas em 8 empresas do setor que abrangem toda sua cadeia de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A Tabela 17 apresenta o perfil das empresas entrevistadas em relação a seus recursos para investimento em P&D.

Tabela 17– Empresas entrevistadas no estudo de caso.

Empresa	Segmento de Atuação	Volume aproximado de investimento em P&D por ano (R\$ Mil)*	Investimentos já aplicados em P&D (R\$ Mil)
G1	Geração	R\$ 8.000	R\$ 12.700
GD1	Distribuição, Geração	R\$ 57.000	R\$ 250.000
G2	Geração	R\$ 15.000	R\$ 115.000
G3	Geração	R\$ 28.950	n/d
T1	Transmissão	R\$ 6.000	R\$ 30.500
G4	Geração	R\$ 10.000	n/d
GD2	Distribuição, Geração	R\$ 14.300	n/d
GD3	Distribuição, Geração	R\$ 22.000	R\$ 240.000

Fonte: Elaboração Própria

*Os valores apresentados foram informados pelos entrevistados e se referem ao valor médio anual gasto em projetos, considerando a porcentagem anual da receita mais o saldo positivo da conta de P&D acumulada.

Entrevistas semiestruturadas auxiliaram na busca de indicadores que permitam investigar as proposições definidas como hipóteses a serem testadas neste estudo de caso. Para cada questão foram definidos indicadores para a análise dos resultados da entrevista.

Os indicadores que se referem à investigação sobre o comprometimento das empresas com a inovação foram: i) a estrutura dos departamentos responsáveis pela P&D; ii) a origem dos projetos, através dos processos de seleção de propostas; e iii) os critérios de seleção de projetos. Para se identificar as relações existentes entre os diferentes agentes que compõem o sistema tecnológico de energia elétrica e suas respectivas expectativas em relação ao programa, buscou-se identificar iv) os critérios de busca e seleção de parceiros para os projetos e; v) os resultados encontrados e previstos pelos gerentes de P&D das empresas em relação a utilização e apropriação dos ganhos dos projetos pela empresa e, sucessivamente, pelo sistema.

Os estudos de caso foram subsidiados com uma pesquisa exploratória baseada na literatura, em dados secundários e em entrevistas que possibilitem a investigação do

comportamento das concessionárias no que tange o desenvolvimento tecnológico e sua resposta à obrigatoriedade do investimento. Para isso, foi constituído um banco de dados com 770 projetos de P&D executados entre 2000 e 2011.

Como um dos critérios para se compreender o grau de comprometimento das empresas com seu programa de P&D, primeiramente foram avaliadas as estruturas das áreas responsáveis pelo P&D nos casos estudados. Sugere-se que empresas que possuem áreas especificamente estruturadas para a inovação, subordinadas a diretorias diretamente relacionadas a assuntos estratégicos à empresa, podem apresentar maior possibilidade de sucesso no desenvolvimento de novas inovações do que empresas com áreas desestruturadas e subordinadas a diretorias sem uma atuação direta na estratégia da corporação. A Tabela 18 apresenta a estrutura da área responsável pela gestão do programa de P&D nos casos estudados.

Tabela 18– Estrutura dos Departamentos Responsáveis pelo P&D nos casos estudados

G1	A gerência de P&D fica subordinada à Diretoria de Regulação da empresa. Conta com dois profissionais dedicados a gestão do programa de P&D.
GD1	Até 2010 não havia nenhuma área dedicada à gestão do programa de P&D. A partir de 2010 foi criada a gerência de P&D que era subordinada à Diretoria de Regulação da Vice-Presidência de Assuntos Regulatórios da empresa. A partir de 2011 foi criada a Diretoria de Inovação vinculada a Vice-Presidência de Recursos Humanos, à qual passou a ser subordinada a Gerência de P&D. Atualmente a gerência conta com 11 profissionais para a gestão do programa.
G2	A área responsável pelo P&D na empresa fica subordinada ao departamento de operação e produção da diretoria de planejamento. Possui 5 funcionários responsáveis por fazer a gestão do programa de P&D da empresa.
G3	O departamento responsável pela gestão do P&D conta com 2 funcionários e está subordinado ao Departamento de Planejamento e Expansão da diretoria de Engenharia e Construção da empresa.
T1	A área de P&D costumava ficar subordinada a diretoria de assuntos regulatórios, entretanto, após recentes mudanças na empresa a área passou a ser subordinada diretamente à presidência, na área de gestão estratégica. A área de P&D possui 3 funcionários
G4	A área de P&D da empresa fica subordinada à diretoria de empreendimentos, sendo composta por 3 funcionários.

GD2	Existem duas áreas com responsabilidades vinculadas ao P&D na empresa. A diretoria de estratégias de inovação é subordinada diretamente à presidência e lida com as estratégias de inovação no longo e médio prazo com uma visão maior em novos mercados e marketing. Essa diretoria possui orçamento próprio e não conta com a verba do P&D da ANEEL. A superintendência de Tecnologia é a área responsável por administrar e executar o orçamento de P&D relacionado ao programa da ANEEL. Ela está subordinada à vice-presidência de distribuição e é responsável pela gestão de todos os projetos de P&D da empresa. Possui 3 funcionários.
GD3	A área responsável pelo P&D na empresa está subordinada à divisão de engenharia e planejamento, uma divisão operacional da empresa subordinada a diretoria de engenharia e gestão de redes da vice-presidência de distribuição. Possui 16 funcionários.

Fonte: Elaboração Própria

No que se refere ao comprometimento das empresas com seus programas de P&D, e consequentemente com a inovação, buscou-se extrair a partir dos estudos de caso informações sobre os processos de geração e captação de ideias na gestão de seus programas de P&D. Tal processo pode ser utilizado como um indicador do alinhamento entre os projetos e a estratégia corporativa da empresa, o que sugere um maior comprometimento com o tema.

Empresas que possuem um processo de geração e captação de ideias de projetos de P&D desarticulados podem apresentar menor comprometimento e, possivelmente, menor possibilidade de sucesso do programa no desenvolvimento de novas tecnologias que contribuam para o aumento da eficiência do sistema elétrico (COOPER, 2008).

Outras questões tiveram como objetivo identificar as principais características dos processos de seleção de projetos de P&D da empresa, atentando para os critérios de escolha e gestão dos projetos. Critérios como viabilidade econômica, redução de custos operacionais, melhoria no atendimento do serviço, custo da proposta, etc. podem ser indicadores valiosos para a compreensão do comprometimento da empresa com a inovação e o aumento da eficiência do setor. Por outro lado, critérios como o atendimento à obrigação regulatória pode indicar baixo comprometimento com a inovação.

No que se refere à captação de ideias para projetos de P&D, as empresas entrevistadas, em sua maioria, não apresentam processos formais baseados em algum tipo de planejamento estratégico para inovação. Grande parte das empresas atribui às áreas técnicas a responsabilidade de gerar demandas para se aplicar os recursos do programa de P&D da ANEEL. Suas áreas responsáveis pelo P&D atuam como

facilitadores nesse processo, sendo responsáveis pelos processos de formatação dos projetos em relação à regulação da agência.

Grandes empresas do setor entrevistadas apresentaram um baixo grau de comprometimento com sua gestão do programa de P&D. Como exemplo, a empresa GD1, uma das maiores empresas do setor elétrico nacional, até o ano de 2011, não possuía nenhum processo de gestão do programa, nem mesmo um departamento responsável por sua gestão. Na empresa, a responsabilidade da gestão do programa de P&D ficava com a área de assuntos regulatórios. A prática da empresa é induzir os departamentos técnicos a demandarem projetos ou a buscar universidades para executar o programa sem nenhum tipo de alinhamento estratégico estabelecido previamente.

Outras empresas, como, por exemplo, a G2, dependem, quase que exclusivamente, das relações com universidades locais para a proposição e execução de projetos de P&D, não possuindo nenhum tipo de planejamento tecnológico na empresa.

Por outro lado, os estudos de caso demonstram que há empresas com processos formais de captação de novos projetos no âmbito da gestão do programa de P&D atrelados a esforços tecnológicos aderentes a seu planejamento, e que existem empresas que atribuem grande importância à inovação e apresentam esforços no desenvolvimento de competências para inovar.

Como exemplo desse caso, na empresa GD2 os projetos de P&D são tidos como projetos prioritários e os fornecedores de tecnologia precisam enquadrar seus projetos e fornecer parte de suas soluções através de projetos de P&D com transferência de conhecimento e tecnologia. Em cada projeto de engenharia da empresa também é destacada uma equipe para investir em projetos de P&D, e, algumas vezes, tal investimento é feito com verba do próprio projeto, não dependendo de verbas do programa da ANEEL. Segundo os entrevistados, tal prática se deve aos critérios estabelecidos pela agência para avaliação dos projetos, que muitas vezes não condiz com a dinâmica de inovação, dessa maneira a empresa opta por investir parte de seus recursos ao invés de se submeter à agência. A empresa possui um planejamento com 5 áreas definidas para investimentos em projetos de P&D. Tal planejamento foi desenvolvido por uma diretoria de estratégias de inovação subordinada à presidência do grupo.

Existem ainda outras empresas que possuem um processo formal de desenvolvimento de novos projetos, mas que ainda estão em fase de desenvolvimento em relação à gestão, não sendo, ainda, totalmente comprometidas com o tema. Como

exemplo, a empresa GD3 costuma fazer *workshops* internos para a seleção de projetos provenientes das áreas operacionais. Com base nessa seleção a empresa desenvolve clusters de propostas que são trabalhados pela equipe de P&D e busca-se torná-los projetos atrelados às áreas prioritárias definidas pelo departamento responsável pelo programa. Entretanto tal empresa não possui um planejamento tecnológico definido, e o processo de seleção de projetos torna-se pouco criterioso no que se refere a seus resultados.

Em relação ao desenvolvimento de propostas e à seleção das mesmas, os estudos de caso indicam que há uma relação entre as empresas que apresentam processos formais de seleção e o desenvolvimento de propostas decorrente de um planejamento tecnológico definido pela empresa através de áreas estratégicas. E tais empresas manifestaram ganhos com os projetos desenvolvidos no âmbito do programa, enquanto que empresas que não apresentam estruturas formais de gestão tecnológica muitas vezes sequer avaliam os resultados dos projetos depois de concluídos.

A Tabela 19 apresenta os resultados extraídos das entrevistas para os indicadores selecionados para a investigação sobre o comprometimento das empresas com a política tecnológica do setor através dos processos de captação e seleção de propostas de projetos nas empresas.

Tabela 19 – Resultados dos Estudos de Caso para os indicadores sobre captação e seleção de projetos de P&D

	Da captação das propostas de projetos de P&D	Do Processo de Seleção de projetos
G1	Processo de captação não formal. Atendente basicamente demandas internas das áreas técnicas sem um planejamento definido.	A seleção dos projetos é feita com base em critérios subjetivos, não há um planejamento estratégico com áreas e critérios de seleção pré-definidos.
GD1	Processo de captação não formal. Baseada em demandas internas das áreas técnicas.	A empresa não possui nenhum planejamento estratégico de inovação definido.
G2	A empresa abre anualmente chamadas públicas para a captação de propostas com base em demandas das áreas técnicas da empresa.	Não há um plano de desenvolvimento tecnológico nem critérios pré-estabelecidos para a aprovação de projetos.
G3	Não há um processo estruturado de captação de projetos na empresa, as ideias surgem de demandas das áreas técnicas, muitas vezes fomentadas pela equipe de P&D.	Propostas são selecionadas através de um comitê de inovação não há nenhum tipo de alinhamento ou definição estratégica formal em relação à empresa.

T1	A empresa desenvolveu no último ano um processo estruturado de captação de projetos integrado ao planejamento estratégico de P&D e gestão do conhecimento da empresa.	Existe um grupo interno que avalia os projetos com base nos temas críticos definido pelo planejamento estratégico da empresa.
G4	A captação das propostas da empresa se baseia nas demandas das equipes de operação e manutenção, meio ambiente e da demanda de acionistas.	Não há um plano de desenvolvimento tecnológico e de inovação definido para a avaliação de propostas. Somente critérios regulatórios.
GD2	A empresa possui processos formais de geração de projetos. A empresa possui um planejamento com 5 áreas definidas para investimentos em projetos que são desenvolvidos dentro da diretoria de estratégias de inovação	Os projetos são avaliados de acordo com a aderência ao plano de desenvolvimento tecnológico da empresa e são submetidos a um " <i>innovation team</i> ".
GD3	Há processo formal de seleção de propostas para projetos de P&D na empresa, sendo integralmente restrito às áreas internas da empresa.	O critério para a seleção de projetos é a aderência às áreas definidas pelo setor de P&D da empresa. Tais áreas estratégicas foram definidas sem um alinhamento com o planejamento estratégico da empresa.

Fonte: Elaboração própria

As entrevistas também tiveram como objetivo extrair elementos para a análise das relações estabelecidas pelas empresas com os demais agentes envolvidos em um sistema de inovação. Sugere-se que a primazia de uma classe de agentes, ou a falta de critérios para a seleção de parceiros, pode sugerir uma falha no processo de captação e gestão de projetos da empresa, bem como sugere pouco comprometimento com a inovação em toda sua cadeia.

A compreensão das expectativas quanto aos resultados dos projetos pela empresa pode indicar o grau de comprometimento da empresa com a inovação e com o desenvolvimento tecnológico, uma vez que é reconhecido que as expectativas em relação à apropriação dos ganhos advindos com a inovação é o elemento que explica o grau de comprometimento das empresas com o tema (DOSI, 1988). Essa variável pode ser chave para a explicação da dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor, uma vez que as empresas concessionárias possuem papel chave nesse sentido³⁸.

Da mesma forma, foi observado que a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor de energia elétrica pode ser caracterizada como dominada pelo fornecedor, e esses, por sua vez, como sendo baseados em ciência. Espera-se assim que o processo de

³⁸ Para um maior aprofundamento sobre o papel das concessionárias para o desenvolvimento tecnológico no sistema elétrico sugere-se a leitura da obra de Hirsh (1989) que consta no referencial deste trabalho.

desenvolvimento tecnológico em setores com essas características possua uma rede de relações complexas envolvendo universidades, empresas fornecedoras, consultorias, ICTs, etc. (PAVIT, 1984).

Os estudos de caso sugerem, entretanto, que as empresas do setor elétrico desenvolvem grande parte de seus projetos estritamente com universidades, e seu principal critério é atender à regulação mantendo baixo risco de glosa nos projetos. Dessa forma, as empresas, em sua maioria, não apresentam critérios estabelecidos e alinhados para a seleção de parceiros para a execução de projetos de P&D.

Para se investigar a eficácia da política em induzir relações sistêmicas entre os diversos atores que fazem parte da cadeia de valor da indústria e do setor de energia elétrica, foram buscados indicadores que possibilitassem verificar as relações existentes entre os diferentes agentes que compõem o sistema tecnológico de energia elétrica e suas respectivas expectativas em relação ao programa. Buscou-se identificar: i) os critérios de busca e seleção de parceiros para os projetos e; ii) os resultados encontrados e previstos pelos gerentes de P&D das empresas em relação à utilização e apropriação dos ganhos dos projetos pela empresa e, sucessivamente, pelo sistema. A Tabela 20 apresenta os resultados extraídos dos estudos de caso em relação a tais indicadores.

Tabela 20– Resultados dos Estudos de Caso para os indicadores sobre seleção de parceiros e expectativas em relação aos projetos de P&D.

	Dos critérios de busca e seleção de parceiros para a execução de projetos de P&D	Das expectativas e do acompanhamento dos resultados dos projetos de P&D
G1	Como não há na empresa nenhum processo formal de seleção de projetos, também não há processo de seleção de parceiros.	Não há processo de avaliação dos impactos de projetos já concluídos na empresa. A empresa não possui metodologia de avaliação de projetos de P&D.
GD ₁	Não há processo de seleção de parceiros, estes são buscados através de quesitos como confiança, ou mesmo apresentados pelas áreas técnicas que propõem projetos de P&D.	Não há processo de avaliação dos impactos de projetos já concluídos. A empresa está em fase de definição de um planejamento tecnológico com base no planejamento corporativo da empresa.
G2	Os principais agentes responsáveis pela execução de projetos na empresa são universidades. Prioriza-se a seleção de entidades conhecidas e próximas a área de atuação da empresa.	Não há procedimentos estabelecidos de acompanhamento de projetos de P&D após sua execução. A principal expectativa da empresa é atender a meta regulatória, possivelmente trazendo algum benefício à empresa.

G3	Por ser uma estatal, a empresa é obrigada a “contratar” projetos através de chamadas públicas. Assim, a seleção de parceiros passa a ser feita através da chamada.	A empresa não possui nenhuma patente, nem existe um processo de acompanhamento dos projetos já executados. A expectativa maior em relação ao programa é atender as exigências da ANEEL.
T1	De todos os projetos desenvolvidos pela empresa, a grande maioria foi feito por universidades. Recentemente a empresa passou a buscar parcerias com indústrias para fornecer equipamentos oriundos do P&D, entretanto ainda não foi realizado nenhum convênio.	A empresa possui 5 patentes reconhecidas, tendo mais uma em processo. Segundo cálculos da área de P&D, de todos os projetos já finalizados aproximadamente 38% foram implantados e são utilizados na empresa.
G4	A empresa tem como principais parceiros para a execução de projetos universidades. E têm como critérios de seleção a competência do parceiro em determinada área e a familiaridade com o programa de P&D da ANEEL.	A empresa tem como expectativa desenvolver projetos que atendam à regulação, e que tragam retorno para a empresa. Também tem como foco buscar projetos que reduzam os custos de operação dos projetos da empresa.
GD 2	Como grande parte dos projetos surge dos projetos de engenharia que envolva tecnologia, a busca por parceiros se dá de acordo com as demandas dos projetos específicos.	A empresa possui um mecanismo formal de acompanhamento de projetos na empresa. Tendo um funcionário dedicado a essa atividade. Existe um “spin-off” da empresa que surgiu de um projeto de P&D e hoje fatura aproximadamente R\$ 100 milhões.
GD 3	Atualmente o principal critério para a seleção de parceiros é a experiência em projetos anteriores. A manutenção de parceiros antigos tem sido um critério preponderante para a formação de novos projetos de P&D.	A principal orientação do departamento responsável pela seleção dos projetos de P&D é a seleção de projetos orientados a produtos com risco regulatório zero.

Fonte: Elaboração própria

Para auxiliar ainda na investigação sobre a eficácia da política em induzir o estabelecimento de relações entre os diversos atores do setor, foram feitos estudos em dados secundários para identificar, de forma quantitativa, as parcerias estabelecidas entre as empresas do setor e os demais agentes na execução de projetos de P&D.

Foram analisados 770 projetos desenvolvidos por empresas do setor nos últimos 10 anos sob a regulação da ANEEL. A busca por tais projetos se deu através da página na internet de concessionárias, sendo estas representantes de grande parte do setor em seus três segmentos. Os projetos foram analisados em relação a seus executores. Foram identificados 4 tipos de executores de projetos de P&D nas empresas, sendo eles: i) universidades; ii) empresas; iii) Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) e empresas de Consultoria; e iv) projetos feitos em consórcio entre universidades, ICTs e/ou empresas.

Do total de projetos analisados, 59% foram executados por universidades, sendo que muitos destes projetos foram realizados por um conjunto de universidades. Somente 8% dos projetos foram realizados por empresas fornecedoras, 18% foram realizados por ICTs ou por empresas de consultoria, e 15% dos projetos foram feitos por consórcio entre universidades e empresas. A Figura 14 apresenta a distribuição dos projetos analisados entre seus executores.

Figura 14– Distribuição dos projetos de P&D em relação a seus executores.

Fonte: Elaboração Própria

Com o objetivo de identificar a relação existente entre as empresas do setor e as universidades executoras selecionadas para os projetos, foram analisadas, nos projetos constantes no banco de dados supracitado, a proximidade física entre ambas. Sugere-se que, de acordo com o observado na literatura e nos estudos de caso, dado o baixo comprometimento com a inovação, as empresas podem possuir poucos critérios de seleção de parceiros para a execução de projetos de P&D no que se relaciona diretamente às competências tecnológicas dos mesmos. Grande parte das universidades selecionadas para a execução dos projetos podem possuir relações com as empresas contratantes por serem, em sua maioria, da mesma região e serem selecionadas pela confiança em relação ao risco regulatório dos projetos. Dessa forma, foram analisadas

as universidades selecionadas pelas empresas do setor em relação a sua área de concessão.

Nessa análise, para empresas de distribuição, foram consideradas as universidades constantes dentro da área de concessão da empresa. Para empresas de transmissão e geração, foram consideradas as universidades que estão na mesma região da sede da empresa. Assim, foram analisados os 569 projetos constantes na base de dados que possuem como executora ao menos uma universidade ou algum laboratório ligado diretamente a ela. Dessa forma, observa-se que 77% dos projetos realizados com participação de universidades, são executados por universidades da mesma área de concessão ou da região da empresa.

Tal fato, atrelado aos resultados obtidos nos estudos de caso, são indícios de que as empresas buscam suas parcerias para desenvolver projetos de P&D com base em critérios como conhecimento prévio, confiança e proximidade. Tendo sido observado que critérios de competência para atingir resultados esperados são pouco relevantes para a seleção de tais entidades para a realização de projetos³⁹.

Com base nos resultados apresentados, os casos foram classificados como aderentes ou não aderentes à hipótese a ser testada, de que a política tecnológica do setor não tem sido suficiente para induzir o comportamento das empresas para um maior comprometimento com projetos de inovação, observado desde a captação e seleção de propostas à execução com parceiros que compreendam todo o sistema tecnológico na qual estão imersas.

Foram considerados como aderentes à hipótese desenvolvida os casos que apresentaram baixos níveis de formalidade nos seus processos de gestão, que não possuem definições de estratégias tecnológicas, que não possuem métricas de avaliação de projetos e propostas, que não possuem métrica de acompanhamento dos resultados dos projetos, dentre outros elementos que demonstrem baixo comprometimento com a gestão do programa e com a inovação.

Por outro lado, foram considerados como parcialmente aderentes à hipótese, casos que apresentaram alguns elementos como critérios de seleção de parceiros e projetos

³⁹ É reconhecido, por outro lado, que a proximidade e a confiança entre os parceiros de projetos de P&D são elementos de grande relevância para sua seleção. Existe na literatura apontamentos que indicam que tais fatores são relevantes para explicar tais relações, inclusive quando observados através de bancos de patentes (JAFTE & TRAJTENBERG, 2002).

articulados a uma estratégia tecnológica pré-estabelecida, além de demonstrarem recentes movimentos de mudança em direção a uma maior formalização dos processos de gestão, mas que ainda não possuem métricas e critérios de seleção e acompanhamento de projetos estabelecidos.

Por fim, é considerado como não aderente os casos que demonstraram um alto grau de compromisso com a inovação, com processos formais, critérios de seleção de parceiros e projetos advindos do planejamento tecnológico e estratégico da empresa, metodologias de avaliação dos resultados, utilização de recursos não advindos da obrigação regulatória, dentre outros elementos observados. A Tabela 21 apresenta o resultado final dos estudos de caso para cada empresa analisada em relação à hipótese testada.

Tabela 21– Resultado dos Estudos de Caso em relação à aderência a hipótese testada

G1	Adere
GD1	Adere
G2	Adere
G3	Adere
T1	Adere Parcialmente
G4	Adere
GD2	Não Adere
GD3	Adere Parcialmente

Fonte: Elaboração Própria

Conforme se pode observar, considera-se que a hipótese testada se confirma. A maioria das empresas estudadas apresentou baixo comprometimento com o desenvolvimento tecnológico, sendo que somente uma empresa estudada apresentou uma gestão comprometida e sofisticada, inclusive colhendo resultados de seu programa de P&D. Outras duas empresas se mostraram em processo de internalização de competências para auxiliar sua gestão do programa, e para isso reestruturaram seus departamentos e desenvolvem esforços em prospecção de parceiros industriais e definição de estratégias corporativas para a inovação, mas tais esforços ainda não apresentaram resultados.

No que se relaciona às relações estabelecidas para a inovação, observou-se, através do banco de dados constituído, que as empresas, em sua maioria, buscam executar projetos com universidades, geralmente localizadas próximas à sua área de

concessão/atuação, visando mitigar os riscos regulatórios. E o pequeno número de projetos realizados com empresas fornecedores de equipamentos sugere um baixo comprometimento com os resultados do projeto em relação ao desenvolvimento tecnológico, objetivo da política empregada no setor. No próximo capítulo serão apresentadas as implicações, conclusões e da pesquisa com base nos resultados apresentados.

6. CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa teve como objetivo investigar a eficácia da política tecnológica aplicada ao sistema elétrico brasileiro em induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor. Tal investigação foi feita com base na teoria evolucionária do desenvolvimento tecnológico, através de estudos de caso para se testar a hipótese desenvolvida de que somente a obrigatoriedade de investimento em projetos de P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no sistema elétrico brasileiro.

Com base na teoria partiu-se da concepção de que inovações não são meros meios de solucionar problemas no atual estado de determinada tecnologia. E que dificilmente é possível ter sucesso através da elaboração de projetos de P&D desconectados das estratégias das empresas e do mercado. Tal processo é muito mais dinâmico e faz parte de um complexo sistema recursivo, de complementaridade tecnológica e científica, que se apoia nas relações estabelecidas entre os agentes envolvidos em determinado sistema tecnológico. Tal processo também demanda certo grau de liberdade e se caracteriza como um processo de tentativa e erro, onde as empresas buscam ganhos através da incerteza inerente do processo inovativo.

Esta pesquisa conclui que somente a obrigatoriedade de investimento de uma porcentagem da receita das empresas em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em direção a padrões mais elevados de desenvolvimento tecnológico. A política não condiz com a dinâmica da inovação no setor, que, conforme observado na literatura estudada pode ser considerada como dominada pelos fornecedores (PAVITT, 1984). Tal tipologia implica que a inovação no setor dependente de um encadeamento tecnológico entre empresas concessionárias, empresas fornecedoras de equipamentos e tecnologias, universidades e ICTs.

Para se aumentar as possibilidades de sucesso em induzir a dinâmica da inovação, a política tecnológica deve ter como um de seus objetivos o de gerar as condições dinâmicas que induza os agentes do sistema a um maior comprometimento com o tema. E, dessa maneira, fomentar o estabelecimento de relações entre agentes que visam obter ganhos com a inovação.

Foi sugerido que a dinâmica da inovação pode ser caracterizada por dois elementos chave. Em primeiro lugar, sua dinâmica é caracterizada pelas relações sistêmicas

existentes entre os diversos agentes que compõem determinado sistema tecnológico. E em segundo lugar, o comprometimento da empresa, em sua busca por ganhos advindos do processo de inovação é o elemento central e indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico. É através da busca deliberada dos agentes envolvidos em determinado sistema que emergem novas tecnologias e soluções que aumentem a produtividade e eficiência dos sistemas tecnológicos. E é através do comprometimento das empresas com a inovação que se torna possível induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico em determinado setor.

A detecção de oportunidades tecnológicas e as condições de apropriabilidade respondem, em parte, pelos padrões setoriais de inovação (MALERBA & ORSENIGO, 1997), e, no caso específico do setor elétrico, a apropriação dos ganhos de inovação se relaciona a política tarifária do setor. Entretanto, é importante saber o quão determinante são tais variáveis para explicar o comprometimento das empresas e avaliar a eficácia da política tecnológica aplicada ao setor em induzir a dinâmica do sistema em direção a maiores níveis de atividade inovadora. Dessa forma, a política tecnológica do setor se enfraquece em não reconhecer a dinâmica específica de cada segmento do sistema, sendo reconhecido que empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica estão submetidas a políticas tarifárias, dinâmicas competitivas e oportunidades tecnológicas distintas.

Malerba & Orsenigo (1997) formam a base do argumento teórico utilizado para a investigação proposta nessa dissertação. Tais autores buscam demonstrar que a dinâmica da inovação é dependente de um conjunto de fatores que, agrupados de forma específica, respondem pela dinâmica da inovação em determinado setor. Para ser possível uma análise mais criteriosa dos determinantes da dinâmica no setor elétrico, é necessário buscar demonstrar a composição relativa às quatro dimensões responsáveis por ela, ou seja, segundo os autores é a composição entre a base de conhecimento, a trajetória desenvolvida pela evolução do sistema, as oportunidades tecnológicas e as condições de apropriabilidade que determinam a dinâmica da inovação em determinado sistema tecnológico.

A base de conhecimento no qual se apoia o setor bem como sua trajetória tecnológica precisa ser avaliada para possibilitar a compreensão das competências estabelecidas e sua dinâmica evolutiva. Tais competências podem influir na dinâmica do setor uma vez que representam as capacidades tecnológicas e gerenciais que moldam o

comportamento empresarial no setor e se relacionam diretamente às oportunidades tecnológicas percebidas por elas.

As oportunidades tecnológicas são elementos que induzem as rotinas de busca das empresas. Por trás dos avanços tecnológicos estão percepções de engenharia e crenças em oportunidades tecnológicas a serem exploradas no mercado. Tais percepções e expectativas sobre quais problemas a resolver, e qual sorte de conhecimento utilizar são divididas e aceitas no mercado, e se referem ao que na literatura se conceituou de paradigmas tecnológicos (DOSI, 1982). Entretanto, tais percepções de oportunidade tecnológica podem não ser homogêneas entre todas as empresas de determinado sistema. E sua base de conhecimento e sua trajetória impactam nas possíveis percepções das oportunidades tecnológicas que moldarão suas estratégias de busca.

Tais elementos precisam ser melhor explorados em pesquisas futuras para possibilitar a compreensão dos impactos da relação entre a base de conhecimento e da trajetória tecnológica que definirão as competências estabelecidas nas empresas do setor e que, por sua vez, as possibilitarão perceber oportunidades tecnológicas distintas. Ou seja, é possível afirmar que oportunidade tecnológica não é um elemento estático e parcialmente exógeno ao sistema, sendo um dado homogêneo e perceptível a todos seus agentes. Oportunidades são percebidas e construídas através das rotinas de busca das empresas, e a capacidade de percepção e constituição de oportunidades em um determinado sistema tecnológico é função das competências estabelecidas em tal sistema. Assim, há uma relação recursiva entre tais elementos, o que torna difícil a avaliação da dinâmica em um sistema isolando um ou outro elemento destacado por Malerba & Orsenigo (1997).

Esse fato pode ajudar a explicar porque diferentes empresas sujeitas às mesmas condições de competição e de apropriabilidade apresentam graus de comprometimento diferente em relação à inovação, conforme pode ser observado através dos estudos de caso desenvolvidos nessa pesquisa. E essa é uma lacuna deixada e que deve ser explorada em pesquisas futuras.

Embora seja reconhecido tal fato, a importância das condições de apropriabilidade para a avaliação da dinâmica de determinado sistema e para a formulação de políticas tecnológicas, é que as razões pelas quais determinadas expectativas em relação às oportunidades tecnológicas são desenvolvidas, divididas e aceitas entre as empresas de um mesmo setor, se relaciona aos fatores econômicos da dinâmica do mercado no qual atuam, e tais fatores são em parte influenciados pelas condições de apropriabilidade.

Mesmo sendo reconhecido que tais fatores também se relacionam às limitações cognitivas relacionadas à base de conhecimento que moldam as estratégias de busca das empresas, é considerado um importante elemento explicativo para a investigação sobre o grau de comprometimento das empresas do setor com o tema.

Os resultados da pesquisa demonstram que a hipótese de que a política tecnológica aplicada ao setor elétrico não tem sido eficiente em induzir o comprometimento das empresas com a inovação se confirma. É possível argumentar que a proposição apresentada, de que tal hipótese se relaciona ao baixo comprometimento das empresas com o tema, que não são induzidas a assumirem um comportamento condizente com a dinâmica de inovação no setor, dadas suas percepções de oportunidades e suas condições de apropriabilidade, é uma importante variável explicativa para a avaliação da política tecnológica no setor. Entendendo as condições de apropriabilidade, conforme definidas por Malerba & Orsenigo (1997), como a possibilidade de se apropriar dos ganhos da inovação, e considerando que tal fenômeno se relaciona às práticas concorrenciais do setor, o setor elétrico não apresenta condições que tornem a concorrência pela inovação um elemento a ser considerado estratégico pelas empresas. Essa é uma conclusão dessa pesquisa.

Entretanto, é reconhecido que as empresas vêm desenvolvendo competências tecnológicas e de gestão ao longo dos anos, e, em sua maioria, estão reestruturando suas áreas de P&D para aumentar as possibilidades de se obter ganhos com a inovação. Algumas empresas já apresentam uma gestão sofisticada e desenvolvem projetos audaciosos e é possível observar uma clara evolução ao longo dos anos na forma como as empresas lidam com a questão da inovação.

Dessa forma, considera-se uma importante lacuna a ser explorada em pesquisas futuras a busca pela compreensão da evolução da conjunção dos quatro elementos constitutivos da dinâmica do desenvolvimento econômico no setor elétrico brasileiro, e assim contribuir para o estabelecimento de ferramentas de política tecnológica que melhor se adeque a sua dinâmica.

Uma vez que o processo de inovação é um processo complexo, recursivo e sistêmico, baseado em um processo de tentativa e erro, é necessário reconhecer que para lidar com tal fenômeno as empresas estabelecem rotinas de busca baseadas em seu aprendizado. Tal aprendizado se relaciona ao próprio processo dinâmico ao qual estão submetidas, e seu comprometimento com a inovação está diretamente relacionado às

possibilidades de ganhos com as mesmas, e são decorrentes da dinâmica competitiva dos mercados nos quais atuam.

Observou-se que, em decorrência de seu baixo comprometimento, as empresas buscam desenvolver projetos que respondam às obrigações regulatórias com o menor risco possível. Dessa forma, observa-se uma grande quantidade de projetos desenvolvidos exclusivamente por universidades, bem como uma grande concentração de projetos nas fases iniciais da cadeia de inovação. As empresas fornecedoras de equipamentos são praticamente inexpressivas quando se observa os projetos de P&D desenvolvidos nos últimos 10 anos.

Tal fato tem sido reconhecido pelos próprios agentes setoriais envolvidos com o tema da inovação.

“Apesar dos avanços na construção de um arcabouço regulatório mais favorável à criação de uma cultura de inovação no setor e da inserção dessa componente nas estratégias de negócios das empresas, verificam-se, ainda, lacunas nesse processo. Uma delas é a pequena participação da indústria nos projetos realizados. Embora seja crescente a presença de fabricantes de tecnologias nos projetos, ela ainda é pouco expressiva, considerando-se as tendências tecnológicas do setor e os estímulos à realização de projetos com maior potencial de inserção no mercado.” (ANEEL, 2011, p. 15)

Para os segmentos de geração e transmissão, a inovação se mostra um investimento de risco com baixo retorno devido às características financeiras do projeto. Uma vez desenvolvidos, os projetos de geração e transmissão servem como um ativo de renda fixa para as empresas. Investimentos em P&D apresentam riscos muito altos e possibilidades de retornos muito baixos para as empresas que buscam novos investimentos na forma de “*Project Finance*”, que, por princípio, é uma estruturação financeira com aversão ao risco.

Para o segmento de distribuição, foi argumentado que o regime de tarifação aplicado ao setor gera poucos incentivos para as empresas investirem recursos próprios, seja em gestão ou assumindo riscos, em projetos de P&D. A lógica do regime induz as empresas a buscarem ganhos através de suas margens financeiras sobre a base de remuneração de ativos e da eficiência advinda da escala em suas operações. Ganhos de produtividade decorrentes da inovação só poderão ser apropriados durante um ciclo tarifário, uma vez que a empresa não pode obter ganhos sobre tecnologias desenvolvidas por seus projetos e adotadas em sua base de ativos. Produtos tecnológicos em desenvolvimento apresentam custos marginais superiores aos produtos com tecnologias maduras, sua

incorporação não somente aumentaria os custos da empresa em relação à “empresa de referência”, fazendo com que a empresa tenha perdas no processo de revisão tarifária, como também diminuiria a margem líquida da empresa uma vez que seria remunerada com base em um ativo mais barato do que o realmente adotado.

Os resultados não indicam que a política tecnológica tenha atingido seu objetivo, porém, observa-se que as mudanças decorrentes do manual de 2008 tiveram profundos impactos na forma como as empresas lidam com o tema do desenvolvimento tecnológico. Com base nas entrevistas é possível argumentar que as empresas do setor, em sua maioria, estão em fase de reestruturação e passaram a encarar a inovação como uma oportunidade, mais do que como um encargo setorial.

As possibilidades advindas das novas tecnologias, como fontes alternativas de geração, materiais de supercondutividade na transmissão e redes inteligentes de distribuição, indicam que há grandes oportunidades tecnológicas se abrindo no setor. E tal fato também pode influenciar na dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor, conforme argumento apresentado por Malerba & Orsenigo (1997).

Estudar o impacto de tais oportunidades tecnológicas no comportamento das empresas do setor em relação à inovação é um desafio que pode ser explorado por pesquisadores interessados em complementar os trabalhos aqui desenvolvidos.

A execução dessa pesquisa gerou reflexões que lançam luz às suas conclusões, e que deverão ser desenvolvidas em pesquisas futuras. É necessário buscar ferramentas de políticas tecnológicas que se relacionem à dinâmica competitiva do setor para aumentar as probabilidades de sucesso na indução do comportamento das empresas em relação à inovação. De tal sucesso depende o estabelecimento de relações sistêmicas, de longo prazo, que permitirão o desenvolvimento de competências tecnológicas que induzirão à inovação no setor.

A pulverização dos projetos entre empresas submetidas a lógicas distintas, atuando em diferentes segmentos, de porte e natureza distinta, tratando da mesma forma grandes conglomerados empresariais, muitas vezes multinacionais, empresas estatais e pequenos e médios empreendedores, faz com que o programa de P&D da ANEEL pouco contribua para a constituição de competências tecnológicas na maioria das empresas do setor. A responsabilização das empresas por seus investimentos, sem a preocupação de se estabelecerem as condições para que elas se apropriem de seus resultados, reconhecendo suas especificidades, e assim às induzir ao desenvolvimento de competências tecnológicas e rotinas de busca que privilegie o encadeamento

tecnológico com os demais agentes setoriais, enfraquece a política em atingir seu objetivo de aumentar a eficiência do setor através da indução do desenvolvimento tecnológico.

De acordo com o observado na literatura, o sucesso da inovação é relacionado a um processo de longo prazo, que permita às empresas de determinado sistema desenvolverem e incorporarem competências que as possibilitem reconhecer as oportunidades tecnológicas e se apropriar dos ganhos advindos das mesmas. Dessa forma, a pulverização dos projetos entre empresas heterogêneas, sem a preocupação de constituir um sistema de relacionamentos estruturados e de longo prazo, para possibilitar o desenvolvimento de tais competências no setor, que induzam à inovação, torna-se um elemento de fraqueza da política tecnológica.

Através do novo manual de P&D divulgado em 2008, a ANEEL estabeleceu a possibilidade de desenvolvimento de projetos estratégicos e cooperados. Tais projetos têm como objetivo permitir que empresas estabeleçam relações de cooperação para buscar o desenvolvimento de projetos mais complexos, desde que seus benefícios sejam de interesse do setor e de todo o país e seus resultados passíveis de apropriação pública. Entretanto, as diretrizes que regem tais projetos são as mesmas que regem os projetos individuais de cada empresa, e a possibilidade de fracasso ao se tratar de um único projeto, com prazos muito curtos, é grande, pois mesmo nos projetos estratégicos, que são desenvolvidos pelas empresas e coordenados pela agência, não há a preocupação de se estabelecer relações estruturadas, que constituam um sistema de inovação para o desenvolvimento de competências tecnológicas internas às concessionárias, empresas fornecedoras nacionais, universidades e ICTs. A baixa possibilidade de apropriação de ao menos parte dos benefícios de tais projetos pelas empresas faz com que seus resultados dificilmente sejam de grande impacto às empresas inviabilizando um processo de aprendizado que induza suas rotinas de busca à inovação.

A política tecnológica deve buscar desenvolver as condições para que as empresas desenvolvam e internalizem as competências necessárias para estabelecer níveis de competitividade sofisticados, baseados no desenvolvimento de novas tecnologias e processos que as beneficiem, assim como ao setor e toda a indústria nacional. E para isso, deve buscar criar um sistema de relações através de um ambiente que propicie o desenvolvimento de rotinas de busca, baseadas em estratégias tecnológicas de longo prazo. Tais resultados poderiam ser alcançados, seja nos departamentos de inovação e P&D das grandes empresas do setor, ou em instituições de pesquisa e desenvolvimento

setoriais, financiados por um fundo mantido pela contribuição das pequenas e médias empresas, que financiariam programas estratégicos que poderiam ser uma evolução dos atuais projetos estratégicos, sendo desenvolvidos de acordo com os interesses tecnológicos dos agentes do setor. O importante é o estabelecimento de um sistema de inovação coordenado que possibilite ao sistema tecnológico de energia elétrica desenvolver competências e rotinas de busca baseadas em estratégias tecnológicas definidas setorialmente.

Aproveitando tal reflexão, e reconhecendo suas limitações, a principal conclusão dessa pesquisa é que a política tecnológica deve se concentrar em constituir um sistema setorial de inovação, que possibilite ao setor desenvolver competências que o impulsionem a um padrão de concorrência baseado no desenvolvimento tecnológico. Aumentando, assim, sua eficiência e sua competitividade, contribuindo para a solução de seus problemas e para o desenvolvimento econômico nacional.

Tal sistema significa que os interesses de todos os agentes envolvidos convirja em torno do tema da inovação, e tal interesse é profundamente influenciado pelas condições de apropriabilidade dos resultados de inovação. Assim, essa pesquisa tem como conclusão que, para se tornar a política tecnológica aplicada ao setor elétrico, se torna necessário introduzir na dinâmica competitiva do setor elementos que induzam as empresas a constituir processos de longo prazo para o desenvolvimento e aprendizado de competências tecnológicas que as permitam desenvolver e aproveitar as oportunidades tecnológicas postas ao sistema.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL (2006). *Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento do setor de energia elétrica*. Brasília: Imprensa oficial, 2006

_____(2008). *Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento do setor de energia elétrica*. Brasília: Imprensa oficial, 2008

_____(2010). *Prestação de conta ANEEL*. Brasília: Imprensa oficial, 2010.

ARTHUR, B. A. (2006). *The Structure of Invention, Research Policy*, 2006

BAJAY, S. V. (2010). Avaliação crítica do atual modelo institucional do setor elétrico brasileiro. *XIII Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro: Anais, 2010.

BRASIL (2003). *Modelo Institucional do Setor Elétrico*. Brasília: 2003.

BONOMI, Cláudio A.; MALVESSI, O. (2004). *Project finance no Brasil: Fundamentos e estudos de casos*. São Paulo: Atlas, 2004.

CARVALHO, J.; GOLDEMBERG, J. (1980). *Economia e política da energia*. Rio de Janeiro: Editora José Olympio, 1980.

CGEE (2001). Diretrizes estratégicas para o Fundo Setorial de Energia Elétrica. *Parcerias Estratégicas*, n.13, p. 209 – 244, 2001.

CHANDLER, A. D. (1967). *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*. Massachusetts: The MIT Press, 1976.

COOPER, R., G. (2008). Perspective: The Stage-Gate Idea-to-Launch Process- Update, What's New, and NexGen System. *Journal Product Innovation Management*, v.25, p.213-232, 2008.

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

_____(1984). *Mudança Técnica e Transformação Industrial: A teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores*. Campinas: Editora Unicamp, 2006.

_____(1988). Institutions and Markets in a Dynamic World. The Manchester School. LVI(2), june.

DRUMMOND, M., 2001, *Relatório de Atividades do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica*. Rio de Janeiro: CEPEL, 2001.

EISENHARDT, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*. N. 4, vol. 14, 532 – 550.

EPE (2005). *Mercado de energia elétrica 2006 – 2015*. Rio de Janeiro: EPE, 2005.

- FARIA, V. C. S. (2003). *O papel do project finance no financiamento de projetos de energia elétrica: caso da UHE Cana Brava*. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
- FREEMAN, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, n. 19, p. 5-24, 1995.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. (1997). *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora Unicamp, 2008.
- GOLDENBERG, J.; PRADO, L. T. S. (2003). Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. *Tempo Social*, v. 15, n. 2, p. 219-235, 2003.
- HIRSH, R. F. (1989). *Technology and Transformation in the American Electric Utility Industry*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- HUGHES, P. T. (1989). The Evolution of Large Technological Systems. In: *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Bijker, W. E.; Hughes, T. P.; Pinch, T. P. MIT Press; Cambridge: 1994.
- _____ (1990). Thomas Alva Edison and the rise of electricity. In: *Technology in America: A history of individuals and ideas*. Editora: MIT Press; Cambridge, 1990.
- INSTITUTO ACENDE BRASIL (2011). *Tarifas de Energia e os benefícios da regulação por incentivos*. Disponível em: www.acendebrasil.com.br. Acesso em: 19/07/2011.
- JAMASB, T.; POLLITT, M. (2008). Liberalisation and R&D in network industries: The case of the electricity industry. *Research Policy*, n. 37, 995 – 1008.
- JOHNSTON Jr., R. E.; BATE, J. D. (2003). *The power of strategy innovation: a new way of linking strategic planning to discover great business opportunities*. New York: American Management Association, 2003.
- JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M. (2002). *Patents, citations and innovations: a window on the knowledge economy*. Massachusetts: MIT Press, 2002.
- JÚNIOR, H. Q. R. (2007). *Economia da Energia*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007
- KEMP, R., (1994). Technology and the transition to environmental sustainability : The problem of technological regime shifts. *Futures*, n. 26, Issue 10, 1023-1046.
- LANDI, M. (2006). *Energia elétrica e políticas públicas: a experiência do setor elétrico brasileiro no período de 1934 a 2005*. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Energia. Instituto de Eletrotécnica e Energia, USP, São Paulo, 2006.

- LUNDVALL, B-Å; BJÖRN, J.; ANDERSEN, E. S.; DALUM, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, n. 31, p. 213-231, 2002
- LANÇA, I. S. O. (2001). Mudança tecnológica e economia: Crescimento, competitividade e indústria em Portugal. Oeiras: Celta Editora, 2001.
- MALERBA, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, n. 31, p. 247-264, 2002
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (1997). Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities. *Industrial and corporate change*, n. 6, p. 83 – 118.
- MARKARD, J.; TRUFFER, B. (2006). Innovation process in large technical systems: Market liberalization as a driver for radical change? In: *Research Policy* 35; 2006.
- MARTIN, J. M. (1990). *A economia mundial da energia*. São Paulo: Editora Unesp, 1992
- MARTINI, J. S. C.; MAFFEI, O. M. A efetividade dos ciclos de pesquisa e desenvolvimento em empresas de energia elétrica. In: *Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, 18. Anais. Curitiba: SNPTEE, 2005.
- MARTINS, R. D. (2009). *O setor elétrico pós-privatização: novas configurações institucionais e espaciais*. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.
- MEMÓRIA DA ELETRICIDADE (1988). *Panorama do setor de energia elétrica no Brasil*. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 1988.
- MEMÓRIA DA ELETRICIDADE (2000). *Energia elétrica no Brasil, 500 anos*. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2000.
- METCALFE, J. S. (1995). Technology systems and technology policy in an evolutionary framework. *Cambridge Journal of Economics*, n. 19, p. 25-46, 1995
- MME (2003). *Proposta de modelo institucional do Setor Elétrico*. Brasília, 2003.
- MOWERY, D. C.; ROSENBERG, N. (1998). *Trajetórias da Inovação: A mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no Século XX*. Campinas: Editora Unicamp, 2005
- NELSON, R. R. (1994). The Co-evolution of Technology, Industrial Structure and Supporting Institutions. *Industrial and Corporate Change*, 3(1).
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. (1977). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, vol. 6(1), 36-76.

_____(1982). *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Editora Unicamp, 2005

NELSON, R. R.; SAMPAT, B. N. (2001). Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, n. 44, p. 31-54.

NETO, D. (2001). *O apagão, o crescimento e o câmbio*. Valor Econômico: Rio de Janeiro, 14 de agosto de 2001.

PAVITT, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, vol 13, 343-373, 1984.

PÊGO FILHO, B.; MOTA, J. A., CARVALHO, J. C. J.; PINHEIRO, M. M. S. (2001). Impactos fiscais da crise de energia elétrica: 2001 a 2002. *Texto para discussão Nº 816*. IPEA: Rio de Janeiro, 2001.

POMPERMAYER, M. L. (2009). Desafios e perspectivas para inovação tecnológica no setor de energia elétrica. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL*, n. 3, p. 10, 2009.

POSSAS, M. L. (1983). Multinacionais e industrialização no Brasil. In: BELLUZO, L. G. M.; COUTINHO, R. *Desenvolvimento capitalista no Brasil: ensaios sobre a crise*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1983.

POSSAS, S. (1998). *Concorrência e competitividade*. São Paulo: Hucitec, 1998.

QUANDT, C. O.; SILVA JÚNIOR, R. G.; PROCOPIUCK, M. (2008). Estratégia e Inovação: análise das atividades de P&D no setor elétrico brasileiro. *Revista Brasileira de Estratégia*, v. 1, n. 2, p. 243-255, 2008.

RECH, H. (2004). *Regulação dos Serviços Públicos de Energia Elétrica: Descentralização e controle social*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Energia. Instituto de Eletrotécnica e Energia, USP, São Paulo, 2004.

ROSENBERG, N. (1983). *Por dentro da caixa-preta: Tecnologia e Economia*. Campinas: Editora Unicamp, 2006.

SALLES-FILHO, S. (2010). *Tecnologia e inovação no setor elétrico*. Folha de São Paulo. São Paulo, 22 de fevereiro de 2010.

SBICCA, A.; PELAEZ, V.(2006). Sistemas de Inovação. In: In: PALAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (ORG.). *Economia da Inovação Tecnológica*. São Paulo: Hucitec, 2006

SCHUMPETER, J. A. (1939). *Business Cycles: A theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Nova Iorque: McGraw-Hill Book Company, 1939

SILVA Jr., R. G. Pesquisa e desenvolvimento e a qualidade no fornecimento de energia elétrica. In: *Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica*, 25, Anais. Brasília: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 2008.

SINE, W. D.; DAVID, R. J. (2003). Environmental jolts, institutional change, and the creation of entrepreneurial opportunity in the US electric power industry. *Research Policy*,

SOUZA, F. L. A.; NICOLSKY, R. (2005). Uma alternativa para a consolidação e institucionalização do P&D. In: *Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, 15, Anais. Curitiba, 2005.

STOKES, D. E. (1997). *O quadrante de Pasteur: A ciência básica e a inovação tecnológica*. Campinas: Editora Unicamp, 2005

SUZIGAN; W. (1986). *Indústria brasileira: Origem e desenvolvimento*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1986.

VINHAES, E. A. S. (2003). O novo modelo da indústria de energia elétrica brasileira. In: *A energia elétrica em debate: a experiência brasileira e internacional de regulação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

WILLIAMS, R. H. (2001). Addressing challenges to sustainable development with innovative energy technologies in a competitive electric industry. *Energy for sustainable development*, n.2, v. 5.

XAVIER, W. C. (2005). *Trajetória e avaliação do marco regulatório do setor elétrico a partir dos anos 1990 do século XX*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Administração. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2005.