MANUELLA PEREIRA DA SILVA

ESFORÇO DAS CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA: O CASO DAS EMPRESAS ELETROBRAS

CAMPINAS

2013

NÚMERO: 300/2013
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MANUELLA PEREIRA DA SILVA

"ESFORÇO DAS CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA: O CASO DAS EMPRESAS ELETROBRAS"

ORIENTADOR: PROF. DR. RUY DE QUADROS CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRA EM POLÍTICA CIÊNTÍFICA E TECNOLÓGICA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO DEFINITIVA DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA MANUELLA PEREIRA DA SILVA E ORIENTADA PELO PROF. DR. RUY DE QUADROS CARVALHO

CAMPINAS
2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

Silva, Manuella Pereira da, 1985-
Si38e Esforço das concessionárias de energia elétrica para o desenvolvimento de tecnologias de fontes alternativas de energia : O caso das Empresas Eletrobras / Manuella Pereira da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Ruy de Quadros Carvalho.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Pesquisa e desenvolvimento. 3. Eletrobras. I. Carvalho, Ruy de Quadros,1953-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Electrical energy concessionaires efforts for the development of alternative sources of technologies for energy : Eletrobras Company's Case
Palavras-chave em inglês:
Energy - Alternative sources
Research and development
Eletrobras
Área de concentração: Política Científica e Tecnológica
Titulação: Mestra em Política Científica e Tecnológica
Banca examinadora:
Ruy de Quadros Carvalho [Orientador]
André Tosi Furtado
Glicia Vieira dos Santos
Data de defesa: 27-08-2013
Programa de Pós-Graduação: Política Científica e Tecnológica

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

AUTORA: Manuella Pereira da Silva

"ESFORÇO DAS CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA - O CASO DAS EMPRESAS ELETROBRAS".

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ruy de Quadros Carvalho

Aprovada em: 27 / 08 / 2013

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Ruy de Quadros Carvalho _____ Presidente

Profa. Dra. Glicia Vieira dos Santos _____

Prof. Dr. André Tosi Furtado _____

Campinas, 27 de agosto de 2013.

Aos meus pais e irmãos, que sempre estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Apesar da redação de uma dissertação de mestrado ser um produto de responsabilidade e natureza individual, sem o apoio constante e incondicional da minha família e a contribuição e dedicação dos meus professores e amigos, indubitavelmente este caminho teria sido mais difícil.

Em primeiro lugar, ao meu orientador Prof. Dr. Ruy de Quadros Carvalho, pela liberdade dada e confiança depositada na confecção do presente trabalho, além de todos os ensinamentos, incentivos e oportunidades que me foram proporcionadas desde o início do meu mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica (PPG-PCT) pelos apoios financeiro e institucional necessários à realização desta dissertação.

A todos os professores do DPCT pela gama de conhecimentos que nos transmitiram durante o curso, nos proporcionando uma experiência tão enriquecedora nos estudos de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Aos professores Dr. André Tosi Furtado, Dr.ª Glicia Vieira dos Santos e Dr. Sérgio Valdir Bajay pela atenção e conhecimentos transmitidos que foram essenciais para o enriquecimento deste trabalho.

À toda a equipe da Secretaria da Pós-Graduação do Instituto de Geociências, especialmente Valdirene Pinotti e Maria Gorete Bernardelli, pela enorme paciência e disponibilidade em ajudar todo o corpo discente do IG, sempre com bom humor e um sorriso no rosto. Acreditem, isso foi uma raridade nos setores administrativos das universidades por onde passei.

Quero registrar minha profunda gratidão à minha "família" campineira, Prof. Dr. Eurípedes Nóbrega, sua maravilhosa esposa Lu e minha querida Ananda, por terem me recebido com tanto carinho em seu lar, e por todos os almoços de domingo em família para os quais fui convidada.

Aos meus AMIGOS e IRMÃOS, Beatriz Lucafó, Heinar Oliveira, Pedro Massaguer, Renan Leonel, Fernando Zuim e Giovanna Gielfi, nada a declarar. Qualquer palavra que for usada aqui estaria minimizando a importância que vocês tiveram e ainda têm para mim. Parcerias em

trabalhos, discussões acadêmicas fervorosas, dia e noite (muitas noites) juntos durante esses dois últimos anos... Vou sem dúvida levar vocês no meu coração onde quer que eu esteja.

À minha querida Lucafó, eu dedico um parágrafo porque estivemos juntas no DPCT literalmente do início ao fim! Foram tantas conversas, risadas, você sempre disposta a me dar conselhos, críticas, a ouvir minhas reclamações, angústias, durante todo o processo de construção deste trabalho... Juntas, nós rimos para não chorar! Muito obrigada por tudo!

A todos os DPCTianos que tive o privilégio de conhecer, quero dizer que a convivência me enriqueceu e abriu minha mente de forma a me transformar em uma melhor pessoa e acadêmica melhor. Não ouso enumerar todos vocês para não correr o risco de esquecer alguém. Agradeço a todos pelo enorme aprendizado, apoio e carinho.

A Paula Luciana e Rodrigo Leske, para quem eu quero apenas dizer o quanto sou grata pela amizade, parceria e companhia por todos esses anos. A cada conquista e passo que dou, eu simplesmente sinto que devo agradecer-lhes pela presença de vocês em minha vida.

Meu especial agradecimento aos meus *flatmates* Carol e Anthony. Obrigada por me apoiarem, me aturarem e pelo ombro amigo. Agradeço cada gesto de vocês, em forma de um abraço, um bate papo, um baixar o volume da TV, um lanchinho batendo em minha porta...

Por último, porém mais importante, a meu pai Zaqueu, minha mãe Maria, minha irmã Jana e meu irmão Pedro. A vocês, eu dedico não só este trabalho mas todas as minhas conquistas. Não sei como agradecer todo o amor e suporte que recebo de vocês. Quero apenas dizer que cada passo e escolha que faço na minha vida é uma tentativa de deixa-los orgulhosos de mim.

A todos vocês que aqui citei, registro minha mais profunda gratidão.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESFORÇO DAS CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA: O CASO DAS EMPRESAS ELETROBRAS

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Manuella Pereira da Silva

As tecnologias de energias renováveis são um exemplo de tecnologia que tenta estabelecer em um mercado já consolidado e com um forte contexto industrial baseado em tecnologias já existentes para fontes de energia convencionais. Neste contexto se destaca o papel das políticas públicas que afetam a demanda por essas tecnologias. Desde que a Lei no 9.991/2000 foi publicada, as empresas do setor de energia elétrica brasileiro começaram um grande esforço para fortalecer suas áreas de P&D. Deste modo, propõe-se analisar o esforço realizado pelas concessionárias de energia elétrica brasileiras para o desenvolvimento e adoção de tecnologias de novas fontes alternativas de energia. A questão central do trabalho é verificar se os projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes renováveis no segmento de geração e transmissão de energia elétrica estão relacionados ao aprendizado do uso dessas novas tecnologias de energia renovável, pelas empresas de energia elétrica. O estudo empírico se baseou na análise de uma amostra de 55 projetos de P&D ANEEL das empresas Eletrobras, que são responsáveis pela maior parcela nos mercados de serviços de geração e transmissão brasileiros. A participação de projetos de P&D ANEEL em fontes alternativas é de cerca de 9% do seu total de número de projetos. A maior concentração desses projetos recai em Bioenergia, e em Energia Eólica, seguindo-se os grupos de projetos nas demais Fontes Alternativas com a seguinte ordem: Hidrogênio, Fotovoltaica, Maremotriz e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). A maior incidência de projetos em bioenergia na região Norte e em energia eólica na região Nordeste revelaram uma clara vocação dessas duas regiões para estas novas fontes de energia. Verificou-se uma baixa participação nos projetos de P&D de empresas tipicamente fornecedoras do setor elétrico. A análise da relação entre o desenvolvimento da P&D em novas fontes renováveis e o aprendizado das EELB mostrou que a maioria dos projetos é relacionada ao aprendizado de uso da tecnologia pelas concessionárias.

Palavras chaves: novas fontes de energia renováveis; pesquisa e desenvolvimento; Eletrobras

UNIVERSITY OF CAMPINAS

INSTITUTE OF GEOSCIENCE

ELECTRICAL ENERGY CONCESSIONAIRES EFFORTS FOR THE DEVELPMENT OF ALTERNATIVE SOURCES OF TECHNOLOGIES FOR ENERGY: ELETROBRAS COMPANY´S CASE

ABSTRACT

Masters Degree

Manuella Pereira da Silva

Renewable energy technology is an example of the technology which attempts to weigh in a consolidated market and inside a strong industrial context based on existent technologies for conventional sources of energy. The role of public politics that affects the demand for these technologies is highlighted in this context. Since the law number 9.991/2000 was published, companies from the Brazilian electrical energy sector started a great deal of effort to strengthen its areas of Research & Development. Thus this study aims to analyze the efforts done by the Brazilian concessionaries of electric power for the development and adoption of technologies in new sources of alternative energy. The core objective of this paper is to verify if ANEEL´s Research & Developing project´s in technology of new renewable sources in the segment of generation and transmission of electrical energy are related in learning the usage of these new technologies of renewable energy, by electrical energy companies. The empirical research is based on the analysis of 55 ANEEL´s R&D projects of Eletrobras companies that are responsible for most of the market share of Brazilian services of generation and transmission. ANEEL´s R&D projects participation in alternative sources is around 9% of its projects. Most of its projects are about Bioenergy and on Wind energy, followed by groups of projects on the several Alternative Sources in the following order: Hydrogen, Photovoltaic, Tidal Power and small hydro. The bigger incidence of projects on bioenergy are on the North and about wind energy in the Northeast showed a clear regional vocation of these locations for these new sources of energy. It was verified a low participation of R&D projects of companies typically suppliers of the electrical sector. The analysis of the relationship among the development of R&D of renewable sources and the learning of EELB showed that most of the projects are related to learning the usage of technology by the concessionaires.

Keyword: new renewable energy sources; research and development; Eletrobras

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....1

1 OBSTÁCULOS À ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS E O PAPEL DAS POLÍTICAS DE ESTÍMULO À P&D 7

1.1 A NECESSIDADE DE INOVAÇÕES PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE ADOÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA 7

1.2 AS DIFERENTES FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL 9

1.2.1 Bioenergia 10

1.2.2 Energia Hidrelétrica 12

1.2.3 Energia Eólica 14

1.2.4 Energia Solar 15

1.2.5 Energia Maremotriz 16

1.3 O LOCK-IN DAS TECNOLOGIAS INCUMBENTES 17

1.3.1 Tecnologias de produção e transmissão de energia elétrica incumbentes no Brasil 20

1.4 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA 22

1.4.1 Implicações das políticas públicas no estímulo à P&D.....24

2 A ELETROBRAS E SEU PAPEL NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO 27

2.1 A EVOLUÇÃO DA ELETROBRAS NO CONTEXTO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO 28

2.1.1 A criação do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) 31

2.1.2 A primeira reestruturação do SEB 33

2.1.3 A segunda reestruturação do SEB 37

2.2 OS RESULTADOS DA ELETROBRAS 39

2.3 PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NA ELETROBRAS.....41

2.3.1 Visão geral dos esforços em P&D das Empresas Eletrobras no programa ANEEL 42

2.3.2 Análise do esforço em P&D das Empresas Eletrobras com base nos custos da carteira de P&D ANEEL 44
2.3.3 Atividade Mitigação e Recuperação de Impactos Socioambientais 45

3 POLÍTICAS DE P&D NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO 49
3.1 MECANISMOS NACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA P&D NO SEB 54
3.1.1 Fundo Setorial de Energia: CT-ENERG 55
3.1.2 Programa de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL 58
3.2 IMPLICAÇÕES DOS MECANISMOS DE P&D NAS EMPRESAS DO SEB 59
3.2.1 Avaliação do IPEA do programa de P&D ANEEL 60

4 PESQUISA & DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS ELETROBRAS EM FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA 63
4.1 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS DA PESQUISA 64
4.2 DESENVOLVIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DO ESFORÇO DE P&D DAS EELB EM NOVAS FONTES ALTERNATIVAS 66
4.3 ESTRATÉGIAS REVELADAS PELOS INVESTIMENTOS DAS EELB EM P&D EM NOVAS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA 71
4.4 P&D EM NOVAS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA E O APRENDIZADO DAS EMPRESAS ELETROBRAS 85

CONCLUSÕES 95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 101

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Distribuição do custo total dos projetos de P&D ANEEL das EELB por Sistema – 2000 a 2010 44
Gráfico 2.2 - Distribuição dos projetos de P&D ANEEL por Empresa Eletrobras (em %) – 2000 a 2010 45
Gráfico 2.3 - Projetos de P&D ANEEL em redução de Impactos Socioambientais por empresa Eletrobras – 2000 a 2010 46
Gráfico 3.1 - Matriz Elétrica Brasileira em 2010 e 2012 52
Gráfico 4.1 - Distribuição do número de projetos dos projetos de P&D ANEEL das Empresas Eletrobras 67
Gráfico 4.2 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas entre as EELB 68
Gráfico 4.3 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por fonte de energia 69
Gráfico 4.4 - Distribuição dos produtos finais obtidos através dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia 71
Gráfico 4.5 - Distribuição dos projetos de P&D ANEEL das EELB em tecnologias de novas fontes alternativas por regiões do Brasil 84
Gráfico 4.6 - Relação dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das empresas Eletrobras e a Natureza do Aprendizado 87
Gráfico 4.7 - Análise temporal do Custo Total Previsto dos projetos de P&D em energia Eólica e Bioenergia 93

TABELAS

Tabela 4.1 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por fonte de energia e por empresa 72
Tabela 4.2 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por fonte de energia e por natureza da P&D 74
Tabela 4.3 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por empresa e por natureza da P&D 75
Tabela 4.4 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas por fontes alternativas de energia e por produtos finais 77
Tabela 4.5 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por EELB e por produto final 79
Tabela 4.6 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Natureza da Pesquisa e por fontes alternativas 81
Tabela 4.7 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Envolvimento de empresas/organizações e por produto final, dos projetos P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia de natureza de P&D Desenvolvimento 82
Tabela 4.8 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por principais Instituições Executoras e por fontes alternativas 84
Tabela 4.9 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Empresas Eletrobras e por natureza do aprendizado 88
Tabela 4.10 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Fontes Alternativas de Energia e por natureza do aprendizado 88
Tabela 4.11 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em geração de tecnologias de novas fontes alternativas por Empresas Eletrobras e por Envolvimento de empresas/organizações terceiras 88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AEPAC	Associação Estadual dos Pequenos Agricultores Catarinenses
ANDE	*Administración Nacional de Electricidad*
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CDTN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CGTEE	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
CT-ENERG	Fundo Setorial de Energia
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNDE	Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético
DPCT	Departamento de Política Científica e Tecnológica
ECPS	Escritório de Certificação de Produtos e Serviços
EDE	Empresas de Distribuição de Energia
EE	Eficiência Energética
EELB	Empresas Eletrobras
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
Eletronorte	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética

FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GCPS	Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos
GEE	Gases do Efeito Estufa
ICT	Instituição Científica e Tecnológica
IEA	*International Energy Agency*
IG	Instituto de Geociências
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
LabGETI	Laboratório de Gestão de Tecnologia e Inovação
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MME	Ministério das Minas e Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCCE	Produção Combinada de Calor e Eletricidade
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PINTEC	Pesquisa de Inovação Tecnológica
PND	Programa Nacional de Desestatização
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODEEM	Programa para o Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
ROL	Receita Operacional Líquida
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso

UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o esforço de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizado pelas concessionárias de energia elétrica brasileiras para o desenvolvimento e adoção de tecnologias de novas fontes alternativas de energia. Partindo de uma investigação empírica dos projetos do Programa de P&D ANEEL, a questão central do trabalho é verificar se os projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas no segmento de geração e transmissão de energia elétrica estão relacionados ao aprendizado do uso dessas novas tecnologias de energia renovável pelas empresas de energia elétrica. Essa questão está fundamentada na literatura sobre geração e difusão de tecnologias para novas fontes renováveis de energia, a qual coloca como obstáculo crítico e determinante de sua difusão o processo de aprendizado dos operadores da indústria de energia elétrica para ampliar a qualidade e reduzir o diferencial de custos das novas fontes vis-à-vis fontes convencionais (MOWERY, NELSON & MARTIN, 2010). O estudo empírico se baseou numa ampla amostra de projetos de P&D ANEEL das empresas Eletrobras, que são responsáveis pela maior parcela nos mercados de serviços de geração e transmissão brasileiros.

Segundo Jannuzzi (2003), acredita-se que as novas fontes renováveis de energia somente aumentarão sua participação na matriz energética nacional na medida em que as tecnologias de conversão e uso se tornarem disponíveis e forem comparativamente preferidas pelos provedores de serviços de energia e consumidores. Desse modo, a presente dissertação parte da proposição de que é altamente relevante o estímulo ao desenvolvimento científico e tecnológico voltado para o estímulo ao aprendizado de uso de novas tecnologias de energia renovável, tendo em vista o aproveitamento do potencial brasileiro para de energias renováveis.

Devemos levar em consideração que a base do conhecimento científico e tecnológico, que está em constante evolução, assim como a estrutura da demanda de mercado desempenham papéis centrais na inovação (MOWERY e ROSENBERG, 1979). O que se faz necessário para aperfeiçoar a formulação de políticas no campo da disseminação de tecnologias de novas fontes renováveis é a antecipação de inovações que vá além das motivações de empresas individuais para iniciar projetos de pesquisa, e que se ocupe, em vez disso, dos mecanismos por meio dos

quais essa motivação pode ser transformada numa resposta inovadora, num mecanismo fortemente influenciado por fatores como a oferta de ciência e tecnologia aplicáveis.

A menos que haja um mercado competitivo no qual as empresas acreditem que a inovação de produto e processo seja necessária para manter e aumentar a competitividade, haverá poucos investimentos em atividades de inovação tecnológica, uma vez que a inovação geralmente implica incertezas e riscos. Sendo assim, mesmo que exista uma demanda de inovação e uma oferta de aptidões, poucos projetos de inovação poderão ser concretizados se não houver uma boa administração do sistema de P&D e inovação, vinculando de forma efetiva a demanda e oferta. Nesse sentido, segundo Mowery e Rosenberg (1979), é necessário que o governo exerça papel ativo, para que possa influenciar o ritmo e a direção da inovação, cabendo a ele tomar as medidas possíveis para melhorar o funcionamento dos mercados privados e do complexo sistema de incentivos mediado pelas forças de mercado.

As novas tecnologias de energias renováveis são exemplos de tecnologias que necessitam do apoio do governo para se estabelecer em mercados já consolidados e com um forte contexto industrial baseado em tecnologias já existentes para fontes de energia convencionais. Elliot (2000) considera que essas tecnologias enfrentam um extraordinário desafio na tentativa de se estabelecer. Segundo o autor, o desenvolvimento da tecnologia em si não é considerado um ponto crítico para sua inserção e sim os problemas sociais e institucionais que surgem no processo de sua implantação, os quais são em geral muito mais difíceis de resolver. O ambiente financeiro, organizacional e institucional em que operam e se difundem as tecnologias de energias convencionais não está adaptado à aceitação das novas fontes alternativas: há, sem dúvida, alguma incompatibilidade entre a nova tecnologia e a infraestrutura de apoio existente.

Segundo Bajay e Carvalho (1998), o governo pode gerir o setor elétrico utilizando três instrumentos bem distintos e complementares, quais sejam: (i) a formulação de políticas públicas; (ii) o planejamento, indicativo em alguns casos e determinativo em outros; (iii) e a regulação. No caso brasileiro, as reformas em direção ao novo modelo proposto para o setor elétrico modificaram significativamente a organização institucional e o papel do Estado, criando e desfazendo relações institucionais para a criação de um ambiente competitivo e de maior participação de agentes privados no lugar do modelo anterior, no qual a propriedade das

empresas, o planejamento do setor e as decisões eram centralizadas nas mãos do Estado (GOMES, 2003).

Esse processo de mudanças institucionais alterou o ambiente onde ocorrem os esforços científicos e tecnológicos no setor, o que justificou a necessidade de se redefinir o papel dos poderes públicos e do ambiente institucional relativo à P&D e ao desenvolvimento tecnológico setorial com o propósito de garantir ou aumentar ações que resultem em benefícios públicos. Em vista disto, algumas iniciativas importantes foram tomadas para garantir investimentos em P&D no setor. É interessante observar a importância que a P&D ganhou ao longo dos anos através do programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, da Lei no 9.991/2000, e dos esforços desenvolvidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) na criação de mecanismos estáveis para financiamento de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, como o Fundo Setorial de Energia (CT-ENERG), para a energia elétrica.

Para o IPEA (2012), os principais esforços tecnológicos do setor elétrico brasileiro estão no desenvolvimento de novas fontes alternativas de geração elétrica e em sistemas de controle, de interface e complementares. Essas tecnologias são, em geral, produzidas por empresas não atuantes na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, evidenciando a forte separação entre fornecedores e operadores do sistema elétrico. Em particular, o programa de P&D regulado pela ANEEL atua diretamente sobre os operadores, que são as empresas reguladas pela agência.

Desde que a Lei no 9.991/2000 foi publicada, as empresas do setor de energia elétrica iniciaram um considerável esforço para fortalecer suas áreas de P&D. Passados mais de 10 anos dessa lei, muitas empresas já possuem uma gestão de P&D bem consolidada, como as empresas Eletrobras (FRADE, ANDRADE E CALMANOVICI, 2011).

A Eletrobras é uma empresa brasileira que investe constantemente em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D+I), desde 1974, com a criação do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Seus projetos de P&D foram desenvolvidos nas mais diversas linhas de pesquisa. Entre essas, destacam-se novas fontes alternativas de energia, eficiência energética (EE), inserção regional e social, meio ambiente, produção de energia, transmissão (linhas e subestações), etc., sendo que os projetos nas áreas de produção de energia e transmissão foram os que mais receberam recursos. As fontes alternativas de energia assumem especial relevância para

empresa, uma vez que o Planejamento Energético Brasileiro para os próximos anos prevê a diversificação da matriz energética a partir do uso das energias renováveis.

Como se verá em detalhe nesta dissertação, no domínio das novas energias renováveis as Empresas Eletrobrás vêm desenvolvendo competências tecnológicas junto a seus parceiros de P&D (Instituições Científicas e Tecnológicas - ICT), nos últimos anos, com base em seus projetos de P&D ANEEL. Também se demonstrará que as empresas que mais investiram na construção de competências na área, por meio de projetos ANEEL, foram Eletrobras Eletronorte e Eletrobras Chesf, seguidas pelas Empresas de Distribuição de Energia (EDEs), por Eletrobras Furnas e Eletrobras Eletrosul. A participação de projetos de P&D ANEEL em fontes alternativas é de cerca de 9% do seu total de número de projetos. A maior concentração desses projetos recai em Bioenergia, e em Energia Eólica, seguindo-se os grupos de projetos nas demais Fontes Alternativas com a seguinte ordem: Hidrogênio, Fotovoltaica, Maremotriz e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH).

Contudo, há uma questão sobre a abrangência e as características dos projetos da P&D ANEEL das EELB, havendo necessidade de se analisar a capacidade de aprendizado da empresa para impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico na área de energias renováveis no Brasil.

E é, partindo do exposto, que a questão norteadora desta pesquisa é investigar se os projetos de tecnologias de novas fontes alternativas no segmento de geração e transmissão de energia elétrica, a ser estudado por meio das empresas Eletrobras, estão voltados para o aprendizado no uso de tecnologias de novas fontes renováveis, dessa forma contribuindo para redução do custo de conversão e transmissão dessas tecnologias de modo a torna-las mais viáveis economicamente no Brasil.

O trabalho tomou como referência para a análise do programa uma base de dados disponibilizada pela Eletrobras e formada por 55 projetos do Programa ANEEL desenvolvidos nas linhas de competências focadas em Novas Fontes Alternativas, entre os ciclos 2001/2002 e 2006/2007. Foi realizada uma análise desse portfólio de projetos, investigando-se sua distribuição de acordo com as principais características relevantes para resposta às questões colocadas.

A dissertação está organizada em quatro capítulos, além desta Introdução e das conclusões do trabalho. O Capítulo 1 corresponde ao referencial teórico empregado na análise e seu objetivo é

fornecer a base teórico-conceitual sobre a qual será analisado o caso do da pesquisa e desenvolvimento em tecnologias de novas fontes alternativas de energia nas Empresas Eletrobras. Sua discussão central se dá em torno das políticas para fontes renováveis de energia elétrica. Inicialmente são descritas as diferentes fontes de energia renovável, em um segundo momento, faz-se uma discussão sobre o *lock-in* das tecnologias incumbentes no setor elétrico. Também é tratada a regulação como estímulo à inovação, assim como os mecanismos políticos de incentivo às energias renováveis e suas implicações no estímulo à pesquisa e desenvolvimento (P&D).

O Capítulo 2 aborda o desenvolvimento do setor de elétrico no Brasil em suas diferentes fases, com foco na evolução da Eletrobras no contexto do setor elétrico brasileiro. É analisada a criação e o desenvolvimento do CEPEL, assim como os processos de reestruturação do setor elétrico brasileiro. O capítulo é finalizado expondo os resultados atuais das atividades da empresa, assim como suas iniciativas em P&D.

O Capítulo 3 explora os mecanismos nacionais para o desenvolvimento da P&D no sistema elétrico brasileiro (SEB), descrevendo o Fundo Setorial de Energia, CT-ENERG e o Programa de P&D da ANEEL. As implicações dos mecanismos de P&D nas empresas do SEB também são exploradas neste capítulo.

Por fim, a última parte desta dissertação corresponde à análise do caso das Empresas Eletrobras. O Capítulo 4 explora a Pesquisa & Desenvolvimento das EELB em novas fontes alternativas de energia. O capítulo tem como objetivo fazer uma análise detalhada dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia, analisando, em um primeiro momento, os investimentos em P&D de cada empresa em fontes alternativas, a natureza da pesquisa e os produtos finais dos projetos. Em um segundo momento é feita uma análise do aprendizado das EELB em novas fontes alternativas de energia, com base em parâmetros de uso da tecnologia ou de geração de tecnologia.

1 OBSTÁCULOS À ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS E O PAPEL DAS POLÍTICAS DE ESTÍMULO À P&D

A urgência crescente do desafio climático global tem provocado um intenso debate em diversos países sobre a formulação de políticas para reduzir as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Embora não haja consenso sobre este assunto, acredita-se que o sucesso deste esforço exigirá o desenvolvimento de novas tecnologias e que uma forte política governamental de tecnologia é um componente essencial para qualquer carteira de políticas com o objetivo de parar e inverter o aquecimento global (MOWERY, NELSON & MARTIN, 2010). Segundo Hinnels e Boardman (2009), para se conseguir sessenta por cento de redução nas emissões de CO2 até 2050, de modo alinhado com as metas do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) - estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) - serão necessárias reduções significativas na emissão de CO2 por todos os países e todos os setores.

O presente capítulo analisa as políticas públicas voltadas para o desenvolvimento e difusão das energias renováveis alternativas, bem como seus mecanismos de incentivos e implicações no estímulo à P&D, discutindo que as tecnologias incubentes podem causar um processo de *lock-in* nas novas tecnologias renováveis no mercado.

1.1 A NECESSIDADE DE INOVAÇÕES PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE ADOÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Considerando que a produção de energia elétrica no mundo é majoritariamente oriunda de combustíveis fósseis e não renováveis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, que liberam na atmosfera gases tóxicos e poluentes, material particulado e GEE, várias políticas de incentivo ao uso de ao uso de fontes renováveis de energia têm sido desenvolvidas, não somente motivadas por questões ambientais, mas também pela importância de diversificação das opções de

suprimento, segurança do abastecimento e diminuição dos riscos de aumento excessivo dos preços de combustíveis fósseis (NOGUEIRA, 2011).

De acordo com Jacobsson e Johnson (2000), é fundamental que o setor de energia tenha consciência das consequências ambientais do atual sistema econômico e industrial. De fato, uma vez que as demandas por serviços de energia estão aumentando na maioria dos setores da economia, o nível de mudança necessária é muito maior (HINNELS & BOARDMAN, 2009). Os combustíveis fósseis possuem papel acentuado na acidificação e no volume global das mudanças climáticas, sendo sempre destaque nos debates ambientais e energéticos contemporâneos. Por outro lado, a ameaça de desastres nucleares e problemas com a eliminação de resíduos radioativos, associados à operação de usinas de energia nuclear, são questões que também têm recebido muita atenção (JACOBSSON & JOHNSON, 2000).

Além dos aspectos ambientais, a crise do setor de petróleo, em 1973, motivou investimentos na produção mais sustentável de energia elétrica, provocando uma mudança estrutural no setor. Neste período, as novas tecnologias de energia renovável, como a eólica e fotovoltaica, surgiram e foram sendo introduzidas no mercado. Desde então, o aumento da preocupação com o meio ambiente e dos preços da energia, devido à crise do petróleo, vêm evidenciando a necessidade de incrementar o uso de energia renovável (WALZ, SCHLEICH & RAGWITZ, 2008). A demanda por energia "verde" está crescendo cada vez mais, direcionando assim as inovações para redução das emissões de CO2.

As tecnologias de energias renováveis ocupam um lugar central na inovação e no pensamento político-ambiental no momento presente. Isso ocorre por duas razões, segundo Smith (2012). Por um lado, os governos aceitam de forma geral que as emissões antropogênicas de GEE apresentam riscos inaceitáveis de mudanças climáticas, consequentemente no aquecimento global. Por outro lado, considera-se que a atual crise econômica global só pode realmente ser superada pela volta do crescimento econômico, para o qual (pelo menos em parte) são necessárias novas fontes de crescimento. Se esses objetivos devem ser atingidos simultaneamente, o crescimento terá de envolver novas tecnologias e coeficientes de energia mais baixos. A resposta habitual para estes problemas é que precisamos mudar para tecnologias de energias renováveis, que irão fornecer a fronteira para o desenvolvimento de novas atividades industriais e de serviços e, simultaneamente, a geração de energia em uma base baixa ou nula de carbono.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2011) considera que o setor de energia elétrica é o melhor campo de ação para aumentar a utilização de energias renováveis em termos absolutos. No entanto, as energias renováveis são geralmente mais intensivas em capital do que os combustíveis fósseis, de modo que o investimento necessário para fornecer a capacidade de energias renováveis é muito grande.

De acordo com Walz, Schleich e Ragwitz (2008), o custo da energia elétrica gerada a partir de fontes de energia renovável ainda está, em média, acima dos custos de produção das fontes de energia tradicionais. A necessidade de incrementar a demanda de energia renovável rapidamente, por um lado, e os seus custos presentes, por outro lado, levam a um interesse crescente sobre as condições em que as inovações tecnológicas ocorrerão em seu desenvolvimento. A OCDE (2011) entende que o potencial das fontes de energia renováveis é grande, mas quanto e quão rapidamente se viabilizará sua contribuição para a satisfação das necessidades energéticas do mundo depende criticamente da força das políticas de oferta dos governos para estimular avanços tecnológicos e tornar os custos das energias renováveis mais competitivos. Há também as políticas de demanda que criam incentivos e/ou obrigações para que operadores adotem percentual maior de energia renovável em sua matriz. Entretanto, Kemp e Soete (1990) consideram que há uma instabilidade na demanda por tecnologias ambientalmente amigáveis, o que faz com que sua indústria não se desenvolva plenamente.

1.2 AS DIFERENTES FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

As principais fontes renováveis de energia disponíveis são apresentadas a seguir, com base nas definições da *International Energy Agency* (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011). Também se discute nesta seção o estágio que já atingiu o desenvolvimento dessas fontes, tanto do ponto de vista tecnológico, como de sua penetração no mercado. Vale destacar que, segundo Brown, Müller & Dobrotkova (2011), os investidores são sensíveis à maturidade e ao histórico dessas tecnologias, porque esses fatores assinalam os riscos técnicos e comerciais associados a projetos nessa área. A competitividade econômica dessas tecnologias vis-à-vis suas alternativas

baseadas em combustíveis fósseis é crítica para sua adoção. As tecnologias podem estar tecnicamente bem estabelecidas, mas ainda serem relativamente custosas se comparadas com suas alternativas.

1.2.1 Bioenergia

O uso de bioenergia moderna envolve principalmente a queima de resíduos orgânicos municipal, palha, madeira e indústria florestal subprodutos para fornecer calor e eletricidade, a digestão anaeróbia de resíduos orgânicos para a produção de biogás, bem como a utilização de culturas agrícolas convencionais, tais como cereais, sementes oleaginosas, açúcar e culturas para produzir biocombustíveis.

Biomassa

Há várias combinações de matérias-primas e tecnologia de conversão disponíveis para a produção de eletricidade, calor ou ambos, via sistemas de produção combinada de calor e eletricidade (PCCE). Essas combinações são (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011):

- A co-incineração de materiais de biomassa sólida com carvão em grandes caldeiras geradoras de energia. Provou ser um dos meios de produção em grande escala mais eficazes em custos e eficientes de conversão de biomassa em energia elétrica e, se for o caso, de aquecimento urbano.

- Em centrais de energia a partir de biomassa, o calor produzido pela combustão de biomassa direta numa caldeira pode ser usado para gerar eletricidade através de uma turbina a vapor. Esta tecnologia é atualmente a rota mais barata e mais confiável para produzir energia a partir de biomassa em aplicações stand-alone.

- Em plantas de resíduos em energia, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são convertidos em eletricidade e/ou calor. Os RSU são uma matéria-prima altamente heterogênea e, geralmente,

fortemente contaminada, o que exige tecnologias robustas e controles mais rigorosos de emissões, levando a custos relativamente elevados.

- A gaseificação é um processo termoquímico em que a biomassa é transformada em gás combustível, uma mistura de vários gases combustíveis. A gaseificação é um processo altamente versátil, porque praticamente qualquer matéria-prima de biomassa pode ser convertida em gás combustível, com elevada eficiência. O gás combustível pode, em princípio, ser usado diretamente para produzir eletricidade através de motores ou turbinas a gás.

- As plantas de produção combinada de calor e eletricidade (PCCE), que permitem um uso econômico do calor produzido na geração de energia de biomassa, são uma forma eficaz de aumentar significativamente a eficiência global de uma usina de energia (e, consequentemente, a sua competitividade) a partir de qualquer co-incineração ou usinas de biomassa autônomas. O fornecimento de eletricidade a partir dessa fonte tem aumentado desde 1991. Em 2009, a bioenergia atingiu o equivalente a 1,24% da produção mundial de eletricidade (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011). Essa energia foi obtida principalmente através da combustão e geração de energia através de turbinas a vapor. A co-incineração de biomassa com carvão é uma rota cada vez mais importante para a utilização de biomassa para produção de energia em grande escala.

Biocombustíveis

Os biocombustíveis de hoje são produzidos principalmente por processos comerciais bem desenvolvidos. Estes combustíveis incluem etanol à base de açúcares, amido, o biodiesel à base de óleo de culturas e o biogás provenientes de processos de digestão anaeróbia. As matérias-primas típicas utilizadas nestes processos incluem: cana, beterraba, grãos de amido de rolamento como milho e trigo, oleaginosas como a canola, soja e óleo de palma, e em alguns casos, gorduras animais e óleos de cozinha usados.

Os combustíveis produzidos podem então ser misturados com gasolina ou diesel e combustíveis utilizados em veículos convencionais (tipicamente em misturas de 5% -15%). O etanol também pode ser usado sozinho ou em misturas muito mais elevados em veículos modificados ou flex.

Estas rotas para os biocombustíveis poderiam ser facilmente implementadas, já que elas são baseadas em tecnologias bem estabelecidas e comprovadas, em culturas amplamente difundidas. Uma vasta gama de tecnologias avançadas está disponível para a produção de biocombustíveis. Mas mesmo a mais madura dessas tecnologias está apenas atingindo a fase em que as primeiras plantas comerciais estão sendo trazidas para a produção.

No mercado atual de biocombustíveis, a produção e o uso de biocombustíveis vêm crescendo rapidamente. Em 2009 eles forneceram 53,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP), correspondentes a cerca de 3% dos combustíveis de transporte rodoviário (ou 2% de todos os combustíveis para transportes). A produção é atualmente dominada pelo Brasil - onde a produção do etanol como combustível veicular foi iniciado em 1970, através do Programa Proálcool - e nos Estados Unidos. Na União Europeia, a ênfase tem sido na produção de biodiesel (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011).

1.2.2 Energia Hidrelétrica

A energia hidrelétrica é derivada da energia em água corrente, de rios ou de instalações feitas pelo homem, onde a água flui de um reservatório. Turbinas colocadas no fluxo de água extraem sua energia cinética e a convertem em energia mecânica. A quantidade de energia gerada depende do fluxo de água e da distância vertical (a "cabeça") das cachoeiras (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011).

A energia hidrelétrica é uma tecnologia madura totalmente comercial e bem estabelecida, embora exista margem para melhorar a eficiência e os custos e, em particular, para o desenvolvimento de tecnologias de custos mais eficientes para aplicações de pequena capacidade e baixa pressão. A energia hidrelétrica pode fornecer uma fonte muito flexível de energia renovável, capaz de fornecer energia de base, atendendo a demanda de pico, ou sendo usada como um sistema de

armazenamento. A capacidade de arranque rápido da hidrelétrica ajuda a lidar com as flutuações da oferta e da procura. A produção pode ser posta em risco, no entanto, quando a seca limita a oferta de água dentro de uma área de captação. A produção anual hidráulica em muitos mercados varia sazonalmente e de ano para ano, dependendo dos níveis de precipitação.

Além dessas questões, os projetos de hidrelétricas podem ter impactos ambientais e sociais significativos, e analisar o equilíbrio entre os benefícios e os efeitos pode ser uma tarefa difícil. Todos os impactos ambientais e sociais precisam ser identificados e considerados durante o processo de planejamento para que medidas adequadas possam ser tomadas a fim de evitar, mitigar ou compensar os impactos. Muitos trabalhos têm sido direcionados para o desenvolvimento de diretrizes e protocolos para a concepção de projetos hidrelétricos sustentáveis, que reconheçam que os países devem seguir uma abordagem integrada de gestão dos seus recursos hídricos, planejando o desenvolvimento em cooperação com outros sectores utilizadores de água e levando em conta fatores ambientais e sociais.

Instalações que resultam em menores impactos ambientais e se prestam à geração descentralizada são as denominadas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), que é toda usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1 MW e inferior a 30 MW. Além disso, a área do reservatório deve ser inferior a 3 km². Contudo, uma PCH típica normalmente opera a fio d'água, isto é, o reservatório não permite a regularização do fluxo d´água. Com isso, em ocasiões de estiagem a vazão disponível pode ser menor que a capacidade das turbinas, causando ociosidade.

A energia hidrelétrica é a principal fonte de energia renovável em todo o mundo, produzindo o que equivalente a 16,2% da produção mundial de eletricidade em 2009. Os líderes mundiais em produção de energia hidrelétrica são China, Brasil, Canadá, Estados Unidos e Rússia. Para o Brasil e o Canadá, a energia hidrelétrica representa a maior parcela de geração de energia de cada país, cerca de 80% e 60%, respectivamente, dependendo das condições do tempo em um determinado ano. Muitos países desenvolvidos também têm aproveitado com sucesso em seu potencial hídrico, especialmente para grandes instalações hidráulicas. A energia hidrelétrica mundial aumentou em 50% desde 1990, com o maior crescimento absoluto na China. Novos projetos de hidrelétricas estão concentrados principalmente nos países em desenvolvimento e emergentes. Na próxima década, a energia hidrelétrica vai aumentar em cerca de 180 GW de

capacidade instalada se os projetos atualmente em construção prosseguirem como planejado. Este aumento corresponde a cerca de um quarto da capacidade instalada atualmente. Um terço deste aumento virá apenas da China. Brasil e Índia também possuem uma grande capacidade em construção (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011).

1.2.3 Energia Eólica

A Energia eólica é uma tecnologia de energia renovável comprovada e madura que está sendo difundida globalmente em escala maciça. As turbinas eólicas extraem energia cinética do movimento do fluxo de ar (vento) e convertem-na em energia eléctrica por meio de um rotor aerodinâmico, o qual está ligado por um sistema de transmissão a um gerador eléctrico (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011).

A produção mundial de energia eólica aumentou 870% de 2000 a 2009, e em 260% de 2005 para 2009. Globalmente, a energia eólica contribuiu com a maior parcela de não-hídrica de eletricidade renovável desde 2009, quando assumiu a posição de liderança sobre a biomassa. Durante a primeira metade da década, a Alemanha, a Espanha e os Estados Unidos foram responsáveis pela maior parte do aumento da capacidade implantada e geração.

O quadro mudou a partir de 2005, quando a implantação em massa de energia eólica se iniciou na China. Em 2009, este país implantou mais capacidade de energia eólica do que qualquer outro do mundo e, em 2010, metade da nova capacidade foi lá instalada. Ao mesmo tempo, o número de novas instalações caiu dramaticamente nos Estados Unidos, com a incerteza regulatória agravada pelos impactos negativos da crise econômica e financeira. Embora os números de capacidade chineses precisem ser interpretados com cautela (porque cerca de 25% da capacidade permaneceu desligado no final de 2010), a tendência geral é clara: o centro de gravidade para os mercados de energia eólica começou a mudar para a Ásia, nomeadamente a China (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011).

Dado esse panorama, pode-se afirmar que essas tecnologias enfrentam um extraordinário desafio na tentativa de se estabelecer. O desenvolvimento da tecnologia em si não é considerado um

ponto crítico para sua inserção e sim os problemas sociais, econômicos e institucionais que surgem no processo de sua implantação, os quais são em geral muito mais difíceis de resolver. O ambiente financeiro, organizacional e institucional em que operam e se difundem as tecnologias de energias incumbentes não está adaptado à adoção das fontes alternativas.

Na próxima seção, as incompatibilidades entre novas tecnologias de energia e as tecnologias incumbentes e a infraestrutura de apoio existente serão discutidas.

1.2.4 Energia Solar

Os sistemas solares fotovoltaicos convertem diretamente a energia solar em eletricidade. O bloco básico de construção de um sistema fotovoltaico é a célula fotovoltaica, que é um dispositivo semicondutor que converte energia solar em eletricidade de corrente contínua. As células fotovoltaicas são interligadas de modo a formar um módulo fotovoltaico, tipicamente de até 50 a 200 Watts.

A energia solar fotovoltaica combina duas vantagens. Por um lado, o módulo de produção pode ser feito em grandes instalações, o que permite economias de escala. Por outro lado, a energia solar fotovoltaica é uma tecnologia muito modular, podendo ser implantada em pequenas quantidades de cada vez. Esta qualidade permite uma ampla gama de aplicações. Os sistemas podem ser muito pequenos, como em calculadoras, até instalações de geração de energia de utilidade escala. Até agora, o comparavelmente alto custo de instalações fotovoltaicas tem sido a principal barreira para sua implantação em massa (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011).

Segundo Brown, Müller & Dobrotkova (2011), de 2000 a 2010, em termos de crescimento no mercado, os sistemas solares fotovoltaicos apresentam as maiores taxas de crescimento entre as tecnologias de energia em todo o mundo. Estimativas sugerem que a capacidade instalada acumulada de energia solar fotovoltaica chegou a cerca de 40 GW no final de 2010, partindo de 1,5 GW em 2000. A China tornou-se a maior fabricante mundial de módulos solares. Ela aumentou sua participação na produção mundial de 39% em 2009 para 55% em 2010.

Fabricantes de células em outros países, especialmente aqueles com sede da empresa nos Estados Unidos, perderam fatias de mercado: a contribuição dos fabricantes americanos diminuiu de 23% em 2009 para 13% em 2010.

Quanto ao sistema de aquecimento solar (energia heliotérmica), ele utiliza a energia solar para transformar calor em energia. Os coletores podem ser projetados para fornecer água aquecida em uma escala familiar, mas a tecnologia também está sendo cada vez mais empregada em larga escala para fornecer água quente para as operações comerciais e industriais ou vinculados a instalações de aquecimento urbano. O mercado tem visto uma grande mudança, com altas taxas de crescimento na China, Europa, nos Estados Unidos e Canadá. Em 2009, o mercado global cresceu 25,3%, com 36,5 GW de nova capacidade instalada (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011). As modernas tecnologias de solar térmica concentrada transformam vapor em energia elétrica por meio de turbinas – isso tem gerado grande interesse da CHESF e Eletronorte, que possuem projetos demonstração dessa tecnologia.

1.2.5 Energia Maremotriz

As tecnologias para geração de energia maremotriz possuem um potencial significante. Seus projetos produzem variáveis, porém altamente previsíveis fluxos de energia. A geração de energia das ondas depende do estado do mar. Os desafios de engenharia associados com a interceptação eficiente de energia a partir das ondas ou das marés são importantes, sobretudo tendo em conta a necessidade de sobreviver e operar em condições difíceis. Outras questões que devem ser considerados incluem efeitos sobre a vida marinha, o ambiente marinho e outros usuários marinhos, como transporte, indústria de pesca, etc.

Tecnologias de ondas e marés estão no ponto onde as primeiras atividades de implantação estão em andamento e, portanto, estão surgindo a partir da demonstração na fase inicial de implantação em alguns mercados principais. As perspectivas futuras dependerão dos dispositivos principais que demonstram com sucesso o desempenho confiável em condições de teste, e sobre a capacidade de demonstrar que as reduções de custos projetados podem ocorrer. Atingir esses

objetivos exigirá projetos em escala, envolvendo matrizes, em vez de dispositivos individuais. Esta fase também vai exigir financiamento considerável de fontes do sector público e privado, na forma de apoio de capital, juntamente com o apoio de receita maior, enquanto as tecnologias surgem a partir da fase de abertura e entrar na fase de desenvolvimento do mercado (BROWN, MÜLLER & DOBROTKOVA, 2011).

1.3 O *LOCK-IN* DAS TECNOLOGIAS INCUMBENTES

Com foco no contexto dos países mais industrializados, Kalthaus (2013) sustenta que as tecnologias de energia renovável apresentam vantagens em termos de independência de combustível e respeito pelo ambiente em comparação às tecnologias incumbentes – que são as tecnologias das fontes de energia dominantes no sistema energético, como os combustíveis fósseis e energia nuclear. O autor considera que as tecnologias incumbentes enfrentam desvantagens, tais como a volatilidade nos preços de insumos e externalidades ambientais negativas. No entanto, elas criaram um *lock-in* no setor de energia elétrica ao longo do tempo devido aos rendimentos crescentes de adoção e à ocorrência de *path dependency*. Além disso, as incumbentes ganharam vantagens através das melhorias baseadas no *learning by doing* e no *learning by using*, e são beneficiadas pelos subsídios e apoio político antes e durante o surgimento de tecnologias de energia renovável (JACOBSSON & BERGEK, 2004).

As tecnologias incumbentes têm uma melhor relação preço/desempenho, em parte devido ao processo de rendimentos crescentes de adoção. Os custos de adoção das novas tecnologias renováveis são mais altos do que a manutenção das tecnologias convencionais já adotadas. Além disso, há grandes incertezas por parte do cliente com relação ao desempenho tecnológico e os benefícios econômicos do novo substituto (BERGEK, 2002).

Com isso, pode-se constatar que, diante das tecnologias incumbentes, as tecnologias de energia renováveis enfrentam certas desvantagens e um processo bastante competitivo de difusão no setor. A produção mundial de energia é fortemente orientada não só para combustíveis fósseis, mas também para o carvão, a principal fonte de combustível emissora de gases de efeito estufa

(GEE). Embora a produção de energia a partir de fontes renováveis pareça estar crescendo rapidamente, está se fazendo a partir de uma base muito baixa, o que significa que a percentagem das energias renováveis na produção global de energia continua muito reduzida (SMITH, 2012).

Há diversas razões para acreditar que o ambiente de seleção mais amplo, não apenas do mercado, seja tendencioso em favor de sistemas tecnológicos incumbentes e que um novo sistema tecnológico pode, consequentemente, se desenvolver muito lentamente (CARLSSON & JACOBSSON , 1997). Kemp, Schot e Hoogma (1998) consideram que diversos fatores impedem o desenvolvimento e a utilização de novas tecnologias e que esses fatores estão inter-relacionados e, muitas vezes se reforçam mutuamente numa estrutura que exerce uma influência combinada dos quais originam inércia e padrões específicos na direção da evolução tecnológica.

Jacobsson e Bergek (2004) identificaram diferentes razões e fatores em todos os componentes do sistema tecnológico que justificam as desvantagens das tecnologias renováveis diante das tecnologias incumbentes:

- As instituições podem falhar em alinhar-se com a nova tecnologia, o que pode envolver o quadro regulamentar ou o funcionamento dos mercados educacionais e de capital.

- Os mercados podem não ser formados devido ao fenômeno de rendimentos crescentes de adoção, por exemplo, que beneficia as tecnologias estabelecidas, ou subsídios diretos e indiretos para tecnologias existentes.

- Empresas adicionais podem não entrar devido à falta de mercados ou porque elas tendem a construir em sua base de conhecimento existente quando elas procuram por novas oportunidades, o que pode restringir o seu processo de pesquisa.

- As organizações podem falhar em ajudar a nova tecnologia simplesmente por causa da deficiência na conectividade entre os atores. Os proponentes da nova tecnologia também podem ser organizacionalmente fracos demais para neutralizar a influência dos grupos de interesse da tecnologia incumbente na legislação, na opinião pública, etc.

Smith (2012) acrescenta ainda que todas as tecnologias de energia renovável disponíveis são economicamente inferiores às tecnologias incumbentes, sendo assim, sua difusão deve assentar

em melhorias tecnológicas sustentáveis que reduzam o custo, o que atualmente se configura um grande desafio para a política de inovação. Há também o caráter de fornecimento intermitente das fontes renováveis, agravando as diferenças de custo em relação às tecnologias incumbentes pelo fato de exigirem sistemas de backup quando as condições naturais o exigirem. Um aumento significativo dos custos da eletricidade, que, se imputados aos consumidores, levará a um aumento considerável dos preços da eletricidade.

O autor avalia que melhorar as tecnologias de energia renovável disponíveis não é uma questão de melhorar as tecnologias individuais, mas de desenvolver um complexo "sistema de inovação tecnológica" e este quadro conceitual sistêmico deve ser integrado em sua política. Smith (2012) considera que ainda não temos nenhuma estratégia de transição multilateral séria para um afastamento do estado atual e uma parte/função importante desse sistema de inovação tecnológica está em garantir que os operadores aprendam a utilizar com efetividade as novas tecnologias.

Os “mecanismos de bloqueio" podem operar em uma fase de formação de sistemas tecnológicos, mas também podem obstruir a transição para um sistema tecnológico mais autossustentável, isto é, aquele que é de forma crescente estimulado por seu próprio impulso e não pelas políticas de demanda ou oferta de tecnologias. Neste contexto, são esperados mecanismos de indução poderosos, necessários para superar esta gama de potenciais mecanismos de bloqueio. Espera-se ainda que a natureza de tais incentivos e mecanismos varie entre países e tecnologias (JACOBSSON & BERGEK, 2004).

Nesse contexto, o caso brasileiro de transição para a adoção de (novas) tecnologias de energias renováveis pode ser considerado distinto daquele predominante nos países mais industrializados, uma vez que a tecnologia incumbente do seu sistema elétrico é uma tecnologia renovável, conforme será discutido na seção que segue.

1.3.1 Tecnologias de produção e transmissão de energia elétrica incumbentes no Brasil

O Brasil apresenta uma matriz de geração de energia elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que a geração interna hidráulica responde por 74,0% da oferta. Somando as importações, que essencialmente também são de origem renovável, pode-se afirmar que 89% da eletricidade no Brasil é originada de fontes renováveis (EPE, 2012).

Constata-se, portanto, que o Brasil possui em sua matriz elétrica uma forte base hidráulica, considerada uma fonte renovável convencional. A energia hidrelétrica sempre foi dominante, uma vez que o Brasil é um dos países mais ricos do mundo em recursos hídricos.

No entanto, Sousa (2000) destaca os problemas causados pela construção dos reservatórios, afetando o ecossistema. Os impactos físicos mais comuns são a diminuição da correnteza do rio alterando a sua temperatura e a dinâmica do ambiente aquático. Os impactos biológicos relacionam-se à barreira física representada pela barragem para as espécies aquáticas, constituindo um fator de isolamento de populações antes em contato. Tais impactos, geralmente, afetam a biodiversidade do rio, havendo impacto sobre o bioma da floresta e devido a inundações de grandes áreas.

A instalação de uma usina hidrelétrica repercute ainda nas sociedades organizadas na região do projeto, bem como naquelas além de seus limites. Todos os eventos desencadeados por essa forma de energia, tais como diminuição na qualidade de água, desagregação social de comunidades locais e aumento na incidência de doenças seriam consequências imediatas para os habitantes da região do projeto, envolvendo a autonomia das reservas e culturas de povos nativos, representando os impactos sociais do empreendimento. Embora sejam mais subjetivos, estes efeitos devem ser considerados e analisados por ocasião de projetos hidrelétricos (SOUSA, 2000).

As outras tecnologias geradoras de eletricidade utilizadas no país estão a termonuclear, as termelétricas a gás natural e a óleo diesel, mas nenhuma delas contribui com uma porcentagem maior do que 7% do total (GOLDEMBERG & LUCON, 2007). Os autores consideram que, apesar do potencial hídrico do Brasil ser suficiente para suprir todo o país, as chamadas novas

fontes de energia renováveis – eólica, solar, PCH e biomassa – são fontes complementares e têm que ser usadas junto a fontes convencionais.

Geralmente, para complementar o Sistema Interligado Nacional (SIN) nos momentos em que a oferta de energia produzida é menor do que a demanda, o Brasil utiliza principalmente as termelétricas movidas a gás natural e carvão mineral. Por exercerem esse papel complementar no sistema elétrico, as termelétricas recebem subsídios por parte do governo federal.

No entanto, as novas fontes renováveis poderiam exercer o mesmo papel, com custos mais baixos e com menores impactos sobre o meio ambiente. Essas fontes representam complementaridade sazonal com relação às hidrelétricas. O período de seca, quando as hidrelétricas produzem menos, coincide justamente com a safra da cana-de-açúcar e com o período de maior incidência de ventos (WWF-BR, 2012).

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), o estímulo às novas fontes renováveis é ainda bastante incipiente comparado à média mundial. A União vem realizando esforços para estimular a difusão das novas fontes renováveis, por exemplo, por meio do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). O PROINFA foi instituído pela Lei N 10.438/2002, visando estimular a geração de eletricidade por fontes eólica, de biomassa e PCH. A primeira fase do programa estabelecia a geração de 3.300 MW por meio dessas fontes. A segunda fase do programa estabelecia uma meta de 10% dessas mesmas fontes em toda a matriz elétrica do país em vinte anos, mas foi abandonada (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

No entanto, apesar dos esforços do governo brasileiro, de acordo com Balanço Energético Nacional (2012), em 2011, a energia eólica – no Brasil, a mais difundida das novas fontes renováveis - representou apenas 0,5% da oferta interna de energia elétrica e a Biomassa representou 6,6% da oferta. Vale ressaltar que o Brasil está em posição de aumentar sua utilização da energia da biomassa e sua utilização é resultado de uma combinação de fatores incluindo a disponibilidade de recursos de biomassa e mão-de-obra barata, rápida industrialização e urbanização, e experiência histórica com aplicações industriais da energia da biomassa em grande escala (GOLDEMBERG & MOREIRA, 2005).

Por fim, Hinnels e Boardman (2009) apontam que o investimento necessário para que uma nova tecnologia seja competitiva diante de tecnologias incumbentes é o investimento de aprendizagem

e inovação. O investimento de aprendizagem pode ser feito pelo Estado nos estágios iniciais – através do apoio à inovação, incentivos etc. – ou por empresas privadas - através de regulação – conforme a tecnologia vai ficando mais perto de ser competitiva.

1.4 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

As soluções tecnológicas para mudança climática global devem ser implementadas em todo o mundo por muitos atores diferentes, e essas decisões exigem enormes desembolsos de fundos privados e públicos. Ambas as indústrias de desenvolvimento e produção dessas soluções e os setores em que as tecnologias serão implementadas formam um grupo bastante heterogêneo. Além disso, as soluções tecnológicas para o aquecimento global devem demonstrar sua relação custo-eficácia, facilidade de operação e confiabilidade em sistemas que podem estar em operação há décadas (MOWERY, NELSON & MARTIN, 2010).

Jacobsson e Johnson (2000) entendem que a transição de um sistema de energia envolve a substituição ou complementação, tecnologias estabelecidas com as novas. Segundo os autores, a ampliação de variedade na base de conhecimento por meio de experimentação é uma condição necessária para o desenvolvimento e difusão de uma nova tecnologia. No entanto, existe um risco considerável de que a configuração de competências, redes e instituições existentes realmente consiga impedir o processo de criação de variedade (CARLSSON & JACOBSSON, 1997). Os sistemas existentes podem ser bloqueados pelas tecnologias estabelecidas, devido à cumulatividade e *path dependency* da inovação, e os atores podem, portanto, não procurar oportunidades fora de suas áreas tradicionais. Se uma pesquisa é realizada dentro de novas áreas, provavelmente será feito de uma forma muito localizada. Assim, a compreensão de como a variedade na base de conhecimento é criada e sustentada é a uma questão-chave para a transformação do sistema de energia.

Neste caso, um aspecto central é o papel da política pública. A transição envolve a tomada de decisão por uma ampla gama de atores: pesquisadores, consumidores, empresas inovadoras, etc. Formas muito complexas de governança podem ser envolvidas nessas decisões. Smith (2012)

argumenta que o uso do poder do Estado tem sido fundamental para muitas transições. Uma das principais linhas de ações do governo neste sentido são aquelas voltadas para a redução do risco.

De acordo com Mowery, Nelson e Martin (2010), o bom desenvolvimento e adoção de tecnologias de energia renováveis alternativas certamente exigirão políticas públicas para catalisar e sustentar a demanda. Governo é um usuário importante de algumas das novas tecnologias energéticas, e as políticas de contratos públicos podem ser usadas para promover certas tecnologias ou aplicações através de regulações específicas (por exemplo, metas de emissão ou de desempenho) ou incentivos financeiros específicos (créditos fiscais), que podem estimular a adoção de tecnologias específicas.

No caso de fornecimento de energia elétrica, há também vários aspectos das externalidades, que exigem normas ambientais e de segurança. Deste modo, as inovações nesses campos enfrentam um problema de externalidade, que se refere à demanda por novas tecnologias e a pressão para inovar orientado pela ação regulatória. Assim, o papel da regulação da demanda surge como uma chave para a análise da relação entre a regulação e inovação (WALZ, SCHLEICH & RAGWITZ, 2008).

A regulação pode alterar os incentivos para a inovação através da criação de mercados para novos produtos, processos e sistemas, limitando mercados para produtos regulamentados. Mas além de mudar os incentivos econômicos para inovar, a regulação também pode influenciar a capacidade das empresas de inovar, dizendo às empresas o que fazer tecnologicamente, solicitando-as a repensar suas atividades atuais e estabelecer novas relações com os atores do conhecimento (KEMP, SMITH & BECHER, 2000).

A regulação é especialmente importante para os sistemas de infraestrutura, caracterizadas por um triplo desafio: regulação nas áreas de pesquisa e desenvolvimento (P&D), de proteção ambiental e de acesso a pontos de estrangulamento monopolistas. Assim, ela inclui os subsídios do lado da oferta do mercado de tecnologia, tais como subsídios de P&D, mas também vários instrumentos utilizados pelo lado da demanda, tais como tarifas *feed-in* ou subsídios fiscais. É evidente que o desenvolvimento de fontes renováveis de energia também depende dessas formas de regulação (WALZ, SCHLEICH & RAGWITZ, 2008).

Os autores consideram que o caso das fontes de energia renovável é particularmente interessante para a análise da interação entre regulação e inovação, visto que alguns dos principais atores envolvidos em energia renovável estão operando em condições de mercado muito específicos, que se tornou importante sob o título de monopólios naturais ou, mais precisamente, como gargalos monopolistas. Mesmo após a privatização e a liberalização dos mercados da eletricidade, esses atores estão sujeitos à regulação econômica específica de uma forma ou de outra. De toda forma, os governos possuem um conjunto importante de ações políticas possíveis que têm o potencial para estimular a inovação.

1.4.1 Implicações das políticas públicas no estímulo à P&D

Um fator de grande importância para o sucesso de programas públicos de apoio à P&D é uma forte demanda por parte de potenciais usuários para as tecnologias que esses programas ajudaram a desenvolver. Em pelo menos alguns desses programas, as políticas públicas, direta ou indiretamente, apoiam a demanda por novas tecnologias.

De acordo com Mowery, Nelson & Martin (2010), as exigências de regulações ou incentivos financeiros específicos podem estimular a adoção de tecnologias específicas. Mas para uma rápida aprovação de um amplo portfólio de novas tecnologias de energia alternativa por um espectro mais amplo de usuários, é necessário que os custos e benefícios privados reflitam com muito mais precisão os custos sociais das atuais tecnologias de energia e os benefícios da adoção de tecnologias alternativas.

Programas públicos de apoio ao desenvolvimento de melhores tecnologias de energia não são, portanto, substitutos de políticas, tais como os mecanismos de mercado que criam limites para as emissões de gases ou um imposto sobre as emissões de carbono que alteram os preços para refletir mais adequadamente os custos ambientais. Logo, preço favorável e políticas regulatórias podem melhorar significativamente a eficácia dos programas de P&D do governo nesta área. E mais, os investimentos públicos em P&D no desenvolvimento de novas tecnologias energéticas devem ser complementados por investimentos privados em P&D no setor (MOWERY, NELSON & MARTIN, 2010).

Norberg-Bohm (2002) discute o financiamento de P&D em diferentes estágios de desenvolvimento da tecnologia. O autor considera que o financiamento científico e tecnológico da P&D de base, pode ser inadequado para apoiar a difusão e comercialização da tecnologia, já que, segundo o autor, muitas tecnologias promissoras são abandonadas antes da comercialização bem sucedida, devido à escassez de financiamento, pesquisa, informação e confiança. Isso fornece uma justificativa para o envolvimento do governo mais próximo da comercialização, ou seja, na P&D aplicada e de demonstração e não apenas na pesquisa básica.

A necessidade de financiamento do governo para pesquisa, desenvolvimento e demonstração discutida acima certamente se aplica a tecnologias de energia renovável alternativa. No caso de tecnologias energéticas mais limpas há razões adicionais para a participação governamental, não só antes da comercialização, mas também durante a difusão (NORBERG-BOHM, 2002). As razões são:

- A falha de mercado, já que os benefícios públicos associados à produção de energia e consumo, incluindo as externalidades ambientais, riscos de segurança e de competitividade económica, não são refletidas nos preços de energia no mercado. Esta externalidade opera para criar um subinvestimento em todo o processo de mudança tecnológica.

- Em segundo lugar, muitas vezes há a necessidade de uma infraestrutura complementar e desenvolvimento institucional. Por exemplo, não se pode ter telhado com placas de energia fotovoltaica sem mudanças nas regras de medição ou carros elétricos sem estações de recarga.

Estas questões infraestrutura e institucionais exigem a resolução de problemas de ação coletiva e, portanto, pode exigir a intervenção do governo. Há uma forte complementaridade entre os diversos processos envolvidos no desenvolvimento, implantação e melhoria contínua de tecnologias de energia renováveis alternativas. A P&D, obviamente, é uma atividade central para inovação e para melhoria das tecnologias estabelecidas.

O *learning in use* é uma fonte importante de avanço nestas tecnologias e será especialmente importante para as próximas décadas em programas baseados em tecnologia para combater o aquecimento global. Novos sistemas tecnológicos complexos do tipo que possam ser desenvolvidos para esses fins tipicamente passam por processos prolongados de melhoria

incremental, que ao longo do tempo produzem avanços no desempenho global, na confiabilidade e custo-efetividade. O conhecimento resultante do *learning in* use precisa ser disseminado entre os usuários potenciais e deve servir de base para os processos de P&D que promovam modificações e melhorias adicionais nessas tecnologias (MOWERY, NELSON & MARTIN, 2010). Essa questão é um ponto central para o presente estudo pretende verificar se os projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas no segmento de geração e transmissão de energia elétrica estão relacionados ao aprendizado do uso dessas novas tecnologias de energia renovável pelas empresas de energia elétrica.

Enfim, Norberg-Bohm (2002) destaca a importância das parcerias público-privadas que criam uma oportunidade para definir metas alcançáveis para o desenvolvimento tecnológico. O envolvimento do governo e apoio financeiro nas parcerias de P&D oferecem uma oportunidade para o governo de incentivar a indústria para o desenvolvimento tecnológico que crie benefícios públicos - por exemplo, proteção ambiental – e que vá além de onde a indústria teria ido sem a parceria público-privada. No entanto, essas parcerias devem basear as metas tecnológicas em uma compreensão clara do potencial de mercado, de modo que haja uma chance razoável de mercado para a tecnologia, se as metas do programa forem cumpridas. Isto é particularmente importante para as parcerias de P&D público-privadas destinadas a inserir tecnologias no mercado. O papel da política deve ser o de ajudar os atores a encontrar um ao outro e para estimular a formação de novas redes.

Para concluir este Capítulo, pode-se afirmar que se um sistema de energia no futuro deve ser construído sobre fontes renováveis de energia, ele provavelmente irá conter um conjunto variado de tecnologias, presumivelmente incluindo vários tipos de aplicações da bioenergia, coletores solares, células fotovoltaicas e de energia eólica. Também é provável que essas tecnologias em menor escala e mais descentralizadas serão exploradas por um número maior de atores do que no caso das tecnologias incumbentes de energia nuclear, carvão e hidrelétrica (JACOBSSON & JOHNSON, 2000).

2 A ELETROBRAS E SEU PAPEL NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

O Capítulo 1 analisou, de uma maneira geral, as políticas públicas voltadas para o desenvolvimento e difusão das energias renováveis alternativas, bem como seus mecanismos de incentivos e implicações no estímulo à P&D. Discutiu-se também que as tecnologias incubentes podem causar processo de *lock-in* nas novas tecnologias renováveis no mercado. Neste Capítulo 2, dar-se-á início a um estudo de caso brasileiro, analisando como as empresas Eletrobras (EELB) e CEPEL se posicionaram diante do desenvolvimento Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Ressalta-se que o papel exercido pela Eletrobras será enfatizado, uma vez que se constitui na principal empresa do setor e é o objeto de estudo deste trabalho.

As Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - Eletrobras possuem incumbência, determinada pelo Ministério das Minas e Energia (MME), de planejar, coordenar e financiar a elaboração e a execução de todo o programa de fornecimento de energia do país. É uma empresa de economia mista e de capital aberto, na qual o governo federal possui 52% das ações ordinárias e, por isso, tem o controle acionário. A capacidade geradora da Eletrobras corresponde a 35,5% do total nacional e suas linhas de transmissão em operação representam 56% do total do país (ELETROBRAS, 2013).

Na qualidade de *holding*, a Eletrobras controla grande parte dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil através de seis subsidiárias: Eletrobras CHESF, Eletrobras Furnas, Eletrobras Eletrosul, Eletrobras Eletronorte, Eletrobras CGTEE e Eletrobras Eletronuclear. Além de principal acionista dessas empresas, a Eletrobras, em nome do governo brasileiro, detém metade do capital da Itaipu Binacional (ELETROBRAS, 2013).

A *holding* também controla o CEPEL e a Eletrobras Participações S.A. (Eletrobras Eletropar). Além disso, atua na área de distribuição de energia por meio das empresas Eletrobras Amazonas Energia, Eletrobras Distribuição Acre, Eletrobras Distribuição Roraima, Eletrobras Distribuição Rondônia, Eletrobras Distribuição Piauí e Eletrobras Distribuição Alagoas.

A seguir, o caminho percorrido pela Eletrobras e pelo CEPEL no contexto histórico do setor elétrico brasileiro será descrito.

2.1 A EVOLUÇÃO DA ELETROBRAS NO CONTEXTO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

O ambiente ou contexto que permeia a indústria de eletricidade sempre foi determinante para a história desse setor, em especial no que diz respeito às tentativas de estabilização e aos planos desenvolvimentistas. Muitos momentos vividos pela economia brasileira moldaram o que hoje é definido como Sistema Elétrico Brasileiro (SEB), que inclui a estrutura física-tecnológica e a de qualificação profissional e administrativa, bem como seus diferentes manejos e atribuições dadas pelos líderes políticos nacionais e/ou empresariais (OLIVEIRA, 1999).

O SEB, referente à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, vem adotando, desde há mais de um século, diversos modelos estratégicos, decorrentes de alterações conjunturais de sua política energética. Algumas dessas alterações resultaram em adaptações sucessivas de ordem estratégica, segundo políticas dos diferentes governos (MELLO, 2001).

De acordo com Erber e Amaral (1995), em sua fase inicial, o desenvolvimento do setor centrou-se na instalação de sistemas locais de pequeno porte e em alguns empreendimentos de maior vulto, promovidos por grupos estrangeiros, que não só utilizavam equipamentos importados, como também a tecnologia desenvolvida em seus países de origem.

A partir da década de 1950, a aceleração da urbanização e da industrialização refletiu diretamente sobre o setor de energia elétrica. O governo brasileiro começou a intensificar sua participação na produção de energia elétrica, para fazer face ao enorme aumento da demanda desse insumo básico. Ao lado do petróleo, passou a constituir um dos principais elementos da infraestrutura necessária às transformações socioeconômicas em curso (ERBER & AMARAL, 1995).

Também nessa década, deu-se início no país um processo de implantação de indústrias voltadas para o setor de energia elétrica, com a internalização da produção de equipamentos, por meio de subsidiárias de grandes conglomerados internacionais. Segundo Erber e Almaral (1995), esse processo de importação de tecnologias, ao mesmo tempo em que beneficiou o setor por haver uma produção nacional, implicou muitas vezes na importação de tecnologias inadequadas às necessidades e especificidades do setor elétrico brasileiro.

Leite (1997) considera que o início da década de 50 foi, ao mesmo tempo, contraditório e construtivo quanto à expansão e ao aperfeiçoamento do sistema elétrico. A tendência de intervenção crescente de empresas sob o controle do Estado se apoiava na tradição técnica gerada no âmbito de empresas sob controle estrangeiro. Contudo, pode-se afirmar que, de forma incipiente na década de 50 e claramente a partir dos anos 60, várias empresas estatais começam um trabalho institucional e orgânico de criação e desenvolvimento tecnológico (SARAVIA, 2005).

Já em 1960, foi criado o Ministério de Minas e Energia (MME), seguido da constituição da Eletrobras em 1962. Sua missão, como *holding* das estatais federais já criadas - Furnas Centrais Elétricas e Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) -, ampliava-se pela condição de coordenadora dos órgãos coligados ao setor elétrico. Em 1964, instituiu-se a frequência de 60 Hertz como padrão nacional. A injeção do capital estatal, aliada à interligação dos subsistemas que otimizou o aproveitamento de nossos recursos hídricos, deu novo fôlego à indústria do setor elétrico (CAMARGO, 2005).

Segundo Leite (2007), as funções da Eletrobras desde sua criação foram atreladas aos objetivos de desenvolvimento do país e à evolução do setor elétrico brasileiro. Neste sentido, a empresa teve como função geral a coordenação de diferentes segmentos da indústria e o relacionamento direto com seus agentes.

Em 23 de dezembro de 1968 o governo federal constituiu a Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (Eletrosul), na posição de subsidiária da Eletrobras, sendo, por consequência, encarregada da construção e operação de usinas geradoras termo e hidrelétricas, bem como seu sistema de transmissão em toda a Região Sul do Brasil.

O ano de 1973 foi de particular importância para o SEB graças a dois grandes feitos. Um deles, em 26 de abril, foi a assinatura do Tratado Itaipu, concretizando o grande projeto da Itaipu Binacional, depois da negociação entre o Brasil e o Paraguai. E o outro, em 20 de junho, a construção da Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte), última grande concessionária federal construída, responsável pela Região Norte do Brasil, inclusive parte do Maranhão e parte da Região Centro-Oeste.

Pode-se constatar que nesse período o setor público assumiu o controle direto do setor elétrico, centralizando sua política. As empresas públicas federais e estaduais assumiram um papel essencial na geração, transmissão e integração de sistemas isolados e mesmo na distribuição de energia. A centralização e coordenação permitiram planejamento e construção de obras hidráulicas de porte, de grandes sistemas de transmissão e da interconexão dos sistemas hidrelétricos, que produziram uma melhora substancial dos serviços de eletricidade e a redução nos custos de fornecimento, pelos efeitos de economia de escala (GOLDENBERG & PRADO, 2003).

Na função de *holding*, a Eletrobras tinha como papel coordenar as ações das suas subsidiárias regionais (Furnas, CHESF, Eletronorte, Eletrosul, Eletronuclear e a parte brasileira de Itaipu), onde é acionista majoritário; sendo que suas subsidiárias diretas sempre tiveram autonomia nas decisões regionais estratégicas. Por se tratar de uma empresa federal e se encontrar no topo da hierarquia setorial, sua missão sempre foi norteada pela busca do atendimento nacional de eletricidade, em contraste a interesses puramente locais. Assim, ao longo de sua trajetória, passados diversos governos (sejam eles militares ou civis), a Eletrobras foi intermediária decisiva nas ações em prol do interesse de cunho nacional (TAVARES, 2011).

Foi também atribuída à Eletrobras a função de executora de programas setoriais. Assim, a aplicação de políticas energéticas ficou a cargo da estatal, visto a dimensão do grupo no país e seu papel agregador. Esta função tem como objetivo gerar avanços setoriais com os agentes em âmbito nacional e promover, inclusive, intercâmbio energético com países vizinhos quando possível (TAVARES, 2011). Talvez o maior exemplo de programa setorial em nível nacional seja o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Criado em 1985, o PROCEL é uma das principais iniciativas em prol da eficiência e conservação energética no país.

Ainda no início da década de 70, diante da velocidade do desenvolvimento econômico do Brasil e do progresso científico e tecnológico mundial, além da variedade de iniciativas nacionais no campo da energia, acentuou-se a preocupação com a limitada capacidade de pesquisa e a escassez de pessoal habilitado, que pudesse levar a bom termo o processo então iniciado. Portanto, na tentativa de suprir tal carência - e pela busca por maior autonomia tecnológica no setor de energia elétrica - o governo pretendia formar centros próprios de pesquisa tecnológica, voltados para as especialidades atinentes ao MME e às unidades a ele ligadas (LEITE, 1997).

Portanto, a criação do CEPEL, em 1974, pode ser citada como de fundamental importância no que se refere aos avanços tecnológicos necessários para a superação dos desafios da indústria de eletricidade nacional, se aproximando da função de programa setorial.

2.1.1 A criação do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL)

Sabe-se que laboratórios públicos têm sido um dos principais instrumentos de política científica e tecnológica, contribuindo para a capacitação, o acompanhamento e a absorção do conhecimento na fronteira tecnológica. Mas o surgimento de atividades de pesquisa tecnológica relativas ao setor elétrico ocorreu de forma bastante tardia no Brasil, quando comparado com a maioria dos países desenvolvidos. Essa situação fez com que o país se limitasse, durante longo período de tempo, a absorver a experiência tecnológica acumulada no exterior.

Antes da criação do CEPEL, em 1974, após o primeiro choque do petróleo, não existia nenhuma atividade sistemática e integrada em pesquisa para o setor elétrico. As atividades existentes restringiam-se àquelas realizadas por alguns institutos eletrotécnicos ligados a universidades e por pequenos departamentos de estudos e pequenos laboratórios de algumas empresas concessionárias de energia elétrica. Nestes últimos, o objetivo principal era solucionar problemas de manutenção de equipamentos e de instrumentos de medição (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991 *apud* GOMES, 2003).

A criação do CEPEL, portanto, situou-se na confluência de duas perspectivas governamentais: a) tentar diminuir a carga exercida pelo pagamento de royalties e patentes no balanço de pagamentos e b) dotar as empresas de energia elétrica de um centro de pesquisas tecnológicas, tendo em vista as suas crescentes necessidades nesse aspecto (SARAVIA, 2005).

Nesse período, predominava uma política governamental de desenvolvimento calcada no processo de nacionalização, no qual a proteção à produção local, os incentivos fiscais e a própria reserva de mercado limitavam o acesso do setor ao mercado internacional. Assim, embora tivesse como objetivo maior a melhoria da qualidade e a redução relativa do custo do serviço de energia elétrica- para os quais dedicava a maior parte de seus esforços-, o CEPEL acabou se engajando,

da mesma forma que a Eletrobras e as grandes concessionárias, em programas de adaptação e desenvolvimento próprio da indústria fornecedora de bens e serviços de sua cadeia produtiva, principalmente aqueles que utilizavam novas tecnologias de forma mais intensa (ERBER & AMARAL, 1995).

Dessa forma, segundo os autores, o CEPEL desenvolveu expressivos graus de capacitação tecnológica nos processos inerentes ao serviço de energia elétrica e de capacitação para desenvolvimento de produtos e insumos utilizados naqueles processos. No entanto, considera-se que a atuação do CEPEL para promover e estimular uma maior interação com as concessionárias e com fornecedores de bens e serviços que compõem a cadeia produtiva do setor, visando a melhor coordenação das atividades de P&D, bem como o melhor uso da capacitação tecnológica disponível, não foi plenamente desenvolvida.

Erber e Amaral (1995), quanto a essa questão, referem que a Eletrobras, enquanto empresa *holding* das grandes concessionárias regionais, não exerceu a função de agente de planejamento das atividades de P&D do setor e nem atribuiu ao CEPEL o papel de órgão coordenador e difusor de P&D. Como resultado, a atuação do CEPEL se tornou um tanto dispersa, orientando-se para o atendimento de necessidades mais imediatas das concessionárias, em detrimento de programas e projetos de P&D, que trariam benefícios mais amplos para o setor elétrico como um todo, embora de mais longo prazo.

Acredita-se também que o próprio CEPEL teve sua parcela de contribuição. Desde sua criação, não priorizou uma gestão científica e tecnológica que definisse critérios de seleção de projetos que atendesem às reais necessidades tecnológicas do setor elétrico, articulando sua cadeia tecnológica, de forma a otimizar os parcos recursos destinados a P&D, como também difundir, para todo o sistema elétrico as tecnologias desenvolvidas (ERBER & AMARAL, 1995).

Foi em um contexto de crise e questionamento quanto ao papel da Eletrobras que o CEPEL realizou uma reestruturação, visando encontrar novos parceiros para seus projetos: ampliou as perspectivas de longo prazo e reduziu a forte dependência financeira da Eletrobras. Segundo Ribeiro e Faucher (1994), a tecnologia nunca foi uma variável importante e estratégica para a Eletrobrás. Nos momentos de crise, por exemplo, a área de P&D sempre foi a primeira a ser atingida pelos cortes orçamentários. Para se ter uma dimensão da crise que ocorreu em 1980, os

dispêndios somaram US$ 26,6 milhões, sendo que, em 1985, houve uma redução em torno de 45% desses recursos, voltando a atingir, no ano de 1988, os níveis observados em 1980. Daí em diante, as incertezas foram constantes, passando os aportes de recursos a oscilarem de forma acentuada (GOMES, 2003).

Na década de 1990, observou-se uma permanente queda e inconstância na intensidade da participação da Eletrobras no financiamento das atividades de P&D do CEPEL. Esse fato revelou a necessidade de mudanças de rumo para uma instituição de P&D que, por natureza, trabalha com projetos de longa duração, necessitando, dessa forma, de certa estabilidade na dotação de recursos. O CEPEL foi então levado a desenvolver um grande esforço interno de descentralização das suas fontes de financiamento, sejam eles na forma de empréstimos, aumentos de participação dos sócios fundadores ou realização de projetos (SOARES, 1997).

É importante mencionar que a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) exerceu papel importante no financiamento de projetos do setor energético como um todo, principalmente em relação às fontes alternativas de energia, como energia solar e biomassa, durante a década de 1970 e 1980, período em que os impactos das crises do petróleo eram sentidos mundialmente (ROTHMAN & FURTADO, 2000).

2.1.2 A primeira reestruturação do SEB

Uma nova fase foi marcada por mudanças institucionais no setor energético brasileiro. Ao longo da década de 90, em especial nas áreas da eletricidade e do gás natural, ocorreram sucessivas reformas, motivadas principalmente pela necessidade de resolver o problema de financiamento do setor, de aumentar a eficiência econômica, além de reduzir a dívida do setor público.

A partir do início da década de 90, o Brasil iniciou seu processo de desverticalização comercial das atividades de geração, transmissão e distribuição, criando o papel do comercializador de energia, com o intuito de introduzir competitividade no setor. Enquanto as atividades de transmissão e distribuição ficaram enquadradas, por definição, como monopólios naturais, as atividades de geração e comercialização passaram a ser enxergadas sob a ótica da concorrência.

Empreendeu-se um processo de segmentação do setor elétrico e privatização de grande parte das empresas de distribuição e uma parte das empresas de geração (MEDEIROS, 2003).

As reforma e introdução da concorrência na indústria elétrica proposta pelo governo Fernando Henrique Cardoso (FHC) consistiu numa tentativa de redefinição completa do papel do Estado na área. A reforma teve por objetivo principal criar um mercado livre, por meio de incentivos à eficiência, e limitar, ao mínimo, a imposição de objetivos e intervenções governamentais (GOLDENBERG & PRADO, 2003).

O mecanismo da privatização das empresas do setor de energia elétrica - federais e estaduais - foi claramente definido de acordo com as seguintes linhas básicas de custódia do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) das ações - preferenciais e ordinárias - das empresas incluídas no Programa Nacional de Desestatização (PND); de cessação de investimentos; de saneamento financeiro; e de leilão.

O Decreto nº 1.503, de 25 de maio de 1995, definiu mais claramente a política privatizante do governo FHC, ficando incluídas no PND Eletrobras, Furnas, Eletronorte, Eletrosul e CHESF.

Acolhia-se uma opção pela retirada do Estado do setor, embora de forma gradual, porém definitiva. A iniciativa privada deveria assumir os encargos da geração e distribuição de energia elétrica. A ela caberia também a manutenção do acervo operativo, bem como sua ampliação, com vistas ao atendimento dos requisitos de consumo.

Em 1994, o Governo Federal Brasileiro estabeleceu criou o Programa para o Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM). O programa foi coordenado pelo Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético (DNDE), do MME, tendo no CEPEL o suporte técnico para sua implantação. O PRODEEM tem como objetivo suprir de energia elétrica as comunidades rurais de baixa renda, distantes da rede convencional de distribuição. Este campo de aplicação é considerado extremamente vasto no Brasil, o qual, segundo estimativas do MME, possui mais de 15 milhões de pessoas na zona rural sem acesso à energia elétrica convencional (GALDINO ET AL, 2000).

Logo após, em 1996, foi editada a Lei nº 9.427 (26/12) que instituiu a ANEEL e disciplinou o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica. A ANEEL viria substituir o

Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), órgão da administração direta, subordinado ao MME, que deveria ser extinto com a constituição da nova autarquia.

A ANEEL passou então a assumir funções de mediação, regulação e fiscalização do funcionamento do Sistema Elétrico; realização de leilões de concessão de empreendimentos de geração e transmissão por delegação do MME; e, de licitação para aquisição de energia para os distribuidores. Além dessas funções, a agência lideraria, posteriormente, o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento e o Programa de Eficiência Energética.

Furtado (2010) entende que essa mudança mais geral regulação setorial afetou fortemente o arranjo institucional centrado no Estado, no qual cabia uma importante posição de liderança ao CEPEL e que seria de se esperar que, nesse novo contexto, acompanhando o cenário internacional, houvesse um retrocesso tanto do gasto público quanto privado em P&D. Porém, segundo autor, o Estado brasileiro procurou compensar os impactos negativos decorrentes do aumento da concorrência com a criação de mecanismos de gastos compulsórios em P&D, sendo que a própria criação do CEPEL derivou da aplicação desse tipo de mecanismo ao sistema Eletrobrás.

A preocupação em incumbir às recém-criadas agências reguladoras as mesmas funções de compensação que cabiam aos atores do sistema Eletrobrás se manifestou desde a criação da Aneel em 1997. E é neste contexto que foi atribuída à ANEEL o papel de estimular e participar das atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico necessárias ao setor de energia elétrica (FURTADO, 2010).

A partir de 2000, as empresas prestadoras dos serviços de eletricidade brasileiras foram sendo obrigadas a investir em programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e EE do setor elétrico. As experiências das empresas de eletricidade mostraram que diante das mudanças regulatórias ao longo do tempo e da criação da agência reguladora, no caso, a ANEEL permitiu uma maior competitividade entre estas empresas do setor, no intuito de melhorar a qualidade dos serviços prestados aos consumidores (SANTOS e JANNUZZI, 2006).

De acordo com Lei no 9.991/2000, as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica ficaram obrigadas a aplicar, anualmente, no mínimo 0,75% da Receita Operacional Líquida (ROL) em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e 0,25% em EE no

uso final. Já as concessionárias de geração, as autorizadas à produção independente de energia elétrica e as concessionárias de transmissão ficaram obrigadas a aplicar, anualmente, no mínimo 1% da ROL em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico. Por isenção, ficaram excluídas dessa obrigatoriedade as empresas que geram energia exclusivamente a partir de instalações eólica, solar, biomassa, PCH e cogeração qualificada, observando-se, para essas últimas, o disposto na Resolução nº 652, de 9 de dezembro de 2003 (ANNEL, 2012).

Alveal (2003) traz uma questão importante: a herança legada pela reforma e abertura indiscriminada de provisão de tecnologia importada para os agentes empresários do setor energético. Nessa perspectiva, existem sérias limitações das empresas brasileiras fornecedoras de equipamentos e de serviços tecnológicos na competição com as similares de origem internacional. "*A alta dinâmica do progresso técnico, exigindo qualificação especializada, acentuou a concentração da indústria mundial de tecnologia e equipamentos destinados ao setor energético, hoje controlado por um número restrito de empresas internacionais*" (ALVEAL, 2003).

Em contraste, o empresariado privado local, nesse domínio, ainda carece de cultura inovativa, de infraestrutura tecnológica e de uma política robusta e congruente que estimule um desempenho competitivo. Essas dificuldades se agravaram a partir da lógica das estratégias de internacionalização e diversificação correlata dos grandes players energéticos internacionais.

Segundo Jannuzzi, Gomes e Andrade (2003), a introdução de maior competição no setor de energia e a obrigatoriedade de investimentos em P&D nas empresas do setor elétrico acabou obrigando as instituições de pesquisa do próprio setor, como o CEPEL, a reformularem suas estratégias e parcerias com outras instituições. A conjuntura de mudanças setoriais ofereceu desafios importantes para o planejamento de atividades, visando maximizar os benefícios sociais das atividades de C&T na área energética.

A necessidade de maior participação da iniciativa privada em esforços de ciência, tecnologia & inovação (CT&I) melhoraram a disseminação de novas tecnologias, ofereceu desafios e oportunidades aos grupos de pesquisas acadêmicos ou não que passaram a atuar em várias partes da cadeia de inovação tecnológica. De outro lado, as próprias empresas de energia necessitaram

desenvolver maior articulação com seus fornecedores e grupos de pesquisa, tornando-se agentes ativos do processo de inovação (JANNUZZI, GOMES & ANDRADE, 2003).

Após a crise energética de 2001, que teve grande impacto sobre o setor elétrico e na vida econômica e social do país, houve um intenso debate sobre as reformas liberalizantes do período FHC. Pode-se considerar que a onda privatizante levou, ela mesma, o novo modelo do setor elétrico a não atingir seus objetivos, ao tratar a energia elétrica como commodity e não como um bem público, de alta conotação estratégica e social. Tornou-se necessário, portanto, uma rearticulação do setor elétrico, assim como do seu planejamento e de sua forma de financiamento, que será descrito a seguir.

2.1.3 A segunda reestruturação do SEB

Em 2003, foi elaborado um novo modelo institucional para o setor energético, instituído pela Lei No 10.848 de 15 de março de 2004 e Decreto 5.163 de 30 de julho de 2004. Objetivava corrigir as falhas que ocasionaram a crise, com foco principal nas questões de modicidade tarifária, universalização do acesso e na retomada do planejamento energético.

No âmbito da Eletrobras, em março de 2004, a empresa foi retirada do PND pela Lei No 10.848, juntamente com a CHESF, Furnas, Eletronorte, Eletrosul e a Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE). Autorizada a retomar a atividade de geração, a Eletrosul mudou sua denominação para Eletrosul Centrais Elétricas S.A.. O grupo de controladas atuantes na área de geração passou a incluir a Eletrobrás Termonuclear S.A (Eletronuclear). A holding passou a dividir o controle da Itaipu Binacional com a estatal paraguaia *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE).

Na área do planejamento, criou-se a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) responsável pelo planejamento indicativo do setor energético, em substituição ao Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS) da Eletrobras. Além de planejar, a EPE é responsável pela qualificação dos projetos a serem leiloados, pela retomada dos estudos de inventário das bacias hidrográficas (paralisados durante a primeira reforma) e por estudos

macroeconômicos para elaboração de cenários, com objetivo de servir de referência para o planejamento (TAVARES, 2011).

Neste contexto de perda funcional da Eletrobras, restaram as funções de *holding* e executora de programas. Com relação aos programas setoriais, surgiram outros exemplos de programas liderados pelo grupo, que são: Luz para Todos, em 2003, e PROINFA, em 2004.

O Programa Luz para Todos é um dos programas de referência quanto à participação ativa do Estado para ampliação do acesso à energia elétrica à população brasileira como um todo. A partir da coordenação junto às distribuidoras de energia elétrica, sejam elas públicas ou privadas, a Eletrobras passou a possibilitar a entrega de energia elétrica à regiões rurais e isoladas. O Programa permitiu o acesso a cerca de 13 milhões de brasileiros, sobretudo na região Nordeste (TAVARES, 2011).

O PROINFA, por sua vez, tem como objetivo o desenvolvimento de projetos de fontes alternativas e renováveis, em um contexto de diversificação da matriz elétrica brasileira. A Eletrobras coordena este programa, assegurando a compra da energia contratada por 20 anos.

Segundo Tavares (2011), questiona-se a necessidade da permanência destes programas dentro do corpo da estatal, pois, dado o novo ambiente de maior competitividade e isonomia entre os agentes, segundo o autor, não teria sentido a delegação de programas de política energética a uma empresa específica. Estes programas são financiados em grande parte por fundos setoriais administrados pela Eletrobras e além de serem subsidiados por estas fontes, também são fontes de custos para a empresa.

Nesse período, o CEPEL já era considerado um reconhecido centro de excelência do setor elétrico brasileiro, sendo o maior centro de pesquisa de energia elétrica da América Sul. O centro já realizava ensaios, diagnósticos e serviços tecnológicos através de mais de 30 laboratórios, contando também com o Escritório de Certificação de Produtos e Serviços (ECPS), credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) para produtos elétricos de certificação compulsória. Dispunha também de áreas de demonstração tecnológica para atender visitantes interessados em conhecer novas tecnologias (SARAVIA, 2005).

Através de seu envolvimento com programas do governo - como o PRODEEM, o PROCEL e o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) - o CEPEL contribui para a diminuição das desigualdades regionais, o combate ao desperdício, a melhora da eficiência e o desenvolvimento de novas alternativas energéticas.

O CEPEL possui centros de demonstração de tecnologia com a Casa Solar Eficiente, a Exposição de Tecnologias Eficientes, ambas no âmbito do Centro de Tecnologia Eficientes - CATE. A Casa Solar participa do programa do CRESESB para difusão da utilização de energias renováveis no país (SARAVIA, 2005).

Por fim, a partir do Novo Modelo do setor elétrico, foi definida a volta da participação estatal no processo de expansão setorial, além do retorno do planejamento centralizado. Os leilões de geração e transmissão, nos quais é promovida a implementação da maior parte da capacidade produtiva nova, bem como os programas setoriais fizeram possível o maior acesso e qualidade do uso da eletricidade no país.

Como se pode observar, o Sistema Eletrobras acaba por se incluir em quase todas as questões setoriais e, não por menos, reflete em sua estrutura grande parte das modificações de dentro do setor. Suas ações proativas em termos de projetos e programas condizem com a sua natureza como entidade estatal (TAVARES, 2011).

2.2 OS RESULTADOS DA ELETROBRAS

Em 2010, de acordo com seu Relatório Anual, a Eletrobras passou a ser considerada a maior *holding* do setor de energia elétrica da América Latina, com atuação destacada no mercado brasileiro de transmissão e de geração e com participação importante na distribuição em território nacional. As EELB têm uma capacidade instalada total de geração superior a 40GW, dos quais 90% são de fontes com baixa emissão de gases de efeito estufa, sendo 85% de hidrelétricas e 5% de nuclear (ELETROBRAS, 2010).

Mais recentemente, na atual década, essa indústria de energia elétrica assiste à retomada dos investimentos, porém ainda em níveis inferiores aos da década de 70 e início dos 80. Furtado (2010) considera que, apesar da situação financeira das empresas elétricas ter melhorado bastante na atual década, os obstáculos de ordem ambiental tornaram-se um dos principais impedimentos à retomada dos investimentos. Segundo o autor, o país domina a tecnologia de geração hidrelétrica e transmissão de energia a longas distâncias, porém é importador de equipamentos de geração térmica.

Conforme exposto anteriormente, a Eletrobras é composta por seis empresas de geração e transmissão, seis empresas de distribuição, o CEPEL, uma empresa de participações, a Eletrobras Participações S.A. (Eletropar), e ainda detém 50% do capital social da Itaipu Binacional.

Detentora do maior parque gerador de energias renováveis da América Latina e através do seu Plano Estratégico voltado à maximização da participação das energias limpas em sua matriz, o Sistema Eletrobras passou a contribuir para o posicionamento do país quanto à gestão global das mudanças climáticas.

No âmbito da EE, em 2010, foi criado o Comitê Integrado de Eficiência Energética e a aprovação da sua Política de Eficiência Energética. Ao longo do ano, R$ 1.679.552,14 foi investido em projetos de produção de biodiesel e diesel vegetal, destinados à inciativas como a geração de eletricidade em regiões isoladas, a implantação de laboratórios e ao levantamento de potencial eólico.

No âmbito do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso de Energia Elétrica, o Luz para Todos, mais de dois milhões de pessoas no meio rural brasileiro foram beneficiadas em 2010 pelo programa, com a realização de 419.204 novas ligações. Foram beneficiadas 348 unidades consumidoras em localidades de difícil acesso e distantes das redes de distribuição de energia elétrica, por meio de geração descentralizada de fontes renováveis de energia e da construção de pequenos trechos de rede de distribuição.

Já o PROINFA conseguiu aumentar a participação no SIN da energia elétrica produzida por usinas eólicas, de biomassa e por PCH. Sua implantação contribuiu para a diversificação da matriz energética e até o final de 2010, foram implantadas 113 usinas, sendo 53 usinas de PCH, 20 usinas de biomassa e 40 usinas eólicas. O programa teve um papel importante no impulso das

energias renováveis, em especial a energia eólica, cuja capacidade instalada passou, em pouco mais de quatro anos, de cerca de 22 MW para cerca de 894 MW, até dezembro de 2010 (ELETROBRAS, 2010).

2.3 PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NA ELETROBRAS

De acordo com a Eletrobras (2009), a finalidade principal de sua política de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D+I) é fomentar, orientar e priorizar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação nas EELB, adequando-se ao contexto institucional em que cada empresa se encontra, aumentando a sinergia de ações e a capacidade de inovação pelo alinhamento com o planejamento estratégico e os planos de negócios.

A Gestão da P&D+I nas EELB é tratada como estratégia empresarial de curto, médio e longo prazo, alinhada e integrada ao Plano Estratégico e aos planos de negócios das EELB, visando à obtenção de resultados como base para o crescimento e a competitividade, e como elemento crítico para combinar crescimento sustentável do negócio com responsabilidade social e ambiental.

Essa política tem como principais objetivos buscar soluções tecnológicas para que suas empresas atuem de forma integrada e sinérgica na gestão dos negócios de energia para gerar maiores e melhores resultados, como agente competitivo, com recursos próprios e/ou por meio de captação nos mercados de capital e financeiro no Brasil e no exterior. A empresa busca o domínio amplo da cadeia de inovação tecnológica, tanto no nível científico e tecnológico quanto no nível industrial, nas áreas estratégicas para as EELB. Para isso, ela considera necessário induzir uma cultura de desenvolvimento tecnológico e inovação nas áreas estratégicas para as EELB, no sentido de obter as condições necessárias para competir no mercado nacional e internacional e reduzir o grau de dependência tecnológica internacional por meio do desenvolvimento de tecnologias nacionais para o setor de energia elétrica.

O novo modelo do setor elétrico apresentou uma preocupação em criar mecanismos para garantir a continuidade e estimular atividades de P&D pelas empresas concessionárias de energia elétrica.

Os mecanismos criados sem dúvidas garantiram que recursos fossem alocados para essas atividades, caso contrário seria bem pouco provável que as concessionárias privadas continuassem a promover programas de P&D (JANNUZZI & GOMES, 2002).

O CEPEL é o principal executor dos programas e projetos de P&D+I das EELB. Em 2010, para garantir o financiamento dos projetos de pesquisa do centro, as EELB disponibilizaram recursos da ordem de R$ 125 milhões. Dentre os projetos corporativos de P&D+I desenvolvidos no CEPEL para as EELB, de um total de 99 projetos, 14 são voltados para Conservação e Uso Eficiente de Energia e apenas 6 projetos são em Energias Renováveis e Geração Distribuída (ELETROBRAS, 2010).

A Eletrobras efetivou dispêndio em projetos e atividades de P&D da ordem de R$ 315 milhões em 2011, aí se destacando R$ 195 milhões no CEPEL e R$ 92 milhões nas carteiras de P&D de suas controladas. Seus projetos de P&D foram desenvolvidos nas mais diversas linhas de pesquisa, dentre as quais se destacam: fontes alternativas de energia, EE, inserção regional e social, meio ambiente, produção de energia, telecomunicação, transmissão (linhas e subestações), tecnologia da informação, finanças, recursos humanos e gestão estratégica. Os projetos nas áreas de produção de energia e transmissão foram os que mais receberam recursos.

Os projetos em fontes alternativas de energia, analisados detalhadamente no Capítulo 4 deste trabalho, assumem especial relevância para empresa, uma vez que o Planejamento Energético Brasileiro para os próximos anos prevê a diversificação da matriz energética a partir do uso das energias renováveis.

A seguir, será apresentado um panorama dos esforços de P&D das EELB no âmbito do programa ANEEL e de seus principais parceiros de cooperação tecnológica.

2.3.1 Visão geral dos esforços em P&D das Empresas Eletrobras no programa ANEEL

A análise do esforço em P&D das EELB foi realizada através do levantamento dos projetos de P&D desenvolvidos interna e externamente. Foram analisados e classificados um total de 616 projetos de P&D ANEEL, que compreendem as informações das EELB Furnas, Eletrobras

Eletronorte, Eletrobras Eletrosul, Eletrobras CHESF e EDEs, desde o primeiro ciclo de P&D ANEEL 2000 até o ano de 2010. Pode-se destacar que o caso das EELB não diverge do estudo do IPEA no que se refere ao fato da maioria dos projetos de P&D ANEEL serem desenvolvidos externamente pelas ICT parceiras.

Como resultados mais relevantes, podemos destacar que a maior parte dos esforços em P&D das carteiras ANEEL das EELB está concentrada nos dois principais elos da cadeia produtiva do setor elétrico em que elas atuam: Geração, que comporta 42,2% do total de projetos, e Transmissão, que comporta 34% dos projetos.

Os Sistemas de Geração são relacionados à produção de energia elétrica por empresas concessionárias geradoras ou por produtores independentes. Os Sistemas de Transmissão são relacionados ao transporte de energia elétrica por empresas concessionárias de transmissão entre as usinas geradoras e as subestações de interligação com empresas concessionárias distribuidoras.

Quanto aos esforços em P&D das EELB na área de Geração de energia elétrica, os investimentos das empresas estão concentrados em sua maioria em Barragem, 24,2% do total de projetos, seguido de investimentos em Reservatórios (22,7%) e em Fontes Alternativas (21,2%).

Em relação aos esforços em P&D de Sistema Utilização - utilização de energia elétrica pelos seus consumidores finais-, a maior parte dos investimentos se concentram em 75% em EE, seguida de 25% para Novos Usos. Este percentual para Novos Usos se refere a projetos de aplicação de novas tecnologias para a melhoria da qualidade da iluminação por Sistemas Fotovoltaicos, de desenvolvimento de medidor de energia de baixo custo e de desenvolvimento de sistema de aproveitamento de fontes de calor.

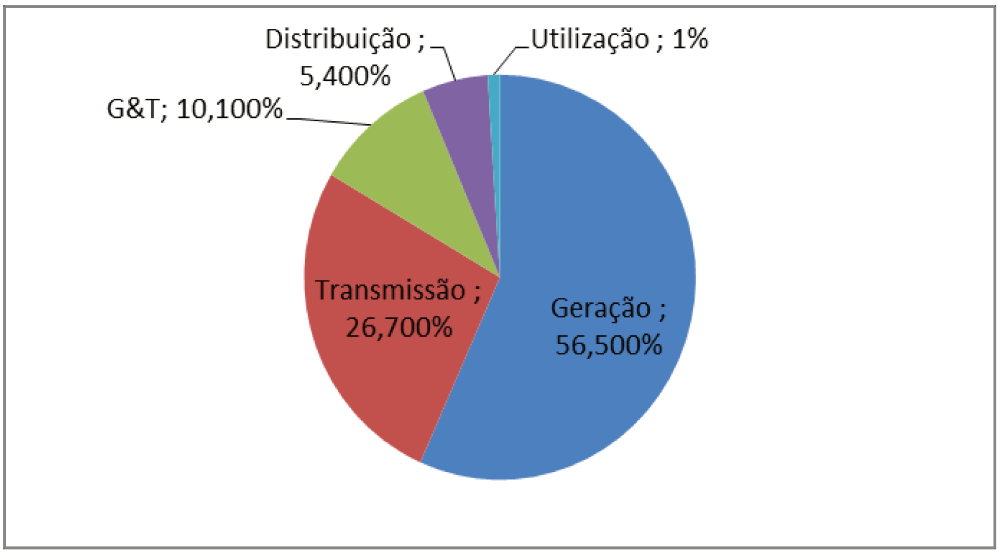
A seguir, análises da carteira de P&D ANEEL das EELB com base nos custos e nas suas atividades de modo agregado.

2.3.2 Análise do esforço em P&D das Empresas Eletrobras com base nos custos da carteira de P&D ANEEL

Considerando desde o primeiro ciclo de P&D ANEEL em 2000 até os projetos iniciados em 2010, as EELB analisadas investiram em P&D ANEEL um total de custo previsto de R$ 332.997.623,27.

O Gráfico 2.1 considera todos os projetos de P&D ANEEL com o custo total previsto informado pelas empresas, de acordo com a distribuição por Sistemas.

Gráfico 2.1 - Distribuição do custo total dos projetos de P&D ANEEL das EELB por Sistema – 2000 a 2010



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

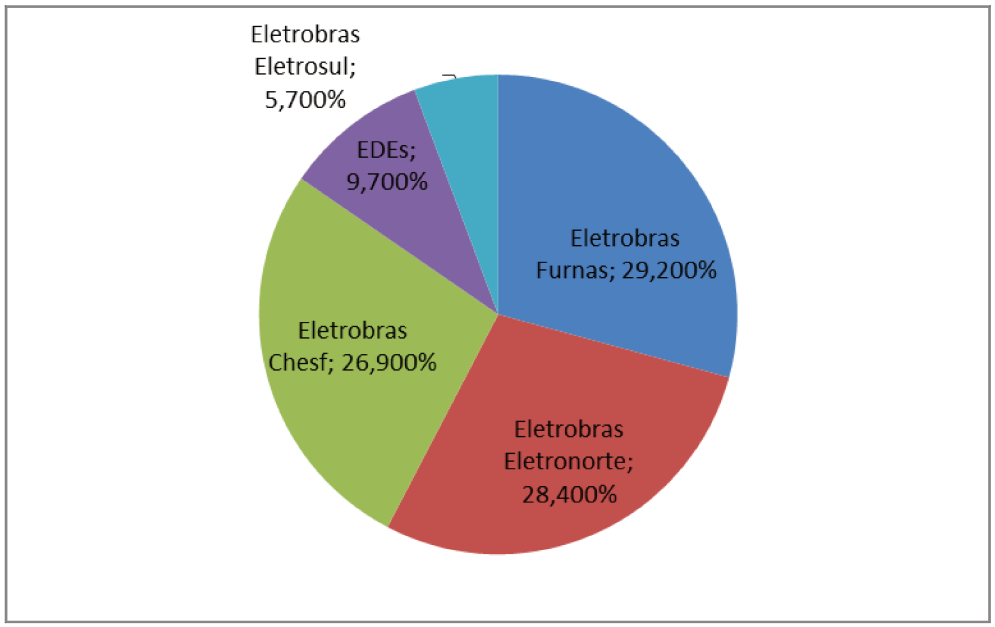
Como podemos observar, mais da metade dos investimentos em P&D ANEEL das EELB está concentrada em sistemas de geração, seguida por sistemas de transmissão e por projetos que contemplam G&T - atividades que envolvem simultaneamente Geração e Transmissão.

Dentre as EELB analisadas, a Eletrobras Furnas é a empresa que apresentou o maior custo médio por projeto de P&D ANEEL. As demais empresas, mesmo atuando em diferentes regiões do país, gastaram em média cerca de R$ 400 mil reais por projeto.

Em relação à distribuição de projetos da carteira de P&D ANEEL entre as EELB, do total de 616 projetos, 180 foram gerenciados pela Eletrobras Furnas, 175 pela Eletrobras Eletronorte, 166 pela Eletrobras CHESF, 60 pelas Empresas de Distribuição Eletrobras e 35 projetos foram gerenciados pela Eletrobras Eletrosul.

Essa distribuição dos projetos de P&D ANEEL por Empresa Eletrobras pode ser observada no Gráfico 2.2.

Gráfico 2.2 - Distribuição dos projetos de P&D ANEEL por Empresa Eletrobras (em %) – 2000 a 2010



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

No próximo item, são apresentados os esforços tecnológicos das EELB atividade mitigação e recuperação de impactos socioambientais.

2.3.3 Atividade Mitigação e Recuperação de Impactos Socioambientais

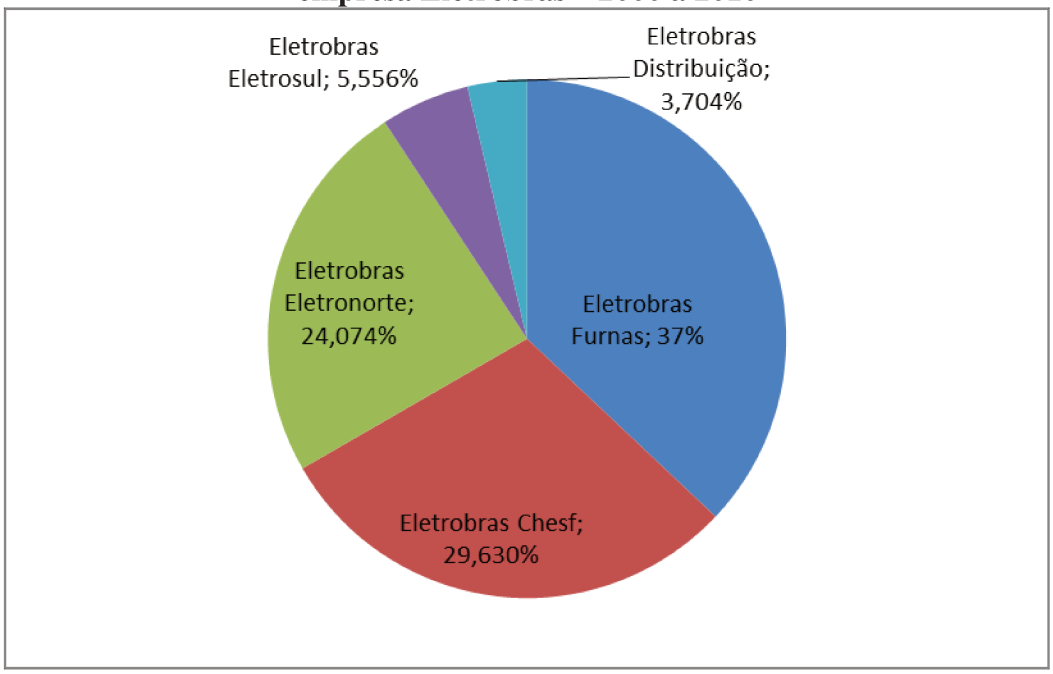
As atividades de mitigação e recuperação de impactos socioambientais são consideradas uma questão indispensável para praticamente todos os setores de atividade econômica. Porém, esta dimensão se acentua em alguns setores, como é claramente o caso das empresas geradoras e distribuidoras de energia elétrica. É por isso que os esforços tecnológicos desenvolvidos ao longo

do tempo pelas EELB na redução dos impactos socioambientais no entorno dos seus Sistemas são considerados relevantes.

Do total de 54 projetos desenvolvidos para a Redução/Prevenção/Recuperação de Impactos Socioambientais, 79,6% foram voltados para o Sistema Geração, sendo que deste total 83,7% foram para redução dos impactos que envolviam os reservatórios das empresas. Dos 14,8% no Sistema Transmissão, 87,5% foram para redução dos impactos no entorno das linhas de transmissão. E o total de investimentos, consequentemente, também se concentra no Sistema Geração, que representou 88,4% do total de R$ 44, 5 milhões que as EELB investiram nesta competência com base em seus projetos de P&D ANEEL.

O Gráfico 2.3 apresenta a distribuição dos esforços tecnológicos em redução de impacto socioambiental por empresa, com base na distribuição dos projetos de P&D ANEEL. Observa-se uma maior incidência de projetos na área nas EELB Furnas, Eletrobras CHESF e Eletrobras Eletronorte.

Gráfico 2.3 - Projetos de P&D ANEEL em redução de Impactos Socioambientais por empresa Eletrobras – 2000 a 2010



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Projetos foram desenvolvidos em áreas de avaliação da qualidade ambiental de reservatório, metodologias para subsidiar no cálculo das emissões do setor elétrico, projetos em análise da cadeia produtiva, etc.

Através da análise dos projetos de P&D ANEEL das EELB foi possível ter uma visão geral das tendências de investimentos das empresas. Com isso, observou-se uma concentração significativa dos esforços tecnológicos em Sistemas mais diretamente relacionados com os negócios principais das Empresas, ou seja, Geração e Transmissão.

Dentro desse novo panorama de reformas apresentado, constata-se que os desafios atuais para o governo e as empresas, estatais e privadas, que atuam no planejamento, na implantação e na operação de empreendimentos elétricos, tem sido a adaptação dos seus planejamentos à conjuntura política e econômica atual, da qual tem se destacado a preocupação com o desenvolvimento científico e tecnológico das empresas do SEB. O Capítulo 3 procura explorar os mecanismos nacionais para o desenvolvimento da P&D no SEB, descrevendo suas políticas de estimulo e fomento.

3 POLÍTICAS DE P&D NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

No Brasil e em diversos outros países, o setor de energia elétrica experimenta grandes transformações com relação a estrutura de gerenciamento e decisões de novos investimentos. Este é um fenômeno relacionado a novas condições financeira e contínua evolução tecnológica e de custos para a geração de eletricidade. De uma maneira geral, as reformas procuram garantir maior concorrência, eficiência econômica e energética e maiores investimentos da iniciativa privada no setor de energia (BRASIL, 2002).

O SEB, compreendendo as atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, adotou ao longo de sua história diversos modelos institucionais e estratégicos, decorrentes de alterações conjunturais da política energética (MELLO, 2001). Porém, enfrenta grandes desafios para prover os requisitos necessários de serviços de eletricidade para o país. Sabe-se que o fornecimento de energia elétrica é essencial para todas as atividades econômicas e para o bem-estar da população, daí a importância crescente de um suprimento confiável e da qualidade da energia elétrica (BRASIL, 2002).

No Brasil, tem havido significativo crescimento e de atividades econômicas intensivas no uso de energia elétrica. Segundo o MCTI, dentre os maiores desafios a serem enfrentados pelo país pode-se destacar: a) atendimento à crescente demanda de serviços de eletricidade do país, inclusive na zona rural e comunidades isoladas; b) diversificação da matriz de fornecimento de eletricidade; c) desenvolvimento de tecnologias de energia com menor impacto ambiental e maior alcance social e que contribuam para o uso racional e eficiente da energia, e c) garantir as características de interesse público em um ambiente de mercado competitivo dos serviços de eletricidade.

Entende-se que, para atender à demanda crescente de energia elétrica, é necessário manter e expandir a atual infraestrutura de serviços, buscando-se incentivar ações continuadas de atualização tecnológica através de opções mais limpas, eficientes e de menor custo. Além disso, existe a necessidade de se continuar a desenvolver estudos que garantam operação, qualidade da energia, supervisão, segurança e confiabilidade do sistema interligado e seu planejamento.

Conforme já discutido, o Brasil tem uma estrutura de produção de eletricidade baseada fundamentalmente na hidroeletricidade, que representa 81,9% de geração elétrica do total da Matriz Elétrica Brasileira (EPE, 2012). Além de continuar a desenvolver a competência tecnológica nacional em hidroeletricidade, é especialmente reconhecida a necessidade de se diversificar a matriz energética, aumentando a participação de outras fontes para a geração de eletricidade. Mesmo possuindo uma matriz energética do setor elétrico predominantemente hidráulica, o Brasil também apresenta mecanismos regulatórios para a promoção das fontes renováveis alternativas de energia no SEB em busca de uma diversificação da matriz elétrica nacional (MELO, 2011).

Melo (2011) aponta como principais mecanismos existentes atualmente no Brasil para diversificação das fontes de energia no país o PROINFA e os leilões de energia nova e de energia de reserva, ambos podendo ser específicos para as fontes renováveis alternativas. O PROINFA teve por objetivo a diversificação da matriz energética brasileira e a busca por soluções de cunho regional com a utilização de fontes renováveis de energia, aplicando novas tecnologias e aumentando a participação das mesmas na energia elétrica produzida dentro do Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) (ELETROBRAS, 2006).

O programa foi criado em 2002 e é considerado a principal ação no setor para aumentar a participação de energia elétrica produzida com base em novas energias renováveis, como eólica, PCHs e biomassa. O objetivo principal do programa foi aumentar a segurança do abastecimento interno, através da diversificação da matriz elétrica (MELO, 2011).

O Ministério de Minas e Energia (MME) foi encarregado de definir as diretrizes, elaborar o planejamento do Programa e definir o valor econômico de cada fonte. O papel de agente executor coube à Eletrobras, através da celebração de Contratos de Compra e Venda de Energia (CCVE) (MME, 2009). Foi estabelecido que o valor pago pela energia elétrica adquirida, além dos custos administrativos, financeiros e encargos tributários incorridos pela Eletrobrás na contratação desses empreendimento, fossem rateados entre todas as classes de consumidores finais atendidas pelo Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN), com exceção dos consumidores classificados na Subclasse Residencial Baixa Renda. Através do PROINFA, a Eletrobras garante a compra de energia a ser produzida no período de 15 anos, a partir da data em que o empreendimento de

geração de energia entra em operação definida no contrato, sendo esta compra, isentando, assim, de volatilidade do mercado (MELO, 2011).

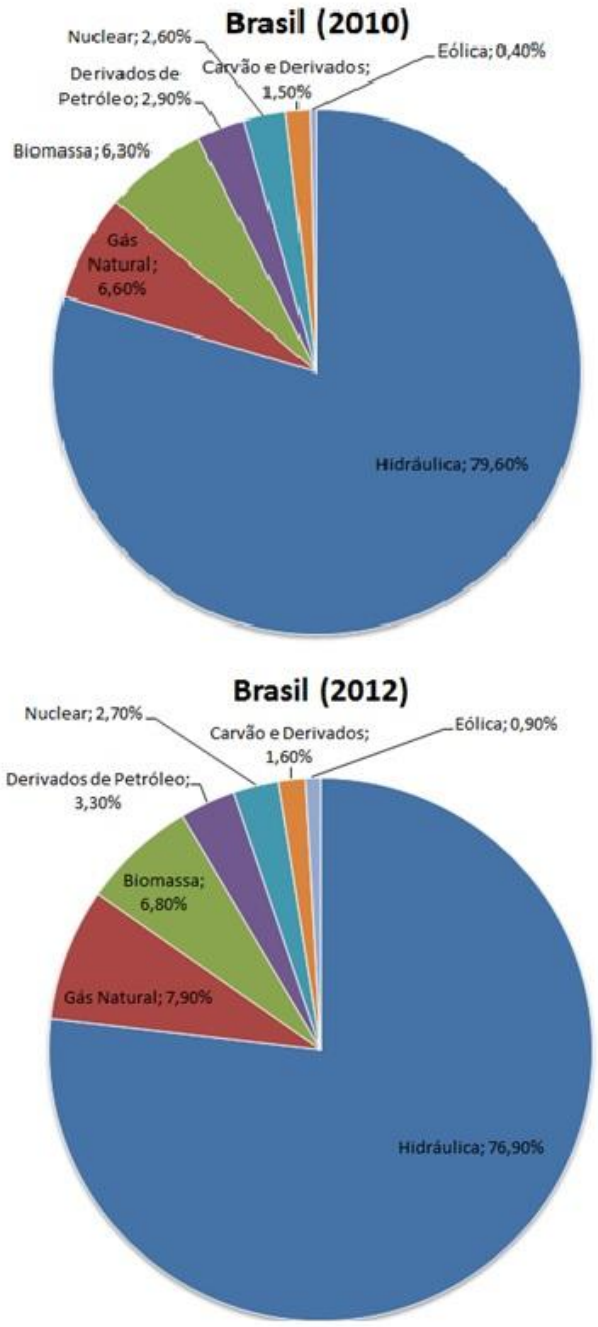
No entanto, de acordo com Ferreira (2008), a dinâmica diferenciada do PROINFA apresentou-se muito mais lenta que o governo esperava, por não alcançar os resultados esperados. Segundo o autor, quando considerados os objetivos iniciais, diversos acontecimentos têm justificado o mau desempenho desse programa, principalmente com relação às datas de entrada em operação dos empreendimentos e à efetividade da energia eólica.

Já os leilões de energia são considerados atualmente o principal mecanismo voltado à diversificação das fontes de energia no Brasil. No novo modelo do SEB, a energia elétrica é comercializada de duas formas: Ambiente de Contratação Regulada (ACR), sob forma de leilões e Ambiente de Contratação Livre (ACL), no qual a comercialização entre os agentes é negociada de forma livre e regida por contratos bilaterais de compra e venda de energia (MAUÉS, 2008). Atualmente os leilões representam o principal mecanismo de fomento às fontes renováveis de energia para produção de energia elétrica. Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, sob o sistema de contratação regulada, os leilões podem contratar energia de novos projetos três ou cinco anos antes do começo das operações e podem também contratar energia de projetos já existentes um ano antes do suprimento.

Segundo Melo (2011), novos projetos baseados em fontes renováveis são contemplados e podem participar em quaisquer dos leilões de energia. Todavia, essas fontes renováveis tendem a custar mais caro que as fontes convencionais de energia, o que torna difícil a participação em leilões de concorrência geral. Dessa forma, leilões direcionados apenas para fontes renováveis de energia têm sido promovidos desde 2007, visando a aumentar sua participação na geração elétrica brasileira. Ressalta-se que essa modalidade foi instituída com o objetivo de atender ao crescimento do mercado no ambiente regulado e aumentar a participação de fontes renováveis – eólica, biomassa e energia proveniente de PCH – na matriz energética brasileira.

O Gráfico 3.1 mostra o perfil da evolução na participação de renováveis na matriz elétrica brasileira nos últimos anos. Entre as novas renováveis, constata-se uma importante participação da energia elétrica a partir da biomassa e ainda uma pequena participação da energia eólica.

Gráfico 3.1 - Matriz Elétrica Brasileira em 2010 e 2012



Fonte: Balanço Energético Nacional 2012 e 2013 (EPE, 2012; EPE, 2013)

Em 2011, dos 2.400 empreendimentos de geração de energia elétrica em operação, 777 utilizam fontes renováveis alternativas. Desse total, 398 são PCH, 51 centrais eólicas e 328 centrais de biomassa que utilizam bagaço de cana. Juntas elas podem produzir 9,03% do total cedido no país. Outros 70 empreendimentos que utilizam fontes alternativas foram cedidos, sendo 18 para centrais eólicas e 52 para PCH, que juntos podem vir a gerar quase 1,2 milhão de kW. No entanto, a capacidade instalada e outorgada ainda não exploram todo o potencial de geração de eletricidade das fontes alternativas (WWW-BR, 2012).

Vale salientar que a diversificação de fontes de geração não se restringe à abertura e ao desenvolvimento de novas tecnologias, uma vez que exige também esforços de adaptação em tecnologias existentes e estudos para possibilitar a inserção dessas fontes no Sistema Elétrico Nacional. É nesse contexto que investimentos em P&D devem contribuir para auxiliar, alterarando a posição brasileira de importador líquido de tecnologias de energia no médio e longo prazo e auxiliando o aumento de competitividade da economia nacional no contexto de um mundo cada vez mais globalizado (BRASIL, 2002).

No setor elétrico brasileiro, os recursos para investimento em P&D são garantidos por uma legislação própria, como se discutiu na Introdução. Em princípio o esforço regulado de P&D no SEB busca dar suporte ao setor na solução de muitos dos problemas que impedem o seu desenvolvimento (ALMEIDA, 2008). Goldemberg (2000) acredita que o aumento das atividades de P&D nas áreas de EE, fontes renováveis de energia (principalmente biomassa, solar e eólica) e novas tecnologias (células de combustível, sistemas híbridos, entre outros) são uma alternativa ao desafio do setor energético brasileiro em acompanhar o aumento do consumo de energia sem agravar os problemas ambientais do planeta.

É nesse contexto que os investimentos em tecnologia e inovação, bem como seu adequado gerenciamento, passam a representar papel fundamental para as concessionárias de energia. O controle mais rígido dos gastos públicos e os processos de privatização das empresas estatais de serviço público propiciaram transformações no papel do Estado e do mercado em relação à definição de políticas de financiamento de P&D (FERNANDINO e OLIVEIRA, 2010).

Diante desta conjuntura, dois mecanismos foram criados para viabilizar a estratégia nacional de P&D em energia elétrica: a criação do fundo setorial, CT-ENERG e a obrigatoriedade das

empresas do setor de destinarem parte de sua receita operacional a projetos de P&D. Esses dois mecanismos serão comentados a seguir.

3.1 MECANISMOS NACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA P&D NO SEB

O Brasil é um dos países que reconheceu a necessidade de estabelecer procedimentos para manter investimentos em pesquisa e desenvolvimento dentro de um contexto de empresas de energia privadas e em ambiente de concorrência (BRASIL, 2002). A obrigatoriedade da aplicação de recursos em pesquisa e desenvolvimento pelas concessionárias de energia elétrica tem origem na Lei n° 8.987, de 1995. Este dispositivo dispõe sobre o regime de permissão e concessão de serviços públicos, estabelece ao Poder Concedente a obrigatoriedade de "estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio–ambiente e conservação". Com base nesse instrumento, a partir das primeiras privatizações, foram introduzidas cláusulas com referências a aplicações em P&D das novas companhias.

De uma maneira mais sistemática, a partir de 1998, os contratos de concessão controlados pela ANEEL estabeleciam a obrigatoriedade de aplicação de 0,1% da receita anual líquida das empresas concessionárias de energia elétrica em Programas de Conservação de Energia e de 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 EE das concessionárias privadas.

Com a promulgação da Lei n° 9.991, de julho de 2000, houve uma redefinição dos investimentos em P&D do setor elétrico, havendo uma repartição de recursos e responsabilidades entre o CT-ENERG e a ANEEL. Os recursos gerados pela aplicação dessa lei devem ser usados em duas categorias de investimentos em P&D, concebidos e implementados pelas concessionárias de eletricidade sob supervisão da ANEEL, através: a) do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do setor de energia elétrica ANEEL; e 2) do Fundo Setorial CT-ENERG.

3.1.1 Fundo Setorial de Energia: CT-ENERG

Ainda que o CT-ENERG tenha surgido com um dos numerosos Fundos setoriais criados durante o segundo mandato de FHC, Furtado (2010) entende que sua proposta se diferencia das demais pela divisão de recursos compulsórios para com os projetos da ANEEL. E é por isto que, segundo o autor, o CT-ENERG adquiriu desde o início uma proposta que buscou diferenciá-lo dos recursos da ANEEL.

A partir da Lei n° 9.991/00, parte dos recursos para financiar atividades de P&D do setor elétrico e EE é utilizada pelas próprias concessionárias de energia elétrica, sob supervisão da ANEEL, sendo que outra parcela é destinada ao fomento de ações que atendam expectativas mais abrangentes de P&D através do Fundo Setorial de Energia (CT-ENERG). Os recursos do CT-ENERG são canalizados para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) que fica sob a responsabilidade do Ministério da Ciência e Tecnologia. As agências incumbidas de administrar esses recursos são a FINEP e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de acordo com a modalidade de recurso.

Estas ações compreendem atividades de projetos de pesquisa científica e tecnológica; de desenvolvimento tecnológico experimental; de desenvolvimento em tecnologia industrial básica; de implantação de infraestrutura para atividades de pesquisa; de formação e capacitação de recursos humanos qualificados; e de difusão do conhecimento científico e tecnológico.

Vale salientar que os recursos de que trata o inciso I do art. 4º da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, não se limitam ao financiamento de atividades de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico, mas também a aplicações em projetos de EE no uso final.

O CT-ENERG se apoia em um conjunto de critérios (FURTADO, 2010):

i) A alocação de recursos do Fundo é consistente com objetivos de política de desenvolvimento nacional (inclusive aspectos ambientais e sociais)? Está de acordo com as diretrizes de política energética estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)?

ii) Os projetos financiados representam adições ao conhecimento existente em ciência ou tecnologia? São aplicações ou adaptações novas de tecnologias ou processos ao mercado brasileiro?

iii) Existe participação no projeto de empresas de energia, fornecedores ou fabricantes de equipamentos eletro-eletrônicos ou empresas de serviços de energia? Existe co-financiamento?

iv) Existe financiamento inadequado no mercado competitivo para o tipo de projeto proposto? Por quê?

v) Existe duplicação de esforços? Eles já estão sendo considerados pelas concessionárias de eletricidade?

vi) Existem estratégias para transformar mercados para produção e uso final de energia para absorver as tecnologias produzidas através dos projetos de P&D?

vii) Qual é a contribuição dos projetos para assegurar continuidade na formação e capacitação profissional, investimentos em infra-estrutura de pesquisa e incorporação de inovações no setor público e privado?

O CT-ENERG possui, portanto um papel fundamental de estimular a pesquisa e inovação voltada à busca de novas alternativas de geração de energia com menores custos e melhor qualidade; o desenvolvimento e aumento da competitividade da tecnologia industrial nacional, com aumento do intercâmbio internacional no setor de P&D; a formação de recursos humanos na área e o fomento à capacitação tecnológica nacional (MCT, 2013).

Gomes (2003) acredita que os investimentos em C&T devem contribuem para resolver esses desafios, para alterar ou reduzir a posição brasileira de importador líquido de tecnologias de energia no médio e longo prazo e auxiliar o aumento de competitividade da economia nacional em um contexto de um mundo cada vez mais globalizado. O autor considera que com a criação do CT-ENERG haverá uma diminuição da concentração regional de recursos, uma maior aplicação de recursos em P&D de interesse público e EE no uso final e incentivo à pesquisa em cooperação.

Os Editais e projetos do CT-ENERG destinaram-se a Universidades e Centros de Pesquisa que atuavam nas áreas específicas de interesse do programa. Os projetos podiam ser realizados isoladamente ou em cooperação com empresas. Segundo Furtado (2010), embora tenha havido

uma relativa pulverização de projetos em um grande número de instituições, constata-se que um grupo de Universidades de pesquisa de primeira linha, quase todas públicas, são responsáveis por um grande volume de projetos. A principal é a UFRJ, que pode ser atribuído à sua proximidade do CEPEL e da sede da Eletrobrás e de outras estatais do setor elétrico colocam essa Universidade em destaque. A segunda colocação da UFSC revela uma importância dessa Universidade no cenário do setor elétrico, junto à força da indústria de material elétrico e eletrodomésticos do Estado de Santa Catarina, explicando o maior dinamismo do sistema regional (FURTADO, 2010).

Além das Universidades, se destacaram os Institutos Públicos, estando em primeiro lugar pelo número de projetos, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), seguido de outros como Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CTDN). O CEPEL aparece com pouco destaque quando o critério é o número de projetos.

O CT-ENERG teve desde o início de sua implantação uma preocupação aberta com a inovação e a transferência de tecnologia de Universidades-Centros de Pesquisa para as empresas e por essa razão um número expressivo de Editais se destinaram a fomentar projetos cooperativos entre Universidades e Empresas. Entretanto, apesar de sua ampla cobertura, o financiamento do CT-ENERG ainda está muito aquém das necessidades da indústria. De acordo com Furtado (2010), os dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) apontam que, em 2005, a indústria de material elétrico gastou R$ 394,8 milhões em P&D interna e R$ 17,3 milhões em P&D externa; e diante desses, os montantes de R$ 12,1 milhões do CT-ENERG, por um período de 8 anos, segundo o autor, pode ser considerado baixo, e demonstram ainda a pequena expressão desse programa para atingir a indústria.

A seguir, o programa de P&D ANEEL é descrito e, posteriormente, analisado na ótica de um estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

3.1.2 Programa de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL

Os programas de P&D da ANEEL são o primeiro mecanismo que foi encontrado pelo Estado brasileiro para obrigar as empresas de distribuição a destinarem recursos para gastos em P&D (FURTADO, 2010). Conforme citado anteriormente, a Lei 9.991 determina que todas as empresas concessionárias, permissionárias ou autorizadas dos serviços públicos de energia elétrica são obrigadas a aplicar uma percentagem mínima de suas Receitas Operacionais Líquidas (ROL) em programas de P&D, como também, em programas de EE.

Maiores investimentos em P&D passaram a ser uma exigência instituída pela ANEEL, formulada com diversos objetivos: fazer com que as concessionárias desenvolvessem uma visão mais voltada para o longo prazo, aumentar a produtividade e a competitividade das empresas do setor, possibilitar o desenvolvimento de tecnologias alternativas, bem como ampliar a interação com a sociedade, apoiar grupos de pesquisa e facilitar a articulação universidade-empresa (FERNANDINO e OLIVEIRA, 2010).

Segundo os autores, a legislação instituída concedeu às empresas do SEB autonomia para captar, selecionar e gerenciar projetos de P&D para contratar pesquisadores, centros de pesquisa e universidades, bem como para criar as estruturas internas necessárias para o encaminhamento do programa. Aliado à autonomia na gestão dos programas, no entanto, as empresas tiveram o desafio de criar uma nova filosofia de P&D nas empresas do setor, desenvolvendo e implementando as estratégias necessárias para desenvolver produtos e serviços que atendam às demandas do setor elétrico.

Os programas de P&D desenvolvidos pelas empresas do setor elétrico e gerenciados pela ANEEL são compostos de um ou mais projetos, e são divididos por ciclos anuais. Um ciclo de P&D é iniciado em setembro de cada ano e finalizado em agosto do ano seguinte. Os projetos de P&D são classificados pela de acordo com o tipo de pesquisa desenvolvida e com a área temática de interesse para o setor elétrico (ANEEL, 2012).

Atualmente as áreas temáticas utilizadas pela ANEEL para classificação dos projetos de P&D são: EE; energia renovável ou alternativa de geração de energia elétrica; geração de energia elétrica; meio ambiente; pesquisa estratégica; transmissão de energia; distribuição de energia;

qualidade e confiabilidade; supervisão, controle e proteção de sistemas elétricos; medição e faturamento; transmissão de dados por redes elétricas; planejamento e operação de sistemas elétricos; novos materiais e componentes; desenvolvimento de tecnologia para combate a furto e fraude de energia elétrica.

3.2 IMPLICAÇÕES DOS MECANISMOS DE P&D NAS EMPRESAS DO SEB

De acordo com Fernandino e Oliveira (2010), os primeiros ciclos de P&D nas empresas do SEB foram caracterizados pela implementação de processos empíricos de desenvolvimento e gestão de projetos, em sua maioria capitaneados pelas áreas técnicas das empresas. Gradualmente, entretanto, percebeu-se a incorporação mais sistemática das atividades de P&D atreladas aos programas de planejamento estratégico empresarial e aos programas de educação corporativa.

Para Jannuzzi, Gomes e Homero (2003), a introdução de maior competição no setor de energia, a obrigatoriedade de investimentos em P&D nas empresas do setor elétrico e a necessidade de maior diversificação da matriz energética têm obrigado que instituições de pesquisa do próprio setor, como o CEPEL, reformulem suas estratégias e parcerias com outras instituições.

Segundo os autores, a necessidade de maior participação da iniciativa privada em esforços de C,T&I melhora a disseminação de novas tecnologias e oferece desafios e oportunidades aos grupos de pesquisas acadêmicos ou não, que devem agora atuar em várias partes da cadeia de inovação tecnológica. Por outro lado, as próprias empresas de energia necessitam desenvolver maior articulação com seus fornecedores e grupos de pesquisa, tornando-se agentes ativos do processo de inovação (JANNUZZI, GOMES e HOMERO, 2003).

Segundo Furtado (2010), o setor de equipamentos elétricos apresenta uma aptidão a estabelecer relações de cooperação que é quase duas vezes maior que a média da indústria (12,6% contra 7,4%). Na realidade, segundo o autor, das 865 empresas inovadoras desse setor, 109 estabeleceram vínculos de cooperação e quase a metade desse conjunto, 48 empresas tinham vínculo com Universidades brasileiras e 2 no exterior.

> Desse grupo, 26, que representam 3% das empresas inovadoras, estabeleceram relações de cooperação em P&D com Universidades e Institutos de Pesquisa. As relações de cooperação com a Universidade e os Institutos de pesquisa estão, sem dúvida, muito aquém do potencial existente pelo lado das empresas. Contabilizam-se 459 empresas com atividades internas de P&D, das quais 259 de forma contínua e 200 de forma ocasional. Esse número, que corresponde a 53% das inovadoras e a praticamente 25% das empresas do setor, não é nada desprezível e coloca as empresas desse setor como estando fortemente comprometida com as atividades de P&D (FURTADO, 2010).

Ainda que a proporção de empresas do setor que realizam P&D e a proporção de recursos públicos seja significativa, considera-se muito pequeno o número de empresas do setor que está comprometido com a P&D cooperativa entre Universidade e Indústria. Furtado (2010) assinala que 5,7% das empresas que fazem P&D regularmente ou ocasionalmente estabelecem elos cooperativos com Universidades. Isto apesar das linhas de fomento do CT-ENERG e da ANEEL estarem dirigidas para às Universidade e Institutos de pesquisa. Segundo o autor, praticamente a mesma proporção (6,3%) recebeu apoio do Governo para realizar pesquisa com Universidades.

No contexto desse marco regulatório, as concessionárias do setor de energia viram-se rapidamente inseridas numa perspectiva ambiental e organizacional na qual têm de definir estratégias, ajustar estruturas e delinear processos internos de modo que respondam, de forma eficiente, à captação, seleção, gestão e desenvolvimento de projetos de P&D. Espera-se das concessionárias a capacidade de utilizar esse novo arcabouço para gerar conhecimentos e produtos estratégicos, viáveis, comercializáveis e relevantes à empresa, sociedade e ao próprio o setor, mais do que atender apenas às exigências da ANEEL (FERNANDINO e OLIVEIRA, 2010).

Em 2010, a ANEEL estabeleceu parceria com o IPEA com o intuito de avaliar a efetividade do programa e subsidiar a proposição de melhorias em sua regulação. Os principais resultados obtidos na avaliação são descritos no tópico a seguir.

3.2.1 Avaliação do IPEA do programa de P&D ANEEL

A avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL, realizado pelo IPEA, teve como principais objetivos avaliar a abrangência da rede de pesquisa formada pelo programa, analisar os

impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa através de indicadores de desempenho das empresas e recursos humanos e realizar uma análise qualitativa dos resultados do programa, verificando se os projetos nele inseridos estão alinhados à estratégia global dos agentes ou se ainda mantêm um viés científico.

Dos principais resultados obtidos na avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL, um deles constituiu numa análise sobre a rede de pesquisa formada pelo programa e outro numa análise das tendências de inovação no setor elétrico. Foram utilizados indicadores obtidos na base de dados sobre os projetos de P&D que fizeram parte do programa entre 2000 e 2007 e em bases de dados de outras fontes organizadas pelo IPEA (IPEA, 2012). Alguns resultados são descritos a seguir:

a) Rede de pesquisa formada pelo programa – a avaliação das redes de pesquisa do programa P&D ANEEL permitiu analisar a capacidade de impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico e a competitividade do setor elétrico brasileiro.

Segundo o estudo, o programa envolveu praticamente todos os agentes (180) cuja participação é compulsória. Dos 180 agentes, cerca de metade (87) possui parceria com grupos de pesquisa cadastrados no CNPq, segundo o IPEA. Isso sugere um importante ativismo tecnológico das empresas do setor de energia, quando comparado ao restante da economia brasileira, uma vez que o percentual de empresas parceiras de grupos de pesquisa é bastante inferior em outros setores. A caracterização das empresas e instituições de ciência e tecnologia envolvidas nos projetos, por sua vez, revelou que um total de 623 entidades - empresas que não são consideradas agentes e instituições de ciência e tecnologia - participaram dos projetos; desse total, 46% são empresas e 54% são ICT, sendo que apenas 4% das entidades, são empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica.

b) Tendências tecnológicas dos projetos classificados como P&D – para essa avaliação, a abordagem utilizada foi a análise da descrição de projetos selecionados com base em uma amostra representativa pré-estabelecida retirada da base de dados disponibilizada pela ANEEL (79 projetos). Foram avaliados o tipo de pesquisa utilizado e as tecnologias pesquisadas no programa. Assim, dos projetos classificados como P&D, 24% foram de investigação básica, 33% de pesquisa aplicada e 43% de desenvolvimento de produtos. A análise das tecnologias

pesquisadas no programa mostrou que a maioria das pesquisas estavam relacionada a áreas e problemas operacionais dos agentes, sem forte relação específica com as tecnologias de fronteira do setor elétrico, tais como as fontes alternativas de energia. Estas últimas são tradicionalmente desenvolvidas por fornecedores do setor elétrico e não pelas concessionárias de energia elétrica. Sendo assim, a baixa participação das tecnologias de fronteira nos temas abordados no programa tem uma forte relação com o pequeno número de projetos com empresas fornecedoras (IPEA, 2012).

As principais conclusões deste trabalho do IPEA (2010) revelaram que o programa de P&D ANEEL movimentou uma quantidade importante de recursos, maior do que a aplicada no mesmo período pelo CT-ENERG. Outra conclusão foi a de que a criação de projetos estratégicos no programa da ANEEL está ajudando os agentes que não têm capacidade de identificar temas a serem abordados usando seus recursos para P&D; assim como a ampliação de projetos cooperativos também tende a promover o estudo de problemas mais complexos do setor.

No Capítulo 4 a seguir, as Fontes Alternativas, objeto de pesquisa deste trabalho, terão um tratamento mais profundo de análise do seu conteúdo. São apresentados, de maneira mais detalhada, os esforços tecnológicos das EELB junto a seus parceiros de P&D (ICT), nos últimos anos, com base em seus projetos de P&D ANEEL, em Fontes Alternativas de Energia.

4 PESQUISA & DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS ELETROBRAS EM FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

O presente capítulo se baseia em uma análise do esforço das Empresas Eletrobras para o desenvolvimento de conhecimento, aprendizagem e inovação na área de novas fontes alternativas de energia. Fundamenta-se no conteúdo dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de novas fontes alternativas do programa P&D ANEEL das EELB, entre os ciclos 2001/2002 e 2006/2007. Procurou-se aplicar parâmetros escolhidos para a análise dos projetos às informações estruturadas dos projetos de P&D de novas fontes alternativas de energia das EELB. Esses parâmetros foram desenvolvidos com a finalidade de que a análise pudesse responder à questão central desta dissertação: se os projetos de tecnologias de novas fontes alternativas no segmento de geração e transmissão de energia elétrica, a ser estudado por meio das EELB, estão voltados para o aprendizado no uso de tecnologias de novas fontes renováveis, dessa forma contribuindo para redução do custo de conversão e transmissão dessas tecnologias de modo a torna-las mais viáveis economicamente no Brasil.

É de grande relevância para o estudo como um todo, visto que explora o desenvolvimento de P&D em fontes de energias alternativas das EELB, como elementos que irão auxiliar o processo de uma melhor compreensão dos esforços individuais e coletivos das empresas em melhor se adaptar à crescente demanda por uma maior diversificação da matriz energética nacional a partir do uso das novas renováveis.

Além das considerações metodológicas da pesquisa da dissertação, o capítulo está dividido em duas grandes partes: a primeira apresenta uma visão geral dos investimentos de cada empresa Eletrobras em novas fontes alternativas, a natureza da pesquisa relacionada aos dos projetos e o produto final da pesquisa; na segunda parte do capítulo serão discutidos os projetos de P&D em Novas Fontes Alternativas de Energia e a natureza do aprendizado das EELB, procurando contrastar o esforço em projetos de aprendizado de uso da tecnologia pelo operador/concessionário com o aprendizado referente à geração das tecnologias de novas fontes renováveis, isto é, ao desenvolvimento de equipamentos e materiais e aos seus respectivos processos produtivos.

4.1 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS DA PESQUISA

A análise do esforço tecnológico da Eletrobras foi baseada na iniciativa de suas empresas voltada para a pesquisa, desenvolvimento e inovação, junto com seus parceiros externos – com foco nos projetos de novas fontes alternativas. Foi identificado, na carteira de projetos de P&D ANEEL das EELB, um conjunto de 55 projetos em novas fontes alternativas.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho apoiou-se na sistematização e análise de um conjunto de classificações descritivas da carteira de projetos de P&D do Programa ANEEL das EELB. A pesquisa utilizou como fonte a "Base de dados e documento analítico com mapeamento das competências e recursos tecnológicos das EELB e de seus principais parceiros de cooperação tecnológica", que foi parte do projeto de pesquisa contratado pela Eletrobras junto ao Laboratório de Gestão de Tecnologia e Inovação – LabGETI/DPCT do IG/Unicamp pela para "Desenvolvimento e Implementação de Metodologia de Gestão Estratégica de Tecnologia e Inovação no Sistema Eletrobras".

A base foi alimentada pelos dados contidos no registro administrativo da Eletrobras dos projetos contratados pelo Programa de P&D Regulado pela ANEEL das Empresas Eletrobras Furnas, Eletrobras Eletronorte, Eletrobras Eletrosul, Eletrobras CHESF e Empresa Distribuidoras da Eletrobras (EDE) – ciclos 2000 a 2010.

As informações úteis disponíveis na base de dados para cada projeto foram basicamente: a empresa responsável, o ciclo do projeto, a fonte alternativa de energia, o produto final esperado, o título e os objetivos do projeto, o custo total previsto, a instituição executora, o gerente e o coordenador do projeto e suas instituições, e as instituições parceiras. As informações sobre os resultados finais e avaliação dos projetos não foram disponibilizadas.

Para o estudo de caso, foi estabelecido um conjunto de parâmetros para análise dos projetos de P&D individualmente que foram classificadas de acordo com:

i) As **Novas Fontes Alternativas**, que são: Bioenergia, Energia Eólica, Energia Fotovoltaica, Hidrogênio, Maremotriz e PCH.

A base de dados distinguia os projetos de biomassa e biocombustíveis, porém, para fins desta pesquisa, os projetos das duas categorias foram classificados como Bioenergia. Esta classificação engloba projetos de avaliação da performance de motores de combustão com combustíveis alternativos, projetos de avaliação técnico-econômica do aproveitamento de resíduos para produção de eletricidade, projetos de identificação, caracterização e análise de potencialidades existentes, oriundos de espécies oleaginosas, passíveis de utilização na geração bioóleo, etc.

ii) A **Natureza da pesquisa**. Baseado no Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento do setor de energia elétrica (ANEEL, 2012), a categoria "Pesquisa" corresponderá às pesquisas em uma fase teórica ou experimental e às pesquisas destinadas à aplicação de conhecimento adquirido, com vistas ao desenvolvimento ou aprimoramento de produtos e processos. Já a categoria "Desenvolvimento Experimental" corresponde à fase sistemática, delineada a partir de conhecimento preexistente, visando à comprovação ou à demonstração da viabilidade técnica ou funcional de novos produtos, processos, sistemas e serviços ou, ainda, o aperfeiçoamento do já produzido ou estabelecido.

A informação sobre a Natureza da Pesquisa não estava disponível no banco de dados. Sendo assim, ela foi obtida através da análise do currículo lattes do coordenador de cada projeto, onde está discriminado a natureza do referido projeto pesquisa.

iii) A **dimensão Produto Final**, classificada como:

- Software - sequência de instruções a serem seguidas e/ou executadas na manipulação, redirecionamento ou modificação de um dado/informação ou acontecimento;
- Equipamentos - aparelhos em si, como um todo, usados na execução de uma tarefa ou serviço;
- Dispositivos - partes de equipamentos;
- Materiais - quaisquer porções ou quantidades de matéria, de qualquer natureza, em qualquer estado físico;

- Metodologia ou Banco de Dados - etapas a seguir em um determinado processo ou conjunto de registros dispostos em estrutura regular que possibilita a reorganização dos mesmos e produção de informação;
- Processo - conjunto sequencial e peculiar de ações que objetivam atingir uma meta. É usado para criar, inventar, projetar, transformar, produzir, controlar, manter e usar produtos ou sistemas.

iv) A **participação de Empresa/Organização terceiras** no projeto. Essa informação foi obtida no item das instituições parceiras, permitindo verificar se havia parcerias com outras instituições além de Instituições Científica e Tecnológicas.

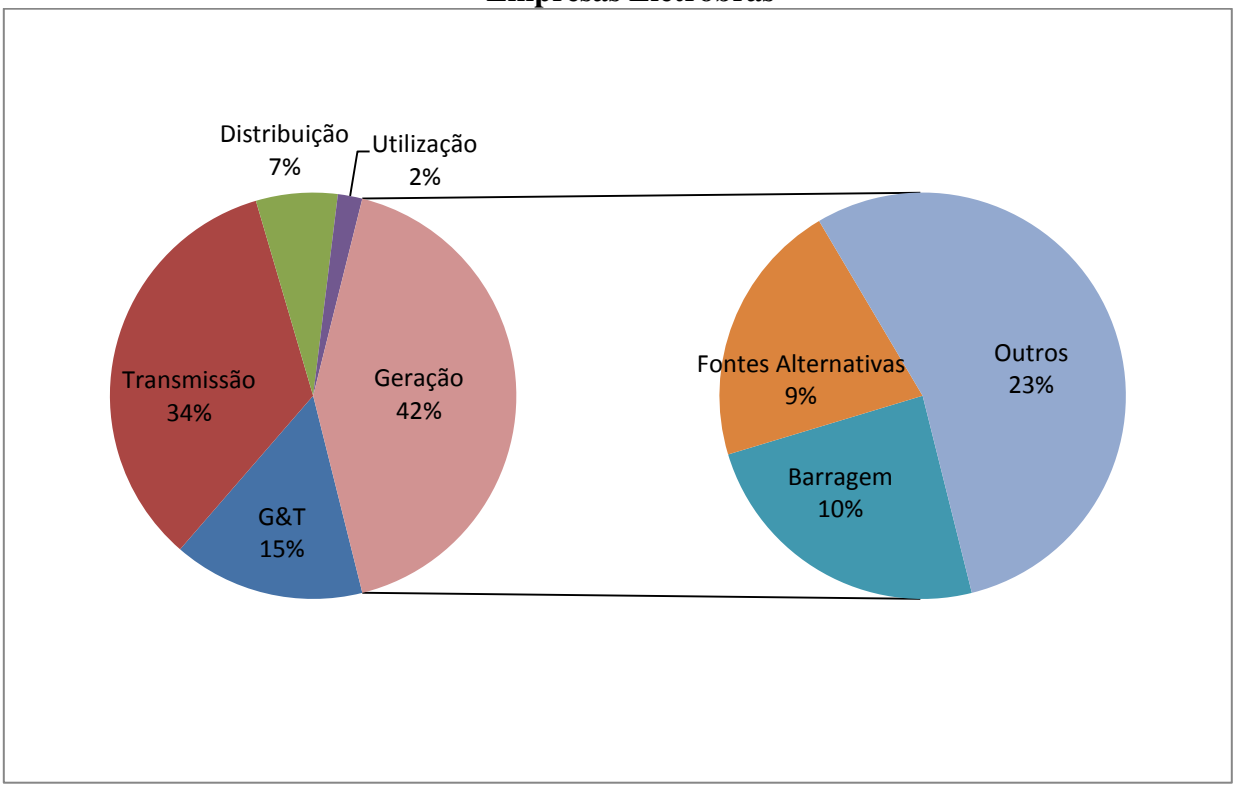
Através do cruzamento dessas classificações, foi possível, dentre outros aspectos, analisar a estratégia de investimentos das EELB, identificar quais fontes estão com projetos mais desenvolvidos e mais próximos de uma aplicação nos processos de geração/transmissão/distribuição, identificar quais os tipos de produtos que estão sendo gerados através dos projetos de P&D, e analisar o aprendizado adquirido pelas EELB.

4.2 DESENVOLVIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DO ESFORÇO DE P&D DAS EELB EM NOVAS FONTES ALTERNATIVAS

Esta seção apresenta uma análise da distribuição dos projetos de P&D que as EELB desenvolveram junto a seus parceiros, entre os ciclos 2001/2002 e 2006/2007, com base no total de 55 projetos do Programa de P&D ANEEL, em Novas Fontes Alternativas de Energia. As EELB que tiveram seus projetos de P&D analisados foram: Eletrobras CHESF, Eletrobras Eletronorte, Eletrobras Furnas, Eletrobras Eletrosul e Eletrobras Distribuição, que será destacada desta última em algumas ocasiões e a empresa Amazonas Energia, pelo fato de a empresa possuir uma amostra de projetos de P&D significativa para análise. As fontes de informação reunidas e organizadas para o estudo se fundamentaram numa base de dados com a lista dos projetos das EELB com as informações básicas dos projetos de P&D ANEEL, que continham dados da contratação dos projetos do programa de P&D ANEEL e de monitoramento de sua execução. Não foram utilizadas informações sobre de acompanhamento dos resultados finais dos projetos.

A base de dados continha um total de 616 projetos compilados, que somaram R$ 332.997.623,27 de custo total previsto dos projetos. Os 55 projetos em Novas Fontes Alternativas de Energia correspondem, portanto a 8,93% do número total de projetos (Gráfico 4.1) e 7,78% do custo total previsto, com a soma de R$ 25.902.280,84.

Gráfico 4.1 - Distribuição do número de projetos dos projetos de P&D ANEEL das Empresas Eletrobras



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

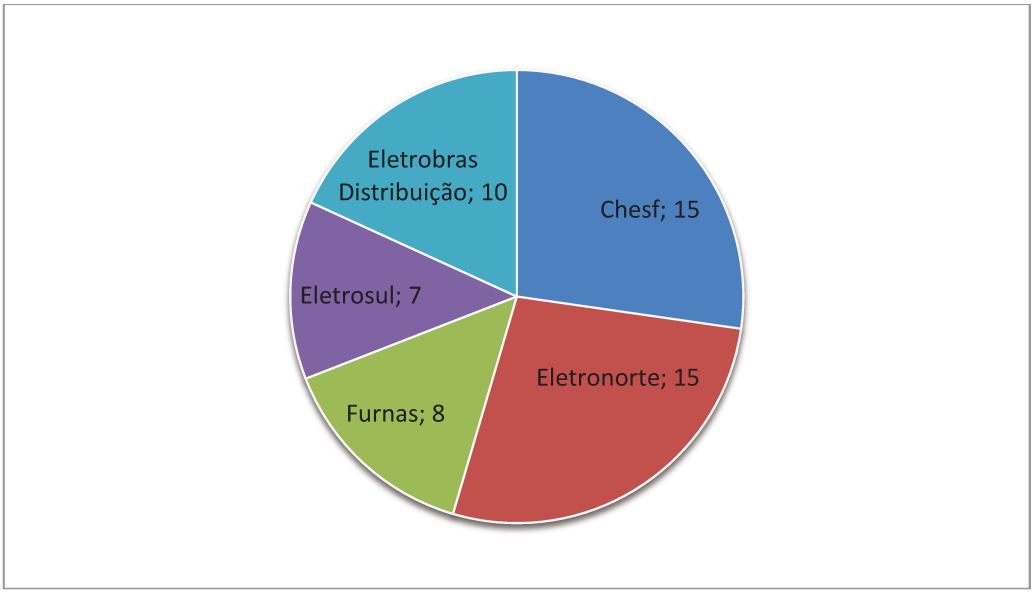
Um dos critérios de classificação para análise dos projetos de P&D foi baseado nas diferentes novas fontes alternativas de energia, quais sejam: Eólica, Fotovoltaica, Bioenergia, Hidrogênio, Maremotriz e PCH. O segundo parâmetro utilizado foi a Natureza da Pesquisa que dividiu os projetos em Pesquisa e Desenvolvimento Experimental. A terceira classificação foi baseada nos tipos de produtos finais que constituem resultados dos projetos, que são: Dispositivos, Equipamentos, Materiais, Metodologia ou Banco de Dados, Processo e Software. O quarto critério de classificação se refere ao envolvimento ou não nos projetos de P&D de empresas privadas terceiras (por ex. fornecedores) ou outras organizações sem fins lucrativos além das

Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) já envolvidas nos projetos. Esse foi um aspecto importante na avaliação dos projetos de Desenvolvimento Experimental e dos projetos orientados para resultados na forma de produtos.

Do total dos 55 projetos P&D ANEEL das EELB em novas fontes alternativas de energia, 37 foram classificados como Projetos de Pesquisa e 18 como Projetos de Desenvolvimento. Apenas oito, entre os 55 projetos analisados, envolvem participação de outras empresas privadas ou organizações, além da concessionária e da ICT envolvida na execução do projeto. Esse fato reforça as conclusões do estudo do IPEA de que os ICT são os principais parceiros das empresas do setor de energia elétrica em suas atividades de P&D e um mínimo de projetos possui conta com o envolvimento de empresas classificadas como tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica.

O Gráfico 4.1 mostra como se dividiu entre as empresas o número total de projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia.

Gráfico 4.2 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas entre as EELB

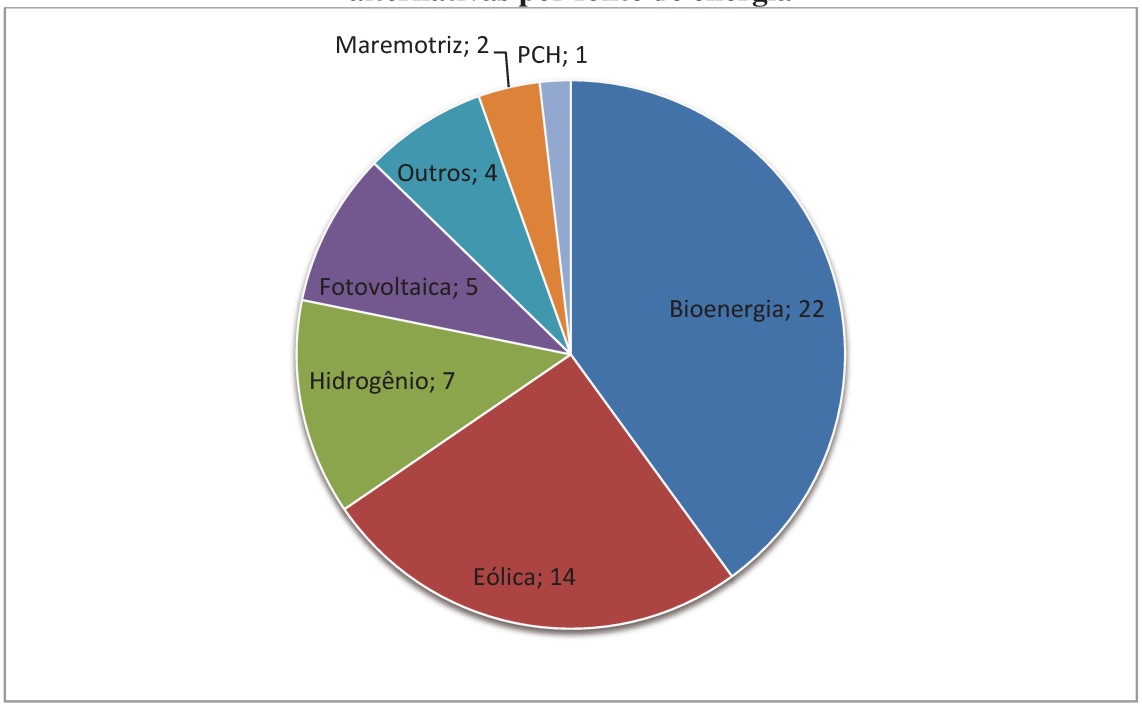


Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Pode-se observar que as empresas CHESF e Eletronorte possuem o maior número de projetos - 15 projetos cada - em novas fontes alternativas de energia, seguido da Eletrobras Distribuição – 10 projetos. Vale destacar que dos 10 projetos da Eletrobras Distribuição, sete deles são da Amazonas Energia. Eletrosul e Furnas são as empresas que possuem um menor número de projetos, sete e oito projetos, respectivamente. Não obstante, Furnas é a maior das EELB e conta com o maior orçamento de P&D. Esse menor perfil de Furnas em novas fontes renováveis pode estar relacionada com uma estratégia mais bem definida por parte de Eletronorte e CHESF de explorar novas fontes alternativas. Isso pode ser decorrência do fato de que a pressão por novas fontes alternativas é maior nas regiões Norte (onde as necessidades de geração distribuída são bem maiores, devido à menor cobertura do sistema integrado) e Nordeste (onde o regime de chuvas é mais problemático e a energia eólica pode ser utilizada para compensação em períodos de estiagem).

O Gráfico 4.2 traz a distribuição do número de projetos de P&D ANEEL de acordo com as diferentes novas fontes alternativas de energia.

Gráfico 4.3 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por fonte de energia



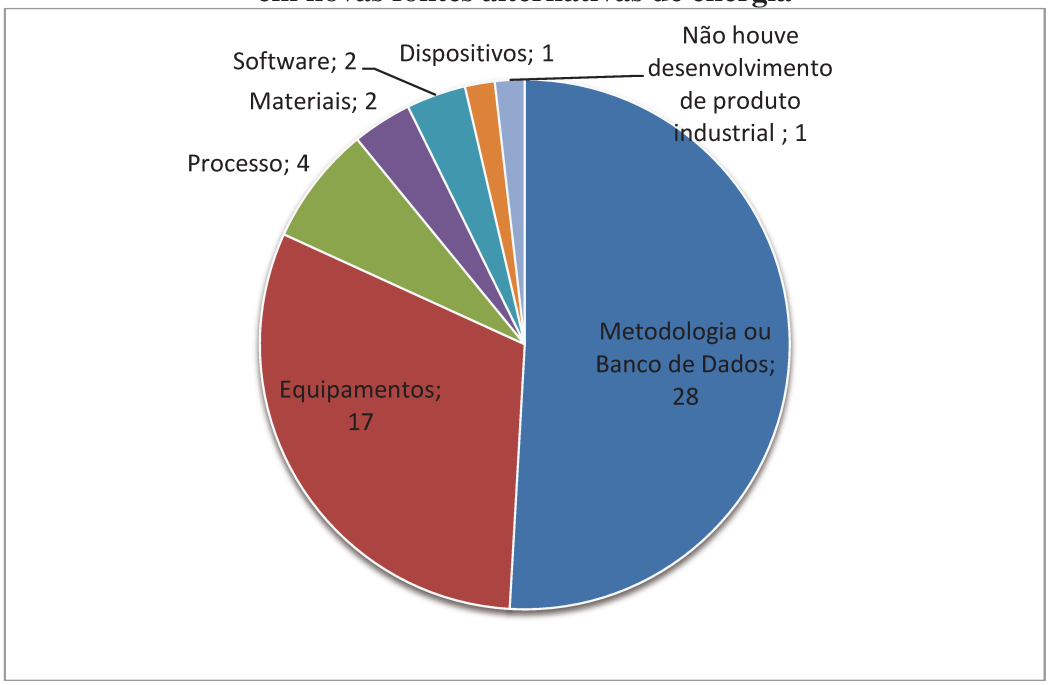
Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Constata-se uma maior concentração de projetos nas fontes Bioenergia e Eólica, com 22 e 14 projetos de P&D, respectivamente. Há uma menor incidência de projetos nas fontes Hidrogênio (7 projetos) e Fotovoltaica (5 projetos). As fontes Maremotriz e PCH são as fontes com menor número de projetos, dois e um, respectivamente. Analisando os projetos classificados como Outros, constatou-se que três, dos quatro projetos, são relacionados a alternativas para suprimento de energia elétrica em comunidades ou sistemas isolados com base em fontes alternativas.

A maior incidência de projetos em Bioenergia pode ser relacionada à vocação brasileira para biocombustíveis e biomassa. A experiência de biomassa mais notável no Brasil é devido à produção/consumo do etanol em larga escala, atingindo a produção de 28 bilhões de litros em 2010 – sendo 25,7 BL consumido interno e 1,9 BL exportado (WALTER & DOLZAN, 2012). Em 2005, o Brasil iniciou um programa de biodiesel e, desde 2010 misturas de B5 (5% de biodiesel em misturas de combustíveis, base volume) é obrigatório em todo o país. Em 2010, o consumo de biodiesel foi de 2,4 BL. Segundo os autores, em relação ao etanol, o Brasil tem sido um *player* importante no cenário do comércio internacional e em relação biodiesel, o Brasil atingiu em poucos anos uma posição entre os maiores produtores mundiais.

O Gráfico 4.3 traz a distribuição dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB segundo o tipo de produtos finais esperados dos projetos. Percebe-se que praticamente a metade do total corresponde a projetos orientados para o desenvolvimento de Metodologias ou Bancos de Dados (28 projetos). O segundo maior grupo de projetos são orientados ao desenvolvimento de Equipamentos (17 projetos), que pode ser entendido como os aparelhos em si, como um todo, usados na execução de uma tarefa ou serviço. Com bem menos projetos que os dois primeiros, a terceira categoria de produtos é a de Processo (4 projetos), que é usado para criar, inventar, projetar, transformar, produzir, controlar, manter e usar produtos ou sistemas Os demais produtos, materiais, softwares e dispositivos, possuem a menor incidência de projetos.

Gráfico 4.4 - Distribuição dos produtos finais obtidos através dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

A seção seguinte faz uma análise cruzando as EELB e seus projetos de P&D ANEEL nas diferentes fontes alternativas de energia, com a finalidade de identificar o foco de investimento em novas fontes alternativas de cada uma dessas empresas.

4.3 ESTRATÉGIAS REVELADAS PELOS INVESTIMENTOS DAS EELB EM P&D EM NOVAS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

A análise da distribuição dos projetos de P&D ANEEL de cada Empresa Eletrobras individualmente é um indicador, ainda que indireto, das estratégias para novas fontes alternativas de energia de cada empresa ou mesmo da ausência de uma estratégia. Pode-se também verificar se e como as empresas concentram seu esforço em fontes alternativas de energia específicas, permitindo assim uma possível análise de sua estratégia de investimentos.

A Tabela 4.1 permite uma análise das EELB e seu volume de projetos P&D ANEEL nas diferentes novas fontes alternativas de energia.

Tabela 4.1 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por fonte de energia e por empresa

EELB X Fontes	Eólica	Fotovoltaica	Bioenergia	Hidrogênio	Maremotriz	PCH	Outros	Total
CHESF	8	1	2	2	0	0	2	**15**
Eletronorte	1	1	10	3	0	0	0	**15**
Eletrosul	0	1	2	2	1	0	1	**7**
Furnas	5	0	2	0	1	0	0	**8**
EDEs	0	2	6	0	0	1	1	**10**
Total	**14**	**5**	**22**	**7**	**2**	**1**	**4**	**55**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Percebe-se uma clara concentração dos projetos de P&D ANEEL da CHESF em projetos de energia eólica (8/15 projetos), revelando uma estratégia orientada para essa fonte, que tem correspondido também aos seus principais investimentos de geração com base em novas fontes alternativas. Como se sabe, o interesse da CHESF na energia eólica reside, de um lado, no significativo potencial eólico da região Nordeste e, de outro, no fato de que se trata de uma fonte cujo maior aproveitamento coincide com os períodos de estiagem. Os demais projetos de P&D ANEEL da CHESF nesse tipo de fonte estão dispersos nas fontes alternativas Bioenergia, Hidrogênio, energia Fotovoltaica e dois projetos relacionados a sistemas energéticos rurais utilizando fontes renováveis.

A Eletronorte, segunda empresa com maior número de projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia, é uma empresa que, por sua vez, possui uma maior concentração de projetos na área de Bioenergia, com sete projetos na área de um total de 15. A empresa possui também um importante foco de projetos de P&D Hidrogênio, com três projetos. Além destes, contabiliza-se um projeto em energia eólica e um em energia Fotovoltaica. Em princípio, o foco da Eletronorte em bioenergia e hidrogênio parece estar alinhado a suas necessidades acentuadas de levar energia a lugares remotos e incorporados ao sistema integrado. Essas fontes se prestam a diferentes possibilidades de geração distribuída.

Furnas, por sua vez, concentra a maior parte de seu esforço em P&D em novas fontes alternativas de energia em energia Eólica, com cinco projetos na área de um total de 8, o que também parece revelar um foco específico. Seus demais projetos estão voltados para Bioenergia, com dois projetos e um projeto em Maremotriz.

Em contraste com as empresas anteriores, a Eletrosul possui uma distribuição difusa de seus projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia, sem nenhuma concentração

revelada. De um total de 7, a empresa possui projetos nas áreas de Bioenergia e Hidrogênio, com dois para cada fonte, e projetos individuais em energia Fotovoltaica e Maremotriz e um projeto voltado para geração distribuída de energia elétrica por fontes renováveis.

Quanto às empresas Eletrobras Distribuição, a Amazonas Energia é uma empresa que merece destaque por seus investimentos em P&D ANEEL, com um total de 7 projetos em novas fontes alternativas de energia, sendo: cinco concentrados em Bioenergia, um em energia Fotovoltaica e outro em suprimento de energia elétrica de comunidades isoladas no Amazonas. Os demais projetos da Eletrobras Distribuição estão dispersos da seguinte forma: um projeto em Bioenergia e um em energia Fotovoltaica da Eletrobras Distribuição Piauí, e um projeto em PCH da Eletrobras Distribuição Alagoas.

Constata-se, portanto, que as empresas CHESF, Eletronorte e Furnas são as empresas que possuem investimentos mais direcionados, com estratégias mais claras em determinadas fontes alternativas de energia. A CHESF, seguida da Furnas são as empresas com estratégias claramente voltadas para o desenvolvimento de P&D em energia Eólica; já a Eletronorte é uma empresa que está claramente se dedicando em desenvolver P&D na área de Bioenergia. A Amazonas Energia apresenta uma leve concentração de projetos na área de Bioenergia. Eletrosul, por sua vez, ainda não apresentou uma estratégia definida para especialização de seus projetos de P&D ANEEL em uma fonte alternativa de energia específica.

A análise da natureza da P&D dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia permite identificar quais fontes estão com projetos mais desenvolvidos e mais próximos de uma aplicação nos processos de geração/transmissão/distribuição. Como apontado anteriormente, para fins da análise da Natureza da P&D, os projetos foram classificados nas categorias Pesquisa e Desenvolvimento (experimental).

A Tabela 4.2 traz a distribuição da Natureza da P&D dos projetos de P&D ANEEL, das EELB em novas fontes alternativas por fonte de energia.

Tabela 4.2 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por fonte de energia e por natureza da P&D

Fontes x Natureza da Pesquisa	Pesquisa	Desenvolvimento	Total
Eólica	10	4	**14**
Fotovoltaica	2	3	**5**
Bioenergia	15	7	**22**
Hidrogênio	4	3	**7**
Maremotriz	2	0	**2**
PCH	1	0	**1**
Outros	3	1	**4**
Total	**37**	**18**	**55**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Constata-se que a maioria dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia é composta por projetos de Pesquisa, com 37 projetos de um total de 55; sendo que os projetos de natureza Desenvolvimento somam um total de 18 projetos. Esse caráter Pesquisa que prevalece na natureza dos projetos pode ser relacionado à grande influência que as ICT possuem na elaboração dos projetos.

De fato, a pesquisa realizada pelo IPEA (2012) apontou que as concessionárias de energia desenvolvem uma relação muito mais forte com universidades e centros de pesquisa do que com empresas. Segundo a pesquisa, este fato levanta a hipótese de que os agentes, por não possuírem uma estratégia definida de P&D, optam por terceirizar essas atividades para universidades e grupos de pesquisa no Brasil.

Sendo assim, os projetos de P&D na área de energia Eólica, Bioenergia, Hidrogênio, Maremotriz, PCH e os relacionados a alternativas para suprimento de energia elétrica em comunidades ou sistemas isolados, estão em sua maioria enquadrados na natureza Pesquisa. Apenas a fonte de energia Fotovoltaica possui uma maioria de projetos com natureza Desenvolvimento, o que pode ser explicado pelo fato de seus projetos, de uma maneira geral, estarem voltados à implementação de sistemas fotovoltaicos.

No entanto, percebe-se uma incidência importante de projetos de natureza Desenvolvimento na área de Bioenergia, que pode ser justificada pelo fato dos projetos estarem relacionados seja à instalação de uma planta piloto ou à experimentação de biocombustíveis em motores geradores de energia. Já os projetos de natureza Desenvolvimento na área de energia Eólica, uma das fontes com maior proporção de projetos dessa natureza, são justificados pelo fato desses projetos estarem em parte voltados ao desenvolvimento de equipamentos aerogeradores. E os projetos de

Hidrogênio de natureza Desenvolvimento são todos direcionados ao desenvolvimento de células a combustível.

Sendo assim, de uma maneira geral, constata-se que a grande maioria dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia são projetos em fase teórica ou experimental, ou, ainda, destinados à aplicação de conhecimento adquirido. Conclui-se assim que, de uma maneira geral, a carteira de projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB não possui um perfil de projetos com resultados mais próximos de uma aplicação.

A análise da classificação dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB pela Natureza da P&D por empresa permite verificar o tipo de investimento que as empresas estão fazendo em programas de P&D em fontes alternativas. É possível verificar se são projetos destinados a uma real demanda das empresas por estudos de viabilidade técnica ou funcional de novos produtos, processos, sistemas e serviços ou, ainda, o aperfeiçoamento do já produzido ou estabelecido; ou se são projetos ainda no plano teórico ou experimental.

A Tabela 4.3 traz a fora forma está dividida a natureza da pesquisa dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB.

Tabela 4.3 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por empresa e por natureza da P&D

EELB X Natureza da Pesquisa	Pesquisa	Desenvolvimento	Total
CHESF	10	5	**15**
Eletronorte	10	5	**15**
Eletrosul	5	2	**7**
Furnas	6	2	**8**
EDEs	6	4	**10**
Total	**37**	**18**	**55**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Verifica-se que as empresas CHESF e Eletronorte possuem maior proporção de projetos P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia de natureza Desenvolvimento em comparação com Furnas, além de também contarem com o maior número absoluto. Os projetos de Desenvolvimento da CHESF são distribuídos em projetos na área de Hidrogênio, com o desenvolvimento de células a combustível, projetos na área de energia Eólica, com o desenvolvimento de ferramenta computacional e de equipamentos aerogeradores, e um projeto na

área de desenvolvimento de Biocombustível. Já os projetos de Desenvolvimento da Eletronorte estão dispersos em diferentes fontes alternativas de energia: Hidrogênio, energia Eólica, Fotovoltaica, Bioenergia.

As empresas Eletrobras Distribuição, junto com Amazonas Energia, possuem três projetos de natureza Desenvolvimento na área de Bioenergia. São projetos direcionados a experimentação de biocombustíveis em motores geradores, análise de fontes potenciais para produção de biodiesel e a instalação de uma planta piloto. A Eletrobras Distribuição possui também um projeto individual de natureza Desenvolvimento, na área de energia Fotovoltaica, para projetar e montar um protótipo de sistema de fotovoltaico.

A empresa Furnas possui apenas dois projetos de P&D de natureza Desenvolvimento, sendo um na área de energia Eólica, com um estudo do efeito de geradores eólicos nos sistemas elétricos, e o outro na área de Bioenergia, um projeto de uma planta piloto de produção de biodiesel. E finalmente, a Eletrosul também possui dois projetos de P&D de natureza Desenvolvimento, um destinado à fabricação de módulos fotovoltaicos e outro relacionado a uma metodologia para avaliar os condicionantes técnicos, econômicos, sociais e ambientais do desenvolvimento de fontes distribuídas renováveis de geração.

Com base nos dados acima citados constata-se que menos da metade dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB são destinados a projetos de natureza Desenvolvimento. Pode-se concluir, portanto, que os projetos de P&D em novas fontes alternativas de energia estão mais relacionados ao aprendizado do uso dessas tecnologias de energia renovável do que à geração de tecnologia.

A Tabela 4.4 traz a distribuição dos produtos finais dos projetos de P&D ANEEL entre as diferentes novas fontes alternativas de energia.

Tabela 4.4 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas por fontes alternativas de energia e por produtos finais

Fontes X Produtos Finais	Dispositivos	Equipamentos	Materiais	Metodologia ou Banco de Dados	Processo	Software	Sem Produto Industrial	Total
Eólica	0	4	1	7	0	2	0	**14**
Fotovoltaica	0	3	0	0	1	0	1	**5**
Bioenergia	1	4	0	15	2	0	0	**22**
Hidrogênio	0	4	1	1	1	0	0	**7**
Maremotriz	0	2	0	0	0	0	0	**2**
PCH	0	0	0	1	0	0	0	**1**
Outros	0	0	0	4	0	0	0	**4**
Total	**1**	**17**	**2**	**28**	**4**	**2**	**1**	**55**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Constata-se uma grande centralização de produtos finais em Equipamentos e Metodologia ou Banco de Dados. O projeto em energia Fotovoltaica que não houve desenvolvimento de produto industrial foi o projeto referente à instalação de 171 painéis fotovoltaicos em comunidades isoladas.

A maior concentração de produtos finais se encontra em Metodologia ou Banco de dados em Bioenergia. Essa ocorrência se justifica devido ao fato dos projetos em Biocombustíveis serem, em sua grande maioria, baseados na análise de fontes potenciais para produção de biodiesel, em testes em motores e na avaliação da sustentabilidade da cadeia produtiva das oleaginosas. Outra grande concentração nesta categoria de produto final está em projetos de energia Eólica. Tais projetos se concentram em grande parte em estudos do efeito de geradores eólicos nos sistemas elétricos, desenvolvimento de equipamentos e ferramenta computacional.

Outro conjunto de produtos finais que merece destaque é o de Equipamentos, composto pelas seguintes fontes alternativas: energia Eólica, Fotovoltaica, Biocombustíveis, Hidrogênio, Maremotriz e Biomassa. Dois dos projetos em energia Eólica procuram adaptar os equipamentos às condições de regiões do Nordeste brasileiro e os dois outros realizam estudos do efeito de geradores eólicos nos sistemas elétricos. Já os projetos em Hidrogênio se concentram no desenvolvimento de célula a combustível. Os projetos em energia Fotovoltaica são compostos por projeto conceitual de uma usina piloto, um protótipo de sistema de fotovoltaico e uma análise de viabilidade técnica de equipamentos fotovoltaicos. Os projetos em Biocombustível são projetos de instalação de uma planta piloto e construção de uma unidade de craqueamento. Em Maremotriz, são referentes a Adaptação de equipamento às condições ambientais. Por último, o produto final consiste em desenvolver tecnologia para uso de biomassa.

A Tabela 4.5 mostra a distribuição dos produtos finais dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia por EELB.

Tabela 4.5 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por EELB e por produto final

Fontes X Produtos Finais	Dispositivos	Equipamentos	Materiais	Metodologia ou Banco de Dados	Processo	Software	Sem Produto Industrial	Total
CHESF	0	3	0	10	0	2	0	**15**
Eletronorte	0	8	0	7	0	0	0	**15**
Eletrosul	0	1	1	3	2	0	0	**7**
Furnas	0	3	1	2	2	0	0	**8**
EDEs	1	2	0	6	0	0	1	**10**
Total	**1**	**17**	**2**	**28**	**4**	**2**	**1**	**55**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Pode-se contatar que a empresa que possui uma maior concentração de projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia que possuem como produto final a produção de Equipamentos é a Eletronorte, com projetos três projetos em Hidrogênio, três em Bioenergia, e um projeto em energia Eólica e Fotovoltaica, respectivamente. Já a Furnas concentra dois de seus projetos de Equipamentos em energia Eólica e um em Maremotriz. A CHESF possui projetos de Equipamentos nas fontes Hidrogênio, Eólica e Fotovoltaica. A Eletrobras Distribuição, um em energia Fotovoltaica e um em Bioenergia. Já a Eletrosul possui um projeto em Maremotriz que tem como produto final Equipamento.

Em relação às empresas que possuem uma maior concentração de projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia que possuem como produto final o desenvolvimento de Metodologia ou Banco de Dados, a que possui um maior número de projetos é a CHESF, com 10 projetos, sendo cinco deles em energia Eólica, dois deles em Bioenergia, dois projetos relacionados a sistemas energéticos rurais utilizando fontes renováveis e um projeto em Hidrogênio. A Eletronorte concentra sete projetos em Bioenergia. A Distribuidora Amazonas Energia concentra também a maioria dos seus projetos de Metodologia ou Banco de Dados em Bioenergia, com cinco projetos, sendo que um deles utiliza essa fonte como alternativa de suprimento de energia em comunidades isoladas.

De uma maneira geral, podemos constatar que a Eletronorte é a empresa que possui objetivos de produtos finais melhor definidos e menos difusos, para seus projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia, concentrando seus produtos finais apenas na produção de Equipamentos e de Metodologia ou Banco de Dados. A CHESF também ganha destaque pelo fato de 10 de seus projetos, de um total de 15, estarem voltados para o desenvolvimento de Metodologia ou Banco de Dados.

A Tabela 4.6 permite uma análise da Natureza da Pesquisa dos produtos finais dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB.

Classificar a Natureza da Pesquisa dos produtos finais dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB permite uma análise de quais produtos finais dos projetos estão mais próximos de uma aplicação e de resultados mais associados às atividades das EELB.

Tabela 4.6 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Natureza da Pesquisa e por fontes alternativas

Produto X Natureza da Pesquisa	Pesquisa	Desenvolvimento	Total
Dispositivos	1	0	**1**
Equipamentos	9	8	**17**
Materiais	2	0	**2**
Metodologia ou Banco de Dados	21	7	**28**
Processo	2	2	**4**
Software	1	1	**2**
Sem Produto Industrial	1	0	**1**
Total	**37**	**18**	**55**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Verifica-se que os produtos Equipamentos e Metodologia ou Banco de Dados possuem aproximadamente o mesmo número de projetos de Natureza de Desenvolvimento, ou seja, projetos que tem como propósito melhorar os conhecimentos tecnológicos, aperfeiçoar as tecnologias existentes, desenvolver produtos, processos e materiais para o mercado. Os projetos de Equipamentos de natureza Desenvolvimento estão distribuídos em projetos de Bioenergia, energia Eólica, Fotovoltaica e Hidrogênio e estão relacionados a desenvolvimento e análise de sistemas e desenvolvimento de protótipos ou plantas piloto. Já os projetos de Metodologia ou Banco de Dados de natureza Desenvolvimento são projetos nas áreas de Bioenergia - que fazem análise de fontes potenciais para produção de biodiesel -, e projetos dispersos Hidrogênio e energia Eólica.

A Tabela 4.7 procura isolar apenas os projetos de P&D ANNEL em fontes alternativas de energia de natureza Desenvolvimento, para investigar qual desses projetos possui o envolvimento de outras empresas ou organizações além das EELB e das ICT.

Essa análise destaca a importância do envolvimento de empresas externas especializadas, pois acredita-se na necessidade de maior participação da iniciativa privada em esforços de C,T&I, que melhoram a disseminação de novas tecnologias, oferece desafios e oportunidades aos grupos de pesquisas acadêmicos ou não, que devem agora atuar em várias partes da cadeia de inovação tecnológica (JANNUZZI, GOMES e HOMERO, 2003). Segundo os autores, as próprias empresas de energia necessitam desenvolver maior articulação com seus fornecedores e grupos de pesquisa, tornando-se agentes ativos do processo de inovação.

Tabela 4.7 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Envolvimento de empresas/organizações e por produto final, dos projetos P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia de natureza de P&D Desenvolvimento

Produto X Empresa Envolvida	Sim	Não	Total
Equipamentos	2	6	**8**
Metodologia ou Banco de Dados	2	5	**7**
Processo	1	1	**2**
Software	0	1	**1**
Total	**5**	**13**	**18**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Vale salientar que do total de 55 projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB analisados, apenas oito deles envolvem participação de empresa e desses oito projetos, cinco deles são projetos de Desenvolvimento e três são projetos de Pesquisa.

Dos cinco projetos classificados (Tabela 4.7), dois deles são projetos da CHESF, na área de Hidrogênio, voltados ao desenvolvimento de células a combustível e que possuem o envolvimento da empresa Electrocell, empresa especializada no desenvolvimento de sistemas associados à tecnologia de células a combustível, periféricos e acessórios.

Outro projeto CHESF classificado é na área de energia Eólica, que visa o desenvolvimento de equipamentos aerogeradores baseados no nordeste brasileiro, contando com tecnologia 100% nacional. O projeto conta com a participação da empresa DEWI do Brasil Engenharia de Energia Eólica, empresa que tem como objetivo prestar serviços para clientes locais e estrangeiros que investem em energia eólica no país, fortalecendo as relações de contato com os desenvolvedores de projetos de parques eólicos, fabricantes de turbinas eólicas, governo, investidores e bancos.

O quarto projeto de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia de natureza Desenvolvimento que possui envolvimento de empresa é um projeto da Eletrosul, voltado ao desenvolvimento de um processo de fabricação de módulos fotovoltaicos em fase pré-industrial, com tecnologia nacional de alta eficiência, implementando uma planta piloto para produção destes dispositivos. O projeto possui o envolvimento da Petrobras e tem a FINEP como financiadora, além da própria Eletrosul.O quinto projeto classificado é um projeto em Bioenergia da Eletrobras Distribuição. O projeto visa a implantação de uma unidade piloto de produção de biodiesel, obtido a partir de óleos de mamona, no Estado do Piauí e possui o envolvimento da TecBio, uma empresa de base tecnológica dedicada à biocombustíveis.

Os três outros projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB que possuem envolvimento de empresas/organizações externas especializadas, mas que são de natureza Pesquisa, que não foram classificados na Tabela 4.7, são dois projetos em Bioenergia e um em Hidrogênio. Um dos projetos em Bioenergia é desenvolvido pela CHESF, com envolvimento das Prefeituras da Recife e de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco, e tem como objetivo principal avaliar corretamente o potencial energético dos RSU.

O segundo projeto de P&D de natureza Pesquisa em Bioenergia é um projeto da Eletrosul, que estuda a implantação de um complexo agroindustrial para produção de biocombustíveis na Região Oeste de Santa Catarina. Esse projeto tem o envolvimento da Associação Estadual dos Pequenos Agricultores Catarinenses (AEPAC), que também foi um dos financiadores do projeto além da Eletrosul.

A Eletronorte desenvolveu um projeto na área de Hidrogênio, que tem objetivo principal atender a localidade isolada de São Fabiano, no Estado do Mato Grosso, com energia elétrica a partir da implantação do sistema reformador de etanol-purificador de hidrogênio, para a produção de hidrogênio. Este projeto teve o envolvimento da Hytron, empresa de desenvolvimento de novas tecnologias para produção de hidrogênio em aplicações químicas e energéticas e na utilização de fontes alternativas para aplicações veiculares e geração distribuída de energia elétrica. O projeto teve ainda como cooperadores a Federação das Indústrias do Estado do Mato Grosso, a Prefeitura Municipal de Cuiabá, o Sindicato das Indústrias Sucroalcooleiras do Estado de Mato Grosso e a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Podemos constar que a CHESF foi a empresa que possui um maior número de projetos com o envolvimento de empresas/organizações externas, sendo três de natureza Desenvolvimento e um de natureza Pesquisa. A Eletronorte que, como vimos anteriormente, é uma das empresas que, junto com a CHESF, possui um maior número de projetos de natureza Desenvolvimento, possui apenas um projeto com envolvimento de empresa/organização externa e mesmo assim, esse único projeto é de natureza Pesquisa. Observa-se também que os projetos de Hidrogênio são os projetos que mais agregam a participação de empresa externas especializadas – dois projetos de natureza Desenvolvimento e um de natureza Pesquisa -, seguido dos projetos de Biocombustíveis – um projeto de natureza Desenvolvimento e dois de natureza Pesquisa -, e dos projetos em energia Eólica e Fotovoltaica, cada um respectivamente de natureza Desenvolvimento.

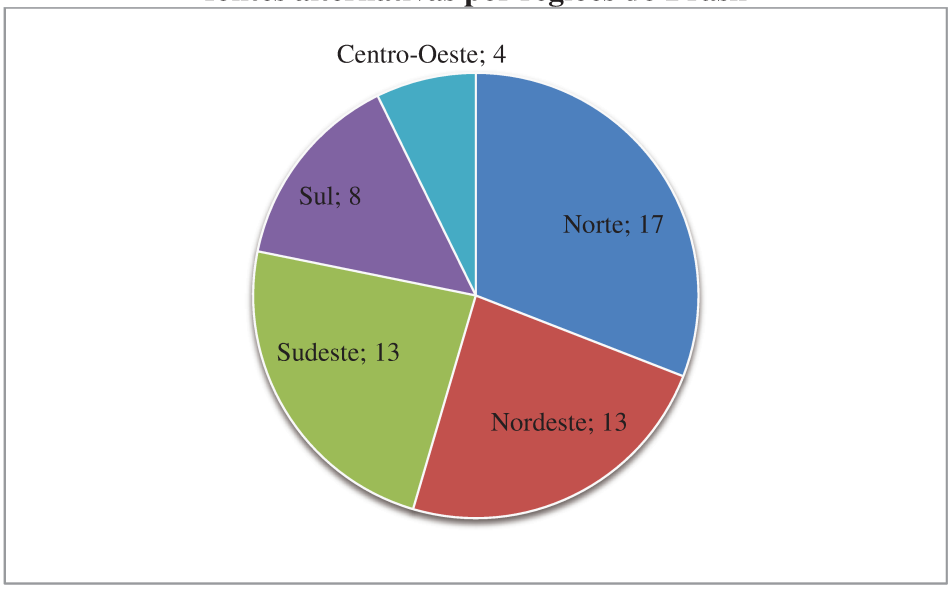
Por fim, a Tabela 4.8 traz a distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por principais instituições e por fontes alternativas e o Gráfico 4.4 traz a distribuição dos projetos de P&D ANEEL das EELB em tecnologias de novas fontes alternativas por regiões do Brasil.

Tabela 4.8 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por principais Instituições Executoras e por fontes alternativas

Fontes x Instituição Executora	UFAM	UFPE	UFRJ	CEPEL	UFPA	UFC	Outras	TOTAL
Eólica	0	2	2	2	0	2	6	**14**
Fotovoltaica	1	1	0	0	0	1	2	**5**
Bioenergia	7	2	1	0	3	0	9	**22**
Hidrogênio	0	0	2	2	1	0	2	**7**
Outros	1	1	0	0	0	0	5	**7**
Total	**9**	**6**	**5**	**4**	**4**	**3**	**21**	**55**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Gráfico 4.5 - Distribuição dos projetos de P&D ANEEL das EELB em tecnologias de novas fontes alternativas por regiões do Brasil



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Sabe-se que a grande parte dos projetos de P&D ANEEL é executado pelas concessionárias de energia elétrica em parceria com laboratórios e parceiros externos. Como é possível verificar (Tabela 4.8), a principal instituição executora dos projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas das EELB é a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), com nove projetos, com grande concentração em Bioenergia. A segunda instituição com maior número de

projetos é a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – com seis projetos distribuídos principalmente em energia eólica e bioenergia – seguida da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com cinco projetos, o CEPEL (quatro projetos), a Universidade Federal do Pará (UFPA), com quatro projetos, e a Universidade Federal do Ceará (UFC), com 3 projetos. As demais instituições com projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas estão pulverizadas em diversas regiões do país (Gráfico 4.4), com no máximo dois projetos em cada instituição.

Foram identificados na base de dados, 5 projetos do CEPEL que não são parte do Programa de P&D ANEEL. Foram dois projetos em energia eólica, um de certificação de aerogeradores e outro de atualização de um software utilizado no projeto, outro projeto de estudo de refrigeradores para comunidades isoladas, um projeto de avaliação técnico-econômica para a expansão da oferta de energia elétrica por sistemas isolados e interligados, e por último, um projeto de geração com tecnologia renovável para a Ilha de Trindade - RJ.

Portanto, os dados (Tabela 4.7 e 4.8) sugerem que o programa de P&D ANEEL das EELB incentivou de modo satisfatório a interação das concessionárias com as ICT das diversas regiões do país, mas não obteve tanto sucesso na formação de uma rede de pesquisa com outras empresas — fornecedoras de serviços e equipamentos ou consumidoras.

Enfim, a segunda parte deste capítulo fará uma análise do aprendizado adquirido pelas EELB com base na interação de seus projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia com as atividades das concessionárias e operadoras de energia.

4.4 P&D EM NOVAS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA E O APRENDIZADO DAS EMPRESAS ELETROBRAS

Lundvall e Johnson (1994) destacam o papel primordial do conhecimento e da aprendizagem na mudança e crescimento econômico. Segundo os autores, mudanças técnicas e econômicas ocorrem a partir de novas combinações de conhecimentos aplicadas a um novo *know-how* que permite novas formas de produção, difusão e entrega de bens e serviços.

O fato da adoção de tecnologias de energia alternativa ser em grande parte um caso de substituição significa que muitos dos futuros usuários de tecnologias de energia alternativa estão avaliando uma nova tecnologia com histórico limitado de implantação, de confiabilidade incerta e de capital e custos operacionais imprevisíveis (MOWERY, NELSON E MARTIN, 2010). Sendo assim, os usuários potenciais devem comparar estas tecnologias não comprovadas com tecnologias estabelecidas e consolidadas, as quais uma vasta experiência operacional reduziu as incertezas quanto ao desempenho e confiabilidade, e onde a aprendizagem em uso tem custos de operação e manutenção reduzidos.

Portanto, acredita-se que analisar a relação entre o desenvolvimento da P&D em Novas Fontes Alternativas de Energia e o aprendizado das EELB é de grande importância, uma vez que essa interação pode impactar diretamente a capacidade de inovação, o capital e os custos operacionais das empresas. A Eletrobras considera seus investimentos em P&D+I como uma estratégia empresarial de curto, médio e longo prazo, que visa à obtenção de resultados como base para o crescimento e a competitividade e que atua como elemento crítico para o crescimento sustentável de seu negócio.

É neste contexto que, para fins de estudo, os projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB foram classificados de acordo com a relação dos objetivos dos projetos com a natureza do aprendizado da Concessionária/Operador. Deste modo, os projetos foram divididos em três categorias:

(I) Uso da Tecnologia - Relacionado a aprendizado de uso da tecnologia pelo Operador;

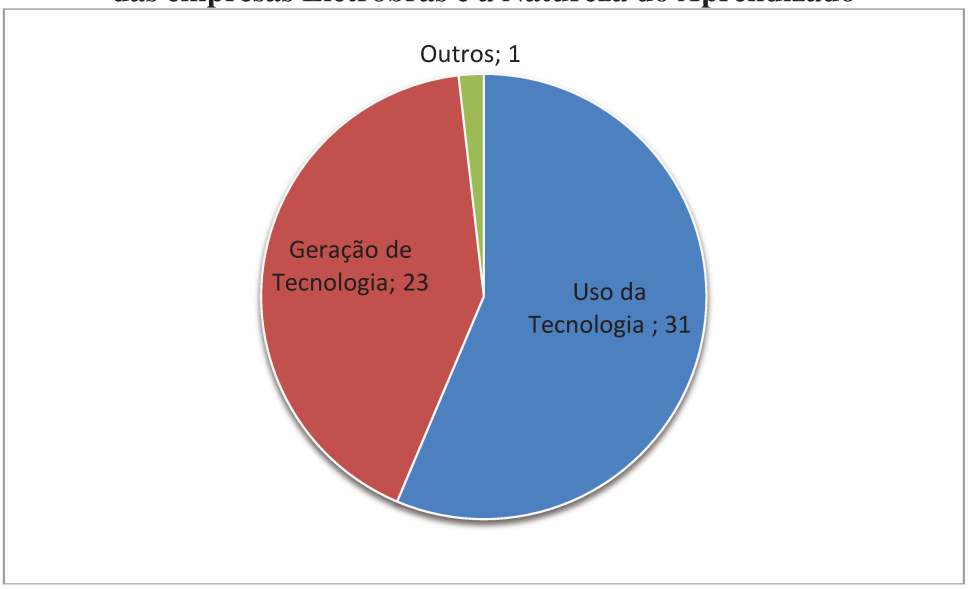
(II) Geração de Tecnologia - Relacionado ao desenvolvimento dos equipamentos, materiais, processos, software geradores ou equipamentos, materiais, processo ou software transmissores, ou relacionado a seus fundamentos;

(III) Outros.

Vale destacar que as atividades atribuídas às concessionárias de energia são as de prestação de serviço público de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Por outro lado, acredita-se que o desenvolvimento dos equipamentos, materiais, processos e software geradores ou transmissores são atividades atribuídas aos produtores de equipamentos de tecnologias de geração e transmissão de energia.

O Gráfico 4.4 apresenta a distribuição dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB de acordo com a relação dos projetos de P&D com a natureza do aprendizado.

Gráfico 4.6 - Relação dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das empresas Eletrobras e a Natureza do Aprendizado



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

O gráfico mostra que 31 projetos, de um total de 55 de P&D ANEEL em novas fontes alternativas, foram classificados como relacionados a aprendizado de uso da tecnologia pelo Operador e 23 projetos relacionados à Geração de Tecnologia, com desenvolvimento dos equipamentos, materiais, processos, software geradores ou equipamentos, materiais, processo ou software transmissores, ou relacionados a seus fundamentos.

O projeto da CHESF classificado como Outros não se enquadrou em nenhuma das categorias por se tratar de um modelo de cadeia produtiva autossustentável de comunidades remotas no Nordeste com uso de fontes energéticas renováveis locais.

Com base nesta distribuição (Gráfico 4.5), uma análise mais detalhada dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas das EELB pode ser realizada. Uma análise individual das EELB relacionada a seus investimentos em aprendizagem tecnológica e desenvolvimento de

novos equipamentos, materiais, processo, etc. permite compreender a estratégia de cada empresa e sua expectativa em relação ao desenvolvimento da P&D internamente.

As Tabelas 4.9 e 4.10 apresentam a distribuição dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes alternativas por EELB e por Fontes Alternativas de Energia, com base na classificação por Uso ou Geração de Tecnologia. É também apresentada uma análise da distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por EELB e por Envolvimento de empresa/organização terceira (Tabela 4.11).

Tabela 4.9 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Empresas Eletrobras e por natureza do aprendizado

EELB X Natureza do aprendizado	Uso da Tecnologia	Geração de Tecnologia	Total
CHESF	10	4	14
Eletronorte	6	9	15
Eletrosul	2	5	7
Furnas	6	2	8
EDEs	7	3	10
Total	**31**	**23**	**54**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Tabela 4.10 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em tecnologias de novas fontes alternativas por Fontes Alternativas de Energia e por natureza do aprendizado

Fontes x Natureza do aprendizado	Uso da Tecnologia	Geração de Tecnologia	Total
Eólica	11	3	**14**
Fotovoltaica	4	1	**5**
Bioenergia	11	11	**22**
Hidrogênio	0	7	**7**
Maremotriz	2	0	**2**
PCH	1	0	**1**
Outros	2	1	**3**
Total	**31**	**23**	**54**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Tabela 4.11 - Distribuição de projetos de P&D ANEEL em geração de tecnologias de novas fontes alternativas por Empresas Eletrobras e por Envolvimento de empresas/organizações terceiras

EELB X Empresa Externa	Sim	Não	Total
CHESF	3	1	4
Eletronorte	1	8	9
Eletrosul	2	3	5
Furnas	0	2	2
EDEs	1	2	3
Total	**7**	**16**	**23**

Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Vale destacar que no caso dos projetos em Bioenergia, foram classificados como Geração de Tecnologia os projetos que visam a construção e teste de sistema de geração de potência, projetos de construção de protótipo de máquina capaz de produzir briquete, projetos para produção de biodiesel e de insumos químicos e instalação de planta piloto. Já os projetos de experimentação de biocombustíveis em motores geradores e projetos de análise do potencial energético da biomassa, foram classificados como Uso de Tecnologia.

Diante do exposto, é possível analisar o contorno dos investimentos em P&D ANEEL em novas fontes alternativas das EELB e das Fontes Alternativas de Energia:

a) Eletrobras CHESF – diante do exposto, constata-se que a empresa é a maior desenvolvedora de P&D voltada ao aprendizado tecnológico e a maior investidora em projetos de energia eólica (Tabela 4.1). Neste contexto, destacam-se os projetos de P&D ANEEL CHESF em energia Eólica:

- Os projetos relacionados ao Uso da Tecnologia são projetos que estudam os efeitos de geradores eólicos nos sistemas elétricos e como potencializar sua utilização como vetor para a geração elétrica, outros que desenvolvem ferramentas para auxiliar o planejamento e a operação do sistema elétrico da CHESF integrando inserções de geração eólica na sua matriz energética. São estudos de extrema importância já que há um aumento na entrada destes equipamentos na operação do SEB.
- Os projetos de Geração de Tecnologia buscam o desenvolvimento de pás de aerogeradores apropriadas às condições de ventos do Nordeste. Um desses projetos envolve ainda a participação de uma empresa externa especializada, a DEWI do Brasil Engenharia de Energia Eólica.

Os demais projetos CHESF relacionados ao Uso da Tecnologia são um em Bioenergia, que fazem análises de fontes potenciais para produção de biodiesel, e um projeto conceitual de uma usina piloto de energia Fotovoltaica. Quanto aos projetos relacionados à Geração de Tecnologias, são projetos de desenvolvimento de Reformador/Célula a Combustível, também com o envolvimento de uma empresa externa especializada, a Electrocell.

b) Eletrobras Eletronorte – a empresa possui a maior concentração de projetos em Bioenergia (Tabela 4.1) e, por sua vez, é a que mais desenvolve projetos relacionados à Geração de Tecnologia. Sendo assim, são destacados os projetos de P&D ANEEL Eletronorte em Bioenergia:

- Os projetos relacionados ao Uso da Tecnologia são projetos de experimentação de biocombustíveis em motores geradores de energia e de análise do potencial energético da Biomassa.
- Já os projetos voltados à Geração de Tecnologia, são projetos que realizam análise de fontes potenciais para produção de biodiesel e também de construção de unidades de craqueamento, sendo que nenhum desses envolve a participação de empresas externas especializadas.

Em relação aos demais projetos de P&D Eletronorte, em Hidrogênio, assim como a CHESF, há projetos de desenvolvimento de Célula a Combustível, um deles com a participação da empresa externa especializada Hytron, valendo destacar que é o único da Eletronorte que possui envolvimento de uma empresa externa. Em energia Eólica, a Eletronorte possui um projeto de desenvolvimento de equipamento, que é um protótipo de uma turbina eólica. E finalmente, em energia Fotovoltaica há um de aprendizado da tecnologia para estabelecer os parâmetros ótimos para o acoplamento direto de eletrolisador a painéis fotovoltaicos.

c) Eletrobras Furnas – assim como a CHESF, Furnas é uma empresa que possui maioria de seus projetos de P&D focados em energia Eólica, sendo todos esses relacionados ao Uso da Tecnologia. São projetos que realizam estudos do efeito de geradores eólicos nos sistemas elétricos, assim como de análises do desempenho do sistema, no contexto da qualidade, das condições de regime permanente, transitório e dinâmico de funcionamento.

Nas demais fontes, Furnas possui dois projetos em Bioenergia relacionados à Geração de Tecnologia, sendo um de instalação de uma planta piloto e outro sobre análise de fontes potenciais para produção de biodiesel, e outro relacionado ao Uso da Tecnologia, um projeto de adaptação de equipamentos de Maremotriz às condições ambientais.

d) Eletrobras Eletrosul – a Eletrosul possui investimentos em P&D dispersos em variadas fontes alternativas de energia, com a maioria de seus projetos relacionados à Geração de Tecnologia:

- Um projeto de fabricação de módulos fotovoltaicos em parceria com a Petrobras;
- Dois projetos em Hidrogênio, sendo um em produção, purificação e armazenamento de hidrogênio, e outro em desenvolvimento de Célula a Combustível;
- Um projeto que faz análise de fontes potenciais para produção de biodiesel; e
- Um projeto de avaliação dos condicionantes técnicos, econômicos, sociais e ambientais do desenvolvimento de fontes distribuídas renováveis de geração.

Já os projetos relacionados ao Uso da Tecnologia são projetos em Maremotriz, de adaptação de equipamento às condições ambientais; e um projeto em Bioenergia, de experimentação de biocombustível em motores geradores.

e) Eletrobras Distribuição – os projetos das empresas estão em sua maioria concentrados no Uso da Tecnologia e são dispersos em diferentes fontes alternativas de energia: quatro em Bioenergia, projetos de experimentação de biocombustível em motores geradores e de análise do potencial energético da Biomassa; dois em energia Fotovoltaica, sendo um de protótipo de sistema de fotovoltaico e outro sobre a instalação de 171 painéis fotovoltaicos em comunidades isoladas; e um último para investigar o potencial de aproveitamento hidroenergético da bacia hidrográfica do rio Mundaú para instalação de PCH.

Quanto aos projetos relacionados à Geração de Tecnologia, há três em Bioenergia, sendo para análise de fontes potenciais para produção de biodiesel, outro relacionado à instalação de uma planta piloto e, por último, um projeto destinado a desenvolver tecnologia para uso de biomassa.

Com base no exposto, pode-se tirar algumas conclusões sobre o programa de P&D ANEEL em novas fontes alternativas de energia das EELB. Percebe-se claramente que a CHESF e a Eletronorte são as empresas que possuem um volume mais relevante de projetos de P&D na área e uma estratégia de investimentos melhor definida que as demais empresas – apesar de Furnas também possuir uma carteira de projetos bem delimitada em energia Eólica. Constata-se que a

CHESF tem se especializado em projetos em energia Eólica e a Eletronorte em projetos em Bioenergia.

Contudo, baseando-se na classificação estabelecida (Tópico 4.2) e nas análises feitas anteriormente, pode-se considerar a estratégia de investimentos em P&D da CHESF mais madura. Isso porque a CHESF, além de concentrar a maioria de seus projetos em uma fonte alternativa de energia, a Eólica, dedica seus projetos de P&D a atividades relacionadas ao aprendizado e uso da tecnologia e seus projetos que envolvem a geração de tecnologia contam com a participação externa de empresas externas especializadas.

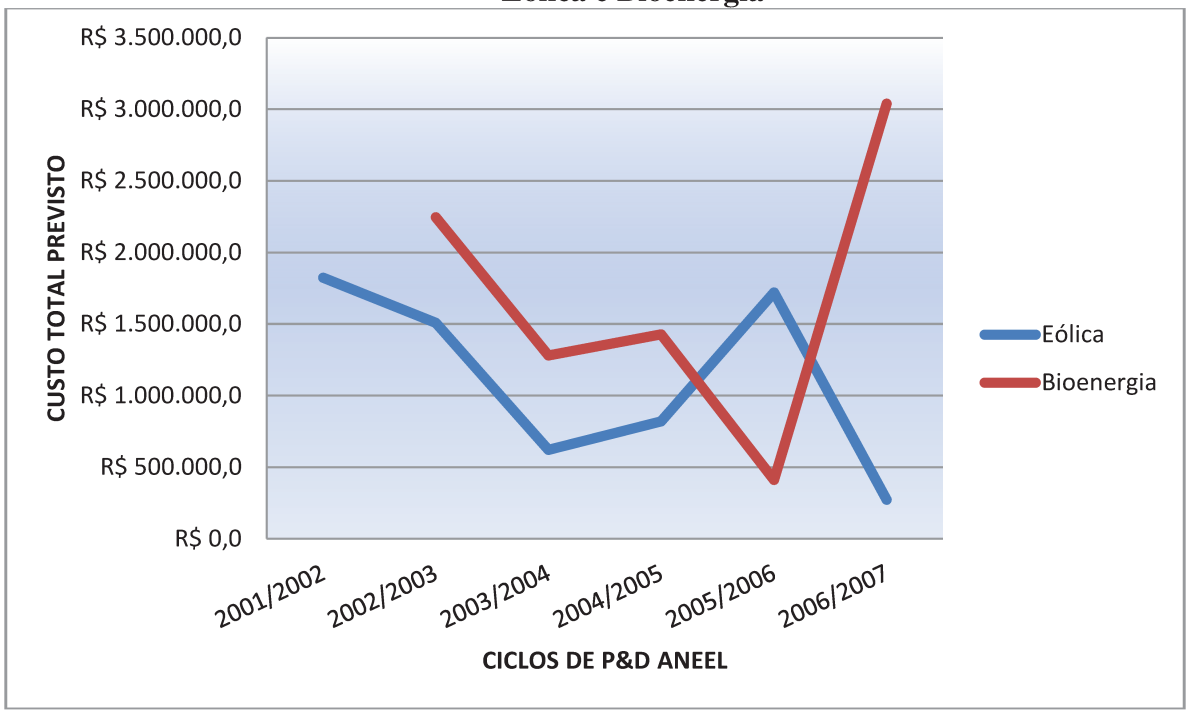
Quanto à Eletronorte, constata-se que a empresa tem um foco bem definido em Bioenergia, se votando a projetos de geração de tecnologia. São projetos que se dedicam ao estudo da produção de biodiesel e construção de unidades de craqueamento, mas sem envolvimento de empresas externas especializadas.

Quanto às demais empresas, pode-se considerar que Furnas possui uma estratégia bem definida e dedicada a aprendizado e uso de tecnologias Eólicas. Já a Eletrosul e a Eletrobras Distribuição são empresas sem uma estratégia bem definida, a primeira dedicando seus projetos à geração de tecnologias, em fontes alternativas variadas, sem um foco específico, e a segunda, que possui um maior número de projetos dedicados ao uso de tecnologias, possui investimentos pulverizados em diferentes fontes alternativas de energia.

Analisando os investimentos das empresas EELB em projetos de P&D em novas fontes renováveis de uma maneira geral, percebe-se que a grande parte dos projetos na área está alinhada às novas fontes renováveis que estão apresentando um crescimento importante no país, que são Biomassa e Eólica (Gráfico 3.1).

Neste contexto, o Gráfico 4.6 deu destaque a essas duas fontes, mostrando a evolução dos investimentos (em R$) em seus projetos de P&D. Cabe frisar que os dados de bioenergia sofreram com a ausência de valores de seis projetos – um no ciclo 2000/2001, dois no ciclo 2001/2002, um no ciclo 2002/2003, um no ciclo 2003/2004 e um no ciclo 2006/2007. Percebe-se claramente que os valores investidos em projetos de bioenergia são maiores que os de energia eólica e que há uma tendência clara de aumento nos investimentos dessa fonte.

Gráfico 4.7 - Análise temporal do Custo Total Previsto dos projetos de P&D em energia Eólica e Bioenergia



Fonte: Informações da Eletrobras organizadas pela autora

Esses dados se confirmam diante do fato de que, segundo a ANEEL (2008), a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos, tanto no mercado internacional quanto no interno. Ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis, já que desta fonte é possível obter energia elétrica e biocombustíveis.

Os investimentos significantes em projetos em energia eólica também se justificam, já que o Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido (ANEEL, 2008). Há também o fato de que a velocidade dos ventos costuma ser maior em períodos de estiagem, sendo possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. Quanto ao maior número de projetos em energia eólica vindo da CHESF, pode-se relacionar à maior vocação da região Nordeste para o

desenvolvimento desta fonte, que é considerada a região com maior potencial medido, principalmente no seu litoral.

Por fim, diante desse panorama, reforça-se a importância da aprendizagem das empresas de energia elétrica através do uso, que implica numa adoção mais ampla e extensa de experiência operacional que realimentam melhorias nas tecnologias alternativas de energia. Segundo Mowery, Nelson e Martin (2010), a adoção e o aperfeiçoamento tecnológico podem, assim, se reforçar mutuamente. Segundo os autores, os processos de adoção e melhoria tecnológica são intimamente ligados e podem se beneficiar de programas de divulgação de informações públicas que relacionam os primeiros usuários uns com os outros, e com os principais produtores e organizações de P&D envolvidas no desenvolvimento e aperfeiçoamento dessas tecnologias.

CONCLUSÕES

Este trabalho procurou investigar se os projetos de tecnologias de novas fontes alternativas no segmento de geração e transmissão de energia elétrica, estudados por meio das empresas Eletrobras, estão voltados para o aprendizado no uso de tecnologias de novas fontes renováveis, contribuindo, dessa forma, para redução do custo de conversão e transmissão dessas tecnologias de modo a torna-las mais viáveis economicamente no Brasil.

Como visto nos capítulos teóricos, o atual sistema econômico e industrial tem provocado diversas consequências ambientais negativas e o setor de energia, com os combustíveis fósseis, possuem um papel importante na acidificação e no valor global das mudanças climáticas. E além dos aspectos ambientais, a crise do setor de petróleo, em 1973, motivou investimentos numa produção mais sustentável de energia elétrica, provocando uma mudança estrutural no setor.

Os aumentos da preocupação com o meio ambiente e dos preços da energia vêm evidenciando a necessidade de aumentar o uso de energia renovável, fazendo com que as tecnologias de energias renováveis ocupem um lugar central na inovação e no atual pensamento político-ambiental. O setor de energia elétrica é considerado o melhor campo de ação para aumentar a utilização de energias renováveis. No entanto, estas novas tecnologias demandam maiores investimentos do que as tecnologias incumbentes, advindas de combustíveis fósseis, por serem mais intensivas em capital.

Contatou-se que, ao mesmo tempo em que as tecnologias incumbentes enfrentam desvantagens, tais como preços de insumos variáveis, dependência de recursos e externalidades ambientais, elas criaram um *lock-in* no setor de energia elétrica ao longo do tempo devido aos rendimentos crescentes de adoção e a ocorrência de *path dependency*. Além de vantagens que as incumbentes adquiriram através das melhorias baseadas no *learning by doing* e no *learning by using*, e dos benefícios contraídos através de subsídios e apoio político antes e durante o surgimento de tecnologias de energia renovável.

Esta análise colocou em evidência a particularidade do caso brasileiro, em que a tecnologia incumbente do seu sistema elétrico é uma tecnologia renovável. Com uma matriz elétrica

fortemente baseada em energia hidrelétrica, considerada uma fonte renovável convencional, a diversificação através das novas fontes renováveis possui um caráter complementar para períodos seca, com baixa pluviosidade.

A predominância de geração de energia hidrelétrica na matriz energética brasileira oferece vantagens competitivas em custo, mas também traz consigo um alto grau de vulnerabilidade devido a dois fatores relacionados a questões ambientais. De um lado, os impactos ambientais e sociais da construção de usinas hidrelétricas, comentados neste trabalho, têm levado criado crescente dificuldade política e institucional aos projetos de expansão de geração e transmissão hidrelétrica, particularmente no que se refere ao licenciamento ambiental. Por outro lado, os efeitos da mudança climática, ao afetar os regimes de chuvas, podem representar a ameaça mais significativa para o setor elétrico. Por isto um dos princípios orientadores do novo modelo do setor de energia é o de buscar a diversificação tendo em conta a natureza complementar de outras fontes.

Políticas de incentivo para o lado da oferta de energia – como tarifas *feed-in*, sistemas de cotas e leilões, etc. – e ferramentas para o estímulo ao desenvolvimento das novas fontes renováveis foram analisadas, mostrando que regulação pode influenciar a capacidade das empresas de inovar, guiando as empresas no desenvolvimento tecnológico, solicitando-as a repensar suas atividades atuais e a estabelecer novas relações com os atores do conhecimento.

No Brasil, com a liberalização do mercado, surgiu no cenário nacional a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), responsável pela promoção e regulação da concorrência no setor elétrico e que lhe foi atribuída o papel de estimular e participar das atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico necessário ao setor de energia elétrica, através do Programa de P&D ANEEL, que fez com que, a partir de 2000, as empresas prestadoras dos serviços de eletricidade brasileiras fossem obrigadas a investir em programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e eficiência energética do setor elétrico.

Foi a partir deste contexto que o presente trabalho propôs-se investigar o caso da Eletrobras, que na qualidade de holding, controla grande parte dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil através de seis subsidiárias: Eletrobras Chesf, Eletrobras Furnas, Eletrobras Eletrosul, Eletrobras Eletronorte, Eletrobras CGTEE e Eletrobras Eletronuclear. Além de

controlar, entre outras, o CEPEL e as Empresas de Distribuição de Energia (EDE). No domínio das novas energias renováveis, as Empresas Eletrobrás vêm desenvolvendo competências tecnológicas em parceria com instituições científicas e tecnológicas, nos últimos anos, com base em seus projetos de P&D ANEEL.

A participação de projetos de P&D ANEEL em fontes alternativas é cerca de 9% do seu total de projetos. Eles possuem maior concentração em bioenergia, seguido da energia eólica; e as competências desenvolvidas nas demais novas fontes alternativas seguem a seguinte ordem: hidrogênio, fotovoltaica, maremotriz e PCH.

A pesquisa foi fundamentada na literatura sobre geração e difusão de tecnologias para fontes renováveis de energia, a qual coloca como obstáculo crítico e determinante de sua difusão o processo de aprendizado dos operadores da indústria de energia elétrica para ampliar a qualidade e reduzir o diferencial de custos das novas fontes vis-à-vis fontes convencionais. No Brasil, a promoção de novas tecnologias renováveis na matriz energética ainda enfrenta grandes dificuldades, principalmente devido a fatores de custo, uma vez que o preço da energia para o consumidor final é de particular importância. Por essas razões que a presente pesquisa considera altamente relevante o estímulo ao desenvolvimento científico e tecnológico voltado para o estímulo ao aprendizado de uso de tecnologias de energia renovável, tendo em vista o aproveitamento do potencial brasileiro para de energias renováveis.

Dentro do que se propôs a pesquisa empírica, algumas características importantes puderam ser identificadas pela análise realizada dos projetos de P&D das EELB. As principais conclusões revelam que a maior concentração de projetos de P&D em novas fontes renováveis de energia está na região Norte do país, através da Eletronorte e da Amazonas Energia, seguido do Nordeste, através da CHESF, e do eixo Sul-Sudeste, através da Eletrosul e Furnas. A maior incidência de projetos em bioenergia na região Norte e em energia eólica na região Nordeste revelaram uma clara vocação dessas duas regiões para estas novas fontes de energia.

A predominância de projetos das EELB em bioenergia reflete a forte capacidade do país na área de biocombustíveis, principalmente por termos uma vocação para a biomassa. Constantemente são avaliadas oportunidades no mercado e as potencialidades do uso de fontes alternativas ao petróleo e gás, e o Brasil apresenta o cenário ideal para investimentos nesse sentido, por ser o

maior produtor mundial de etanol obtido a partir da cana-de-açúcar e por deter tecnologia, que conta com vastas áreas de produção e possui um mercado consolidado para o biocombustível. Há também o fato da biomassa ser considerada uma importante alternativa energética para a geração de eletricidade em comunidades isoladas.

Já a maior incidência de projetos em energia eólica no NE reflete as crescentes iniciativas na região para a instalação de sistemas eólicos conectados à rede de transmissão. Visto que a região oferece uma série de vantagens competitivas para esse tipo de empreendimento, como a qualidade dos ventos e as possibilidades na região em termos de "complementaridade eólico-hídrica" em função do regime de chuvas e de vento que se concentram no primeiro e segundo semestre, respectivamente.

A análise da carteira das EELB também demonstrou que a natureza da P&D dos projetos possui um caráter predominantemente de pesquisa, em comparação com os projetos de desenvolvimento e demonstração. Credita-se este resultado ao fato de os projetos serem executados pelas ICT parceiras das concessionárias, o que faz com que os esforços sejam dispersos, possuindo grande influência dos próprios grupos de pesquisa das instituições. Acrescenta-se também à análise, a baixa participação nos projetos de empresas tipicamente fornecedoras do setor elétrico.

Recomenda-se um maior alinhamento dos projetos às estratégias das empresas, ao invés de admitir que os projetos sejam guiados por objetivos de pesquisa das ICT regionais, podendo assim abrir as portas para projetos estratégicos desenvolvidos de forma cooperativa entre concessionárias, ICT e empresas fornecedoras.

A análise da relação entre o desenvolvimento da P&D em novas fontes renováveis e o aprendizado das EELB mostrou que pouco mais da metade dos projetos são relacionados ao aprendizado de uso da tecnologia pela concessionária. Permitiu-se também constatar, que a CHESF é a empresa que possui o maior número de projetos relacionados ao uso da tecnologia e com envolvimento de empresas terceiras em seus projetos. Já a Eletronorte é uma empresa com um maior número de projetos em geração de energia e com baixa incidência de envolvimento de empresas terceiras. Furnas e as EDE possuem um maior número de seus projetos relacionados ao uso da tecnologia, enquanto a Eletrosul possui um maior número de projetos de geração de

tecnologia, entretanto, as três empresas possuem baixa incidência de envolvimento de empresas terceiras em seus projetos.

A CHESF se revelou com uma carteira com maior potencial de aprendizado para ampliar a qualidade e reduzir o diferencial de custos de inserção da energia eólica no sistema elétrico e a Eletronorte se mostrou alinhada à vocação brasileira para bioenergia, com seus projetos de geração de tecnologia, posicionando esta fonte atualmente como a principal alternativa para a diversificação da matriz energética brasileira.

Finalmente, os resultados da pesquisa empírica sugerem que as EELB possuem estratégias de investimentos em projetos de P&D em novas energias renováveis bastante pulverizadas.

Vale destacar que o estudo realizado apresentou limitações importantes quanto à ausência de resultados e avaliações destes projetos, não sendo possível realizar uma análise de se as tecnologias geradas são tecnologias periféricas ou tecnologias relevantes às atividades econômicas da empresa. Logo, diante deste fato, não se pode afirmar até que ponto os investimentos projetos de P&D em energias renováveis é uma estratégia consistente da empresa ou uma obrigação legal, por ser compulsório; e até que ponto essas empresas estão interessadas em entrar em um novo modelo energético, baseado nas novas fontes de energia renováveis.

Sugestões para trabalhos futuros

Este trabalho buscou não só analisar o perfil da carteira de projetos de P&D em novas fontes renováveis das EELB, como ao mesmo tempo levantar questões adicionais a serem estudadas posteriormente. Deste modo, acredita-se que os seguintes pontos são interessantes de serem explorados:

- Investigar se existe nas EELB um processo estruturado/sistematizado, com critérios mínimos, para busca e seleção de projetos/parceiros para o desenvolvimento de tecnologias em novas fontes alternativas de energia.
- Realizar um balanço dos resultados dos projetos de P&D ANEEL em novas fontes renováveis das empresas EELB, analisando quais projetos foram levados adiante, com as novas tecnologias geradas auxiliando as necessidades energéticas setoriais e regionais do país.

- Analisar a relação entre o aumento da P&D em novas fontes de energia renováveis e os leilões de fontes alternativas, que foram criados com o objetivo de incentivar a diversificação da matriz de energia elétrica, introduzindo fontes renováveis e ampliando a participação de energia eólica e da bioeletricidade.
- Investigar e discutir os resultados da parceria de FURNAS com o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), ligado ao CEPEL, para o desenvolvimento de novas tecnologias de geração sustentável de energia eólica.
- Analisar a iniciativa e os projetos da Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, desenvolvida para promover a eficiência energética regional e o desenvolvimento sustentável a partir do emprego das energias solar, eólica, biomassa e hidráulica. A iniciativa pretende criar novas oportunidades de negócio e proporcionar autonomia energética para os setores agropecuário e agroindustrial da região Oeste do Paraná.
- Realizar um estudo sobre as relações internas e externas das concessionárias de energia com as demais empresas do setor, com a indústria e com as instituições científicas e tecnológicas com intuito de analisar o nível de articulação da P&D com os interesses dos demais atores, através do incentivo aos trabalhos cooperativos e desenvolvimento de alianças, na perspectiva de reduzir os custos e riscos das pesquisas e de abrir novos mercados para os seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A. J. **P&D no setor elétrico brasileiro: um estudo de caso na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco**. Recife : O Autor, 2008. 97 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2008.

ALVEAL, Carmen. A modernização depende da reforma energética brasileira. **Boletim Infopetro: Petróleo & Gás Brasil**, ano 4, n. 2, p. 13-16, fev. 2003.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil /** Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília : Aneel, 2008. 236 p. : il.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica /** Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília : ANEEL, 2012. 61 f. : il.

BAJAY, S. V. e CARVALHO, E. B. (1998). Planejamento indicativo: Pré-requisito para uma boa regulação do setor elétrico" in **Anais do 3º Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**. Unicamp / USP / Efei / SE-SP / SBPE, São Paulo, p. 324-8.

BERGEK, A. **Shaping and Exploiting Technological Opportunities: The Case of Renewable Energy Technology in Sweden**, Ph.D. Thesis (Göteborg, Department of Industrial Dynamics, Chalmers University of Technology, 2002)

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Diretrizes Estratégicas para o Fundo Setorial de Energia** - MCT / CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicas em Ciência, Tecnologia e Inovação (versão 9.1) / Julho 2002.

BREKKE, K. A. Marked-based Lock-in and Environmental Technologies; The importance of Increasing Returns to Adoption. **ProSus Report no. 7/2003**.

BROWN, A., MÜLLER, S. & DOBROTKOVA, Z. **Renewable Energy – Markets and prospects by Technology**, IEA 2011.

CAMARGO, L. G. B. C. **O Setor Elétrico Brasileiro e sua Normatização Contemporânea**. Santos, UNISANTOS, Centro de Ciências Jurídicas e Sociais Aplicadas – Curso de Direito, 2005. Dissertação: Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Direito.

CARLSSON, B., JACOBSSON, S. Diversity creation and technological systems: a technology policy perspective. In: Edquist, C. (Ed.), **Systems of Innovation, Technologies, Institutions and Organizations**. Pinter Publishers, London.

CHRISTENSEN, C. M., TALUKDAR, S., ALTON, R. & HORN, M. B. Picking Green Tech's Winners and Losers. **Stanford Social Innovation Review**. Spring 2011.

DE OLIVEIRA, R. G. **As Novas Estratégias das Empresas Privatizadas do Setor Elétrico Brasileiro** [Rio de Janeiro] 1999 VIII, 216 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético, 1999) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - **Relatório Anual do Sistema Eletrobras**. 2010.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Política de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação**. 2009

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Relatório da administração**. Exercício social findo em 31/12/2006

ELLIOT, D. Renewable energy and sustainable futures, in **Futures**, vol. 32, p. 261-274, 2000.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2012** – Ano base 2011: Resultados Preliminares Rio de Janeiro: EPE, 2012 51 p.: 18 il. ; 14,8 cm

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2013** – Ano base 2012: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 55 p.: 18 il. ; 14,8 cm.

ERBER, F. & AMARAL, L. Os centros de pesquisa das empresas estatais: um estudo de três casos. In: Schwartzman, S. **Ciência e tecnologia no Brasil: política industrial, mercado de trabalho e instrumentos de apoio**. Rio de Janeiro, FGV, 1995.

FERNANDINO, J. A., OLIVEIRA J. L. de. Arquiteturas Organizacionais para a Área de P&D em Empresas do Setor Elétrico Brasileiro. **RAC**, Curitiba, v. 14, n. 6, art. 5, pp. 1073-1093, Nov./Dez. 2010.

FERREIRA, H. T.. **Energia eólica: barreiras a sua participação no setor elétrico brasileiro**. Dissertação (Mestrado - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) - EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

FRADE, L. C. S., ANDRADE, R. M., CALMANOVICI, C. E. A inovação e a importância transformadora do setor energético. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**. Nº 4, agosto de 2011.

FURTADO, A. T. (2010) **O Sistema Setorial de Inovação do Setor Elétrico Brasileiro e o CTEnerg**. Relatório.

GALDINO, M. A. E. ; LIMA, J. H. G. ; RIBEIRO, C. M. ; SERRA, E. T. . O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. **Revista da Diretoria de Engenharia da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, p. 17 - 25, 01 nov. 2000.

GOLDEMBERG, J e MOREIRA, J. R.. **Política energética no Brasil**. ESTUDOS AVANÇADOS 19 (55), 2005.

GOLDEMBERG, J. e LUCON, O.. **Energia e meio ambiente no Brasil**. ESTUDOS AVANÇADOS 21 (59), 2007.

GOLDEMBERG, J. **Mudanças climáticas e desenvolvimento**. ESTUDOS AVANÇADOS, v. 14, p. 39, 2000.

GOLDENBERG, J. e PRADO, L. T. S.. Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. **Tempo Social** – USP. novembro 2003.

GOMES, R.D.M. **Pesquisa & Desenvolvimento de Interesse Público e as Reformas no Setor Elétrico Brasileiro**. Tese de mestrado. Planejamento de Sistemas Energéticos. Campinas: UNICAMP, 137p., 2003.

HINNELS, M. & BOARDMAN, B. (2009), Market transformation: Innovation theory and practice, in Foxon, T. J., Kohler, J. and Ougton, C. (eds) **Innovation for a Low Carbon Economy**. Economic, Institutional and Management Approaches, Edwards Elgar, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (BRASIL). **Brasil em Desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas /** Brasília : Ipea, 2010. 300 p. 3 v. : gráfs., mapas, tabs. (Brasil: o Estado de uma Nação)

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (BRASIL). Nº 152 - **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel**. 2011.

JACOBSSON S. & BERGET, A. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technologies, in **Industrial and Corporate Change**, vol. 13, n. 5, pp. 815-849. 2004.

JACOBSSON S. & JOHNSON A. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research", in **Energy Policy** vol. 28, pp. 625-640. 2000.

JANNUZZI G. M.; GOMES F. G.; HOMERO G. A.. Mapeamento de competências e infraestrutura para P&D: Indicadores para auxílio a prospecção tecnológica na área de energia. **Energy Discussion Paper**. No. 2.62-02/2003. Junho de 2003.

JANNUZZI, G. M. Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro. – Campinas, SP: **Energy Discussion Paper** Nº 2.64-01/03,2003.

JANNUZZI, G. M.; GOMES, A. F.; ANDRADE, H. G. Mapeamento de competências e infraestrutura para P&D: indicadores para auxílio à prospecção tecnológica na área de energia. Campinas: **International Energy Initiative**. Latin Américan Office, 2003.

JANNUZZI, G.M., GOMES, R.D.M. A experiência brasileira pós-privatização em programas de eficiência energética e P&D: lições das iniciativas de regulação e da crise energética. In: IX Congresso Brasileiro de Energia e IV Seminário Latino-Americano de Energia: soluções para a energia no Brasil. **Anais**... Rio de Janeiro: SBPE, COPPE/UFRJ, Clube de Engenharia, 2002, v.3, pp.1477-1485.

KALTHAUS, M.. **Competitive Diffusion, Knowledge Recombination, and Renewable Energy Technologies**. Paper prepared for the EMAEE 2013: 8th European Meeting on Applied Evolutionary Economics. – Early Draft, June 8th 2013.

KEMP, R. & SOETE, L. Inside the 'green box': on the economics of technological change and the environment. In: FREEMAN, C., SOETE, L. (eds.). **New explorations in the economics of technological change**. Londres: Pinter Publishers, 1990. p. 245-257.

KEMP, R., SMITH, K., BELCHER, G. How should we study the relationship between environmental regulations and innovation? in Hemmelskamp, J. (ed.) (2000): **Environmental Regulation, Innovation and European Industry – Methodological Foundations**

KEMP. R., SCHOT, J. & HOOGMA, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. **Technology Analysis and Strategic Management**, 10, 175–195. 1998.

LEITE, A. D. **A energia do Brasil. Rio de Janeiro: Nova Fronteira**. 1997.

MEDEIROS, L. **Previsão do preço spot no mercado de energia elétrica**. Rio de Janeiro, 2003. 144p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio.

MELLO, H. (2001) Evolução Histórica. In: LESSA, C. et al. **O Brasil à Luz do Apagão**. Rio de Janeiro: Palavra & Imagem.

MELO, M. Q. **Mecanismo de desenvolvimento limpo e a difusão de tecnologias de fontes renováveis no Setor de Energia Elétrica Brasileiro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP. 2011.

Memória da Eletricidade. **História do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica** – CEPEL. Rio de Janeiro: CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL, 1991, 244p.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. 1979. In: ROSENBERG, N., Rosenberg, Nathan ([1982]2006). **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp.

MOWERY, D.C., R.R. NELSON & B.R. MARTIN. Technology policy and global warming: why new policy models are needed (or why putting new wine in old models won't work). **Research Policy** 39(8): 1011–1023. 2010.

NEMET, G., Demand-pull energy technology energy policies, diffusion and improvements in California Wind Power, 2009. in Foxon, T. J., Kohler, J. and Ougton, C. (eds) **Innovation for a Low Carbon Economy**. Economic, Institutional and Management Approaches, Edwards Elgar, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA.

NOGUEIRA, L. G.. **Políticas e Mecanismos de Incentivo às Fontes Renováveis Alternativas de Energia e o Caso Específico da Geração Solar Fotovoltaica no Brasil e no Chile**. 2011. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas.

NORBERG-BOHM , V., ed. **The Role of Government In Technology Innovation: Insights for Government Policy in the Energy Sector**. Chapter 7: Pushing and Pulling Technology into the Marketplace: The Role of Government in Technology Innovation in the Power Sector133 – 2002.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **OECD Green Growth Studies: Energy**. May 2011.

ROTHMAN, H., FURTADO, A. The Potential Contribution of Technology Assessment to Bioenergy Programmes. In: Rosillo-Calle, F., Bajay, S.V., Rothman, H. (Eds). **Industrial Uses of Biomass Energy**. London: Taylor and Frances, 2000, pp.53-82.

SANTOS, H. T. M. ; JANNUZZI, G. M. J . Uma avaliação dos investimentos nos programas de P&D e de eficiência energética das grandes empresas de eletricidade no Brasil: ciclos 2002-03 e 2003-04. In: XVIII SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2006, BELO HORIZONTE - MG. XVIII SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2006.

SARAVIA, E.. As Empresas Estatais como Instrumento da Política Científico-Tecnológica. **Cadernos EBAPE.BR** - Edição Especial 2005.

SMITH, K. **Transitions to renewable energy systems: the innovation and policy issues**. Working Paper. RENTRANS Project. October 2012

SOARES, V.R. **Mudanças Institucional e Organizacional no Setor Elétrico Brasileiro Frente às Novas Tendências da Dinâmica Tecnológica**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia da UNICAMP. Campinas, 1997.

SOUSA, W. L. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma Análise Comparativa de Duas Abordagens** [Rio de Janeiro] 2000. VII, 154p. 29,7cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético, 2000) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

TAVARES, F. B. **O Novo Posicionamento Estratégico das Empresas Estatais: O Caso do Sistema Eletrobras**. Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Instituto De Economia, Monografia De Bacharelado. 2011.

WALTER, A. & DOLZAN, P.. **Country Report: Brazil** – Task 40 – Sustainable Bio-energy Trade; securing Supply and Demand. IEA Bioenergy Task 40. 2012.

WALZ, R., SCHLEICH, J.& RAGWITZ, M. How regulation influences innovation. An indicator based approach for the case of renewable energy technologies. in the **VI Globelics Conference at Mexico City**, September 22-24 2008.

WISER, R., JAN H., & MERIDITH W.. Renewable Energy Policy Options for China: A Comparison of Renewables Portfolio Standards, Feed-In Tariffs, and Tendering Policies. **Center for Resource Solutions**, June 2002.

WWF-BR - World Wide Fund Brasil. **Sumário para tomadores de Decisão**. Além de grandes hidrelétricas: políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. 2012.

Sites consultados:

ANEEL	<http://www.aneel.gov.br/>
CEPEL	<http://www.cepel.br/>
ELETROBRAS	<http://www.eletrobras.com/>
MME	<http://www.mme.gov.br/>