

# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO:

uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel

## Organizadores

Fabiano Mezadre Pompermayer  
Fernanda De Negri  
Luiz Ricardo Cavalcante





# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO:

uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel

## **Organizadores**

Fabiano Mezadre Pompermayer  
Fernanda De Negri  
Luiz Ricardo Cavalcante

## **Governo Federal**

### **Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República**

**Ministro** Wellington Moreira Franco



Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

#### **Presidente**

Marcio Pochmann

#### **Diretor de Desenvolvimento Institucional**

Geová Parente Farias

#### **Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais, Substituto**

Marcos Antonio Macedo Cintra

#### **Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia**

Alexandre de Ávila Gomide

#### **Diretora de Estudos e Políticas Macroeconômicas**

Vanessa Petrelli Corrêa

#### **Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais**

Francisco de Assis Costa

#### **Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura, Substituto**

Carlos Eduardo Fernandez da Silveira

#### **Diretor de Estudos e Políticas Sociais**

Jorge Abrahão de Castro

#### **Chefe de Gabinete**

Fabio de Sá e Silva

#### **Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação**

Daniel Castro

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>



# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO:

uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel

## **Organizadores**

Fabiano Mezadre Pompermayer  
Fernanda De Negri  
Luiz Ricardo Cavalcante

**ipea**

Brasília, 2011

---

Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro : uma avaliação do programa P&D regulado pela Aneel / organizadores: Fabiano Mezadre Pompermayer, Fernanda De Negri, Luiz Ricardo Cavalcante.- Brasília : Ipea, 2011. 168 p. : gráfs., tabs.

Inclui bibliografia.  
ISBN 978-85-7811-120-5

1. Energia Elétrica. 2. Inovações Tecnológicas. 3. Brasil. I. Pompermayer, Fabiano Mezadre. II. De Negri, Fernanda. III. Cavalcante, Luiz Ricardo. IV. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 333.7932

---

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>PREFÁCIO .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
REDE DE PESQUISA FORMADA PELO PROGRAMA DE P&D REGULADO PELA ANEEL: ABRANGÊNCIA E CARACTERÍSTICAS .....	13
Fabiano Mezadre Pompermayer, Fernanda De Negri, Jean Marlo Pepino de Paula e Luiz Ricardo Cavalcante	
<b>CAPÍTULO 2</b>	
TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS DO SETOR ELÉTRICO .....	55
Luiz Guilherme de Oliveira	
<b>CAPÍTULO 3</b>	
IMPACTOS ECONÔMICOS E TECNOLÓGICOS DO PROGRAMA DE P&D REGULADO PELA ANEEL .....	89
Calebe de Oliveira Figueiredo, Gustavo Varela Alvarenga e Luiz Ricardo Cavalcante	
<b>CAPÍTULO 4</b>	
IMPACTOS QUALITATIVOS DO PROGRAMA DE P&D REGULADO PELA ANEEL .....	119
Andrea Felipe Cabello e Fabiano Mezadre Pompermayer	
<b>ANEXOS .....</b>	<b>159</b>



## APRESENTAÇÃO

Tendo em vista o amplo reconhecimento da associação entre a inovação e o desenvolvimento econômico e social, o estímulo às atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) tem sido um tema cada vez mais presente na agenda de políticas públicas no Brasil. Um exemplo recente destes movimentos foi a fixação, no âmbito do Plano Brasil Maior, de meta que prevê a elevação do dispêndio empresarial em P&D no país de um valor estimado de 0,59% do PIB, em 2010, para 0,90% em 2014.

No setor elétrico, a busca do estímulo às atividades de P&D resultou na promulgação da Lei nº 9.991/2000, que determina às empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de energia elétrica realizar investimentos mínimos nestas atividades, de acordo com regulamentação definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Esta Agência estabeleceu, no âmbito deste marco legal, um programa de P&D que, entre 2000 e 2007, mobilizou recursos da ordem de R\$ 1,42 bilhão em mais de 2,4 mil projetos.

A análise dos impactos e resultados do programa de P&D regulado pela Aneel motivou, em 2010, o estabelecimento de um convênio entre a Agência e o Ipea. Essencialmente, buscou-se avaliar a abrangência da rede de pesquisa formada pelo programa e seus impactos de natureza quantitativa e qualitativa. Além disso, analisaram-se, brevemente, as tendências de inovação no setor elétrico.

De maneira convergente com suas missões, a Aneel e o Ipea pretendem, com esta publicação, contribuir para o aperfeiçoamento das políticas públicas de inovação adotadas no país. Os resultados não se restringem ao setor elétrico, uma vez que políticas similares às que são avaliadas neste trabalho vêm sendo adotadas em atividades como exploração de petróleo e gás e tecnologias da informação e comunicação, entre outros setores.

A presente publicação contribui não apenas para a proposição de melhorias na regulação deste programa específico, mas também para a afirmação da Aneel como entidade de fomento a atividades de P&D. Ao mesmo tempo, possibilita ao Ipea uma inserção cada vez maior na análise de políticas públicas – missão fundamental da Instituição –, e reafirma a importância de parcerias estratégicas na execução de suas pesquisas.

Nelson Hübner  
**Diretor-Geral da Aneel**

Marcio Pochmann  
**Presidente do Ipea**



## PREFÁCIO\*

A partir da década de 1990, as políticas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no Brasil passaram a incorporar mecanismos de fomento explicitamente dirigidos ao setor produtivo. Como resultado da crescente ênfase na inovação, diversos movimentos foram observados no marco institucional das atividades de CT&I no país. Assim, em 1999, foram criados os fundos setoriais de ciência e tecnologia e, em meados da década de 2000, foi promulgada a Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004). Ainda em meados daquela década, foi aperfeiçoada a legislação relativa aos incentivos fiscais para a inovação, que passaram a compor o terceiro capítulo da Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005), e intensificaram-se os programas e as chamadas públicas para apoio a empresas pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

No setor elétrico, esses movimentos refletiram-se na promulgação, há cerca de dez anos, da Lei nº 9.991/2000, que determina às empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de energia elétrica realizar investimentos mínimos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) segundo regulamentação definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Dessa forma, a Aneel estabelece as condições para a execução das pesquisas e para a avaliação e o acompanhamento dos resultados dos projetos de P&D. Estas condições, explicitadas no *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica* (ANEEL, 2008), visam engajar as empresas do segmento em atividades de inovação que lhes permitam enfrentar seus desafios tecnológicos e de mercado. Assim, a Lei nº 9.991/2000 contribuiu para a formação de uma rede de pesquisa que envolve: *i*) as próprias empresas de geração, transmissão e distribuição de energia (“agentes”) que, compulsoriamente, precisam investir em P&D; *ii*) as empresas que mantêm relações com as empresas do setor elétrico como fornecedores e prestadores de serviços (“empresas”); *iii*) as universidades e os centros de pesquisa (“instituições”); e *iv*) os recursos humanos que participam destas atividades.

Com o intuito de avaliar a efetividade do programa e subsidiar a proposição de melhorias em sua regulação, a Aneel estabeleceu, em 2010, parceria com o Ipea. No plano de trabalho estabelecido, previu-se a elaboração de um conjunto de quatro documentos: *i*) análise da rede de pesquisa formada pelo programa; *ii*) análise das tendências de inovação no setor elétrico; *iii*) análise dos impactos

---

\* Os trechos iniciais desta apresentação foram extraídos de Pomper Mayer *et al.* (2011), que corresponde ao primeiro capítulo deste livro.

econômicos e tecnológicos do programa sobre as empresas e os recursos humanos participantes; e *iv*) análise dos impactos qualitativos dos projetos sobre as empresas e as instituições de pesquisa envolvidas. Estes quatro documentos foram reunidos nesta publicação, cujo propósito é apresentar uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel.

O capítulo 1, de autoria de Fabiano Mezadre Pompermayer, Fernanda De Negri, Jean Marlo Pepino de Paula e Luiz Ricardo Cavalcante, analisa em que medida a rede de pesquisa formada pelo programa é capaz de impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico e a competitividade do setor elétrico brasileiro. Essa questão geral foi desdobrada em três pontos principais: *i*) análise da extensão e da abrangência da rede e de sua relevância no sistema de inovação do setor elétrico; *ii*) sistematização das características de agentes, empresas e instituições envolvidos nos projetos; e *iii*) sistematização das características dos recursos humanos envolvidos nos projetos.

As tendências tecnológicas do setor elétrico são o objeto do capítulo 2, de autoria de Luiz Guilherme de Oliveira. Nesse capítulo, confrontam-se as tendências tecnológicas observadas nos países centrais com as tendências observadas no Brasil e, em seguida, analisa-se a aderência dos projetos aprovados no âmbito do programa de P&D regulado pela Aneel a estas tendências.

No capítulo 3, Calebe de Oliveira Figueiredo, Gustavo Varela Alvarenga e Luiz Ricardo Cavalcante analisam quantitativamente os impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa de P&D regulado pela Aneel nos indicadores de desempenho das empresas e dos recursos humanos envolvidos nos projetos que o compõem. Dessa forma, os autores procuram: *i*) verificar se as empresas que mantêm relações com agentes do setor elétrico como fornecedores e prestadores de serviços apresentam desempenho econômico e tecnológico superior ao daquelas que não participam do programa; e *ii*) verificar se os recursos humanos envolvidos nos projetos apoiados com recursos do programa apresentaram indicadores de produção científica e tecnológica superiores ao das pessoas que não participaram do programa. As análises que compõem este capítulo são essencialmente quantitativas e apoiam-se na aplicação de métodos de *propensity score matching* para eliminar o viés de seleção tipicamente observado na avaliação de políticas públicas de inovação.

Por fim, uma análise qualitativa dos resultados do programa de P&D regulado pela Aneel é o objeto do capítulo 4, de autoria de Andrea Felipe Cabello e Fabiano Mezadre Pompermayer. Apoiando-se em entrevistas com os gerentes de P&D das principais empresas do setor elétrico brasileiro e com os coordenadores de pesquisa de instituições científicas e empresas parceiras, os autores procuram verificar o alinhamento de projetos à estratégia global dos agentes e a capacidade do

programa disseminar uma cultura de inovação nas empresas. Além disso, avaliam as características do processo de P&D no setor elétrico, uma vez que muitos agentes não possuíam tradição em atividades de pesquisa antes do programa.

Os resultados obtidos nos quatro capítulos são sistematizados em suas conclusões, em que são indicadas também proposições de melhorias na regulação do programa. Embora a dimensão destas recomendações requeira a leitura prévia dos textos que as originaram, pode-se antecipar, nesta apresentação, que os trabalhos propõem que se incentive um maior alinhamento dos projetos às estratégias das empresas. Nas circunstâncias em que as empresas não identifiquem destinação eficiente a dar aos recursos, sugere-se sua reversão para a capitalização de projetos estratégicos desenvolvidos de forma cooperativa. Nesse caso, a agência poderia contribuir para a redução da assimetria de informação e dos custos de transação para a execução de pesquisa “extra muros”. Outras recomendações envolvem ações de divulgação do programa – que poderiam contribuir para aumentar a competição pelos recursos e melhorar a qualidade dos projetos – e a utilização de incentivos maiores para projetos mais intensivos em P&D e menores para projetos menos intensivos em P&D – que tenderiam a ser, pelo menos em parte, executados na ausência dos incentivos.

Fabiano Mezadre Pompermayer  
 Luiz Ricardo Cavalcante  
**Diset/Ipea**

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília, 2008.

POMPERMAYER, F. M. *et al.* Rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela Aneel: abrangência e características. *In*: POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel**. Brasília: Ipea, 2011.



## REDE DE PESQUISA FORMADA PELO PROGRAMA DE P&D REGULADO PELA ANEEL: ABRANGÊNCIA E CARACTERÍSTICAS\*

Fabiano Mezadre Pompermayer\*\*

Fernanda De Negri\*\*\*

Jean Marlo Pepino de Paula\*\*

Luiz Ricardo Cavalcante\*\*

### RESUMO

O objetivo deste capítulo é avaliar a abrangência e analisar as características da rede de pesquisa formada pelo programa de pesquisa e desenvolvimento (P&D) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Este objetivo geral foi desdobrado em três pontos principais: *i)* análise da extensão e da abrangência da rede e de sua relevância no sistema de inovação do setor elétrico; *ii)* sistematização das características dos agentes, das empresas e das instituições envolvidas nos projetos; e, por fim, *iii)* sistematização das características dos recursos humanos envolvidos nos projetos. Com relação à análise da extensão e da abrangência da rede e de sua relevância no sistema de inovação do setor elétrico, foi possível verificar que o programa mobilizou, entre 2000 e 2007, recursos da ordem de R\$ 1,42 bilhão em cerca de 2,4 mil projetos de P&D, o que corresponde a cerca de 2,8% dos investimentos federais em P&D. Dados obtidos em balanços de companhias abertas e publicados no *Industrial R&D Investment Scoreboard*, editado pela União Europeia, revelam que, no setor elétrico, predominam relações entre gastos em P&D e faturamentos inferiores a 1%. Somente nas circunstâncias em que as empresas se situam em segmentos mais intensivos tecnologicamente – como no caso daquelas que usam fontes nucleares ou que atuam como centros de pesquisa –, os investimentos em P&D alcançam níveis superiores a 1% do faturamento. Foi possível observar que os projetos que compõem o programa apoiam-se em um conceito bastante abrangente de P&D, havendo projetos que podem ser considerados de P&D *stricto sensu* – isto é, de acordo com as definições do Manual Frascati –,

---

\* Os autores agradecem a Antenor Lopes de Jesus Filho pelos comentários e pelas sugestões, sem, naturalmente, responsabilizá-lo por eventuais erros e omissões nos resultados e nas conclusões expressas neste trabalho. Agradecem ainda à Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética da Aneel, a Luísa Martins Fernandes e a Patrick Franco Alves pelo apoio na coleta e interpretação dos dados.

\*\* Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

\*\*\* Chefe da Assessoria de Acompanhamento e Avaliação das Atividades Finalísticas da Secretaria Executiva do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

projetos que, embora inovadores, não são estritamente de P&D e projetos que têm um aspecto mais gerencial e que não seriam classificados como inovadores de acordo com as definições do Manual de Oslo. A sistematização das características dos agentes envolvidos nos projetos permitiu verificar que: *i*) o programa envolve praticamente todos os agentes (180) cuja participação é compulsória; *ii*) cerca de um terço das empresas cujo código de Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) corresponde às atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica participam do programa; *iii*) metade dos agentes parece já ter assimilado uma cultura de P&D, uma vez que mantém relações com outros instrumentos de apoio à inovação; *iv*) porém, entre os agentes que têm algum envolvimento com atividades de P&D, menos de 40 têm acesso aos instrumentos que envolvem recursos; e *v*) o programa ainda não conseguiu criar uma cultura de fato de P&D na outra metade dos agentes, que sequer participa de grupos de pesquisa cadastrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Já a sistematização das características das empresas e instituições de ciência e tecnologia envolvidas nos projetos revelou que: *i*) 623 entidades participaram dos projetos; *ii*) neste conjunto, 288 são empresas e 335 são instituições de ciência e tecnologia; *iii*) no conjunto das 288 empresas, apenas 27 são classificadas como empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica; *iv*) há ainda indícios da presença de empresas *ad hoc* – isto é, empresas sem tradição de atuação no setor – no programa; e *v*) verifica-se uma excessiva concentração dos recursos em um número reduzido de instituições. Os agentes parecem desenvolver uma relação muito mais forte com universidades e centros de pesquisa do que com empresas. Se, por um lado, isso pode ser visto como a emergência de uma cultura de inovação nas empresas do setor, por outro levanta a hipótese de que os agentes, por não possuírem uma estratégia definida de P&D, optam por terceirizar suas atividades de P&D para universidades e grupos de pesquisa no Brasil. Assim, os dados sugerem que o programa foi capaz de incentivar a interação das concessionárias com as instituições de pesquisa, mas não obteve tanto êxito na formação de uma rede de pesquisa com outras empresas – fornecedoras de serviços e equipamentos ou consumidoras. Por fim, a sistematização das características dos recursos humanos envolvidos nos projetos revelou que: *i*) um total de mais de 23 mil postos de trabalho foram associados ao programa; *ii*) ao se considerar apenas a quantidade de pessoas identificadas sem repetições – isto é, com Cadastro de Pessoa Física (CPF) e que corresponde, na prática, ao conjunto de coordenadores, gerentes e pesquisadores –, este valor alcança pouco menos de 9 mil indivíduos; *iii*) ao se excluírem os recursos humanos ligados aos agentes – isto é, aqueles que compulsoriamente se envolvem com o programa –, o total alcança pouco mais de 6 mil pessoas; e *iv*) o programa mobilizou cerca de 2,5 mil doutores, a maioria dos quais na condição de pesquisador.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1990, as políticas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no Brasil passaram a incorporar mecanismos de fomento explicitamente dirigidos ao setor produtivo. Como resultado da crescente ênfase na inovação, diversos movimentos foram observados no marco institucional das atividades de CT&I no país, como: *i*) a criação dos fundos setoriais de ciência e tecnologia, em 1999; *ii*) a promulgação da Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004); *iii*) o aperfeiçoamento da legislação relativa aos incentivos fiscais para a inovação, que passaram a compor o capítulo III da Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005); e *iv*) o lançamento de diversos programas e chamadas públicas para apoio a empresas pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (MORAIS, 2008, p. 67).

No setor elétrico, esses movimentos refletiram-se na promulgação, há cerca de dez anos, da Lei nº 9.991/2000, que determina que as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de energia elétrica realizem investimentos mínimos em P&D segundo regulamentação definida pela Aneel.<sup>1</sup> Dessa forma, esta agência estabelece as condições para execução das pesquisas e para a avaliação e o acompanhamento dos resultados dos projetos de P&D. Estas condições, explicitadas no Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (ANNEEL, 2008), visam engajar as empresas do segmento em atividades de inovação que lhes permitam enfrentar seus desafios tecnológicos e de mercado. Assim, a Lei nº 9.991/2000 contribuiu para a formação de uma rede de pesquisa que envolve: *i*) as próprias empresas de geração, transmissão e distribuição de energia (agentes) que, compulsoriamente, precisam investir em P&D; *ii*) as empresas que mantêm relações com as empresas do setor elétrico, como fornecedores e prestadores de serviços (empresas); *iii*) as universidades e os centros de pesquisa (instituições); e *iv*) os recursos humanos que participam destas atividades.

Com o intuito de avaliar a efetividade do programa e subsidiar a proposição de melhorias em sua regulação, a Aneel estabeleceu, em 2010, uma parceria com o Ipea em cujo plano de trabalho previu-se a elaboração de um conjunto de quatro documentos: *i*) análise da rede de pesquisa formada pelo programa; *ii*) análise das tendências de inovação no setor elétrico; *iii*) análise dos impactos econômicos e tecnológicos do programa sobre as empresas participantes; e *iv*) análise dos impactos qualitativos dos projetos sobre as empresas e instituições de pesquisa envolvidas (DE NEGRI; TURCHI; CAVALCANTE, 2010).

O presente capítulo, que corresponde ao primeiro da série indicada, tem, assim, o objetivo de avaliar a abrangência e analisar as características da rede de

---

1. Outro reflexo desses movimentos sobre o setor elétrico foi a criação de um fundo setorial destinado a financiar programas e projetos na área de energia, especialmente na área de eficiência energética no uso final (CT-ENERG).

pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela Aneel. Essencialmente, procura-se analisar em que medida a rede de pesquisa formada por este programa é capaz de impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico e a competitividade do setor elétrico brasileiro. Esta questão geral pode ser desdobrada: *i)* na análise da extensão e da abrangência da rede e de sua relevância no sistema de inovação do setor elétrico; *ii)* na sistematização das características dos agentes, das empresas e das instituições envolvidas nos projetos; e *iii)* na sistematização das características dos recursos humanos envolvidos nos projetos. Este capítulo está estruturado em quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, discutem-se os fundamentos teóricos e conceituais que orientam a análise. Em seguida, na seção 3, os procedimentos metodológicos adotados são apresentados. Os resultados da análise são discutidos na seção 4, cuja estrutura reflete, basicamente, as três questões específicas indicadas anteriormente. Finalmente, na seção 5, as principais conclusões do trabalho são salientadas.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

Tipicamente, as políticas públicas de apoio à inovação envolvem instrumentos fiscais e financeiros e o acesso privilegiado ao conhecimento gerado por universidades e centros de pesquisa por meio de projetos de pesquisa cooperativa. Este é, em linhas gerais, o panorama das políticas de CT&I adotadas no Brasil desde a década de 1990. O programa regulado pela Aneel, contudo, tem características idiossincráticas em virtude da dinâmica de inovação do setor elétrico no Brasil e por envolver investimentos compulsórios em P&D. Além disso, no Brasil, a geração de energia enfatizou, historicamente, a hidroeletricidade em virtude da extensão territorial do país, dos recursos hídricos disponíveis e do acesso restrito, ao longo do século XX, a fontes não renováveis (CAVALCANTE; UDERMAN, 2011). Como resultado, no Brasil, cerca de três quartos da oferta de energia elétrica provém de fontes hídricas, ao passo que a média mundial indica que o petróleo, o gás e o carvão respondem por cerca de dois terços do total gerado. O padrão mundial é que pouco mais de 15% da energia gerada vem de fontes hídricas.

As especificidades do programa de P&D regulado pela Aneel o tornam um objeto de análise sobre o qual há pouco referencial teórico. Entretanto, como as tarifas são reguladas, pode-se assumir que um programa que prevê investimentos compulsórios em P&D, na verdade, corresponde a uma espécie de tributo incidente sobre as tarifas revertido para as atividades de P&D. Nesse sentido, a identificação de referencial teórico sobre o tema converge com a de outros programas mais convencionais.

Assim, para a análise da abrangência e das características da rede formada pelo programa, podem ser reunidas informações sobre investimentos em P&D e tendências de inovação no setor de energia de uma forma geral. Estes elementos,

discutidos nas subseções 2.1 e 2.2 a seguir, ao lado de uma sistematização de análises precedentes já realizadas sobre o programa de P&D regulado pela Aneel (subseção 2.3) podem amparar a definição da metodologia de análise e a discussão dos resultados deste capítulo.

## 2.1 Investimentos em P&D

Sagar e Zwaan (2006) discutem o papel da P&D e do *learning-by-doing* na inovação tecnológica no setor de energia, compilando dados sobre os gastos públicos em P&D referentes a sete países indicados na tabela 1.

TABELA 1  
Investimentos públicos médios anuais em P&D no setor de energia – 1975-1999  
(Em US\$ constantes de 2002)

País	Investimentos públicos em P&D no setor de energia
Canadá	282
Itália	550
Japão	2.450
Países Baixos	158
Suíça	98
Reino Unido	477
Estados Unidos	3.388

Fonte: Sagar e Zwaan (2006, p. 2603).

A tabela 1 estabelece a ordem de grandeza dos investimentos públicos em P&D no setor de energia nos países líderes. Assim, observam-se valores médios anuais de US\$ 3,4 bilhões nos Estados Unidos e de US\$ 282 milhões no Canadá, cujo produto interno bruto (PIB) é da ordem de grandeza do PIB brasileiro. Os dados que sistematizaram levaram Sagar e Zwaan (2006) a argumentar que: *i)* o aprendizado tecnológico desempenha um papel fundamental no setor de energia; e *ii)* as atividades de P&D desenvolvidas pelo setor privado têm também um importante papel, não bastando ampliar o investimento público nestas atividades.<sup>2</sup> Esta conclusão é amparada, ainda, por evidências reunidas pelos autores que indicam a ausência de correlações claras entre os investimentos públicos em P&D no setor de energia e indicadores relevantes do setor (SAGAR; ZWAAN, 2006, p. 2602).

Além disso, dados reunidos por Dooley (2010) para os Estados Unidos referentes ao período 1961-2008 revelam que, exceto no intervalo entre 1977 e 1981, durante o qual os gastos públicos em P&D no setor de energia ultrapassaram 10%

2. Esta conclusão é especialmente importante para a análise do programa de P&D regulado pela Aneel, que procura ampliar o envolvimento das empresas do setor com as atividades de inovação.

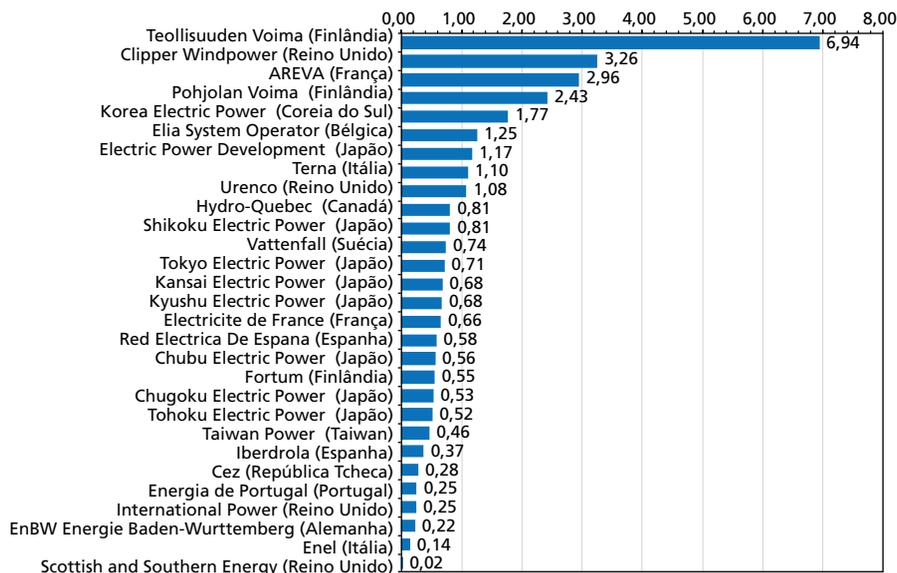
dos investimentos federais em P&D, o segmento representou, de uma forma geral, uma pequena fração dos investimentos totais. Em particular, este autor registra que desde meados da década de 1990, os gastos públicos em P&D no setor de energia correspondem a cerca de 1% dos investimentos do governo federal norte-americano em P&D. Ao se considerar o período 1961-2008 como um todo, Dooley (2010) contabiliza investimentos de cerca de US\$ 172 bilhões em P&D no setor de energia. Assim, os valores médios anuais destes investimentos seriam da ordem de US\$ 3,6 bilhões, sendo, portanto, razoavelmente consistentes com os dados registrados por Sagar e Zwaan (2006).

Outro dado relevante sobre investimentos em P&D no setor de energia elétrica pode ser obtido no *Industrial R&D Investment Scoreboard*, editado pela União Europeia. Nesta publicação, dados obtidos em balanços de companhias abertas permitem que se calcule, para um conjunto de empresas do setor de eletricidade em diversos países, a relação entre seus gastos em P&D e seu faturamento. Os dados referentes ao último ano disponível (2009) para as empresas do setor incluídas no *Scoreboard* estão indicados no gráfico 1 a seguir.

GRÁFICO 1

**Investimentos em P&D/faturamento, empresas do setor elétrico listadas no *Industrial R&D Investment Scoreboard* – 2009**

(Em %)



Fonte: *Industrial R&D Investment Scoreboard*.  
Elaboração dos autores.

Conforme se pode observar, predominam percentuais inferiores a 1%. Somente nas circunstâncias em que as empresas se situam em segmentos mais intensivos tecnologicamente – como no caso daquelas que usam fontes nucleares ou que atuam como centros de pesquisa –, os investimentos em P&D alcançam níveis superiores a 1% do faturamento. Os dados mostram ainda que em um mesmo país pode haver grande dispersão dos investimentos em P&D. Este é o caso, por exemplo, do Reino Unido, cujas empresas indicadas no gráfico 1 investem entre 3,26% e 0,02% de seu faturamento em P&D. Estes números são convergentes com a percepção de que as empresas podem adotar diferentes estratégias tecnológicas – por exemplo, estratégia de liderança, seguidora e oportunista – às quais se associam diferentes níveis de investimentos em P&D. Além disso, nesses casos, a própria natureza dos investimentos em P&D pode ser distinta. Com efeito, empresas que adotam estratégias de liderança tecnológica tendem a alocar mais recursos em atividades de pesquisa básica e aplicada, enquanto as que adotam estratégias seguidoras tendem a enfatizar atividades de desenvolvimento experimental. Trata-se, aqui, de uma análise de risco e retorno típica da análise de investimentos: enquanto os projetos de pesquisa básica envolvem maiores expectativas de retorno e implicam maiores chances de insucesso, projetos de desenvolvimento experimental envolvem expectativas de retorno menores e menores riscos.

## 2.2 Tendências de inovação

Ainda que a análise das tendências de inovação no setor elétrico não seja o objeto deste capítulo,<sup>3</sup> pode-se afirmar que os resultados obtidos por Dooley (2010) reafirmam a maturidade tecnológica do setor e mostram que, exceto quando se trata de fontes alternativas de energia, as inovações têm um caráter mais incremental. De acordo com este autor, que segmenta os investimentos públicos em P&D no setor de energia nos Estados Unidos em grandes áreas temáticas, a energia nuclear representou, ao longo do período analisado, cerca de 36% dos valores totais investidos. A área que contempla a pesquisa básica em energia e programas similares voltados para o suporte à P&D aplicada respondeu por 34% dos recursos totais. Os 30% restantes foram distribuídos de forma mais ou menos equitativa entre energia fóssil e a combinação das áreas de energias renováveis e eficiência energética.

Jannuzzi (2000) explicitamente coloca as fontes renováveis de energia e a eficiência energética como os temas centrais das políticas públicas de desenvolvimento do setor. Este autor indica que, no setor elétrico, “os projetos possuem características de serem de curto prazo, baixo risco e procuram atender aos interesses dos acionistas e investidores” (*op. cit.*, p. 65).

---

3. Essas tendências são detalhadas no capítulo 2 deste livro.

O estudo de Macedo (2003), publicado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), mostra que o crescimento econômico e a proteção ao meio ambiente seriam os principais motivadores de mudanças no setor energético. De acordo com as análises apresentadas naquele documento, a busca por aumentos de produtividade, pela redução de emissões e pela sustentabilidade já induziria um grande esforço de inovação e difusão tecnológica. Além disso, as projeções apresentadas no documento indicam que, no Brasil, *i*) a hidroeletricidade continuaria a ser a mais importante fonte de energia, *ii*) a geração distribuída pelas pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), gás natural e células combustíveis se tornaria cada vez mais presente; e *iii*) a eficiência no uso de cogeração e a redução de custos de transmissão contribuiriam para o aumento de eficiência. Além disso, a diversificação da matriz energética estimularia avanços nas demais fontes de energias abundantes no país, como eólica, de biomassa e solar, existindo também esforços em transmissão e armazenamento de energia.

Com base nessas informações, pode-se afirmar, *a priori*, que os principais desafios tecnológicos para o setor residiriam em:

- Eficiência em geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica.
- Armazenamento de energia.
- Meio ambiente e sustentabilidade.
- Sistemas de gestão energética inteligente.
- Fontes alternativas de energia – principalmente renováveis.
- Operação em escalas menores.

Em particular, no que diz respeito às fontes alternativas de energia, dados coletados por Johnstone, Hascic e Popp (2010, p. 149) referentes às patentes em uma amostra de 25 países entre 1978 e 2003 evidenciam que:

- Após meados da década de 1990, houve um acelerado crescimento do número de patentes em energia eólica.
- Houve crescimento também em energia de marés, mas sobre uma base muito reduzida.
- Houve continuidade no patenteamento em energia solar.
- Houve um reduzido crescimento no número de patentes em energia geotérmica e de biomassa.

Johnstone, Hascic e Popp (2010, p. 149) mostram ainda que os efeitos das políticas de apoio à P&D – que os autores segmentam em: *i*) gastos em P&D;

ii) tarifas *feed-in*;<sup>4</sup> e iii) certificados de energia renovável – sobre o número de patentes variam de acordo com o tipo de energia alternativa. Tarifas *feed-in* e certificados de energia renovável têm mais impactos sobre energia eólica e solar, uma vez que, nesses casos, garantir tarifas diferenciadas por tipo de energia tem mais impactos sobre o número de patentes. Os autores destacam a importância de compreender os diferentes impactos das políticas de apoio tendo em vista a crescente ênfase que os governos têm atribuído ao desenvolvimento de uma matriz de energias alternativas.

### 2.3 Análises do programa de P&D regulado pela Aneel

A revisão bibliográfica empreendida para a elaboração deste capítulo permitiu a identificação de quatro trabalhos que tratam especificamente do programa de P&D regulado pela Aneel (JANNUZZI, 2005; SALLES FILHO *et al.*, 2007; QUANDT; SILVA JR.; PROCOPIUCK, 2008; GUEDES, 2010).

Jannuzzi (2005) contextualiza a criação do programa e analisa seus primeiros resultados. Neste trabalho, o autor registra que, a partir de meados da década de 1990, houve mudanças significativas no setor de energia no país. Estas mudanças incluíram a privatização, a ampliação dos níveis de concorrência e a criação da Aneel. Jannuzzi argumenta que o apoio tradicionalmente dirigido ao aumento da eficiência energética e à P&D no setor foi descontinuado em virtude de cortes orçamentários e da redefinição dos papéis dos agentes públicos envolvidos e que, ao mesmo tempo, novas medidas regulatórias e a criação dos fundos setoriais ajudariam a manter e eventualmente ampliar os esforços de pesquisa em energia no Brasil. Segundo este autor, é muito pouco provável que as iniciativas voltadas para a eficiência energética e as atividades P&D tivessem ocorrido sem as imposições regulatórias de 1998 e sem a Lei nº9.991/2000 que as seguiu. Jannuzzi (*op. cit.*) avalia que a garantia de recursos dirigidos ao aumento da eficiência energética e à P&D no setor teve um importante impacto no aprendizado institucional tanto no setor público quanto no de utilidades.

Salles Filho *et al.* (2007) descrevem uma ferramenta de apoio à decisão para alocação de recursos do programa, criada por pesquisadores da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), e o avaliam usando os dados disponíveis neste *software*. Estes autores argumentam que “à medida que o programa evolui, o estoque de oportunidades de projetos incrementais, de mais baixo valor e curta duração, está dando lugar a projetos mais densos, mais voltados a problemas complexos, e de tempo de atuação mais longo”. Além disso, atribuem ao programa um conjunto de impactos representativos, com destaque para: i) cerca de R\$

---

4. Tarifas *feed-in* (*feed-in tariffs*) são uma forma de incentivo à adoção de energia renováveis que envolve o acesso à rede de distribuição, contratos de longo prazo para a energia produzida e garantias de preços de compra.

2,23 bilhões de resultados contra um investimento total de R\$ 660 milhões, no universo da análise – isto é, R\$ 3,40 para cada R\$ 1,00 investido no programa teriam sido recuperados; e *ii*) redução de perdas em um montante de 4 mil MW, que equivaleriam a um investimento em geração hidráulica da ordem de R\$ 32 bilhões. Embora representativos, os impactos estimados por estes autores não controlam por outros eventos que ocorreram em paralelo – e que seguramente afetaram os resultados indicados. Nesse sentido, é razoável assumir que os impactos indicados são superestimados.<sup>5</sup>

Quandt, Silva Jr. e Procopiuck (2008) não compartilham essa visão otimista sobre o programa e argumentam que os investimentos são orientados mais ao atendimento da obrigatoriedade legal do que à produção de impactos positivos para a sociedade ou de resultados estratégicos para as organizações. Assim, na visão destes autores, os projetos atenderiam a demandas internas das empresas e suas necessidades operacionais, dando pouca importância a fatores, como melhoria do desempenho e geração de novos produtos, serviços ou negócios. Isso os leva a concluir que a inovação não estaria inserida na estratégia competitiva das empresas do setor.

Guedes (2010) avaliou a percepção dos agentes a respeito do programa. Seus resultados indicam que o modelo de investimentos diretos em P&D pelas empresas tem se convertido, ainda que não nas proporções desejadas, em benefícios para o setor de energia elétrica. Essencialmente, a autora argumenta que os principais resultados percebidos do programa são:

- Superação do contingenciamento crônico dos recursos destinados aos fundos setoriais.
- Determinação legal de que parte dos recursos deveria ser investida diretamente pelas empresas do setor elétrico, sem intermediação governamental, salvo na supervisão e fiscalização, consistiu em um importante avanço, haja vista que são essas empresas as maiores detentoras do conhecimento acerca dos gargalos tecnológicos do setor.

Deve-se observar, entretanto, que os resultados obtidos por Guedes (2010) apoiam-se na percepção dos gestores de P&D nas empresas, o que pode implicar um viés na análise de seus impactos.

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Do ponto de vista metodológico, este capítulo apoia-se na sistematização de um vasto conjunto de estatísticas descritivas sobre os projetos, os agentes, as demais entidades (empresas e instituições) e os recursos humanos envolvidos com o

---

5. Trata-se de um tema a ser analisado no capítulo 3, que consiste na análise dos impactos econômicos e tecnológicos do programa sobre as empresas participantes.

programa. Para isso, são utilizados indicadores obtidos na base de dados sobre os projetos de P&D que fazem parte do programa da Aneel e em bases de dados de outras fontes organizadas pelo Ipea, descritas na subseção 3.1. Com isso, pode-se verificar o acesso de agentes, empresas e instituições que participaram do programa a outros instrumentos de políticas públicas existentes no país. Dessa forma, é possível examinar até que ponto as entidades participantes estão inseridas no sistema nacional de inovação e em seus instrumentos de apoio e avaliar a complementaridade do instrumento regulado pela Aneel com outras políticas públicas que vêm sendo adotadas no Brasil. Convém destacar que não se analisam os impactos do programa – isto é, não se confrontam os dados daqueles que participam com os dos que não participam, exceto, em alguns casos, de forma bastante preliminar.

Assim, os procedimentos adotados podem ser segmentados: *i)* na obtenção de uma base de referência de projetos a partir dos dados disponíveis na própria Aneel; e *ii)* na geração de estatísticas descritivas sobre os projetos, os agentes, as demais entidades e os recursos humanos envolvidos com o programa. Estes procedimentos são descritos nas subseções 3.1 e 3.2 a seguir.

### 3.1 Bases de dados

Para a obtenção de uma base de referência de projetos partiu-se, inicialmente, da base de projetos enviada pela Aneel. Esta base contém 8.189 mil registros relativos a projetos em diferentes estados – carregado, disponibilizado para avaliação da Aneel, aprovado e assim por diante. Após a eliminação de duplicidades e de projetos não aprovados, foi possível chegar a uma base de projetos formada por 2.431 registros. Esta base, cujo valor total dos projetos corresponde a R\$ 1,42 bilhão, foi considerada a referência para a análise do programa de P&D regulado pela Aneel.

Uma vez obtida a base de referência de projetos, foram aplicados filtros às demais bases que contêm informações sobre: *i)* áreas; *ii)* entidades e agentes; *iii)* palavras, produto e risco; e *iv)* pessoas, de modo que apenas os projetos definitivos permaneceram em suas versões finais. Estes procedimentos são exibidos de forma detalhada no anexo 1 deste livro (procedimentos para obtenção das bases de referência).

A base de dados da Aneel, porém, contém apenas informações referentes aos projetos apoiados, sendo escassas ou inexistentes informações sobre as características de agentes, empresas e instituições e tampouco sobre os recursos humanos que participaram dos projetos. Assim, para que se possa fazer uma análise mais aprofundada sobre a abrangência do programa, as características e o perfil de seus participantes, foi necessário levantar uma série de informações disponíveis em outras bases de dados. Uma vez que, na base de dados da Aneel, agentes, empresas e instituições participantes são identificados por seu Cadastro Nacional de Pessoa

Jurídica (CNPJ), foi possível integrar essas informações com outras bases de dados. Dessa forma, agregaram-se à base de dados proveniente da Aneel as seguintes informações complementares:

- Informações sobre o pessoal ocupado nas empresas/instituições: número de funcionários, nível de escolaridade, idade, sexo, entre outras. Todas estas informações – cuja declaração é obrigatória para todas as empresas que possuem trabalhadores formais – são provenientes da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). A Rais também fornece informações sobre o setor de atividade da empresa, bem como sobre sua localização geográfica.
- Dados sobre as atividades de comércio exterior das empresas, provenientes da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), do Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC).
- Número de patentes solicitadas pelas empresas junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).
- Diretório de grupos de pesquisa do CNPq, que permite identificar as empresas que possuem parceria com pesquisadores e grupos de pesquisa, segundo a declaração destes grupos.
- Empresas apoiadas pelos diversos instrumentos e políticas públicas de apoio à inovação, provenientes da FINEP e do MCT. Estas informações permitiram identificar as empresas que receberam incentivos fiscais de apoio à P&D no âmbito do capítulo III, da Lei nº 11.196/2005 (a chamada Lei do Bem) e das Leis nºs 10.176/2001 e 11.077/2004 (Lei de Informática). Além disso, com os dados provenientes da FINEP e do MCT foram identificadas as empresas apoiadas pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT).
- Por fim, também foi possível mapear, entre as participantes do programa Aneel, aquelas que obtiveram financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) no período recente.

Além de informações complementares sobre as empresas, este trabalho também utilizou informações acadêmicas sobre os recursos humanos, especialmente de coordenadores, gerentes de projetos e pesquisadores, que participaram do programa de P&D regulado pela Aneel. Na maior parte dos projetos, é possível identificar nominalmente, na base de dados da Aneel, os coordenadores, os gerentes e os pesquisadores associados a cada um dos projetos. Estes nomes foram, então, localizados na base do *Currículo Lattes*, do CNPq, onde constam informações sobre a formação e a produção acadêmica destas pessoas.

### 3.2 Estatísticas descritivas

Uma vez obtidas as bases de referência, foi gerado um conjunto de estatísticas descritivas sobre: *i*) as próprias empresas de geração, transmissão e distribuição de energia (agentes); *ii*) as empresas que mantêm relações com as empresas do setor elétrico, como fornecedores e prestadores de serviços (empresas); *iii*) universidades e centros de pesquisa (instituições); e *iv*) os recursos humanos que participam dessas atividades. Essencialmente, é este procedimento que permite caracterizar a rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela Aneel e avaliar sua abrangência.

Para a caracterização dos agentes se empregou, como parâmetro de comparação, o conjunto das empresas do setor elétrico. Estas empresas correspondem àquelas cujo código de CNAE é 351. Este código envolve as classificações 351-1, 351-2 e 351-4 (geração, transmissão e distribuição, respectivamente) e 351-3 (comercialização). Uma vez que a Lei nº 9.991/2000 determina que as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de energia elétrica realizem investimentos em P&D, foram consideradas apenas as classificações 351-1, 351-2 e 351-4, tendo sido excluídas, da base de comparação, as empresas cujo código CNAE é 351-3, ou seja, aquelas ligadas unicamente à comercialização de energia elétrica.

Obtido um parâmetro de comparação, foram consideradas as seguintes alternativas:

- Agentes compulsórios: agentes que, por lei, devem participar do programa; este conjunto envolve agentes cujo código CNAE não é necessariamente 351 – Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) e Walmart, por exemplo – e agentes que ainda não tiveram projetos no programa.
- Agentes que participaram do programa: este conjunto envolve agentes cujo CNAE não é necessariamente 351 mas que, em algum momento entre 2000 e 2007, participaram do programa. Trata-se, portanto, de um subconjunto dos agentes compulsórios; verificou-se, contudo, que até 2007, salvo exceções pontuais, este conjunto coincide com os agentes compulsórios.

Para cada um desses casos, extraíram-se, para o período entre 2002 e 2007, dados de pessoal ocupado (PO), pessoal ocupado técnico-científico (PoTec)<sup>6</sup> e renda média e tabularam-se as médias, medianas, valores máximo e mínimo e desvios padrão. A opção por um conjunto relativamente vasto de estatísticas – em oposição

---

6. O PoTec corresponde a uma *proxy* dos gastos empresariais internos e externos em P&D e corresponde à soma dos valores associados a grupos ocupacionais específicos disponíveis na Rais. Araújo, Cavalcante e Alves (2009) demonstram que o PoTec mantém coeficientes de correlação superiores a 90% com os gastos empresariais em P&D.

à tabulação das médias e desvios padrão, simplesmente – decorre da expectativa de uma grande heterogeneidade entre as empresas que compõem essas bases.

Para estabelecer, com base nos dados disponíveis na Rais, uma distinção entre as categorias *empresas* e *instituições*, foram utilizadas as informações sobre a natureza jurídica disponíveis naquela relação. Assim, foram consideradas *empresas* os registros classificados como empresas privadas e empresas públicas.<sup>7</sup> Por conseguinte, estão fora desta categoria, por exemplo, as fundações e as organizações sem fins lucrativos. Também não foram consideradas empresas aquelas instituições que, embora tenham se declarado na Rais como empresas públicas ou privadas, pertencem aos setores: *administração pública* (CNAE 84),<sup>8</sup> *educação* (CNAE 85) e *atividades de organizações associativas* (CNAE 94). Embora existam instituições privadas nestes setores – por exemplo, no setor de educação –, o objetivo deste capítulo é analisar a participação de empresas do setor produtivo no programa de P&D regulado pela Aneel. Dessa forma, as universidades privadas, por exemplo, fugiriam ao escopo pretendido.

As empresas envolvidas com o programa correspondem, em geral, a fornecedores de equipamentos, desenvolvedores e fornecedores de *softwares* e consultorias. Neste conjunto, foi avaliada a presença de fornecedores de equipamentos elétricos, de materiais elétricos e de equipamentos consumidores de eletricidade – aqui classificadas como “empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica”. Este subgrupo – identificado no quadro 1 a seguir – corresponde às empresas fornecedoras diretas dos agentes ou ligadas a programas de eficiência energética.

#### QUADRO 1

##### Setores CNAE de empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica

Código CNAE	Descrição
27104	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos
27317	Fabricação de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica
27325	Fabricação de material elétrico para instalações em circuito de consumo
27333	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados
27406	Fabricação de lâmpadas e outros equipamentos de iluminação
27511	Fabricação de fogões, refrigeradores e máquinas de lavar e secar para uso doméstico
27597	Fabricação de aparelhos eletrodomésticos não especificados anteriormente
27902	Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente
28232	Fabricação de máquinas e aparelhos de refrigeração e ventilação para uso industrial e comercial
28241	Fabricação de aparelhos e equipamentos de ar-condicionado
42219	Obras para geração e distribuição de energia elétrica e para telecomunicações

Fonte e elaboração dos autores.

7. As empresas públicas representam uma parcela praticamente insignificante do total de empresas analisadas.

8. A existência de empresas privadas na administração pública poderia caracterizar erro de declaração na Rais.

Com relação às instituições – ou instituições de pesquisa científica e tecnológica (ICTs) –, foram consideradas todas as instituições típicas de ensino e pesquisa públicas e privadas, além de órgãos da administração pública, agências de fomento e outras instituições que estariam “hospedando” pesquisadores e intermediando recursos para os projetos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Características dos projetos de P&D

Esta seção apresenta as principais características dos projetos de P&D que fizeram parte do programa entre 2000 e 2009, segundo o porte desses projetos, principais áreas científicas, localização geográfica e outras características relevantes.<sup>9</sup> Na tabela 2 a seguir estão indicadas as principais estatísticas descritivas dos projetos que compõem a base de referência indicada na seção 3.1.

TABELA 2  
Estatísticas descritivas dos projetos que fizeram parte do programa de P&D regulado pela Aneel – 2000-2009

Número de projetos	2.431
<b>Valor total dos projetos (R\$ mil)</b>	<b>1.422.321,31</b>
Valor mínimo (R\$ mil)	12,15
Valor máximo (R\$ mil)	23.296,88
Valor médio (R\$ mil)	585,08
Mediana do valor (R\$ mil)	399,42
Desvio padrão (R\$ mil)	760,91

Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

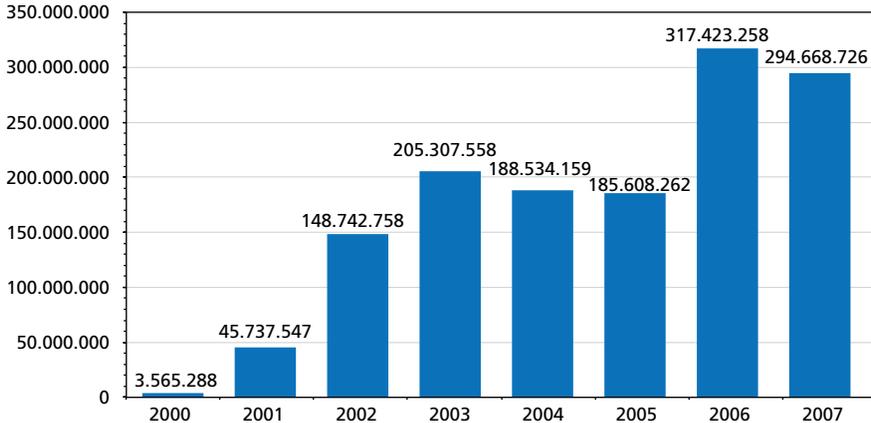
Assim, a base é formada por cerca de 2,4 mil projetos cujo valor total acumulado entre 2000 e 2009 alcançou R\$ 1,42 bilhão. O valor dos projetos exibe grande dispersão, uma vez que o valor máximo foi de R\$ 23 milhões e o mínimo de apenas R\$ 12 mil. Embora a mediana do valor dos projetos tenha sido de cerca de R\$ 400 mil, como resultado da presença de alguns projetos de maior porte – que “puxam” a média para cima –, o valor médio foi de R\$ 585 mil e o desvio padrão de mais de R\$ 760 mil.<sup>10</sup>

9. Há poucos casos em que as datas dos projetos alcançam 2008 e 2009. Como esses projetos haviam sido iniciados até 2007, na prática, a análise enfatiza o período 2000-2007.

10. Para efeito de comparação, os investimentos da Petrobras no período 2007-2009 alcançaram R\$ 4,8 bilhões, dos quais cerca de R\$ 1,2 bilhão foi direcionado a universidades e institutos de pesquisa nacionais, parceiros da Petrobras na construção de infraestrutura experimental, na qualificação de técnicos e pesquisadores e no desenvolvimento de projetos de pesquisa.

O gráfico 2, a seguir, mostra a evolução dos valores totais por ano de início dos projetos.

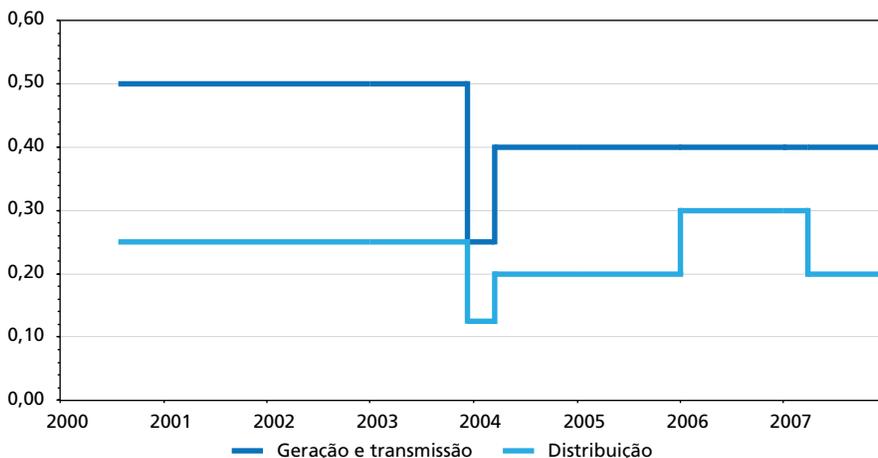
**GRÁFICO 2**  
**Valores totais por ano de início – 2000-2007**  
(Em R\$ correntes)



Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

Conforme se pode observar, os valores totais por ano de início crescem a partir de 2000 e situam-se entre R\$ 150 milhões e R\$ 200 milhões entre 2002 e 2005. A partir daí, entre 2006 e 2007, os valores totais passam a situar-se em torno de R\$ 300 milhões. O incremento observado a partir de 2006 pode estar correlacionado a uma maior necessidade de aplicação compulsória das distribuidoras de energia no programa, que passou de 0,20% para 0,30% de sua receita operacional líquida no período entre 1<sup>a</sup>/ 1/2006 e 28/3/2007 (gráfico 3).

**GRÁFICO 3**  
**Evolução da participação compulsória em P&D**  
 (Em %)



Fonte e elaboração dos autores.

A evolução da quantidade de projetos por ano de início segue uma trajetória similar à dos valores totais, exceto pelo salto mais “gradual” entre 2001 e 2003. Como consequência, valores médios entre 2000 e 2007 se mantiveram razoavelmente estáveis em pouco menos de R\$ 600 mil.

Considerando valores totais anuais da ordem de R\$ 300 milhões, pode-se registrar, para efeito de comparação, que, em 2007, o dispêndio nacional em P&D alcançou R\$ 28,6 bilhões, dos quais R\$ 15,1 bilhões eram públicos e, em particular, R\$ 10,4 bilhões do governo federal. Assim, pode-se verificar que o programa regulado pela Aneel representa cerca de 1% dos gastos nacionais em P&D, cerca de 2% dos gastos públicos no Brasil e alcança 2,8% dos investimentos do governo federal. Este último percentual parece ser o mais adequado para efeito de comparação com os trabalhos mencionados na seção 2 deste artigo, uma vez que os investimentos realizados pelas empresas do setor elétrico no âmbito do programa de P&D regulado pela Aneel, embora contabilizados como privados, podem ser considerados investimentos públicos por estarem, em última análise, embutidos nas tarifas. Nesse caso, considerando 2,8% dos gastos federais, o percentual corresponde a quase o triplo do observado nos Estados Unidos, que correspondem a 1% do orçamento público para P&D de acordo com Dooley (2010).

A tabela 3, a seguir, mostra a distribuição dos projetos segundo o número de participantes e a categoria da entidade participante – agente, empresa ou instituição.

TABELA 3  
**Distribuição dos projetos de P&D segundo o número e o tipo de entidade participante – 2000-2009**

Segundo número de participantes	Número de projetos	Valor total (R\$ mil)	Valor médio (R\$ mil)	Duração média (meses)
Apenas uma instituição participante (o agente)	19	<b>4.709,9</b>	247,9	17,05
Duas ou três entidades (incluindo o agente)	1.926	<b>1.061.158,7</b>	551,0	21,94
Entre três e cinco entidades (incluindo o agente)	353	<b>249.963,8</b>	708,1	22,73
Mais de cinco entidades (incluindo o agente)	133	<b>106.489,2</b>	800,7	22,63
<b>Total</b>	<b>2.431</b>	<b>1.422.321,6</b>	<b>585,1</b>	–
Segundo categoria da entidade participante	Número de projetos	Valor total (R\$ mil)	Valor médio (R\$ mil)	Duração média (meses)
Apenas o agente	26	<b>6.444,2</b>	247,9	19,65
Agente e ICTs	1.781	<b>1.008.664,6</b>	566,3	22,25
Agente e empresas	156	<b>104.795,4</b>	671,8	21,09
Agente + ICTs + empresas	468	<b>302.417,3</b>	646,2	21,71
<b>Total</b>	<b>2.431</b>	<b>1.422.321,6</b>	<b>585,1</b>	–

Fontes: Aneel e Rais.  
 Elaboração dos autores.

Conforme se pode observar, a maior parte dos projetos envolve duas ou três entidades. Com efeito, em geral, os projetos são formados pela própria empresa de geração, transmissão ou distribuição de energia – isto é, pelo *agente* – e por mais uma ou duas entidades. Assim, um total de 1.926 projetos envolveu duas ou três entidades e totalizou a maior parte dos recursos investidos em P&D pelo programa. A maioria dos projetos é realizada pelo agente em parceria com uma instituição de pesquisa (ICT) e sem a participação de empresas. Estes projetos somam pouco mais de R\$ 1,0 bilhão entre os R\$ 1,4 bilhão abarcados pelo programa nos últimos anos. Isto revela a baixa interação destes projetos com outras empresas, sejam fornecedores de equipamentos para o setor elétrico, sejam empresas clientes das concessionárias. Como uma das tendências de inovação no setor elétrico é justamente o aumento da eficiência energética, era de se esperar que empresas fornecedoras de equipamentos participassem de forma mais efetiva do programa de P&D no setor elétrico. Da mesma forma, esperava-se maior participação de empresas que são grandes consumidoras de energia, com o propósito de melhorar a eficiência do consumo. Entretanto, nota-se que apenas pouco mais de 600 projetos tiveram a participação de outras empresas além das concessionárias de energia elétrica. Estes projetos representaram pouco mais de 25% do total de projetos que compõem o programa.

Do ponto de vista da distribuição regional dos recursos do programa, nota-se, na tabela 4, uma clara concentração nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com 24% e 21% dos valores totais dos projetos de P&D. Na tabela 4, as informações

provêm da Rais e referem-se, portanto, às unidades da Federação (UFs) em que estão situados os agentes. A maior participação dos estados da região Sudeste é, até certo ponto, esperada, dada a maior receita operacional das concessionárias de energia nesta região e a presença, no Rio de Janeiro, de centros de pesquisa energética importantes.

TABELA 4  
Distribuição regional dos recursos alocados no programa de P&D regulado pela Aneel – 2000-2009

UF	Número de projetos	Valor total	Participação (%)
São Paulo	439	<b>340.834.373</b>	24,0
Rio de Janeiro	470	<b>299.730.213</b>	21,1
Minas Gerais	215	<b>140.877.977</b>	9,9
Pernambuco	200	<b>113.330.973</b>	8,0
Paraná	118	<b>81.606.869</b>	5,7
Distrito Federal	149	<b>73.063.979</b>	5,1
Rio Grande do Sul	159	<b>66.367.403</b>	4,7
Santa Catarina	179	<b>61.703.694</b>	4,3
Bahia	84	<b>36.996.173</b>	2,6
Outras	418	<b>207.809.986</b>	14,6

Fontes: Aneel e Rais.  
Elaboração dos autores.

Ao se analisar a distribuição dos projetos por modalidade de pesquisa – pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental –, pode-se observar que a grande maioria dos projetos é classificada como *pesquisa aplicada*, que corresponde a 63% dos valores totais e a 66% da quantidade de projetos (tabela 5).

TABELA 5  
Distribuição dos projetos por modalidade de pesquisa – 2000-2009

Modalidade	Valor total (R\$ mil)	Número de projetos	Valor médio (R\$ mil)
Pesquisa básica dirigida	<b>147.635</b>	263	561
Pesquisa aplicada	<b>889.666</b>	1.608	553
Desenvolvimento experimental	<b>385.021</b>	560	688
<b>Total</b>	<b>1.422.322</b>	<b>2.431</b>	<b>585</b>

Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

Os dados indicados na tabela 5 parecem inconsistentes com as tendências de inovação no setor, que sugeririam maior ênfase no desenvolvimento experimental por se tratar de um segmento tecnologicamente maduro. Como esses dados advêm de declarações das empresas, é provável que persista ainda uma incompreensão dos

conceitos pelos coordenadores dos projetos, mesmo em face de sua definição explícita no manual do programa, que segue os padrões do Manual Frascati (OCDE, 2002). Por isso, os resultados dessa classificação devem ser interpretados com cautela.

A hipótese de que a maioria dos projetos deveria enquadrar-se na modalidade *desenvolvimento experimental* é corroborada por uma análise mais detalhada feita em uma amostra de 79 projetos que reflete, a 95% de confiança, a população total.<sup>11</sup> Uma análise preliminar destes projetos revela que muitos deles não são efetivamente de P&D; nesse caso, há projetos de inovação – mas não de P&D tal como definido no Manual Frascati – e projetos que teriam um “viés de gestão”, mas não seriam projetos de inovação tal como definida no Manual de Oslo (OCDE, 2005). A amostra de 79 projetos aqui obtida pode ser usada em trabalhos futuros para uma análise detalhada dos projetos.

A análise da distribuição do total de projetos por tema (tabela 6) revela que, em cada um deles, a participação em valor ou em número de projetos é similar, daí resultando que há um valor médio por modalidade razoavelmente constante. Novamente, esta é uma variável declarada pelo próprio agente responsável pelo projeto.

TABELA 6  
Distribuição dos projetos por tema de pesquisa – 2000-2009

Tema	Valor total (R\$ milhões)	%	Número de projetos	%	Valor médio (R\$ mil)	Duração média (meses)
Desenvolvimento de tecnologia para combate a fraude e furto de energia elétrica	<b>3,2</b>	0,2	4	0,2	810	23,5
Distribuição de energia elétrica	<b>207,0</b>	14,6	368	15,1	562	21,4
Eficiência energética	<b>67,8</b>	4,8	127	5,2	534	21,9
Fonte renovável ou alternativa	<b>72,9</b>	5,1	106	4,4	688	21,0
Geração de energia elétrica	<b>107,8</b>	7,6	168	6,9	642	22,3
Medição	<b>52,0</b>	3,7	113	4,6	460	20,1
Meio ambiente	<b>164,2</b>	11,5	234	9,6	702	26,1
Pesquisa estratégica	<b>361,1</b>	25,4	618	25,4	584	22,2
Qualidade e confiabilidade	<b>76,1</b>	5,4	131	5,4	581	22,1
Supervisão, controle e proteção de sistemas elétricos	<b>182,8</b>	12,9	351	14,4	521	21,2
Transmissão de dados por redes elétricas	<b>14,6</b>	1,0	22	0,9	663	18,2
Transmissão de energia elétrica	<b>112,8</b>	7,9	189	7,8	597	21,3
<b>Total</b>	<b>1.422,3</b>	<b>100,0</b>	<b>2.431</b>	<b>100,0</b>	–	–

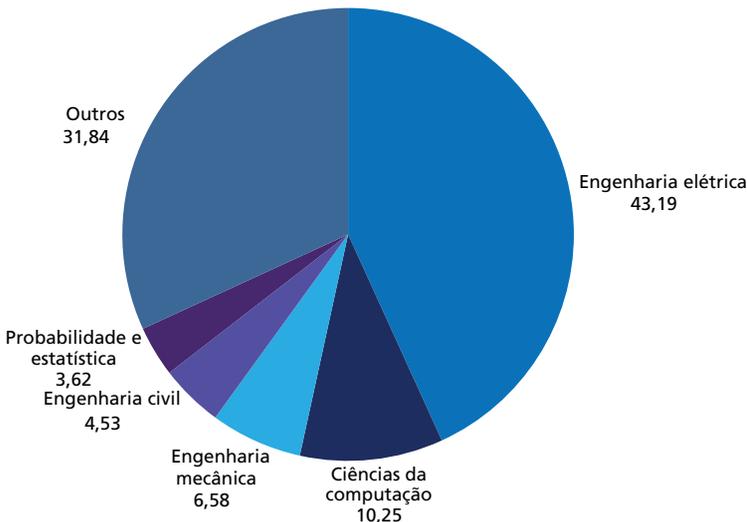
Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

11. Essa amostra foi obtida em dois estágios: *i*) utilização do ano de início como estrato da amostra (nove estratos entre 2000 e 2009); e *ii*) utilização do número de pesquisadores envolvidos (“tamanho do projeto”) como estrato; assim, projetos com maior quantidade de pesquisadores envolvidos possuem maior probabilidade de seleção, sendo selecionados também projetos menores com menor probabilidade. Os procedimentos detalhados de amostragem estão indicados no anexo 2 deste livro e a amostra de 79 projetos forma o anexo 3.

Pode-se observar que o tema pesquisa estratégica representa a maior parte da base, correspondendo a 25% do valor ou da quantidade de projetos. O tema pesquisa estratégica, porém, pode ser considerado excessivamente vago e não revela o tema, de fato, da pesquisa uma vez que se pode argumentar que toda pesquisa, em princípio, deve alinhar-se com as diretrizes estratégicas da empresa. Em seguida, os temas mais frequentes são distribuição de energia elétrica (15%), supervisão, controle e proteção de sistemas elétricos (13% e 14% em valor e quantidade de projetos) e meio ambiente (12% e 10%, respectivamente). A tabela 6 revela ainda que cerca de um terço dos temas – pesquisa estratégica, distribuição de energia elétrica e supervisão, controle e proteção de sistemas elétricos e meio ambiente – concentram quase dois terços dos recursos, ao passo que temas, como transmissão, geração, qualidade e confiabilidade, fontes renováveis ou alternativas e eficiência energética detêm uma representatividade menor.

Uma análise similar, dessa vez sobre as áreas de conhecimento dos projetos de acordo com a classificação CNPq, revela que a grande maioria enquadra-se nas grandes áreas de engenharias e ciências exatas e da terra – que envolvem, por exemplo, Ciência da Computação –, conforme mostrado no gráfico 4 a seguir.

**GRÁFICO 4**  
**Distribuição da quantidade de projetos por áreas de conhecimento (classificação CNPq) – 2000-2009**  
 (Em %)



Fonte: Aneel.

Elaboração dos autores.

Obs.: Os dados referem-se à quantidade de projetos; como um mesmo projeto pode estar associado a mais de uma área, a quantidade total não é 2.431, mas 6.187.

Obviamente, nas áreas do conhecimento, destacam-se a Engenharia Elétrica (mais de 40%) e Ciência da Computação. Convém observar que, nesta análise, pode haver dupla contagem porque um mesmo projeto pode estar ligado a mais de uma área de conhecimento.

Por fim, uma análise dos dez maiores projetos em valor revela que há maior participação de instituições nos projetos que envolvem mais recursos. Este fato pode ser creditado à provável maior complexidade destes projetos. Ainda assim, neste conjunto, um deles é formado somente por uma instituição e outros dois projetos não envolvem nenhuma.

## 4.2 Características dos agentes, empresas e instituições participantes do programa<sup>12</sup>

### 4.2.1 Características dos agentes envolvidos no programa

Ao longo do período 2000-2007, o programa de P&D regulado pela Aneel envolveu um total de 180 agentes. Este número corresponde a praticamente todos aqueles que deveriam participar compulsoriamente do programa durante o período de análise. O cruzamento destas informações com as bases de dados disponíveis no Ipea revela que informações sobre 170 agentes (94%) estão disponíveis na Rais, conforme indicado na tabela 7.

TABELA 7

**Distribuição setorial, pessoal ocupado total e pessoal ocupado médio dos agentes que participaram do programa – 2000-2009**

Setor (código CNAE)	Número de agentes	PO total	PO médio
Geração de energia elétrica (351.1-5)	68	<b>25.189</b>	370
Transmissão de energia elétrica (351.2-3)	30	<b>7.408</b>	247
Distribuição de energia elétrica (351.4-0)	57	<b>69.737</b>	1.223
Outros	15	<b>96.870</b>	6.458
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>199.205</b>	<b>1.172</b>

Fontes: Aneel e Rais.  
Elaboração dos autores.

Assim, a tabela 7 indica, para os 170 agentes cujos dados estão disponíveis na Rais, a quantidade total, o pessoal ocupado total e o pessoal ocupado médio de acordo com seus setores de atuação. Pode-se verificar que, do total de 170 agentes, 155 pertencem ao setor elétrico. Apesar de, em sua maioria, tratar-se de empresas médias e grandes, nota-se que as empresas de geração e transmissão

12. Diversas conclusões apresentadas nesta seção convergem com as percepções obtidas em seções técnicas e em *stands* de empresas presentes no VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (Citinel).

são menos intensivas em mão de obra do que as de distribuição. Isto é natural, dadas as características de operação de cada grupo. No segmento de distribuição, é necessário um contingente de empregados maior para manutenção das linhas e equipamentos do que na geração e transmissão de energia elétrica. Observa-se, ainda, que existem grandes empresas no programa não pertencentes ao setor elétrico. Os principais exemplos são a Petrobras e a Vale, que atuam como geradoras de energia elétrica como uma atividade acessória.

A identificação dos agentes que pertencem ao setor elétrico é útil para que se disponha de um parâmetro de comparação que permite avaliar a abrangência do programa. Para isso, verificaram-se, para cada ano entre 2002 e 2007, quantas empresas haviam participado do programa (tabela 8)<sup>13</sup> e compararam-se os dados relativos às empresas participantes com os dados das empresas do setor (tabela 9).

TABELA 8

**Abrangência do programa de P&D da Aneel no setor elétrico – 2002-2007**

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Agentes – programa Aneel	111	126	129	149	157	155
Empresas dos setores de geração, transmissão e distribuição de energia	322	391	383	423	495	552
Participação (%)	34,5	32,2	33,7	35,2	31,7	28,1

Fontes: Aneel e Rais.  
Elaboração dos autores.

Pode-se verificar, assim, uma ascensão no número de empresas do setor elétrico envolvidas com o programa, que passa de 111, em 2002, para 155, em 2007. Ao longo do período, verifica-se que o programa alcançou cerca de um terço das empresas do setor. A redução da participação percentual ao longo do tempo, dessa forma, decorre do aumento do número total de empresas dos setores de geração, transmissão e distribuição de energia – que passou de 322 para 552 ao longo do período. Este crescimento está, possivelmente, associado à implantação de empresas de menor porte como as pequenas centrais hidrelétricas, por exemplo.

13. A opção pelo início da análise em 2002 decorreu da necessidade de preservar a consistência da CNAE, que foi alterada a partir daquele ano.

**TABELA 9**  
**Características dos agentes que participaram do programa entre 2000 e 2009 e demais empresas do setor, dados de 2006-2007**

Variável	Agentes que participaram do programa Aneel	Demais empresas do setor (geração, transmissão e distribuição)
Tamanho médio (PO médio)	639	178
Pessoal técnico-científico (PoTec) empregado em relação ao total (%)	8,4	8,6
Funcionários com curso superior (%)	37,4	36,2
Escolaridade média	11,96	10,80
Idade média da empresa	39,02	37,38
Número de empresas com patentes	13 (8%)	13 (2%)
Número de empresas exportadoras	22	33
Valor médio das exportações (US\$ mil)	5.721	4.478
Número de empresas importadoras	65	111
Valor médio das importações (US\$ mil)	29.311	28.447
Número médio de projetos de P&D na Aneel por empresa	15	–

Fontes: Aneel, Rais, Secex/MDIC e INPI.  
 Elaboração dos autores.

A tabela 9 confirma o maior porte das empresas que acessaram o programa em relação ao conjunto do setor elétrico. As empresas concessionárias e permissionárias que participaram do programa possuem, em média, 639 funcionários ante 178 das demais empresas do setor elétrico. Houve, ao longo do período, uma queda do pessoal ocupado total dos agentes que acessaram o programa, o que sugere que isto começou envolvendo as empresas maiores e alcançou, com o tempo, as empresas menores. Do ponto de vista de inserção externa, as empresas do setor transacionam pouco e são deficitárias, de modo geral. As que participam do programa possuem volume de comércio um pouco superior às demais. Apesar do significativo diferencial de tamanho entre as participantes do programa e as demais empresas do setor, alguns dos indicadores tecnológicos dos participantes são apenas marginalmente superiores aos das demais empresas do setor. Os trabalhadores com curso superior chegam a 37,4% nas empresas participantes do programa ante 36,2% nas empresas de energia não participantes do programa. Correlacionado com isso, a escolaridade média dos trabalhadores nas empresas participantes do programa é um ano superior à escolaridade média nas demais empresas do setor. O percentual de pesquisadores empregados nas empresas, por outro lado, é ligeiramente maior entre as não participantes do programa. Uma exceção à similaridade observada nos indicadores tecnológicos diz respeito ao número de empresas com patentes registradas no INPI. Entre as participantes do programa, cerca de 8% possuem patentes registradas no Brasil,

enquanto apenas 2% das demais empresas registraram patentes. Nenhuma das diferenças relatadas pode, a princípio, ser atribuída à participação no programa de P&D. Para avaliar, efetivamente, os resultados do programa sobre o desempenho destas empresas é preciso uma análise mais pormenorizada. De qualquer forma, os únicos indicadores que parecem ser significativamente diferentes entre as empresas que participam do programa e as demais empresas do setor são o porte – parcialmente explicado pela participação compulsória no programa – e o número de patentes depositadas.

Outra forma de analisar a abrangência do programa consiste em verificar o acesso dos 180 agentes que participaram dele a outros instrumentos de políticas públicas de inovação existentes no país. Os resultados desta análise estão em destaque na tabela 10 a seguir, em cuja primeira diagonal registra-se o total de empresas que acessaram cada um dos instrumentos entre 2000 e 2008. As demais células da tabela indicam o número de empresas que acessaram, no mesmo período, os dois instrumentos indicados na linha e na coluna respectivas. Os instrumentos considerados na análise foram: *i*) os fundos setoriais – subvenção econômica e os chamados projetos cooperativos –, com acesso entre 2000 e 2008; *ii*) a chamada Lei do Bem, que prevê incentivos fiscais para as atividades de P&D, nesse caso, considerou-se o acesso entre 2006 e 2007; e *iii*) os projetos reembolsáveis que envolvem créditos concedidos pela FINEP para atividades de P&D. Além disso, foram identificadas as empresas que possuem parcerias com grupos de pesquisa cadastrados no CNPq.

TABELA 10

**Acesso dos agentes a outros instrumentos de políticas públicas de inovação – 2000-2008**

Descrição	Fundos setoriais 2000-2008	Lei do Bem 2006-2007	Projetos reembolsáveis	Grupos de pesquisa cadastrados no CNPq
Fundos setoriais 2000-2008	<b>21</b>	5	3	19
Lei do Bem 2006-2007	5	<b>18</b>	6	18
Projetos reembolsáveis	3	6	<b>9</b>	9
Grupos de pesquisa cadastrados no CNPq	19	18	9	<b>87</b>

Fontes: Aneel, FINEP, MCT e CNPq.

Elaboração dos autores.

Obs.: Os dados em negrito, na diagonal, registram o total de empresas que acessaram cada um dos instrumentos entre 2000 e 2008.

A tabela 10 permite que se examine até que ponto os agentes que participam do programa estão inseridos no sistema nacional de inovação e em seus instrumentos de apoio. Verifica-se, assim, que, dos 180 agentes, cerca de metade (87) possui parceria com grupos de pesquisa cadastrados no CNPq. Isto sugere um ativismo tecnológico relativamente grande 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. Além disso, 21 agentes (12%) tiveram apoio dos fundos setoriais, 18 (10%) da Lei do Bem e 9 (5%) de projetos reembolsáveis da FINEP. Em todos estes casos, a grande maioria é de empresas que participam de grupos de pesquisa cadastrados no CNPq (19, 18 e 9, respectivamente). Deve-se mencionar ainda que o acesso aos fundos setoriais se deu sempre em projetos cooperativos – que tendem a mobilizar menos recursos das empresas – por serem realizados pelas ICTs em parceria com as empresas.<sup>14</sup> Este fato, aliado com o elevado número de empresas que possuem parcerias com grupos de pesquisa, reforça a percepção de que os ICTs são os principais parceiros das empresas do setor de energia elétrica em suas atividades de P&D.

Essa análise levanta um ponto importante acerca da eficácia do programa e de seu caráter complementar em relação a outros instrumentos e políticas de apoio à P&D no Brasil. É importante garantir que os investimentos compulsórios em P&D realizados no âmbito do programa sejam fiscalizados de forma a evitar que este mesmo recurso também se beneficie dos incentivos fiscais da Lei do Bem ou que seja utilizado como contrapartida financeira nos projetos reembolsáveis da FINEP, o que poderia reduzir o impacto destas políticas sobre o esforço tecnológico do setor.<sup>15</sup> Por outro lado, se o acesso aos demais incentivos à P&D estiver alavancando o montante que já precisa ser investido em P&D pela regulamentação da Aneel, poderia se criar um círculo virtuoso do ponto de vista do estímulo à inovação no setor.

Um dos objetivos do programa de P&D regulado pela Aneel é criar uma cultura de inovação e de investimentos em P&D no setor de energia elétrica. Deve-se lembrar, entretanto, que este é um setor maduro tecnologicamente. Conforme indicado na seção 2, as principais fronteiras tecnológicas no setor estão relacionadas principalmente à sustentabilidade – aumento da eficiência energética, especialmente no consumo, busca por fontes alternativas de energia e armazenamento. Talvez estes temas não estejam no horizonte de preocupações da maior parte das empresas concessionárias de energia, mais preocupadas com temas relativos à distribuição e à supervisão, ao controle e à proteção dos seus sistemas elétricos. Estes dois temas, a propósito, são os que, excetuando o tema pesquisa estratégica, concentram a maior parte dos projetos de P&D no âmbito do programa (seção 4). Nesse sentido, a busca, pelas empresas do setor, por parcerias junto às universidades e aos centros de pesquisa pode, eventualmente, indicar a emergência de uma cultura de inovação nas concessionárias de energia. Por outro

---

14. Os projetos reembolsáveis são financiados pelos fundos setoriais, por meio da FINEP, e constituem projetos realizados pelas instituições de pesquisa em parceria com as empresas. A empresa fornece uma contrapartida financeira à instituição de pesquisa, que fica em torno de 50% do valor aportado pela FINEP. O receptor do recurso é, neste caso, a instituição de pesquisa.

15. Conforme informações da Aneel, já há fiscalização conjunta à Receita Federal com relação ao uso dos incentivos da Lei do Bem por empresas reguladas.

lado, também pode sinalizar tão somente o fato que as empresas do setor não possuem uma estratégia definida de investimentos em P&D e, por conseguinte, procuraram as ICTs para transferir a incumbência da realização da P&D. A pequena participação de outras empresas no programa de P&D – como se verá na subseção 4.2.2 – é mais um indício desta pouca articulação da P&D com uma estratégia global de P&D das concessionárias. Outro fator sugestivo de que esta interação com grupos de pesquisa pode ser muito tênue é que, entre os 87 agentes que têm algum envolvimento com grupos de pesquisa cadastrados no CNPq, menos de 40 têm acesso aos instrumentos mais robustos de apoio à inovação, como os fundos setoriais, a Lei do Bem ou o crédito da FINEP.

#### 4.2.2 Características das empresas envolvidas no programa

Excetuando-se os agentes, 623 entidades envolveram-se nos projetos. Neste conjunto, conforme indicado na tabela 11, um total de 288 são empresas e 335 são instituições (ICTs).<sup>16</sup>

**TABELA 11**  
**Empresas e instituições de pesquisa envolvidas no programa de P&D regulado pela Aneel – 2000-2009**

	Instituições (ICTs)	Empresas
Número	335	288
Número de projetos em que se envolveram <sup>1</sup>	2.249	624
<b>Total de projetos (%)</b>	<b>92,5</b>	<b>25,7</b>
<b>Valor total dos projetos em que se envolveram (R\$ bilhões)<sup>2</sup></b>	<b>1,31</b>	<b>0,41</b>
<b>Total de projetos (%)</b>	<b>92,2</b>	<b>28,6</b>

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Notas: <sup>1</sup> Quantidade de projetos em que instituições e/ou empresas estão envolvidas.

<sup>2</sup> Soma do valor total dos projetos em que instituições e/ou empresas estão envolvidas. Em vários projetos, há instituições e empresas envolvidas, resultando em dupla contagem desses projetos.

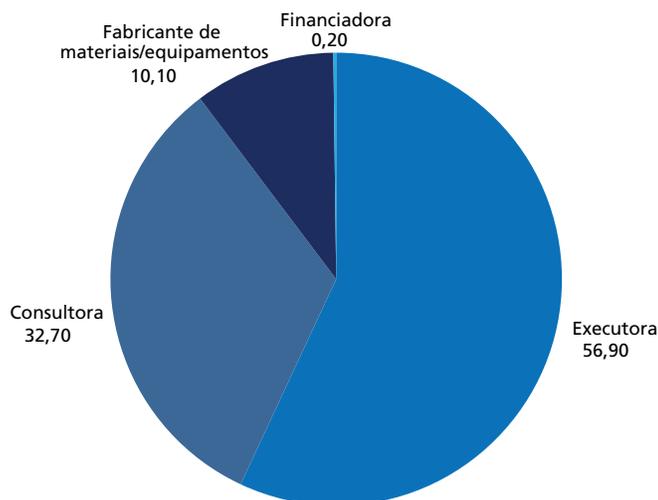
Verifica-se, assim, que as empresas estiveram presentes apenas em 624 projetos cujo valor total alcançou R\$ 407 milhões; já as instituições de pesquisa participaram de 2.249 projetos cujo valor total alcançou R\$ 1,31 bilhão. Estes dados revelam uma participação mais ativa das instituições de pesquisa no programa, visto que a quantidade de ICTs e empresas é semelhante, mas as primeiras participam de 92,5% dos projetos, contra apenas 25,7% com participação de empresas. Os dados permitem concluir ainda que cada instituição participa, em média, de 6,7 projetos, ao passo que cada empresa participa, em média, de pouco mais de dois projetos – 2,2 projetos por empresa.

16. Ver seção 3 sobre o critério de caracterização de empresas e instituições.

Na maior parte dos 624 projetos de que participaram, as empresas atuaram como “executoras”, e, em seguida, como “consultoras” (gráfico 5).

GRÁFICO 5

**Formas de atuação das empresas envolvidas no programa de P&D regulado pela Aneel – 2000-2009**  
(Em %)



Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

A tabela 12 mostra algumas características dessas empresas relativas a 2007.

TABELA 12

**Empresas envolvidas no programa de P&D regulado pela Aneel – 2007**

Variável	Empresas participantes do programa da Aneel
Tamanho médio (PO médio)	304,89
PoTec/PO (%)	11
Funcionários com curso superior (%)	34
Escolaridade média	11,59
Idade média da empresa	33,33
Empresas com patentes (%)	14
Empresas exportadoras (%)	29
Valor médio das exportações (US\$)	84.752.922
Empresas importadoras (%)	39
Valor médio das importações (US\$)	46.529.751

Fontes: Aneel, Rais, Secex/MDIC e INPI.  
Elaboração dos autores.

Conforme se pode observar na tabela, as empresas são relativamente grandes, comparativamente à média da indústria brasileira, com mais de 300 funcionários, em média. Seus indicadores tecnológicos também sugerem que elas se diferenciam do conjunto das empresas brasileiras: cerca de 11% dos seus funcionários são pesquisadores ou pessoas ligadas às atividades de pesquisa da empresa. Mais de 30% dos funcionários destas empresas têm curso superior, o que eleva a escolaridade média destas firmas para mais de 11 anos de estudo, enquanto a média da indústria brasileira é de pouco mais de oito anos de estudo (DE NEGRI *et al.*, 2009). No que diz respeito aos resultados dos seus esforços tecnológicos, cerca de 14% destas empresas possuem registro de patentes no INPI, percentual pouco superior à média da indústria, que é de 10% (*op. cit.*). As empresas participantes do programa de P&D da Aneel também são mais inseridas no mercado externo do que a média da indústria brasileira, embora muitas delas pertençam ao setor de serviços. Cerca de 29% das empresas participantes do programa são exportadoras e 39% são importadoras. Do ponto de vista regional, a maior parte das empresas está localizada, assim como os projetos, em São Paulo e no Rio de Janeiro. Entretanto, a concentração é ainda maior no caso das empresas: 43% estão no estado de São Paulo enquanto 14% ficam no do Rio de Janeiro. O restante das empresas está distribuído nos demais estados da Federação.

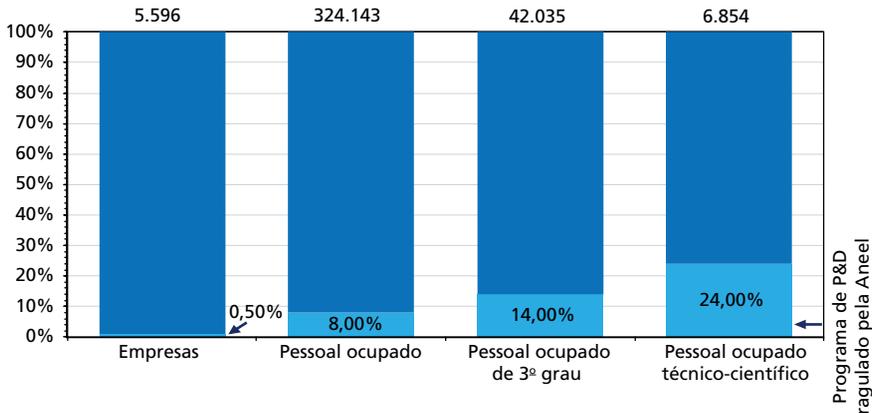
Um fator de extrema relevância é que, no conjunto das 288 empresas que se envolveram com o programa, apenas 27 são classificadas como tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica (quadro 1 na subseção 3.2); 178 pertencem a outras CNAEs e 83 não tiveram sua CNAE identificada por não estarem presentes na Rais. Mais uma vez isso reforça a percepção de que é muito baixa a participação, no programa, de outras empresas que não os agentes, o que sugere que o programa falha em estimular a interação entre empresas concessionárias e seus fornecedores ou outras empresas consumidoras.

Alguns fatores sugerem a presença, nesse conjunto, de empresas *ad hoc* – isto é, empresas sem tradição de atuação no setor e eventualmente criadas pelos próprios agentes apenas para operacionalizar os projetos: *i*) o reduzido número de empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica; *ii*) o elevado número de empresas atuando como “consultoras” ao lado do reduzido número de empresas “financiadoras” (apenas duas); e *iii*) o grande número de empresas não localizadas na Rais – o que pode indicar a ausência de pessoal ocupado com carteira assinada configurando firmas de intermediação de atividades de consultoria, por exemplo. Esta proposição pode ser verificada em etapas subsequentes destes projetos de pesquisa por meio de entrevistas junto aos agentes.

Especificamente no que diz respeito às empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica, foi possível confrontar as 27 empresas identificadas com as 5.596 empresas classificadas neste grupo na Rais 2007 (gráfico 6).

GRÁFICO 6

Características das empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica dentro e fora do programa



Fontes: Aneel e Rais 2007.  
Elaboração dos autores.

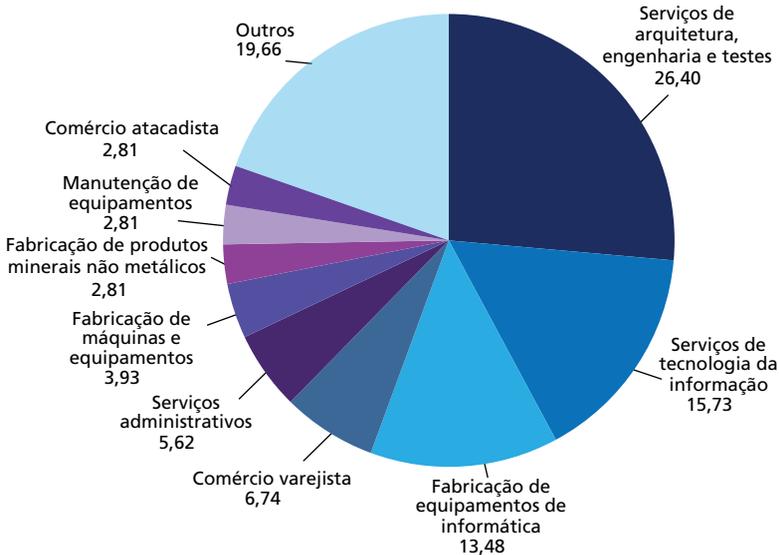
Apesar do pequeno número de empresas desse grupo no programa (0,5%), trata-se de empresas de maior porte e que empregam mais mão de obra especializada. Além disso, a renda média nas empresas que participam do programa é mais do que o dobro da média total.

As 27 empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica se envolveram em 46 projetos cujo valor total alcançou R\$ 34,4 milhões. Na maior parte dos projetos (63%), estas empresas atuaram como *fabricantes de materiais e equipamentos*, seguidas de: *executoras* (27%) e *consultoras* (10%).

Em relação as 178 empresas não tipicamente relacionadas ao setor elétrico para as quais foi possível identificar o código CNAE, verificou-se a predominância dos setores serviços de arquitetura, engenharia e análises técnicas; serviços de tecnologia da informação; e fabricação de equipamentos de informática (gráfico 7).

GRÁFICO 7

**Principais atividades das empresas “não típicas” no programa**  
(Em %)



Fontes: Aneel e Rais 2007.  
Elaboração dos autores.

Essas 178 empresas envolveram-se em 449 projetos, cujo valor total alcançou R\$ 304 milhões. Na maior parte dos projetos, elas atuaram como executoras (63%) e, em seguida, como consultoras (28%). Apenas em 9% dos projetos essas empresas atuaram como fabricantes de materiais e equipamentos. Cerca de 70% delas é de pequeno porte (pessoal ocupado total inferior a 50).

As 83 empresas sem classificação CNAE envolveram-se em 216 projetos, cujo valor total foi de R\$ 136 milhões. Na maior parte dos projetos, elas atuaram como consultoras e executoras (49% em cada função). Com base no nome destas empresas, pôde-se verificar que elas são, em sua maioria, empresas de engenharia e/ou consultoria e desenvolvedoras ou fornecedoras de serviços de tecnologia de informação e comunicação (TIC).

Ao se avaliar o conjunto das empresas que participaram do programa, algumas delas se destacam. A tabela 13 apresenta as dez empresas que mais se envolveram em projetos do programa com base em seus valores totais.

TABELA 13  
**Dez empresas que mais se envolveram no programa**

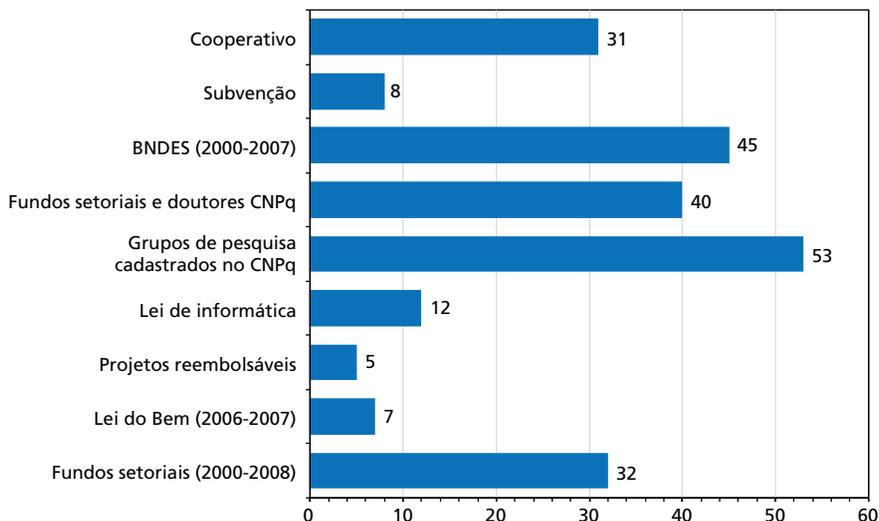
Razão social/organização	Número de projetos	Valor (R\$ mil)	Setor (CNAE)
Matrix Engenharia em Energia Ltda.	19	19.326	Serviços de engenharia
Daimon Engenharia e Sistemas S/C Ltda.	33	18.211	Serviços de engenharia
Expertise Engenharia	18	15.822	Serviços de engenharia
A. Rigueira Consultoria Ltda.	17	15.388	Não disponível
TecbioTecnologias Bioenergéticas Ltda.	4	13.742	Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia
Jordão Consultoria e Projetos Ltda.	24	13.190	Serviços de engenharia
B&M Pesquisa e Desenvolvimento	10	10.664	Comércio varejista de outros produtos novos não especificados anteriormente
RSC Tecnologia e Serviços em Energia Ltda.	22	10.020	Não disponível
Brasil Biodiesel Comércio e Indústria de Óleo	1	9.896	Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho
Elucid Solutions S/A	17	9.869	Desenvolvimento de programas de computador sob encomenda

Fonte: Aneel.  
 Elaboração dos autores.

Das 288 empresas participantes do programa, poucas acessaram outros instrumentos de política industrial e apoio à inovação. Chama atenção o reduzido acesso dessas empresas ao BNDES. Isso converge com a percepção de que muitas empresas são de pequeno porte ou *ad hoc*. O gráfico 8 indica quantas dessas 288 empresas acessaram outros instrumentos de política industrial e apoio à inovação.

GRÁFICO 8

Acesso a outros instrumentos de política industrial e apoio à inovação



Fontes: Aneel, FINEP, MCT e CNPq.  
Elaboração dos autores.

Especificamente para as empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica, é possível comparar o acesso das empresas presentes no programa com o universo de 5.596 empresas que pertencem aos códigos CNAE selecionados. A tabela 14 apresenta um sumário do acesso aos diferentes instrumentos inclusive ao programa de P&D regulado pela Aneel.

TABELA 14

Acesso das "empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica" aos diferentes instrumentos de política industrial e apoio à inovação

Descrição	Programa Aneel	Fundos setoriais (2000-2008)	Lei do Bem (2006-2007)	Lei de Informática	Grupos de pesquisa do CNPq	Fundos setoriais e doutores CNPq	BNDES (2000-2007)	Cooperativo
Programa Aneel	<b>27</b>	7	3	4	9	9	15	7
Fundos setoriais (2000-2008)	7	<b>25</b>	4	5	12	12	14	25
Lei do Bem (2006-2007)	3	4	<b>19</b>	0	9	6	16	4
Lei de informática	4	5	0	<b>56</b>	8	9	25	5
Grupos de pesquisa do CNPq	9	12	9	8	<b>65</b>	38	31	12
Fundos setoriais e doutores CNPq	9	12	6	9	38	<b>43</b>	23	12
BNDES (2000-2007)	15	14	16	25	31	23	<b>759</b>	14
Cooperativo	7	25	4	5	12	12	14	<b>25</b>

Fontes: Aneel, FINEP, MCT e CNPq.  
Elaboração dos autores.

Conforme se pode observar, em geral, o acesso a outros instrumentos de política industrial e apoio à inovação é baixo, apesar do acesso ao BNDES ter alguma expressão.

#### 4.2.3 Características das instituições de pesquisa envolvidas no programa

Conforme indicado no início da subseção 4.3, as instituições participam da maior parte dos projetos (93,5%). Além disso, vários projetos possuem mais de uma instituição envolvida. Dadas as classificações das entidades nos projetos, é predominante a participação das instituições como executoras e consultoras, conforme indicado na tabela 15.

**TABELA 15**  
**Classificação das instituições nos projetos de que participam**

Classificação <sup>1</sup>	Número de projetos
Executora	2.795
Consultora	450
Financiadora	14
Cooperada	5
Fabricante de material/equipamento elétrico	2

Fonte: Aneel.

Nota: <sup>1</sup> Existe dupla contagem nessa classificação, visto que uma mesma instituição pode participar de mais de um projeto.

Uma vez que há uma quantidade maior de instituições executoras (2.795) do que projetos que envolvem instituições (2.249) depreende-se que, em determinados casos, há mais de uma instituição participando como executora. Cerca de um terço das instituições participam de apenas um projeto, ao passo que uma delas chega a participar de 230 projetos conforme indicado na tabela 16.

**TABELA 16**  
**Ranking das dez principais instituições considerando o total de projetos envolvidos**

Nome	Consultora	Executora	Financiadora	Total de projetos	Valor total dos projetos
Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento	6	224		230	160.027.674
Universidade Federal de Minas Gerais	19	95		114	85.101.951
Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	3	112	1	116	73.163.645
Universidade de São Paulo	21	74		95	66.810.757
Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações	5	64		69	57.444.058
Fundação COPPETEC	5	62		67	55.876.646
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica	4	51		55	53.430.024
Universidade Estadual de Campinas	11	53		64	46.916.366
Universidade Federal de Santa Catarina	19	71		90	40.684.551
Universidade Federal de Pernambuco	9	65		74	40.251.047

Fonte: Aneel.

Elaboração dos autores.

Por fim, é oportuno observar que, embora a Lei nº 9.991/2000 estabeleça que um percentual mínimo dos recursos seja direcionado para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, os dados indicam que apenas 21,7% dos valores totais foram destinados aos projetos que envolvem pelo menos uma instituição destas regiões. Trata-se, além disso, de uma estimativa conservadora porque credita às regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste o total dos recursos dos projetos em que há pelo menos uma instituição local envolvida sem rateá-los com instituições das demais regiões que eventualmente participam dos projetos.

### 4.3 Características dos recursos humanos envolvidos no programa

O total de postos de trabalho associados ao programa – inclusive pessoal de apoio – alcançou 23.418 – com eventuais repetições, uma vez que uma mesma pessoa pode participar de mais de um projeto. Ao se considerar apenas a quantidade de pessoas identificadas – isto é, com Cadastro de Pessoa Física (CPF) e que corresponde, na prática, ao conjunto de coordenadores, gerentes e pesquisadores e excluindo repetições – este valor alcança 8.724. Ao se excluírem os recursos humanos ligados aos agentes – isto é, aqueles que compulsoriamente se envolvem com o programa –, o total alcança 6.164.

As tabelas 17 e 18 ilustram e segmentam, respectivamente, por nível de formação, as funções exercidas nos projetos considerando a rede de pesquisa completa (agentes e instituições) e apenas a rede de pesquisa externa (instituições).

TABELA 17

**Funções exercidas por nível de formação (rede de pesquisa completa)**  
(Em %)

Nível de formação	Coordenador	Gerente	Pesquisador	Total
Doutorado	11,2	1,3	30,9	<b>43,4</b>
Mestrado	1,9	3,2	21,0	<b>26,1</b>
Especialização	0,6	3,4	6,3	<b>10,3</b>
Graduação	0,5	4,0	13,8	<b>18,2</b>
Outros	0,0	0,2	1,8	<b>2,0</b>
<b>Total</b>	<b>14,3</b>	<b>12,0</b>	<b>73,8</b>	<b>100,0</b>

Fontes: Dados da plataforma *Lattes/CNPq* e Aneel.  
Elaboração dos autores.

TABELA 18  
**Funções exercidas por nível de formação (rede de pesquisa externa)**  
 (Em %)

Nível de formação	Coordenador	Gerente	Pesquisador	Total
Doutorado	14,8	0,5	39,5	<b>54,8</b>
Mestrado	2,3	0,4	24,0	<b>26,8</b>
Especialização	0,7	0,1	4,3	<b>5,2</b>
Graduação	0,4	0,1	10,9	<b>11,5</b>
Outros	0,0	0,0	1,7	<b>1,8</b>
<b>Total</b>	<b>18,3</b>	<b>1,2</b>	<b>80,5</b>	<b>100,0</b>

Fontes: Dados da plataforma *Lattes/CNPq* e *Aneel*.  
 Elaboração dos autores.

Em ambos os casos, a distribuição é similar, predominando os níveis de formação de doutores, mestres e graduados nos projetos. Ao se analisarem as quantidades de doutores e mestres, observa-se que na rede de pesquisa completa, este grupo representa 69,5% (43,4% + 26,1%), ao passo que na rede de pesquisa externa esse percentual alcança 81,6% (54,8% + 26,8%). Uma vez que a rede interna de pesquisa (agentes) possui uma concentração dos recursos humanos nos níveis de formação em mestrado, especialização e graduação depreende-se que a rede externa de pesquisa está mais capacitada, demonstrando, em tese, que as parcerias firmadas buscam trazer para os projetos uma maior especialização das atividades (tabela 19).

TABELA 19  
**Comparação das redes de pesquisa externa e interna**  
 (Em %)

Nível de formação	Rede interna (agentes)	Rede externa (instituições)	Rede de pesquisa completa
Doutorado	8,5	54,8	43,4
Mestrado	23,9	26,8	26,1
Especialização	26,1	5,2	10,3
Graduação	38,5	11,5	18,2
Outros	2,8	1,8	2,0

Fontes: Dados da plataforma *Lattes/CNPq* e *Aneel*.  
 Elaboração dos autores.

Como referência, a unidade da Petrobras responsável por suas atividades de P&D, o Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), possui cerca de quatro mil projetos de pesquisa em andamento e conta com cerca de 1,6 mil empregados próprios com dedicação exclusiva. Destes, 81,3% estão voltados para atividades de P&D, sendo, do total, 50% pesquisadores de nível

superior e 31,2% técnicos de laboratório, de nível médio. Além disso, 18,8% são engenheiros que se dedicam às atividades de engenharia básica, responsáveis pelos primeiros estágios de projetos de grandes empreendimentos. Quase metade dos pesquisadores tem mestrado e cerca de um quarto é formado por doutores (tabela 20).

TABELA 20  
Nível de formação dos 1,6 mil funcionários do CENPES

Nível de formação	%
Graduação para pesquisa	50,0
Técnicos	31,2
Graduação – engenheiros	18,8

Fonte: Medeiros (2010).

Ao se agruparem os projetos da Aneel pela faixa de valor, verifica-se que 96,6% destes se situam entre R\$ 100 mil R\$ 5 milhões. Entretanto, os maiores requisitos de doutores e mestres por projeto estão, predominantemente, nos projetos de maior valor (mais de R\$ 5 milhões).

TABELA 21  
Distribuição do nível de formação conforme faixas de valores de projetos

	Faixas de valor de projeto (R\$ mil)					
	< 100	100-500	500-1.000	1.000-5.000	5.000-10.000	> 10.000
Projetos (%)	3,0	59,3	26,1	11,2	0,2	0,1
	Recursos humanos por projeto					
Formação						
Doutorado	1,73	2,46	2,78	3,24	6,67	11,00
Mestrado	0,72	1,29	1,67	2,11	4,17	2,00
Especialização	0,38	0,48	0,70	1,05	0,83	0,50
Graduação	0,47	0,68	1,15	1,71	1,00	1,00
Outros	0,01	0,08	0,09	0,15	–	–

Fontes: Plataforma Lattes/CNPq e Aneel.  
Elaboração dos autores.

Por fim, observa-se que a média de mestres e doutores por projeto praticamente cresce conforme a faixa de valor dos projetos, denotando projetos mais densos e mais voltados a problemas complexos.

## 5 CONCLUSÕES

Ao longo deste capítulo, avaliou-se a abrangência e analisaram-se as características da rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela Aneel. O objetivo geral do trabalho foi, assim, analisar em que medida a rede de pesquisa formada pelo programa é capaz de impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico e a competitividade do setor elétrico brasileiro. Esta questão geral foi desdobrada em três pontos principais:

- Análise da extensão e da abrangência da rede e de sua relevância no sistema de inovação do setor elétrico.
- Sistematização das características dos agentes, empresas e instituições envolvidos nos projetos.
- Sistematização das características dos recursos humanos envolvidos nos projetos.

Com relação ao primeiro ponto, foi possível verificar que o programa mobilizou, entre 2000 e 2007, recursos da ordem de R\$ 1,42 bilhão em cerca de 2,4 mil projetos. O valor médio anual dos investimentos corresponde a aproximadamente 2,8% dos investimentos federais em P&D. Apenas como exemplo, os investimentos públicos em pesquisa energética nos Estados Unidos correspondem a cerca de 1% do total dos investimentos federais em P&D. Ou seja, o montante alocado em P&D pelo programa da Aneel é relativamente significativo para os padrões internacionais e, se devidamente direcionado, pode contribuir significativamente para alavancar a pesquisa brasileira em áreas estratégicas para o setor energético. Além disso, como estão vinculados à receita operacional das empresas do setor, estes recursos tendem a crescer com a economia.

Entretanto, também foi possível observar que os projetos que compõem o programa apoiam-se em um conceito bastante abrangente de P&D. Na realidade, há projetos que podem ser considerados de P&D *stricto sensu* – isto é, de acordo com as definições do Manual Frascati –, projetos que, embora inovadores, não são estritamente de P&D e projetos que têm um aspecto mais gerencial e que não seriam classificados como inovadores de acordo com as definições do Manual de Oslo.

A maior parte desses projetos foi classificada, pelos agentes responsáveis, como pesquisa estratégica. Este é um conceito, obviamente, muito amplo e contém pesquisas nas mais diversas áreas. Excetuando-se esta categoria, foi possível observar que boa parte dos projetos está relacionada à distribuição e à supervisão, controle e proteção de sistemas elétricos. Estes temas parecem evidenciar quais são as principais preocupações das concessionárias de energia quando decidem realizar P&D. Por outro lado, alguns temas emergentes na pesquisa energética,

em nível mundial, parecem ter uma representação ainda modesta no programa de P&D da Aneel. Mundialmente, as principais tendências da pesquisa energética estão fortemente relacionadas às questões ambientais, o que remete também ao aumento da eficiência energética, à busca por fontes alternativas de energia e por sistemas de gestão inteligente.

Uma das questões centrais que este capítulo procurou responder é se o programa de P&D da Aneel seria capaz de constituir uma rede de pesquisa integrada, como também de alavancar a pesquisa energética no país. Nesse sentido, foi possível verificar que, entre 2000 e 2007, mais de 180 concessionárias de energia (agentes), 288 empresas e 335 instituições de pesquisa foram envolvidos. Os 180 agentes que participaram do programa correspondem a cerca de um terço das empresas nos setores de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e são empresas, na média, maiores e com indicadores tecnológicos marginalmente superiores às demais.

Um fato que chama atenção na análise do programa é a pequena participação de empresas de outros setores no programa de P&D. Seria esperado, dadas as tendências tecnológicas do setor, que empresas fornecedoras do setor elétrico tivessem participação mais ativa no desenvolvimento de tecnologias para o setor. De fato, entre os mais de 2,4 mil projetos que compõem o programa, pouco mais de 450 têm a participação de empresas. O valor investido em P&D por estes projetos representa pouco mais de 20% do valor total investido no programa ao longo dos últimos anos. Além disso, entre as 288 empresas que participaram do programa, apenas 27 são tipicamente relacionadas ao setor elétrico – empresas fornecedoras de equipamentos e fabricantes de produtos elétricos. Existem também indícios de um grande número de empresas sem tradição no setor participando do programa. Neste conjunto, algumas parecem ter sido criadas para assessorar os agentes na execução do programa.

Além disso, os agentes parecem desenvolver uma relação muito mais forte com universidades e centros de pesquisa do que com outras empresas. Cerca de metade dos agentes que participam do programa possui parceria com grupos de pesquisa no Brasil. Assim, estas instituições são as principais parceiras dos agentes nos projetos de pesquisa. Se por um lado, isso pode ser visto como a emergência de uma cultura de inovação nas empresas do setor, por outro levanta a hipótese de que os agentes, por não possuírem uma estratégia definida de P&D, optam por terceirizar a pesquisa para universidades e grupos de pesquisa no Brasil. Fato que corrobora esta segunda hipótese é a baixa participação de empresas tipicamente relacionadas ao setor elétrico nos projetos analisados. Ao que tudo indica, o programa foi capaz de incentivar a interação das concessionárias com as instituições de pesquisa, mas não obteve tanto êxito na formação de uma rede de pesquisa com empresas tipicamente relacionadas ao setor elétrico.

Em relação às instituições de pesquisa, verificou-se, ainda, uma excessiva concentração dos recursos em um número reduzido de instituições. Com efeito, as dez instituições que totalizam os maiores valores em projetos concentram 47,7% dos recursos, com destaque para a primeira delas, envolvida em projetos cujo valor representa 11,3% do total. A aparente captura de um volume expressivo de recursos por um número reduzido de instituições sugere que ações de divulgação do programa podem contribuir para aumentar a competição pelos recursos e melhorar a qualidade dos projetos.

Por fim, a sistematização das características dos recursos humanos nos projetos revelou que mais de 23 mil postos de trabalho foram associados ao programa. Ao se considerar apenas a quantidade de pessoas identificadas – isto é, com CPF e que correspondem, na prática, ao conjunto de coordenadores, gerentes e pesquisadores – e se excluírem as repetições, este valor alcança pouco menos de 9 mil indivíduos. Ao se excluírem os recursos humanos ligados aos agentes – isto é, aqueles que compulsoriamente se envolvem com o programa –, o total alcança pouco mais de 6 mil pessoas, entre as quais de 2,5 mil são doutores.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento do setor de energia elétrica**. Brasília, 2008.
- ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis *proxy* para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). **Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n. 5, p. 16-21, 2009.
- CAVALCANTE, L. R.; UDERMAN, S. The role played by the BNDES in funding electricity investments in Brazil. *In*: AMANN, E.; BAER, W.; COES, D. **Energy, bio fuels and development: comparing Brazil and the United States**. New York: Routledge, 2011.
- DE NEGRI, F. *et al.* **Perfil das empresas integradas ao sistema federal de C,T&I no Brasil e aos fundos setoriais: uma análise exploratória**. Brasília: Ipea, nov. 2009. Mimeografado.
- DE NEGRI, F.; TURCHI, L. CAVALCANTE, L. R. **Plano de trabalho: avaliação de resultados do programa de pesquisa e desenvolvimento regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasília: Ipea, maio 2010. Mimeografado.
- DOOLEY, J. J. **U.S. Federal Investments in Energy R&D: 1961-2008**. Oak Ridge: U.S. Department of Energy. Out. 2010.
- GUEDES, C. F. B. **Políticas públicas de estímulo à P&D: uma avaliação dos re-**

sultados do programa regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília (UnB)/Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (Face)/Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA), Brasília, 2010.

JANNUZZI, G. M. **Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado**: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil. Campinas: Autores Associados, 2000.

\_\_\_\_\_. Power sector reforms in Brazil and its impacts on energy efficiency and research and development activities. **Energy Policy**, v. 33, p. 1753-1762, 2005.

JOHNSTONE, N.; HASCIC, I.; POPP, D. Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. **Environ Resource Econ**, v. 45, p. 133-155, 2010.

MACEDO, I. C (Coord.). **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Secretaria Técnica do Fundo Setorial de Energia (CT-ENERG), 2003.

MEDEIROS, A. (Ed.). Crescer para inovar. **Revista Petrobras**, p. 11-15, out. 2010.

MORAIS, J. M. Uma avaliação dos programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos fundos setoriais e na lei de inovação. *In*: DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Org.). **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: Ipea, 2008.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Frascati Manual**: Proposed Standard Practices for Surveys on Research and Experimental Development. Paris, 2002.

\_\_\_\_\_. **Manual de Oslo**: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Rio de Janeiro: FINEP, 2005.

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

SAGAR, A. D; ZWAAN, B. Technological innovation in the energy sector: R&D, deployment, and learning-by-doing. **Energy Policy**, v. 34, p. 2601-2608, 2006.

SALLES FILHO, S. L. M. *et al.* Pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia elétrica do Brasil: em direção a uma ferramenta de apoio à decisão. *In*: SEMINÁRIO LATINO-IBERO-AMERICANO DE GESTION TECNOLÓGICA (ALTEC), 12. 2007.



## TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS DO SETOR ELÉTRICO\*

Luiz Guilherme de Oliveira\*\*

### RESUMO

O setor elétrico no Brasil possui uma característica, no que diz respeito ao seu marco regulatório, bastante peculiar quando comparado com outros setores da economia brasileira. No caso do setor elétrico, por um lado, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) assume importante papel de estimular a atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) por meio da Lei nº 9.991/2000. Por outro lado, podemos também verificar a estruturação de um Sistema Setorial de Inovação (SSI) em que a existência de vários atores se fazem presentes e buscam, ao menos teoricamente, uma aproximação no sentido de criação de sinergias capazes de alavancar o processo de desenvolvimento inovativo e tecnológico. Entretanto, este arranjo entre marco institucional – programa de P&D regulado pela Aneel e fundos setoriais – e rede institucional – SSI – nem sempre se mostra capaz de atender às expectativas criadas no que se refere aos incentivos à inovação, ou mesmo, ao desenvolvimento técnico. Parte da explicação pode ser dirigida à estrutura de mercado das empresas geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia, que normalmente tende a formar mercados concorrenciais imperfeitos, com vieses oligopolísticos. Este comportamento induz a uma baixa exposição ao risco, o que acaba por induzir uma baixa exposição à inovação. Ao se observarem as tendências tecnológicas do setor elétrico, tendo por base os projetos do programa de P&D regulado pela Aneel, podemos constatar que parte significativa dos projetos não se aproxima das tendências tecnológicas pesquisadas pelos países centrais, tendo por base a Agência Internacional de Energia (AIE), a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), o European Wind Energy Association (EWEA) e o Massachusetts Institute of Technology (MIT). Questiona-se, por fim, até que ponto a dinâmica inovativa do setor elétrico pode ser centrada nas empresas geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia, ou nas fornecedoras de equipamentos e sistemas energéticos, como propõe Pavitt (1984).

---

\* O autor agradece os comentários e as sugestões de Vanessa Cabral e Bruno Papariello.

\*\* Professor da Universidade de Brasília (UnB) e pesquisador do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico possui algumas características bastante peculiares: elevadas barreiras à entrada, estruturas de mercado imperfeitas, importância estratégica relacionada à matriz energética de cada país e preços acompanhados pelo Estado, somente para citar algumas. No Brasil, estas características também estão presentes. Embora exista uma forte preocupação em buscar novas matrizes energéticas, o caso brasileiro de geração de energia está centrado na matriz hidráulica, enquanto nos países vistos como desenvolvidos o foco é dirigido, principalmente, à tecnologia termoeleétrica.

A construção dessas diferenças só pode ser compreendida por meio de uma análise histórica dos fatos. Nesse sentido, a seção 2 deste capítulo busca descrever a maneira como o setor se caracterizou internacionalmente *vis-à-vis* a forma de caracterização deste no Brasil. A seção 3 procura descrever como está estruturado o Sistema Setorial de Inovação (SSI) no Brasil. A observância desta estruturação nos permite localizar e considerar as relações entre os atores envolvidos no processo de inovação, as instituições que fazem parte deste processo e os mecanismos de aprendizado que envolvem tanto atores como instituições. A seção 4 busca descrever como está estruturado o marco regulatório relacionado à geração de tecnologia e inovação do setor elétrico no Brasil. Nesse sentido, podemos destacar o importante papel desempenhado pela Aneel e pelos fundos setoriais (via Fundo Setorial de Energia – CT-ENERG), por meio da Lei nº 9.991/2000. A seção 5 apresenta as tendências tecnológicas para o setor no Brasil. Inicialmente, apresenta-se um levantamento das patentes requeridas no Brasil e nos Estados Unidos. Embora exista uma série de críticas à utilização de patentes como indicador de esforço inovador, nesse contexto ela pode sinalizar os esforços e a dinâmica de inovação setorial. São apresentadas, ainda, as tendências tecnológicas internacionais e brasileiras, onde se observa a existência ou não de convergências. Por fim, são apresentadas as considerações finais do capítulo.

## 2 O SETOR ELÉTRICO EM PERSPECTIVA

### 2.1 Características gerais do setor – internacional

A formação do setor elétrico teve início no fim do século XIX, quando o uso da eletricidade para fins de iluminação tornou-se tão popular que causou um impacto econômico sem precedentes. A evidente difusão do uso da eletricidade como fator energético desde seu início está ligada a duas de suas características essenciais: a primeira é a flexibilidade, ou seja, a possibilidade de conversão de eletricidade em outras formas de energia, como calor e luz; a segunda é a transmissibilidade, que se refere à possibilidade de a eletricidade ser transportada por meio do espaço, sem que isso implique perdas significativas de energia.

A combinação dessas qualidades trouxe duas consequências que marcaram a trajetória tecnológica da indústria elétrica. A primeira delas é a distância geográfica entre o ponto de geração e o de consumo da energia. Já que não havia perdas importantes em seu transporte do primeiro para o segundo ponto, foi possível aumentar o porte das unidades geradoras, produzindo ganhos de escala acompanhados de maior eficiência e menores custos de geração. E a segunda é a grande disseminação da energia elétrica, em que diversos consumidores estão integrados em rede. Isso se deu como consequência da dificuldade de se armazenar a energia, uma vez que existe um ganho na ligação dos usuários em uma rede unificada.

Por esses motivos, o setor elétrico tendeu a uma estrutura de mercado monopolística de geração e transmissão, além de uma verticalização entre geração, transmissão e distribuição de energia. Esta tendência trouxe crescentes preocupações ao governo, levando a uma posterior intervenção a fim de regulamentar as atividades do setor.

Pode-se dividir em dois os modelos de regulação do setor elétrico: o americano e o europeu. O modelo desenvolvido pelos Estados Unidos procurava, sobretudo, respeitar a concorrência sempre que possível e proteger os consumidores de práticas abusivas. Para tanto, suas agências reguladoras foram criadas para administrar as concessões e as tarifas. O modelo europeu, por outro lado, tem uma participação bem mais intensa por parte do governo. Ao Estado se atribuía o planejamento, a operação, a coordenação e a gerência da infraestrutura energética. O setor era caracterizado por grandes empresas estatais, responsáveis por produzir, transportar e distribuir a energia nacionalmente.

A partir dos anos 1970, com a crise energética, essa regulação monopolista passa por uma reformulação. Os aumentos dos custos e as dificuldades crescentes de expansão fazem que as grandes empresas estatais comecem a perder espaço. Seguindo o modelo americano, os governos implementaram as agências reguladoras, que diminuiriam as barreiras institucionais criando concorrência e atendendo, a princípio, com maior eficiência aos usuários. Esta mudança institucional consistia em dividir a função de oferta de eletricidade da de garantia do serviço, em que se poderia fornecer o serviço público sem discriminação e a um preço justo, sem necessidade de se pagar o preço de um monopólio.

O pioneiro na mudança institucional do setor elétrico foi o Reino Unido, que, ao privatizar suas empresas de distribuição de energia, transformou seu mercado monopolista em um concorrencial, no qual seus consumidores podiam optar pelo melhor prestador de serviços. Em seguida, a empresa de geração e transporte, que era uma só, foi dividida e privatizada. O sistema abriu-se também aos produtores de eletricidade independentes, cuja participação aumentou progressivamente no fornecimento de energia. Esta descentralização da oferta foi ainda potencializa-

da pelo contínuo aumento do uso do gás natural em detrimento do carvão mineral como fonte de geração de energia elétrica. A energia de origem nuclear, todavia, não foi privatizada. Embora houvesse vontade por parte do governo, os elevados custos e os altos riscos desta fonte não atraíam as empresas privadas.

Os países desenvolvidos foram, aos poucos, adotando esse modelo concorrencial, favorecido por diversos fatores. O surgimento de tecnologias para o uso de gás como fonte de eletricidade foi uma delas, permitindo a entrada de pequenos produtores e aumentando a concorrência. Outro elemento decisivo para a mudança do setor elétrico foi a constituição de sistemas elétricos maduros, em que grande parte da infraestrutura já estava construída e amortizada, permitindo investimentos menos interdependentes entre si.

Embora as reformas do setor elétrico tenham sido positivas em aspectos como a diminuição dos custos de produção e de baixa das tarifas aos consumidores, elas trouxeram também alguns problemas. O sistema de geração de energia passou a ser dependente do gás natural, que se tornou cada vez mais insuficiente e caro, trazendo problemas para a oferta de eletricidade. Além disso, o setor privado diminuiu os investimentos no setor, potencializando o risco de escassez e criando forte instabilidade de preço no mercado.

Atualmente, o setor elétrico vem investindo fortemente em pesquisa e desenvolvimento, com o objetivo de aumentar a oferta de energia de baixo custo e que seja sustentável. Nesse sentido, tem se procurado diminuir a utilização de combustíveis fósseis, desenvolvendo-se fontes renováveis que sejam economicamente viáveis.

Acerca disso, a tabela 1 apresenta dados sobre a oferta interna de energia elétrica no mundo.

TABELA 1  
**Oferta interna de energia elétrica no mundo**  
(Em %)

Fonte	1973	2008
Petróleo	24,7	5,5
Gás	12,1	21,3
Carvão	38,3	40,9
Nuclear	3,3	13,5
Hidráulica	21	15,9
Biomassa/Eólica/outras	0,6	2,8
<b>Total (em TWh)<sup>1</sup></b>	<b>6.116</b>	<b>20.181</b>

Fonte: Brasil (2011).

Nota: <sup>1</sup> Tera watt hora.

Nos últimos 35 anos, a matriz energética sofreu algumas mudanças. A primeira delas foi a diminuição da participação dos combustíveis fósseis na oferta de energia, que caiu de 75,1% do total para 67,7%. O destaque está no uso do petróleo, que após a crise dos anos 1970 teve sua participação reduzida drasticamente. Outro fato interessante foi o aumento do uso do gás natural, combinado com o surgimento de tecnologias para sua utilização.

Para compensar a queda na utilização de combustíveis fósseis, a energia nuclear teve um grande avanço, passando 3,3% para 13,5%. Seguindo na mesma direção está a utilização de energias alternativas (biomassa, eólica e solar) que aumentou de 0,6% para 2,8%.

## 2.2 Características gerais do setor – Brasil

As dimensões continentais do país e o seu importante potencial hídrico marcaram profundamente o setor elétrico brasileiro. Estas características possibilitaram a construção de grandes usinas hidrelétricas, permitindo significativos ganhos de escala na criação de um sistema interligado de transmissão de energia, em que as empresas públicas partilhavam os custos relativos às linhas de transmissão.

Até as privatizações, o sistema elétrico, constituído por empresas de geração, transmissão e distribuição de energia, era predominantemente estatal, com empresas federais ou estaduais. Por um lado, o setor elétrico no Brasil era baseado em monopólios regionais de produção de energia, uma vez que a exploração de hidrelétricas requeria grandes investimentos em infraestrutura. O transporte e a distribuição, por outro lado, eram integrados em uma única rede, permitindo um aproveitamento mais racional dos recursos. Este modelo centralizado era totalmente coerente com as condições brasileiras, de modo que a formação de um sistema integrado de consumo e de geração em grandes escalas está correlacionada ao predomínio de energia hidrelétrica.

O modelo centralizado era, à época, considerado eficiente em termos técnicos e econômicos, deixando aos governos estaduais apenas a responsabilidade pela distribuição de energia. Porém, apesar de funcionar bem, este modelo não era totalmente igualitário, e regiões como Sul e Sudeste passaram a investir massivamente na construção de ativos capazes de gerar e transmitir energia.

Durante os anos 1960 e 1970, por um lado, o setor elétrico brasileiro cresceu rapidamente, motivado pela centralização de planejamento das operações e pelos recursos financeiros disponibilizados para investimento, acompanhado pelo crescimento geral da economia. Nos anos 1980, por outro lado, o modelo centralizado começou a dar sinais de instabilidade financeira, uma vez que nem as decisões de investimentos, nem o planejamento de operações passavam por uma prévia análise econômica.

A fim de corrigir essa ineficiência econômica, em meados dos anos 1990, o governo reestruturou e começou a privatizar o setor elétrico. O desafio era descentralizar o modelo, em que o setor privado se incumbiria do financiamento do setor, enquanto o Estado ficaria com a função de regulação. Como consequência deste modelo, a concorrência entre as empresas se encarregaria de transferir aos consumidores os ganhos de eficiência.

Em 1996, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que tinha como finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, garantindo um ambiente equilibrado, com companhias obtendo resultados e consumidores satisfeitos.

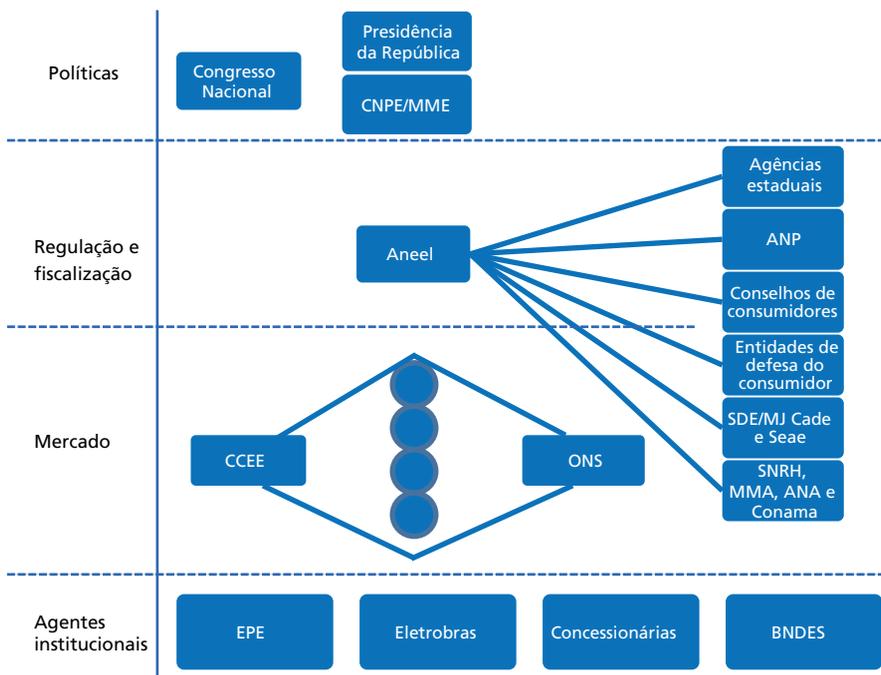
As privatizações trouxeram diversas mudanças no setor elétrico, como a exigência da cisão das companhias em geradoras, transmissoras e distribuidoras. Além disso, a atividade de geração tornou-se uma atividade competitiva, em que os preços eram livremente comercializados no ambiente de contratação livre (ACL) ou definidos por meio de leilões no ambiente de contratação regulada (ACR), enquanto as atividades de transmissão e distribuição continuaram totalmente reguladas.

A partir do governo Lula, instituiu-se um modelo para o setor que mistura o intervencionismo público com certo nível de concorrência. Além disso, o setor elétrico passou a ser coordenado por diversos atores institucionais, responsáveis por planejar, monitorar, avaliar, acompanhar e sugerir as ações para o eficiente funcionamento do setor.

Em 2004, instituiu-se o *novo modelo do setor elétrico*, retornando ao Estado a responsabilidade de planejamento do setor. Os principais objetivos do modelo eram promover a modicidade tarifária, garantir a segurança no fornecimento de energia e promover a inserção social.

A figura 1 apresenta a atual estrutura institucional do setor elétrico brasileiro.

FIGURA1  
Estrutura institucional do setor elétrico brasileiro



Fonte: Aneel (2008a).

Obs.: Conselho Nacional de Política Energética do Ministério de Minas e Energia (CNPE/MME); Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE); Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS); Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Secretaria de Direito Econômico do Ministério da Justiça (SDE/MJ); Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade); Secretaria de Acompanhamento Econômico (Seae); Secretaria Nacional de Recursos Hídricos (SNRH); Agência Nacional de Águas (ANA); Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama); Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Centrais Elétricas Brasileiras S/A (Eletrobras) e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Atualmente, o setor elétrico brasileiro conta com distintas fontes de geração de energia elétrica, entre elas a hidráulica, a solar, a eólica, a térmica e a nuclear. Juntas, elas foram responsáveis, em 2010, pela geração de mais de 112 Gigawatts (GW) de potência, 5,7% a mais do que em 2009. Além disso, a rede elétrica brasileira cresceu 3,26% no mesmo período, somando 100,7 mil km de rede básica de transmissão em 2010.

A oferta interna de energia elétrica, em 2010, chegou a 544,880 GWh, montante 7,7% superior ao de 2009. Embora a oferta absoluta de eletricidade por geração hidráulica tenha aumentando, essa participação, relativamente, acabou tendo menor desempenho, caindo de 77,2% para 74,3%. É importante notar que apesar desse recuo, a supremacia da geração hidráulica continua ainda marcante, indo a 80% quando somada a importação de Itaipu. No mundo, como visto na subseção 2.1, esta geração não chega a 16%.

A geração por gás natural, após forte recuo em 2009, teve um crescimento de 131,2% passando a representar 5,7% do total. Houve crescimento também nas demais gerações, a eólica (76%) e a por carvão mineral (36%). Na geração por biomassa, o destaque foi o bagaço de cana, que representa 66% do total desta fonte, deixando o restante para a indústria de papel e celulose, com a utilização de lenha, lixo e restos de árvores. A tabela 2 apresenta a evolução da oferta interna de energia elétrica no Brasil entre 2009 e 2010 por fonte de eletricidade.

TABELA 2  
Oferta interna de energia elétrica no Brasil

Fonte	GWh		%	
	2009	2010	2009	2010
Hidráulica	390.988	405.055	77,2	74,3
Nuclear	12.957	14.523	2,6	2,7
Gás natural	13.332	30.830	2,6	5,7
Carvão	5.214	7.098	1,0	1,3
Petróleo	12.724	14.645	2,5	2,7
Biomassa	22.639	28.019	4,5	5,1
Gás industrial	7.066	8.165	1,4	1,5
Eólica	1.238	2.177	0,2	0,4
Importação	39.984	34.369	7,9	6,3
<b>Total</b>	<b>506.142</b>	<b>544.881</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Brasil (2011).

É importante destacar algumas tendências do setor elétrico brasileiro. A primeira é a importância da hidroeletricidade para o Brasil. Embora ela seja uma energia limpa e renovável, sua geração por meio de hidrelétricas envolve grandes investimentos em infraestruturas, bem como desloca grande quantidade de pessoas e produz grandes custos ambientais. Nesta direção, é importante a procura por maneiras alternativas de se produzir energia elétrica com a utilização da água, como as pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e as usinas a fio d'água. Outro ponto a se ressaltar é o crescimento do uso de fontes alternativas de energia. Apesar de ainda ter pequena representatividade na oferta total – menos de 6% entre biomassa e eólica –, houve um crescimento considerável na sua oferta. Isso mostra que o Brasil tem dado certo valor à inclusão de energias alternativas e menos poluentes na sua oferta de energia, mas aparentemente o que tem sido feito não está sendo suficiente para causar um grande efeito em sua matriz energética.

### 3 SISTEMA SETORIAL DE INOVAÇÃO

Compreender o funcionamento e a dinâmica da inovação na economia é fundamental para se interpretar as possíveis tendências tecnológicas setoriais. Neste sentido, a análise da inovação por meio dos SSI nos permite considerar também aspectos importantes das especificidades dos ativos inerentes ao setor estudado. No caso do setor elétrico no Brasil, podemos constatar que existe uma evolução institucional, em que o Estado passa de “produtor” para “produtor e gestor” dos esforços em ganhos de competitividade – lê-se inovação. Ao mesmo tempo, a construção institucional de um marco regulatório que visa “induzir” a atividade de P&D por parte das empresas é bastante interessante, mas acaba por esbarrar na característica da cadeia de produção do setor elétrico, caracterizado pela lógica de inovação dominada pelos fornecedores, em que as empresas fornecedoras são, na grande maioria, de origem de capital externo, o que acaba, aparentemente, por inibir os esforços inovativos dos demais atores do SSI.

#### 3.1 Conceitos

A abordagem utilizada neste capítulo para definir sistema setorial de inovação parte dos trabalhos de Malerba (2002, 2004). Assim, podemos observar a consolidação de um SSI a partir da convergência de três grandes blocos: *i*) conhecimento, processo de aprendizado e tecnologia; *ii*) atores e redes; e *iii*) instituições.

Ao se considerar o primeiro bloco (*conhecimento, processo de aprendizado e tecnologia*) devemos ter em mente que os setores produtivos da economia possuem especificidades distintas que se modificam no tocante à dinâmica de desenvolvimento e de aprendizado tecnológico. Assim, devemos ter em mente que maior eficiência na utilização dos fatores tecnológicos irá exigir maior grau de convergência técnica dos sistemas utilizados e/ou adotados. Nesse sentido, a ideia de limites fica bastante presente. Ligações e complementariedades entre as tecnologias e as atividades que elas desempenham representam importante limite para a definição de um SSI.

É claro que essas complementariedades se modificam em função do tempo e do tipo de SSI a ser analisado. A maior eficiência nessa relação – opções técnicas e papel desempenhado por elas – pode ser determinante na trajetória tecnológica de determinado setor.

A literatura sobre economia evolucionária propõe que setores e tecnologias possuem complementariedades em termos de geração de conhecimento e aprendizado que podem, por sua vez, gerar processos ou produtos inovativos (FREEMAN, 1982; NELSON; WINTER, 2005; PENROSE, 2006; ROSENBERG, 2006). Malerba (2004) destaca que podemos verificar dois importantes domínios na relação entre ciência e sua aplicação. O primeiro do-

mínio é relacionado às especificidades científicas e tecnológicas presentes na base das atividades inovativas entre os setores, deixando claro que estas especificidades se modificam entre estes setores. O segundo domínio é relacionado ao grau de aplicação e interação da tecnologia com os demandantes deste processo.

Dessa forma, a relação entre geração de conhecimento – processo de aprendizado – e tecnologia passa a ser fundamental para se compreender a dinâmica inovativa dos setores produtivos. A eficiência entre os atores envolvidos neste processo é peça importante para se buscar maior complementariedade nas ações relacionadas à busca e seleção por ações e esforços inovadores.

O segundo bloco (*atores e redes*) deixa clara a importância das relações entre firmas na estruturação dos SSIs. Estas relações, de venda de produtos, estruturação de cadeia de fornecedores ou ainda adoção de novas técnicas, são o que permite a filtragem dos dados, que, por sua vez, alimentarão o SSI das demandas por inovações no setor. Dessa forma, seguindo a visão evolucionária, a firma funciona como “depósito” de acumulação de conhecimento. Este efeito de cumulatividade acaba por influenciar a trajetória tecnológica da firma, podendo inclusive sinalizar os possíveis caminhos para a consolidação das relações entre firmas e outros atores que podem fazer parte do SSI.

A participação de outros atores extrapola o papel da universidade e se expande para as relações da firma com agentes locais (por exemplo, polos tecnológicos) e agências governamentais ou agentes financiadores (por exemplo, fundos de investimento de *venture capital*, *angel capital* ou *seed money*). Nesse sentido, devemos ressaltar que as assimetrias com os sistemas nacionais de inovação (SNIs) estão vinculadas com o foco/direcionamento das ações convergentes com as características dos setores a serem verificados.

Essa heterogeneidade entre os atores envolvidos do SSI acaba por caracterizar relações de mercado e não mercado entre os participantes. Quando observamos as relações entre firmas, características de relações de mercado, os parâmetros que determinam esta situação são claros. Porém, quando verificamos as relações de não mercado (por exemplo, firma – universidade), as trocas e os interesses passam a ser mais difusos. Aqui, mais uma vez, fica clara a importância da convergência das especificidades dos ativos. É esta convergência que acaba por viabilizar as trocas nas relações de não mercado presentes nas relações no SSI.

O terceiro bloco (*instituições*) diz respeito, inicialmente, à grande variedade de instituições envolvidas na construção do SSI. As relações entre instituições, tecnologia e desenvolvimento econômico estão presentes em uma série de trabalhos que discutem a dinâmica da inovação por meio da convergência das abordagens evolucionárias e institucionais. Estes trabalhos

apresentam, essencialmente, de que forma as normas, rotinas, regras, ações cognitivas, entre outras, podem influenciar e moldar o ambiente no qual a firma está inserida. Cabe destacar que esta construção de ambiente também está presente na consolidação do SSI.

Quando comparamos as instituições presentes no SNI e no SSI podemos verificar que a área de influência das ações do primeiro se faz mais presente, como na concessão de patentes e mesmo regulações antitruste (MALERBA, 2004). Estas características, no entanto, não diminuem a importância dos SSIs e das instituições que fazem parte deste sistema. Afinal, as questões específicas presentes nos SSIs podem ser mais bem tratadas no âmbito específico, em que as idiosincrasias características de cada setor/segmento podem ser mais bem ouvidas e atendidas. Isso fica claro ao se analisar a construção dos SSIs nos setores específicos, como os tratados por Marques e Oliveira (2009) ao se discutir o Sistema Setorial de Inovação Aeronáutico no Brasil.

### 3.2 Sistema Setorial de Inovação – setor elétrico no Brasil

Nosso esforço para mapear o SSI do setor elétrico no Brasil adere aos blocos apresentados anteriormente – conhecimento, processo de aprendizado e tecnologia; atores e redes; e instituições.

#### 3.2.1 Instituições

Como foi discutido na seção 2, devemos observar o setor elétrico sob três perspectivas: geração de energia, transmissão de energia e distribuição de energia. Assim, as *instituições* relacionadas possuem aspectos distintos umas das outras. Estes aspectos estão vinculados a estrutura de mercado, padrão de concorrência, grau de regulação, entre outros.

Embora nesta subseção a ideia não seja analisar o papel da empresa pública, faz-se necessário observar a necessidade de se criar um marco institucional que viabilize o desenvolvimento de um setor com forte influência sobre a capacidade de modernização do parque produtivo nacional ao longo dos últimos 50 anos.

O setor elétrico tem por característica uma forte relação com o processo de transformação, com destaque para a industrialização. É somente na década de 1930 que ele passa a ser regulamentado. Quanto às empresas públicas, as primeiras que passaram a atuar na área foram a empresa federal Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) e a estadual Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) do Rio Grande do Sul. A presença do Estado, por meio da empresa pública, surge devido às assimetrias entre oferta e demanda presentes durante o processo de industrialização. Neste sentido, a presença do

setor público passa a ser crescente até a consolidação da Eletrobras, que abriga empresas federais (Furnas,<sup>1</sup> CHESF, Eletronorte,<sup>2</sup> Eletrosul<sup>3</sup>) e estaduais (CEEE, CEMIG,<sup>4</sup> CESP<sup>5</sup> e Copel<sup>6</sup>).

Esse modelo, de forte ação pública em que o estado centraliza seus esforços na produção, passa por uma forte crise a partir de fim dos anos 1970 e se prolonga até a década de 1990. É durante esta década que podemos observar uma mudança na estrutura institucional do setor. Ocorre neste período o início do processo de privatização das empresas públicas de energia elétrica e, posteriormente, a criação da Aneel em 1996.

Segundo Guedes (2010) o modelo institucional do setor passou por importantes mudanças institucionais: *i*) a privatização das empresas públicas; *ii*) a criação da Aneel; e *iii*) a introdução do novo modelo do setor elétrico.

Ao se observar o SSI, pode-se verificar que a criação da Aneel possui papel importante, que extrapola a missão “usual” de uma agência reguladora, ao assumir a competência de “estimular” as atividades de P&D no setor, conforme a Lei nº 9.991/2000. A lei determina que parte dos recursos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento deverão ser aplicados diretamente pelas empresas do setor em projetos de seu interesse.

Por fim, ao se verificar a introdução de um novo modelo do setor elétrico podemos observar que este modelo marcou a retomada da responsabilidade do planejamento setorial para as mãos do Estado. Segundo Guedes (2010), “esse novo modelo teve como principais objetivos: garantir a segurança no suprimento de energia; promover modicidade tarifária; e promover a inserção social, particularmente por meio dos programas de universalização”.

### 3.2.2 Atores e redes

No caso do setor elétrico no Brasil podemos constatar a presença de colaborações entre vários atores. Neste sentido, a criação, pela Eletrobras, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), em 1974, teve papel importante como mecanismo inicial de fomento nas relações entre universidade e empresas.

Segundo Soares (1997), o Cepel foi estruturado a partir de duas áreas: o laboratório de sistemas elétricos e o de equipamentos elétricos. Atualmente, o Cepel possui um complexo de 30 laboratórios, utilizados para apoio à condução de

---

1. Furnas Centrais Elétricas S/A.

2. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A.

3. Centrais Elétricas S/A.

4. Companhia Energética de Minas Gerais.

5. Companhia Energética de São Paulo.

6. Companhia Paranaense de Energia.

projetos de pesquisa e desenvolvimento, e onde também são realizados ensaios, análises periciais e de conformidade para certificação. Vários destes laboratórios são pioneiros no Brasil, e não há similares na América do Sul. Em 2009, o Cepel desenvolveu 102 projetos corporativos de P&D para as empresas do sistema Eletrobras, conforme podemos verificar na tabela 3.

TABELA 3  
Projetos Cepel – 2009

Área	Número de projetos
Planejamento da Expansão da Geração e da Transmissão	4
Meio Ambiente	5
Hidrologia Estocástica e Recursos Hídricos	4
Planejamento da Operação Energética	5
Planejamento, Operação e Análise de Redes	8
Tecnologias Supervisory Control and Data Acquisition/Energy Management Systems (Scada/EMS)	6
Automação Local e Análise de Perturbações	2
Tecnologias de Transmissão	11
Metalurgia e Materiais	6
Monitoramento e Diagnóstico de Equipamentos e Instalações	15
Conservação e Uso Eficiente de Energia	16
Energias Renováveis e Geração Distribuída	5
Medidas Elétricas e Combate a Perdas	4
Técnicas e Metodologias Computacionais	3
Análise Financeira de Projetos e Tarifas	1
Confiabilidade	2
Qualidade de Energia	2
Transitórios Eletromagnéticos	1

Fonte: Cepel (2011).

Esse dinamismo por parte do Cepel faz que ele possua um papel catalizador das ações de esforço tecnológico no SSI do setor elétrico, existindo, naturalmente, uma convergência em várias pesquisas realizadas entre universidades, empresas e o centro.

Uma característica importante nos grupos dos atores é o perfil de algumas empresas. Embora atualmente a principal empresa do setor, a Eletrobras, seja de controle acionário do Estado, existe uma diversidade entre empresas públicas e privadas na geração, distribuição e transmissão de energia. Quando olhamos a cadeia de produção podemos verificar que parte significativa dos fornecedores de equipamentos são de origem de capital externo, o que acaba por trazer uma dinâmica peculiar quando consideramos o processo de esforço inovativo.

Não devemos esquecer que a dinâmica inovativa, no setor elétrico, é determinada pelos fornecedores (PAVITT, 1984).

### 3.2.3 Processo de aprendizado e tecnologia

Considerando *o processo de aprendizado e dinâmica tecnológica*, podemos constatar que a relação entre os atores foi, historicamente, bastante dependente das ações do Cepel; um exemplo é a participação do centro na formação de mão de obra especializada para o setor. Entretanto, a grande característica atual se concentra no perfil das empresas fornecedoras de equipamentos, como visto anteriormente, de origem de capital externo e que concentram, na sua maioria, os esforços tecnológicos nos seus laboratórios de P&D próximos às suas matrizes (por exemplo, Siemens, Brown Boveri, Voith e GE).

Essa característica de ausência de um forte *player* nacional faz que as empresas do setor – geração, transmissão e distribuição – trabalhem de forma desconectada da cadeia produtiva local. Assim, o processo de aprendizado e desenvolvimento tecnológico local tende a ficar fortemente comprometido.

## 4 POLÍTICAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO PARA O SETOR ELÉTRICO

Em 24 de julho de 2000, foi instituída a Lei nº 9.911, que passou a regulamentar a atividade de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico. De acordo com esta lei, as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor deveriam utilizar parte de seus recursos para financiar tanto atividades de P&D quanto de eficiência energética, excluindo-se, por isenção, as empresas que gerem energia exclusivamente por meio de instalações eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e cogeração qualificada.

A Lei nº 9.911/2000, alterada pela Lei nº 11.465/2007, estabeleceu que as empresas geradoras e transmissoras de energia teriam que destinar 1% de sua receita operacional líquida (ROL) para P&D, enquanto as empresas distribuidoras designariam 0,5% da ROL para P&D e 0,5% para eficiência energética (EE) até 31 de dezembro de 2010.

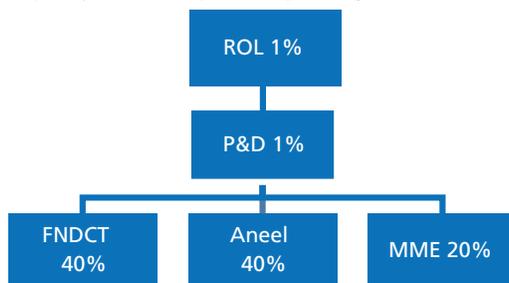
De acordo com a lei, os recursos destinados à P&D devem ser distribuídos da seguinte maneira:

- quarenta por cento deverão ser recolhidos ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), a fim de compor o CT-ENERG.
- quarenta por cento deverão ser aplicados diretamente pelas empresas em projetos de P&D de seu interesse, segundo regulamentos estabelecidos pela Aneel.
- vinte por cento deverão ser recolhidos ao MME, a fim de custear os estudos e as pesquisas de planejamento da expansão do sistema energético, bem como os de inventário e viabilidade necessários ao aproveitamento dos potenciais hidrelétricos. Ressalta-se que a participação do MME na distribuição dos recursos destinados à P&D começou somente a partir de dezembro de 2003 – Medida Provisória nº 144/2003.

A figura 2 apresenta a distribuição dos percentuais aplicados em P&D pelas empresas geradoras e transmissoras de energia.

FIGURA 2

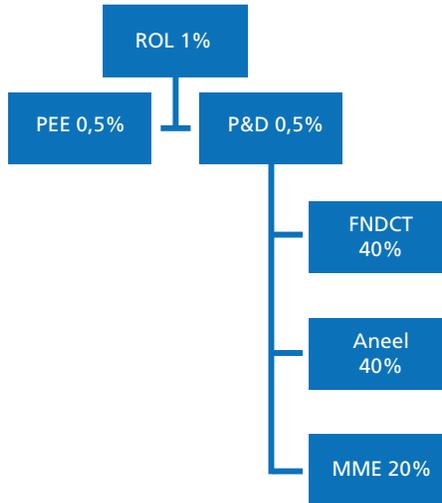
**Distribuição de aplicação em P&D pelas empresas geradoras e transmissoras de energia**



Fonte: Aneel (2008b).

No caso das empresas distribuidoras de energia, como foi dito anteriormente, 50% dos recursos advindos da ROL são destinados aos programas de eficiência energética, sendo 50% distribuídos entre FNDCT, Aneel e MME, como mostra a figura 3.

FIGURA 3  
Distribuição de aplicação em PEE1 e P&D pelas empresas distribuidoras de energia



Fonte: Aneel (2008a).

Nota: <sup>1</sup> Programa de Eficiência Energética.

#### 4.1 O CT-ENERG

Criados em 1999, os fundos setoriais (FS) deram início a um novo instrumento de financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no país. De acordo com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (2008), administradora dos fundos, estes representam um novo padrão de financiamento para a ciência, tecnologia e inovação (CT&I) e pretendem garantir a constância de recursos e alcançar a eficiência na gestão das atividades, promovendo sinergia entre as universidades, os centros de pesquisa e o setor produtivo.

Seguindo a experiência bem-sucedida do Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural (CT-Petro), criado em 1997, foi proposta a criação de um conjunto de fundos setoriais, cujos recursos seriam canalizados para o FNDCT, sob responsabilidade do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

Na época foram propostos 13 fundos setoriais e um fundo horizontal, voltados à infraestrutura de pesquisa. Atualmente são 15 fundos, sendo 13 relativos aos setores específicos e dois transversais, sendo um voltado à interação universidade – empresa (Fundo Verde-Amarelo) e outro destinado à melhoria de infraestrutura de pesquisas (FINEP, 2008).

Em 2004, foram implementadas as ações transversais, que abriam a possibilidade do uso de recursos de diversos fundos para uma mesma ação para

promoção de ciência e tecnologia (C&T). Ficou decidido, com essa implementação, que 50% dos recursos de cada fundo seriam para essa modalidade de ação (FINEP, 2008).

O CT-ENERG é destinado a financiar programas e projetos que venham a contribuir para a geração de inovações capazes de enfrentar os desafios de longo prazo no setor. A ênfase está na articulação entre os gastos diretos das empresas em P&D e a definição de um programa abrangente que venha a cumprir as seguintes metas:

- Diminuição da intensidade elétrica, desacelerando a expansão de sistemas elétricos e seus efeitos negativos.
- Aumento das alternativas para serviços de eletricidade, com menores custos e maior qualidade.
- Desenvolvimento, aumento e consolidação da competitividade industrial nacional, visando à exportação de tecnologias e produtos de energia.
- Desenvolvimento de intercâmbio internacional de P&D na área energética.
- Formação de recursos humanos capazes de fomentar a área energética.

A fim de alcançar esses objetivos, tanto a FINEP quanto o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) desenvolveram diversas modalidades de fomento aos projetos, tais como editais, encomendas, cartas-convite e chamadas públicas. Estes recursos se destinam a universidades e centros de pesquisa, podendo ou não ocorrer cooperação com empresas.

Entre 2001 – quando foi lançado o 1º edital – e 2008, foram atendidos 643 projetos, totalizando mais de R\$ 234,5 milhões. Entre os temas que mais se destacaram na priorização de recursos estão as áreas de combustão e gaseificação e de geração isolada de energia.

A modalidade de fomento mais apoiada em termos financeiros foi a encomenda a demandas específicas dos órgãos de C&T, que totalizou 58% dos recursos no período, embora o número de projetos represente menos que 11% do total atendido. Os editais, por outro lado, representam quase 80% dos projetos atendidos e somente 36% dos recursos totais. Isso mostra que os recursos do CT-ENERG estão orientados para formas mais dirigidas de financiamento.

#### **4.2 Política de P&D da Aneel**

A Aneel, por meio do Decreto nº 2.335/1997, passou a ter como uma de suas competências o estímulo às atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico.

Em 2000, a Lei nº 9.911 estabeleceu que, dos recursos obrigatórios destinados à P&D energética, 40% devem ser aplicados diretamente pelas empresas dos setores em projetos de próprio interesse, sendo a Aneel responsável por regulamentar o investimento no programa, acompanhar a execução dos projetos e avaliar seus resultados.

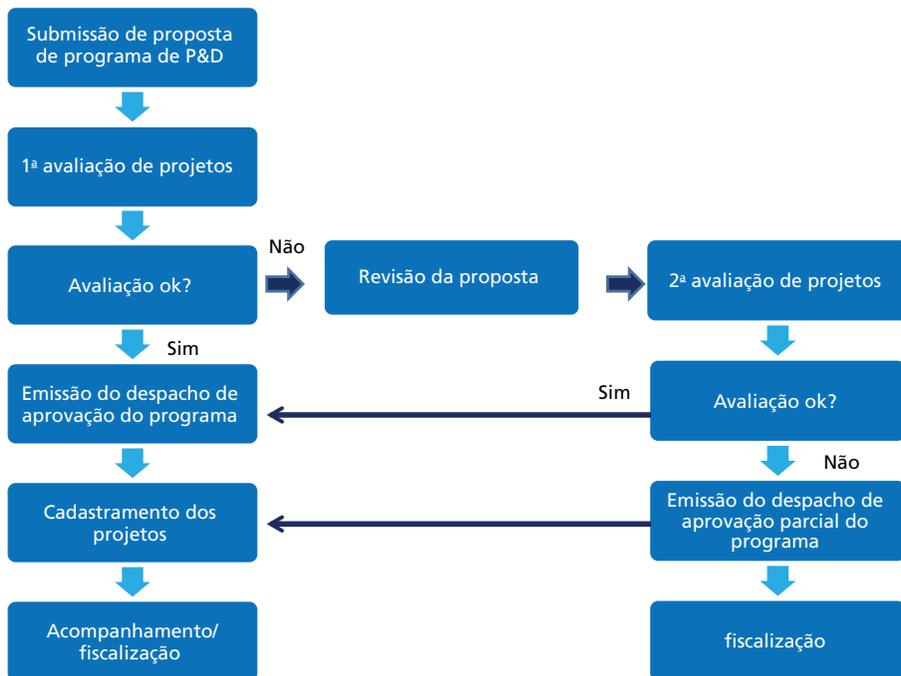
A fim de estabelecer diretrizes e orientações para a regulamentação dos projetos de pesquisa e desenvolvimento, a Aneel criou o Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. Desde sua concepção, já foram lançados quatro manuais, sendo o primeiro referente ao ciclo de investimentos 1999/2000; o segundo, aprovado por meio da Resolução nº 502, de 26 de novembro de 2001; o terceiro, pela Resolução Normativa nº 219, de 11 de abril de 2006; e o quarto e último, aprovado pela Resolução Normativa nº 316, de 13 de maio de 2008.

Entre os principais aspectos regulamentados nesses manuais, estão: *i*) os procedimentos para a elaboração dos projetos, além da sua forma de submissão junto à agência e a sua aprovação; *ii*) as despesas permitidas em sua execução; *iii*) a contabilização dos gastos; *iv*) o acompanhamento da execução e da fiscalização; e *v*) as áreas autorizadas para o investimento e as informações referentes à propriedade intelectual dos resultados atingidos com os projetos.

Até o manual aprovado em 2006, as empresas deveriam submeter anualmente à aprovação da Aneel um ou mais projetos de pesquisa, contendo as metas físicas e financeiras para sua execução no ciclo em questão. Cada ciclo anual tinha início em setembro e finalizava em agosto do ano seguinte, sendo que cada empresa tinha um calendário distinto de envio do projeto.

A figura 4 representa o processo de avaliação e aprovação das propostas do programa anual de P&D, regulamentadas pelo manual de 2006.

FIGURA 4  
Processo de avaliação e aprovação de propostas dos programas anuais de P&D



Fonte: Aneel (2006).

Entre as áreas de investimento em P&D sugeridas pelo manual de 2006, estão: eficiência energética, fontes renováveis ou alternativas de geração de energia elétrica, meio ambiente, qualidade e confiabilidade, planejamento e operação de sistemas elétricos, medição e faturamento, transmissão de dados por redes elétricas, novos materiais e componentes, e pesquisa estratégica.

Entre 2000 e 2007, o programa mobilizou recursos da ordem de R\$ 1,42 bilhão em cerca de 2,4 mil projetos de P&D (POMPERMAYER *et al.*, 2011). De acordo com Guedes (2010) e Pompermayer *et al.* (2011), entre as áreas mais procuradas para o desenvolvimento de projetos está a Pesquisa Estratégica, com 25% dos projetos, talvez por ser esta uma área que acaba por enquadrar temas não explicitamente definidos pelo manual. A Distribuição de Energia Elétrica vem em seguida, com 21% dos projetos e, em terceiro, a Geração de Energia Elétrica, com 14%.

No que se refere aos produtos obtidos, Guedes (2010) conclui que se geraram, predominantemente, modelos/metodologias e *softwares*/sistemas nos projetos de P&D, vistos como inovações incrementais de processos, sendo ainda pequena a representatividade de protótipos desenvolvidos. Desses projetos também resultaram titulações acadêmicas, entre especializações, mestrados e doutorados.

O manual 2008 da Aneel trouxe mudanças substanciais na regulamentação da atividade de P&D das empresas de energia. A mais importante delas foi que o reconhecimento do investimento em P&D passou a ocorrer somente após a avaliação dos projetos e da comprovação dos gastos realizados. A partir deste manual, o processo de aprovação dos projetos deixou de ser *ex ante* e passou a ser *ex post*, dando prioridade aos resultados em detrimento dos processos.

De acordo com a Aneel, o objetivo dessa modificação foi maximizar os investimentos, aumentando o nível de comprometimento das empresas com o processo de inovação tecnológica do setor e, além disso, agilizar o processo de execução dos projetos.

Embora ainda não se saiba quais serão os resultados obtidos pela modificação nos projetos de P&D implementados pelo manual de 2008, já podemos observar alguns resultados até o momento. Deste modo, os números mostram a importante representatividade do programa de P&D regulado pela Aneel entre as ações de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico. Além disso, de acordo com o trabalho realizado por Guedes (2010), este programa tem contribuído para a geração de inovações ao setor elétrico, além de colaborar tanto para a difusão de conhecimento, quanto para a capacitação de pessoas na área. Por outro lado, o que não se pode desprezar é que ainda existem muitas falhas no programa e que, diante disto, espera-se alterações que diminuam tanto os prejuízos para as empresas quanto para a sociedade.

## 5 TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS DO SETOR ELÉTRICO

Esta seção deve ser vista por meio de duas perspectivas. A primeira procura descrever a dinâmica da inovação no setor elétrico. Para isso, utilizamos os números de patentes, em especial do United States Patent and Trademark Office (USPTO), para tecnologias selecionadas. Em seguida, são observadas as principais empresas patenteadoras no USPTO para o setor elétrico. A segunda, descreve o processo de seleção e aderência das principais tendências tecnológicas do setor elétrico ao programa de P&D regulado pela Aneel. Esta fase se deu em três etapas. A inicial buscou mapear essas tendências por meio dos trabalhos sobre a prospecção e os cenários tecnológicos para o setor elaborados por: *i)* AIE; *ii)* OCDE; *iii)* EWEA; *iv)* MIT; e *v)* Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE). Na segunda etapa, observaram-se os trabalhos do CGEE sobre o “estado da arte” no setor elétrico e sobre a prospecção tecnológica para o setor no Brasil. Finalmente, na terceira, buscou-se uma convergência das tendências observadas nas etapas anteriores e o portfólio dos projetos do programa de P&D regulado pela Aneel.

Com a finalidade de organizar essas tendências buscamos segmentar as tecnologias em quatro grandes grupos,<sup>7</sup> tanto para o cenário internacional quanto para o cenário brasileiro: *i)* energia fóssil; *ii)* energia nuclear; *iii)* energia renovável; e *iv)* tecnologias de interface e complementares.

### 5.1 A dinâmica inovativa no setor elétrico

Um aspecto importante da dinâmica da inovação no setor elétrico é o papel desempenhado pelos fornecedores de equipamentos e sistemas de energia. Normalmente, são estes fornecedores os principais responsáveis pelas inovações ao longo da cadeia de produção. Outro aspecto importante diz respeito ao perfil destes fornecedores, altamente internacionalizados, em sua maioria *global players* e com forte presença na economia brasileira. Chamam atenção as empresas: GE, Siemens, ABB e Westinghouse.

Um exercício para mapear essa dinâmica inovativa no setor pode ser observado no levantamento de patentes no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) e USPTO apresentado nas tabelas 4 e 5. As tecnologias destacadas são as mesmas tecnologias consideradas nas subseções 5.2 e 5.3.

---

7. Mesma metodologia adotada pelo CGEE (2002).

**TABELA 4**  
**Patentes concedidas pelo INPI – 1990-2010**

Tecnologia – palavra-chave	Número de patentes
Gás natural	215
Energia do carvão	5
Energia nuclear	5
Bioenergia	1
Energia das marés	8
Energia eólica	208
Energia solar	307
Energia fotovoltaica	45
Energia hidrelétrica	44

Fonte: INPI (2011).

Inicialmente é importante chamar atenção para o período pesquisado na base de dados do INPI e do USPTO. No caso do primeiro (tabela 4) a busca se estendeu de 1990 até 2010. No caso da USPTO as buscas são exclusivas de 2009.

Por um lado, no caso do INPI (tabela 4), destaca-se o baixo número de patentes em alguns setores; como bioenergia e energia das marés. Por outro, o gás natural chama atenção com a energia solar. Já no órgão norte-americano (USPTO) alguns números impressionam: para tecnologias relacionadas à energia solar foram concedidas 258 patentes, somente em 2009.

**TABELA 5**  
**Patentes pedidas e concedidas pelo USPTO – 2009**

Tecnologia – palavra-chave	Concedido	Pedido
<i>Solar</i>	258	4.678
<i>Wind</i>	154	2.710
<i>Geothermal</i>	11	185
<i>Smart Grid</i>	31	561
<i>Photovoltaic solar</i>	254	1.906
<i>Biomass/biogas/biofuel</i>	45	335
<i>Nuclear</i>	–	3

Fonte: CEPEL (2011).

Ao observarmos o Quadro 1 podemos verificar as principais empresas do setor elétrico com patentes concedidas, nos Estados Unidos. Podemos constatar a presença dos principais fornecedores de equipamentos e sistemas de energia.

QUADRO 1  
Relação das principais empresas com patentes, USPTO – setor elétrico

Hitachi
Matsushita Electric Industrial Co.
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha
Siemens Aktiengesellschaft
General Electric Company
ABB
Alstom
Areva

Fonte: USPTO.

A tabela 6 a seguir indica a relação entre os investimentos globais em P&D e o faturamento das principais empresas do setor elétrico com forte atuação no Brasil. Entre as seis empresas destacadas, quatro possuem investimentos em P&D superiores ou próximos a 4% de seu faturamento, sendo que em duas delas (Siemens e Matsushita) os valores chegam a 7% do faturamento.

TABELA 6  
P&D/faturamento – empresas selecionadas  
(Em %)

Empresas	P&D/faturamento
Siemens – Alemanha	7
Matsushita – Japão	7
Hitachi – Japão	4
General Electric – Estados Unidos	2
Mitsubishi Electric – Japão	4
ABB – Suécia	3

Fonte: OCDE (2005)

A constatação da presença de importantes *global players* “coordenando” a dinâmica inovativa não é uma surpresa, muito menos uma novidade. Este cenário, já descrito por Pavitt (1984), sinaliza que a inovação em alguns setores é coordenada pelos fornecedores em função de especificidades de ativos bastante singulares presentes em certas atividades econômicas. No caso do setor elétrico, podemos verificar estas especificidades ao constatar que, após a implantação da infraestrutura de geração, transmissão e distribuição de energia, as inovações surgem na atualização de equipamentos e sistemas, o que possibilita constantes ganhos de produtividade em função do tempo. O desenvolvimento destes equipamentos e sistemas fica sob responsabilidade

dos fornecedores, na sua maioria grandes empresas de origem de capital externo e que se beneficiam das elevadas barreiras de entrada impostas pelo seu segmento. Também na fase de implantação de nova infraestrutura elétrica, o elevado investimento induz à utilização dos equipamentos na fronteira tecnológica, a fim de postergar a necessidade de atualização, o que contribui para a dependência dos grandes fornecedores.

## 5.2 Cenário internacional

Conforme podemos observar na tabela 7, a atual geração de energia elétrica, em termos mundiais, está altamente concentrada na matriz energética carvoeira. Em segundo plano, podemos observar a geração de energia por meio do gás, seguido pela matriz nuclear e hidráulica.

Ao comparamos os países membros da OCDE e os países em desenvolvimento (PED) – onde se situa o Brasil –, esse cenário sofre algumas modificações importantes. Inicialmente, constatamos um ganho de importância na geração de energia via matriz carvoeira nos países em desenvolvimento com 47%, um aumento significativo quando comparado aos países da OCDE com 39%. Entretanto, chamam atenção as diferenças na geração de energia, entre estes dois grupos, quando verificamos a força hidráulica, com forte presença nos PED – destaque para o Brasil – e da matriz nuclear, com forte presença nos países da OCDE.

No caso da energia hidráulica, que possui como forte característica sua capacidade de renovação, os PED concentram nela 22% de sua capacidade, os países da OCDE, 13%. No caso nuclear, as ordens se invertem: os PED geram 3% de sua capacidade total enquanto os países da OCDE concentram 23%, sendo esta sua segunda fonte mais importante. Por fim, também chama atenção a reduzida importância de outras fontes renováveis para os dois grupos.

TABELA 7  
Geração de energia – 1973-2003  
(Em %)

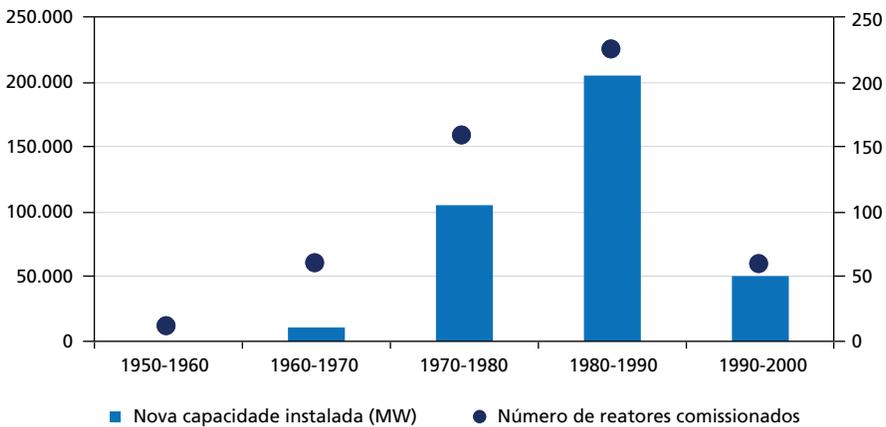
Fonte	Mundo			Países OCDE			PED		
	1973	1985	2003	1973	1985	2003	1973	1985	2003
Carvão	38	39	40	37,5	43	39	33	36	47
Óleo	25	12	7	25	9	5	27	19	10
Gás	12	13	19	12	9	20	4,2	8,8	17
Nuclear	3,3	15	16	4,2	20	21	0,4	2,5	3
Hidráulica	21	20	16	21	18	13	35	33	22
Outras fontes renováveis	0,7	1	2	0,3	1	2	0,4	0,7	1

Fonte: OCDE (2006).

Quando observamos os países da OCDE, embora os números iniciais indiquem um crescimento, relevante, mas pouco significativo, na utilização de outras fontes renováveis, podemos constatar algumas indicações que sinalizam uma tendência na busca por fontes alternativas.

Ao se verificar o gráfico 1, podemos observar forte redução no número de novos reatores nucleares instalados, o que sinaliza um esforço em reduzir a dependência dos países em relação a energia nuclear, após o acidente de Chernobyl.

GRÁFICO 1  
Desenvolvimento de reatores nucleares, por década – 1950-2000



Fonte: Nuclear Energy Agency *apud* OCDE (2006).

Da mesma forma, tem havido um bem-sucedido esforço tecnológico na produção de protótipos de turbinas eólicas em relação à capacidade de geração de energia em massa. Essa trajetória deve ser vista como busca pelo descolamento da dependência de fontes tradicionais de energia e a opção por alternativas energéticas renováveis.

No quadro 2, podemos observar as principais tendências tecnológicas dos países da OCDE. A segmentação utilizada – energia fóssil, energia nuclear, energia renovável e interface e complementares – segue a proposta sugerida pelo CGEE (2002).

QUADRO 2  
Tendências tecnológicas dos países da OCDE

Grupo	Tendências tecnológicas
Grupo 1 – Energia fóssil	Não há menção às pesquisas
Grupo 2 – Energia nuclear	Reatores de IV geração

(Continua)

(Continua)

Grupo	Tendências tecnológicas
Grupo 3 – Energia renovável	Tecnologias e aplicações hidrelétricas Tecnologias de bioenergia Fotovoltaicos para aplicações de energia solar Geração e utilização de energia eólica Energia geotérmica Energia das marés
Grupo 4 – Interface e complementares	<i>Smart Grid</i> Célula combustível

Fonte: AIE, EWEA e MIT.  
Elaboração do autor.

Desse modo, no grupo 2 (energia nuclear), existe uma forte tendência de pesquisa por parte dos países da OCDE nos reatores nucleares de IV geração, em que os níveis de segurança seriam maiores e os volumes de resíduos menores.

No grupo 3 (energia renovável), constatamos o maior número de pesquisas em desenvolvimento. Embora a maioria destas pesquisas esteja ainda por entrar na classificação de tecnologias pré-competitivas, elas sinalizam um forte comprometimento pela busca de outras matrizes energéticas.

No grupo 4 (interface e complementares), o destaque fica por conta das pesquisas em *Smart Grid*. Esta tecnologia considera a aplicação de tecnologia de informação para o sistema elétrico de potência, integrando os sistemas de comunicação e de infraestrutura em redes automatizadas.

### 5.3 Cenário Brasil

O cenário brasileiro, indicado no quadro 3, modifica-se bastante em relação ao cenário internacional e, em especial, aos países membros da OCDE. Inicialmente, chama atenção a forte pesquisa brasileira no grupo 1. Parte desse resultado pode ser explicada pela mudança da matriz energética da indústria brasileira, a partir do fim da década de 1990, de energia elétrica hidráulica para energia elétrica gerada por meio da queima do gás. Ainda no grupo 1, existem as pesquisas de tecnologias para geração a partir do carvão. Este interesse pode ser explicado parcialmente pelas grandes reservas brasileiras de carvão mineral.

No grupo 2, as pesquisas nacionais focam o desenvolvimento de reatores de III geração, mais próximos dos reatores nucleares utilizados por países como Japão e França. Devido à característica dual desta tecnologia, sua transferência é bastante dificultada, o que obriga o país a passar pelo domínio da III geração antes de partir para os novos reatores de IV geração, já em desenvolvimento nos países da OCDE.

É nos grupos 3 e 4 que podemos observar uma convergência nas pesquisas do Brasil e dos países da OCDE. É neste segmento, especialmente em tecnologias e aplicações hidrelétricas, que o Brasil está mais maduro do ponto de vista de desenvolvimento tecnológico, em que pesem os aspectos já mencionados referentes às especificidades da cadeia de fornecedores.<sup>8</sup> Nas pesquisas de bioenergia o Brasil possui uma “zona de conforto” constituída por meio do esforço tecnológico por uma matriz de combustível alternativa ao petróleo. No tocante a *Smart Grid* podemos observar uma aderência da pesquisa no Brasil à tendência internacional de racionalização do uso de energia. No Brasil, a ideia de *Smart Grid* não é necessariamente nova, considerando a estrutura de distribuição da malha elétrica instalada no país. Atualmente, existe uma concentração de esforços, principalmente em algumas universidades e institutos de pesquisa – destaque para a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade de São Paulo (USP) e o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) –, em aprimorar a utilização e a racionalização da energia elétrica por meio da incorporação de tecnologias de sensoriamento, monitoramento, tecnologia da informação e telecomunicações para gerar um melhor desempenho da rede de energia elétrica. A ideia básica é criar condições de antecipar possíveis falhas e, assim, recompor a rede diante de ocorrências que podem afetar sua demanda. Da mesma forma, pode-se pensar na racionalização da utilização em espaços menores, o que permitiria uma economia no uso da energia.

QUADRO 3  
Tendências tecnológicas do Brasil

Grupo	Tendências tecnológicas
Grupo 1 – Energia fóssil	Tecnologias para geração com gás natural Tecnologias para geração com carvão
Grupo 2 – Energia nuclear	Reatores de III geração
Grupo 3 – Energia renovável	Tecnologias e aplicações hidrelétricas Tecnologias de bioenergia Fotovoltaicos para aplicações de energia solar Geração e utilização de energia eólica Energia das marés
Grupo 4 – Interface e complementares	<i>Smart Grid</i> Célula combustível

Fonte: CGEE (2002).  
Elaboração do autor.

8. Ver Pavitt (1984).

#### 5.4 Aderência dos projetos do programa de P&D da Aneel às tendências internacionais e nacionais

Ao considerarmos os projetos do programa de P&D regulado pela Aneel, trabalhamos a amostra de 79 projetos considerados no primeiro capítulo deste livro (POMPERMAYER *et al.*, 2011).<sup>9</sup>

Desse grupo de projetos (79), foram selecionados 55 projetos que podem ser enquadrados como projetos de P&D. Aqui a metodologia utilizada para selecionar, ou não, o projeto como atividade de pesquisa e desenvolvimento partiu da adoção do Manual Frascati (OCDE, 2002). Este esforço foi realizado no capítulo 4,<sup>10</sup> e, por isso, a amostra aqui considerada foi de 55 projetos.

Inicialmente, podemos localizar 41 projetos, cerca de três quartos da amostra, com as propostas de atividades de P&D em outras atividades que não as de fronteira. Por outro lado, 14 projetos, ou cerca de um quarto da amostra, adéquam-se às tendências tecnológicas de fronteira, apresentadas nas seções anteriores. É importante destacar que existem projetos que se adéquam a dois ou mais grupos (tabela 8).

TABELA 8  
Perfil dos projetos de P&D aprovados pela Aneel classificados por categorias

Grupos	1	2	3	4	3-4	Outros
Número de projetos	0	0	7	6	1	41

Fonte: Aneel.  
Elaboração do autor.

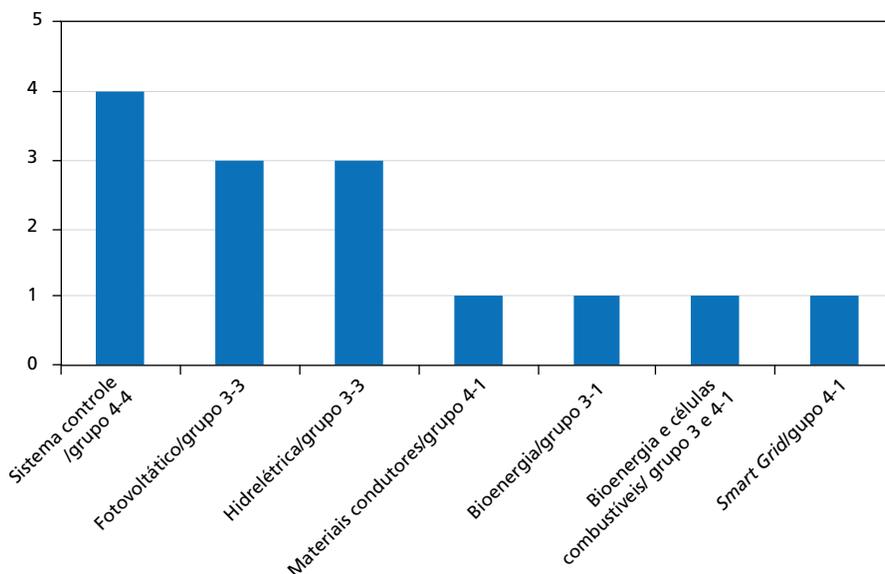
Chama atenção que um número significativo de projetos, metade do total considerados de fronteira, estão localizados no grupo 3 (energia renovável). Assim como mais de 40% dos projetos de fronteira estão no grupo 4 (interface e complementares). Desse modo, nenhum projeto dos grupos 1 e 2 foi localizado, o que causa surpresa dada a abundância de matéria-prima disponível no país para a atuação do grupo 1. Para o grupo 2, apesar da sinalização clara do Estado pela retomada do programa energético nuclear, não se esperariam projetos do programa de P&D regulado pela Aneel, visto que a única empresa atuando com energia nuclear no setor elétrico não é obrigada a participar do programa.

9. Os procedimentos detalhados de amostragem estão indicados no anexo 2 deste livro e a amostra de 79 projetos forma o anexo 3.

10. Ver Cabello e Pompermayer (2011).

Ainda nos projetos localizados na fronteira, ao desagregarmos as tecnologias dos grupos podemos observar maior concentração nos projetos de sistema e controle – quatro projetos (pouco menos de 30% dos projetos de fronteira) –, seguidos de fotovoltaicos – três projetos (pouco mais de 20% dos projetos de fronteira) – e hidrelétrica – também três projetos e o restante com somente um projeto financiado (gráfico 2).

GRÁFICO 2

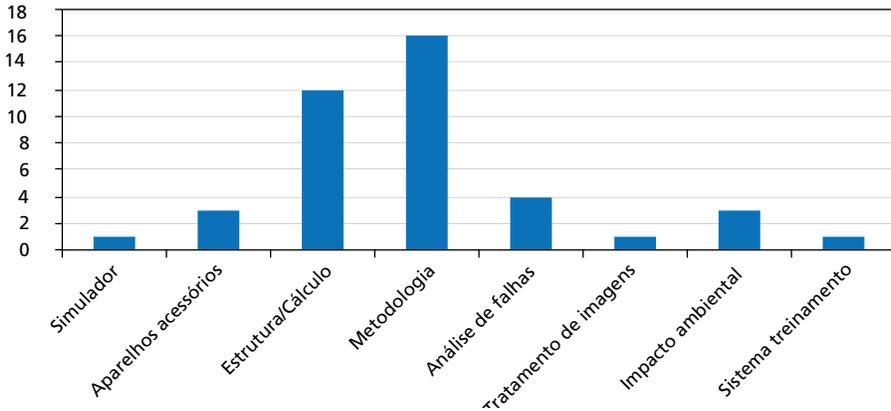
**Projetos de P&D aprovados pela Aneel e classificados nos grupos 1, 2, 3 e 4**

Fonte: Aneel.  
Elaboração do autor.

Por outro lado, ao considerarmos o resíduo dos projetos, aqui classificado no grupo “outros”, podemos localizar um número significativo de atividade de P&D em áreas como: estrutura/cálculo e materiais, aparelhos e acessórios, análise de falhas, metodologia, entre outras, conforme podemos verificar no gráfico 3.

GRÁFICO 3

Projetos de P&amp;D aprovados pela Aneel e classificados como outros



Fonte: Aneel.  
Elaboração do autor.

Dos projetos aprovados nesse grupo, outros, é significativo os de ação de desenvolvimento de metodologias (pouco menos de 30%) e os projetos relacionados com estrutura/cálculo e materiais (pouco mais de 20%).

## 6 CONCLUSÕES

É possível afirmar a existência, no Brasil, de um marco institucional favorável ao desenvolvimento tecnológico e à inovação, para o setor elétrico, por meio da Lei nº 9.991/2000, que regulamenta e induz a atividade tecnológica. Ao mesmo tempo, podemos também observar a existência de um sistema de inovação bem estruturado a partir do mapeamento do SSI. Entretanto, não existe uma clara convergência de ações entre o sistema de inovação e seu marco institucional. A pouca aderência dos projetos financiados pelo programa de P&D regulado pela Aneel ao SSI sinaliza este problema. Quanto às tecnologias financiadas pela amostra selecionada, chama atenção que dos 14 projetos somente três sejam classificados como tecnologia hidrelétrica. Afinal, deve-se considerar a forte característica da matriz energética brasileira que é bastante dependente da energia hidrelétrica. Também se destaca a ausência de projetos dos outros grupos: grupo 1 (energia fóssil) e grupo 2 (energia nuclear). Mesmo nos grupos selecionados em que os projetos são enquadrados – grupo 3 (energia renovável) e grupo 4 (interface e complementares) –, os números de tecnologias não consideradas é significativo, visto que não foi observado, na amostra, nenhum projeto para as tecnologias energia eólica e energia das mares. Mesmo para outras tecnologias importantes, como *Smart Grid* e células combustíveis, o número de projetos é bastante reduzido.

É significativo o fato de existir uma forte capacidade instalada no SSI, com destaque para o Cepel, com seu complexo de 30 laboratórios, e a não aderência dos projetos do programa de P&D regulado pela Aneel a este complexo. Também não se deve desconsiderar a dinâmica inovativa deste setor, de tecnologia madura, em que dois pontos importantes devem ser considerados: *i*) a estrutura de mercado fortemente concentrada, o que acaba por inibir a tomada de riscos inerentes ao processo de desenvolvimento tecnológico e inovativo; e *ii*) as características da dinâmica de inovação fortemente concentrada nos fornecedores de equipamentos e sistemas elétricos.

De todo modo, os resultados implicam uma reflexão sobre a efetividade do programa de P&D regulado pela Aneel como mecanismo de desenvolvimento tecnológico. Não cabe aqui questionar a pertinência do programa, de importância inequívoca, mas sim considerar uma readequação de algumas linhas de atuação dele. Nesse sentido propõem-se duas sugestões de perfis complementares:

1. *Indução de maiores ações de pesquisa organizadas em redes de cooperação* que considerem também e/ou complementem a capacidade instalada pelos atores do SSI.
2. *Criação, no âmbito da Aneel, de um observatório de inovação tecnológica*, cujo papel seria o de buscar, e ordenar, informações sobre pesquisas em desenvolvimento no SSI. Esse observatório poderia sinalizar para as empresas, inclusive fornecedores de equipamentos e sistemas, quais os parceiros em potencial e quais as capacidades tecnológicas instaladas para o desenvolvimento de projetos de P&D.

A primeira proposta possui um potencial de viabilização mais ágil, visto que esta indução poderia ser feita por meio de ajustes no programa. A segunda, de perfil mais estruturante, necessita de um período maior para sua viabilização. Em parte ela poderia ser organizada, também, por meio de redes de cooperação e financiada pelo próprio programa de P&D regulado pela Aneel. Esse desenho de cooperação deveria considerar uma relação entre a Aneel, universidades e institutos de pesquisa, atuando no sentido de servir como “repositório” de informações sobre as tendências e potencialidades tecnológicas instaladas no SSI.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Manual para Elaboração de Programas de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro**. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008a.

\_\_\_\_\_. **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília, 2008b.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Resenha energética brasileira: Exercício 2009**. Brasília, 2010. Versão preliminar.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia (MME). **Resenha energética brasileira: Exercício 2010**. Brasília, 2011. Versão preliminar.

CABELLO; A. F.; POMPERMAYER, F. M. Impactos qualitativos do programa de P&D regulado pela Aneel. *In*: POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CALVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel**. Brasília: Ipea, 2011.

CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia**. Brasília, 2002.

CENTRO DE PESQUISA EM ENERGIA ELETRICA (CEPEL). Disponível em <<http://www.cepel.br>>. Acesso em: 28 jul. 2011.

CLEANTECH ENERGY PATENT LANDSCAPE (CEPL). Chicago, Estados Unidos: **Foley & Lardner LLP**, 2010.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS (FINEP). **Relatório de gestão FINEP 2007**. Brasília, 2008.

FREEMAN, C. **The economics of industrial innovation**. London: Frances Pinter, 1982.

GUEDES, C. F. B. **Políticas públicas de estímulo à P&D: uma avaliação dos resultados do programa regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Administração, Brasília, 2010. 119 f.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Disponível em: <<http://www.inpi.gov>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

LALL, S. Las Capacitates Tecnológicas. *In*: SALOMON, J.; SAGASTI, F.; SACHS, C. (Org.). **Una Búsqueda Incierta**. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1992.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 247-264, 2002.

\_\_\_\_\_. **Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

MALERBA, F.; MANI, S. **Sectoral Systems of Innovation and Production in Developing Countries**. London, UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2009.

MARQUES, R. A.; OLIVEIRA, L. G. Sectoral system of innovation in Brazil: reflections about the accumulation in the aeronautic sector (1990-2002). *In*: MALERBA, F.; MANI, S. (Org.). **Sectoral Systems of Innovation and Production in Developing Countries: actors, structure and evolution**. 1. ed. Cheltenham: Edward Elgar, 2009. p. 194-256.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas: Editora UNICAMP, 2005. Tradução de Cláudia Heller.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Manufacturing performance: a scoreboard of indicators**. Paris, 1994.

\_\_\_\_\_. **Manual Frascati: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development**. Paris, 2002.

\_\_\_\_\_. **Science, Technology and Industry Scoreboard**. Paris, 2005.

\_\_\_\_\_. **Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050**. Paris: International Energy Agency, 2006.

PAVITT K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, p. 343-373, 1984.

PENROSE, E. **A teoria do crescimento da firma**. Campinas: Editora UNICAMP, 2006.

POMPERMAYER, F. M. *et al.* Rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela Aneel: abrangência e características. *In*: POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel**. Brasília: Ipea, 2011.

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa preta**. Campinas: Editora UNICAMP, 2006.

SOARES, V. R. **Mudanças institucional e organizacional no setor elétrico brasileiro frente as tendências da dinâmica tecnológica**. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, FEM, nov. 1997.



## IMPACTOS ECONÔMICOS E TECNOLÓGICOS DO PROGRAMA DE P&D REGULADO PELA ANEEL\*

Calebe de Oliveira Figueiredo\*\*  
Gustavo Varela Alvarenga\*\*  
Luiz Ricardo Cavalcante\*\*\*

### RESUMO

O objetivo deste capítulo é analisar os impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa de pesquisa e desenvolvimento (P&D) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nos indicadores de desempenho das empresas e dos recursos humanos envolvidos nos projetos que o compõem. Este objetivo geral foi desdobrado em dois específicos: *i*) verificar se as empresas que mantêm relações com agentes do setor elétrico como fornecedores e prestadores de serviços apresentam desempenho econômico e tecnológico superior ao daquelas que não participam do programa; e *ii*) verificar se os recursos humanos envolvidos nos projetos apoiados com recursos do programa apresentaram indicadores de produção científica e tecnológica superiores ao das pessoas que não participaram do programa. As variáveis escolhidas para a avaliação dos impactos sobre as empresas foram: *i*) o pessoal ocupado total (PO); e *ii*) o pessoal ocupado técnico-científico (PoTec). No caso dos recursos humanos, as variáveis de referência foram: *i*) a publicação de artigos e capítulos de livros; e *ii*) a obtenção de registros de patentes. Após a aplicação de métodos apoiados em escores de propensão, verificou-se que o programa não teve, de uma forma geral, impactos significativos no pessoal ocupado total, no pessoal ocupado técnico-científico e nas taxas de crescimento destas variáveis nas empresas que se envolveram nos projetos. Com relação aos recursos humanos, os resultados demonstraram que o programa contribuiu para o emparelhamento da produção científica dos pesquisadores envolvidos com a daqueles cuja produção no período anterior ao programa era superior. No que diz respeito à produção tecnológica, foi possível concluir que há uma diferença estatisticamente significativa em favor dos recursos humanos envolvidos com o programa de P&D regulado pela Aneel. Esta diferença, contudo, tende a se reduzir entre os períodos anteriores e posteriores à adesão ao programa. Assim, os resultados referentes aos impactos do programa sobre os recursos humanos envolvidos indicam convergência da produção científica e um diferencial decrescente da produção tecnológica.

---

\* Os autores agradecem a Fabiano Mezadre Pompermyer pelos comentários e pelas sugestões e a Luísa Martins Fernandes pela coleta e sistematização de dados, sem, naturalmente, responsabilizá-los por eventuais erros e omissões nos resultados e nas conclusões aqui expressas. Agradecem ainda à Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética da Aneel pelo apoio na coleta e interpretação dos dados.

\*\* Pesquisador do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional(PNPD) da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

\*\*\* Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

## 1 INTRODUÇÃO

O plano de trabalho estabelecido no âmbito da parceria entre a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e o Ipea para avaliar a efetividade do programa de P&D regulado por essa agência prevê a análise dos impactos econômicos e tecnológicos do programa sobre as empresas e os recursos humanos participantes (DE NEGRI *et al.*, 2010). A análise quantitativa destes impactos é uma dimensão essencial da avaliação do programa, na medida em que vai além da percepção dos gerentes de P&D e dos coordenadores de pesquisa ao apoiar-se em dados estatísticos obtidos, por exemplo, na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). Nesse sentido, trata-se de um trabalho cujos resultados são complementares à análise de caráter qualitativo apresentada por Cabello e Pompermayer (2011).

Assim, o objetivo deste capítulo é analisar os impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa sobre os indicadores objetivos de desempenho das empresas e recursos humanos envolvidos nos projetos. Essencialmente, procura-se verificar: *i*) se as empresas que mantêm relações com agentes do setor elétrico, como fornecedores e prestadores de serviços, apresentam um desempenho econômico e tecnológico superior ao daquelas que não participam do programa; e *ii*) se os recursos humanos envolvidos nos projetos apoiados com recursos do programa apresentaram indicadores de produção científica e tecnológica superiores aos das pessoas que não participaram do programa.

Deve-se observar que não se avaliou, neste capítulo, o impacto do programa sobre as instituições envolvidas. A opção por não avaliar os impactos objetivos do programa sobre as instituições decorre da impossibilidade de se destacar, de universidades que atuam em diversas áreas do conhecimento, aquelas que seriam afetadas pelo programa. Assim, não há sentido em se avaliar, por exemplo, os impactos do programa sobre a Universidade de São Paulo (USP) pois, nesse caso, seria preciso restringir a análise aos departamentos envolvidos. Como esse tipo de análise é virtualmente impossível, optou-se por analisar o impacto qualitativo no quarto capítulo deste livro (CABELLO; POMPERMAYER, 2011). Da mesma forma, não se avaliaram, neste documento, os impactos sobre os agentes, uma vez que sua participação compulsória no programa impede a identificação de contrafactuais cuja comparação com os envolvidos no programa permitiria a avaliação de seus impactos. Assim, os impactos sobre os agentes são também objeto de análise do quarto capítulo.

Este capítulo está estruturado em quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, discutem-se os fundamentos teóricos e conceituais que orientam a

análise. Em seguida, na seção 3, os procedimentos metodológicos adotados são apresentados. Os resultados da análise são discutidos na seção 4. Finalmente, na seção 5, as principais conclusões do trabalho são salientadas.

## 2 FUNDAMENTOS

Conforme explicitado na seção precedente, a hipótese central deste trabalho é que empresas, instituições e recursos humanos que mantêm relações com empresas apoiadas por políticas públicas de inovação teriam seu desempenho positivamente afetado. Trata-se, essencialmente de aferir, de forma quantitativa, os eventuais transbordamentos do programa para os demais atores envolvidos, além dos agentes. Nesta seção, reúnem-se elementos disponíveis na literatura sobre estas questões, visando amparar a definição da metodologia de análise e a discussão dos resultados deste capítulo.

Como regra geral, os transbordamentos das políticas de inovação para o conjunto da sociedade são usualmente *taken for granted*, embora sejam raramente demonstrados. São estes transbordamentos que justificariam a alocação de recursos públicos em agentes privados. Nos termos de Aschhoff (2009),

As características de bem público das atividades de P&D geram externalidades positivas porque o conhecimento não pode ser plenamente apropriado pelas empresas que executam estas atividades e transborda para outras empresas. Isto aumenta os retornos sociais, mas reduz os retornos privados. Assim, os incentivos para que as empresas executem as atividades de P&D que seriam desejáveis sob o ponto de vista do bem-estar são muito reduzidos (tradução livre).

Essa mesma percepção é subjacente ao chamado modelo sistêmico de inovação (VIOTTI; MACEDO, 2003; VIOTTI, 2008). Opostamente ao modelo linear, que admite que o processo de inovação ocorreria por etapas sucessivas em sequência natural das atividades de pesquisa básica e aplicada para o desenvolvimento experimental e, em seguida, para a produção e comercialização, o modelo sistêmico enfatiza a influência simultânea de fatores organizacionais, institucionais e econômicos nos processos de geração, difusão e uso da ciência e da tecnologia.

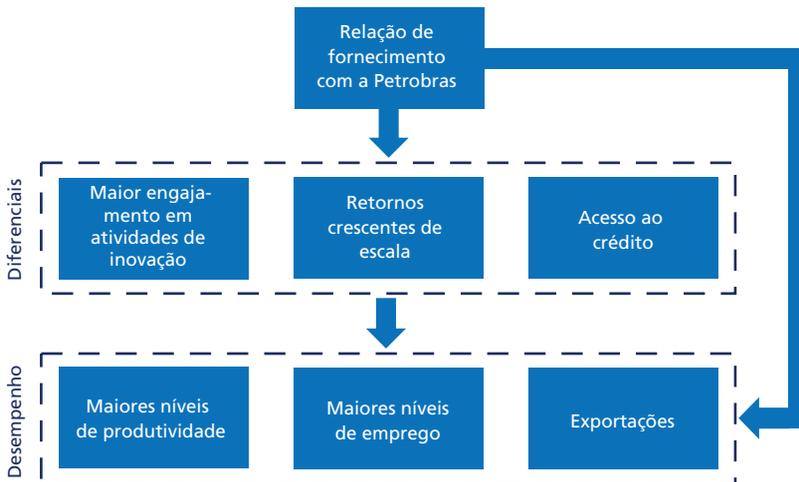
Da mesma forma, o conceito de sistema nacional de inovação (SNI) tem sido largamente utilizado para interpretar os fenômenos de geração e difusão de inovações em diferentes contextos institucionais (NELSON, 1993). Trata-se, essencialmente, de uma rede de instituições públicas e privadas cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem tecnologias. A opção pelo uso desta categoria de análise é uma decorrência da ênfase atribuída à natureza institucional do processo de inovação. Dessa forma, as formulações teóricas que se apoiam no conceito de SNI reconhecem a forte influência de aspectos sociais,

históricos e culturais na definição dos padrões tecnológicos de um país. Este conceito tem sido estendido também ao contexto regional, dando origem ao chamado sistema regional de inovação (SRI). Uma outra extensão deste conceito foi proposta por Malerba (2005), que argumenta que a taxa e a natureza da inovação diferem significativamente entre os setores econômicos. Esta proposição o leva a propor o conceito de sistema setorial de inovação (SSI) com o qual busca compreender o caráter idiossincrático que aspectos como *i)* conhecimento; *ii)* atores e redes; e *iii)* instituições adquirem quando se fazem comparações intersetoriais.

O denominador comum dessas análises é o papel de destaque atribuído às interações entre as várias instituições envolvidas no processo de inovação. Contudo, não se definem, *a priori*, relações de causalidade passíveis de testes econométricos. Com efeito, discussões desta natureza tendem a ter um caráter mais analítico e descritivo, mas dificilmente buscam verificar, de maneira quantitativa, se o engajamento em redes de inovação traz benefícios estatisticamente significativos.

Uma exceção que pode servir de referência para a análise desenvolvida neste capítulo é o estudo do Ipea no qual se buscou estimar o impacto das atividades da Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) sobre o desenvolvimento produtivo e tecnológico dos seus fornecedores no Brasil (DE NEGRI *et al.*, 2010). Usando técnicas estatísticas sofisticadas – que visam, por exemplo, eliminar o viés de seleção – avaliaram-se os possíveis impactos da Petrobras sobre a produtividade, o emprego e as exportações de seus fornecedores (figura 1).

FIGURA 1  
Impactos da relação de fornecimento com a Petrobras



Fonte: De Negri *et al.* (2010).

Na figura, evidencia-se que os fornecedores da Petrobras têm diferenciais que os habilitariam a alcançar um melhor desempenho. Estes diferenciais envolvem: maior engajamento em atividades de inovação, obtenção de retornos crescentes de escala e mais acesso ao crédito. O desempenho, por sua vez, envolve maiores níveis de produtividade e de emprego e a melhoria da performance exportadora das empresas que estabelecem uma relação de fornecimento com a Petrobras. No trabalho mencionado, estes impactos foram avaliados de forma quantitativa aplicando-se técnicas que permitem a comparação de pares de empresas virtualmente idênticas, exceto pelo fato de que uma delas estabeleceu relação de fornecimento para a Petrobras e a outra não (DE NEGRI *et al.*, 2010).

No caso relatado no parágrafo anterior, porém, os requisitos para se tornar fornecedor da empresa justificam a formulação das hipóteses sobre, por exemplo, seu maior engajamento em atividades de inovação. Com efeito, empresas que fornecem para a Petrobras precisam passar por um processo de ajuste produtivo e de qualidade para poderem participar das licitações da companhia. Somente aquelas que dispõem do Certificado de Registro de Classificação Cadastral (CRCC) são consideradas habilitadas a participar das licitações. A obtenção deste certificado, por sua vez, está condicionada ao cumprimento de exigências em critérios técnicos, econômicos, legais, de saúde, meio ambiente e segurança (SMS) e gerenciais. Dessa forma, os fornecedores da Petrobras passariam por um processo de ajuste produtivo e de qualidade que os tornaria mais engajados em atividades de inovação. Opostamente, no caso da avaliação dos impactos do programa de P&D regulado pela Aneel, não há exigências, *a priori*, para o engajamento de empresas e recursos humanos. A imposição de requisitos pode ocorrer no âmbito de cada projeto em particular, mas não é uma condição para a definição da rede de pesquisa formada. A ausência de requisitos para que empresas e recursos humanos participem do programa permite supor que seus impactos tenderiam a ser proporcionalmente menores.

### 3 METODOLOGIA

Uma vez que o objetivo central deste capítulo é avaliar os impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa sobre os indicadores de desempenho das empresas e sobre os recursos humanos envolvidos nos projetos, descrevem-se, nesta seção, os procedimentos metodológicos usados para esta avaliação. Buscando empregar os métodos descritos na seção anterior – que eliminam o viés de seleção tipicamente observado na avaliação de políticas públicas de inovação –, descrevem-se os procedimentos adotados na avaliação dos impactos econômicos e tecnológicos do programa sobre empresas e dos impactos nos indicadores de produção científica e tecnológica dos recursos humanos envolvidos no programa. A apresentação dos procedimentos metodológicos foi segmentada em duas subseções. Inicialmente, na

subseção 3.1, descrevem-se os procedimentos adotados para a definição das bases de dados – de empresas e recursos humanos – empregados nas análises. Em seguida, na subseção 3.2, indicam-se os procedimentos de modelagem e análise dos dados.

### 3.1 Definição das Bases de Dados

#### 3.1.1 Definição das bases de dados de empresas

De acordo com Pompermayer *et al.* (2011), as empresas envolvidas com o programa de P&D regulado pela Aneel correspondem, em geral, a fornecedores de equipamentos e de *softwares* e a empresas de consultoria. Ao analisarem a abrangência e as características da rede de pesquisa formada pelo programa, estes autores constataram que 288 empresas envolveram-se nos projetos. Do total de aproximadamente 2,4 mil projetos que mobilizaram R\$ 1,42 bilhões, estas empresas estiveram presentes em 624 deles cujo valor total alcançou R\$ 407 milhões. Nestas empresas, os autores verificaram a presença de fornecedores de equipamentos elétricos, de material elétrico e de equipamentos consumidores de eletricidade – fornecedores típicos do setor elétrico. Esse subgrupo corresponde às empresas fornecedoras diretas dos agentes ou ligadas a programas de eficiência energética (quadro 1).

#### QUADRO 1

##### Setores CNAE<sup>1</sup> de empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica

Código CNAE	Descrição
27104	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos
27317	Fabricação de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica
27325	Fabricação de material elétrico para instalações em circuito de consumo
27333	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados
27406	Fabricação de lâmpadas e outros equipamentos de iluminação
27511	Fabricação de fogões, refrigeradores e máquinas de lavar e secar para uso doméstico
27597	Fabricação de aparelhos eletrodomésticos não especificados anteriormente
27902	Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente
28232	Fabricação de máquinas e aparelhos de refrigeração e ventilação para uso industrial e comercial
28241	Fabricação de aparelhos e equipamentos de ar-condicionado
42219	Obras para geração e distribuição de energia elétrica e para telecomunicações

Fonte: Pompermayer *et al.* (2011).

Nota: <sup>1</sup> Classificação Nacional de Atividades Econômicas.

No conjunto das 288 empresas que se envolveram com o programa, 201 foram identificadas na Rais. Para analisar os impactos do programa de P&D regulado pela Aneel nas empresas, foram selecionadas 129 empresas que participaram do programa e declararam Rais pelo menos três vezes no período 2001-2007.

Com isso, foi possível estimar modelos em painel desbalanceado, que necessitam de pelo menos duas observações ao longo do tempo. Para o grupo de controle, foram selecionadas empresas que nunca participaram do projeto, mas fazem parte do mesmo conjunto de atividades econômicas das empresas que participaram.

Assim, as informações das empresas selecionadas foram condensadas em um painel desbalanceado. O termo “desbalanceado” significa, aqui, que nem todas as empresas – dos grupos de tratamento e de controle – aparecem em todos os anos na Rais ao longo dos seis períodos de tempo entre 2002 e 2007. O desbalanceamento é uma fonte de informação adicional, uma vez que o eventual desaparecimento de uma empresa da base traz informações a respeito de suas características intrínsecas. Mais especificamente, uma empresa pode deixar de aparecer na base da Rais por diversos motivos, como ambiente de negócios desfavorável, entrada de um novo concorrente no mercado e capacidade de gestão dos seus administradores, entre outros.

Em linha com a literatura econométrica de avaliação, para estimar o impacto do programa nas empresas, utilizou-se o pessoal ocupado total (PO) como uma *proxy* do porte das empresas. Para avaliar o impacto do programa nos esforços tecnológicos, utilizou-se, como *proxy*, o pessoal ocupado técnico-científico (PoTec), uma vez que esta variável possui alta correlação com os gastos empresariais em P&D (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009). Estas variáveis são tipicamente assimétricas e, por isso, foi calculado o logaritmo para minimizar este efeito. Além do PO e do PoTec, estimaram-se, também, os impactos do programa nas taxas de crescimento destas variáveis. Dessa forma, nos modelos em painel estimados, as variáveis empregadas foram:

- PO expresso em sua forma logarítmica (*lpo*);
- PoTec expresso também em sua forma logarítmica (*lpotec*);
- taxa de crescimento do pessoal ocupado total (*txcresc*); e
- taxa de crescimento do pessoal ocupado técnico-científico (*txcresc\_tec*).

Além do pessoal ocupado total e do pessoal ocupado técnico-científico, cogitou-se, também, a avaliação dos impactos do programa sobre o valor das exportações de média ou alta intensidade tecnológica. Entretanto, como no conjunto das 129 empresas utilizadas na modelagem, apenas 46 exportaram produtos de média ou alta intensidade tecnológica pelo menos uma vez em todo o período, os procedimentos econométricos de análise seriam comprometidos. Isso ocorre porque grande parte das observações tem valores limitados em zero, e um dos pressupostos da modelagem utilizada é a normalidade da variável resposta. Diante disso, optou-se por não analisar essa variável neste capítulo.<sup>1</sup>

---

1. Ainda assim, mesmo negligenciando o pressuposto da normalidade, o efeito do programa sobre essa variável não foi significativo em análises de caráter preliminar feitas pelos autores.

Conforme será descrito na subseção 3.2.1, a análise dos impactos deve considerar que existe, *a priori*, um conjunto de características das empresas que determinam sua probabilidade de se envolver em projetos de pesquisa no âmbito do programa de P&D regulado pela Aneel. Assim, a propensão a engajar-se nestes projetos pode estar relacionada a características da própria empresa – por exemplo, o porte empresarial – e de seu corpo de funcionários – por exemplo, seu nível de escolaridade. Neste capítulo, foram considerados os seguintes fatores entre 2002 e 2007:

- porte empresarial, aferido pelo PO, expresso em sua forma logarítmica ( $lpo$ );
- esforços tecnológicos, cuja *proxy* foi o PoTec, expresso também em sua forma logarítmica ( $lpotec$ );
- escolaridade média – média dos anos de estudo dos funcionários da empresa; e
- renda média dos funcionários em forma logarítmica ( $lrenda$ ) e seu termo quadrático  $lrenda^2$ . A inclusão deste termo visa capturar eventuais inflexões do escore de propensão em função da renda.

O modelo utilizado para avaliar o impacto foi controlado pelo logaritmo do salário médio da firma (em nível e ao quadrado), tempo de estudo médio do pessoal ocupado (em anos), proporção de trabalhadores com terceiro grau completo, idade da firma e logaritmo do valor exportado.

### 3.1.2 Definição das bases de dados de recursos humanos

Para a definição da base de dados de recursos humanos, partiu-se da base de dados da Aneel com informações de 8.724 pesquisadores que se envolveram em algum projeto. Desta lista, 2.958 pessoas foram localizadas, por meio do nome, na base de dados *Lattes* do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Esta base de dados condensa informações como sexo, curso e nível de formação de todas as pessoas cadastradas. Como nela há repetições para um mesmo pesquisador – por exemplo, nas circunstâncias em que este tem graduação, mestrado e doutorado – e em linha com a base de dados de empresas, que utiliza dados até 2007, utilizou-se o maior título obtido até aquela data e foram excluídas as outras observações, chegando a 2.778 pessoas. Em seguida, foram coletadas informações anuais, na base de dados *Lattes/CNPq*, sobre: *i*) o número de artigos e capítulos de livros publicados – como *proxy* da produção científica; e *ii*) o número de patentes concedidas – como *proxy* da produção tecnológica.

Buscaram-se, então, na base de dados de projetos da Aneel, as datas de início e término dos projetos nos quais os pesquisadores se envolveram. A data de início correspondeu à data do primeiro projeto. Da mesma forma, a data final

corresponde à data de seu último projeto – podendo ser um projeto diferente do anterior.

Sendo o objetivo avaliar os impactos do programa, os pesquisadores que foram identificados tanto na base da Aneel quanto na base de dados *Lattes/CNPq* foram definidos como “tratados”. Para a definição do grupo controle, fez-se a seleção na base de dados *Lattes/CNPq*, daqueles que possuíam os mesmos cursos dos pesquisadores “tratados”. Sendo assim, a base final utilizada contém informações sobre 1.331.849 pesquisadores, dos quais 2.778 estiveram envolvidos em projetos da Aneel.

Analogamente ao procedimento adotado para calcular propensões para empresas, empregaram-se as seguintes variáveis de controle para calcular a probabilidade de envolvimento de pesquisadores com projetos apoiados no âmbito do programa regulado pela Aneel:

- nível de formação do pesquisador (graduação, mestrado, doutorado ou outros);
- experiência, cuja *proxy* foi a diferença entre o ano atual (2011) e o ano de obtenção do título mais recente; e
- gênero.

Uma variável adicional que poderia ser considerada é o curso de formação. Contudo, foram observadas muitas categorias de curso e isso tenderia a diminuir a significância na estimação. Além disso, como na montagem da base, colocou-se a restrição de que os pesquisadores “controle” deveriam ter os mesmos cursos dos pesquisadores “tratados”, optou-se por não incluir esta variável na estimativa dos escores de propensão.

Conforme explicitado anteriormente, para avaliar os impactos do programa sobre os pesquisadores, foram utilizadas duas variáveis de resultado:

- produção de artigos e capítulos de livros publicados; e
- concessão de patentes.

## 3.2 Modelagem e análise dos dados

### 3.2.1 Modelagem e análise dos dados – empresas

Para avaliar os impactos do Programa de P&D, foram comparadas empresas que mantêm relações com agentes do setor elétrico, como fornecedoras e/ou prestadoras de serviços – embora não necessariamente definidas como típicas do setor elétrico – com empresas que não participam do programa. Para aproveitar a disponibilidade de informações ao longo do tempo, foi realizada uma abordagem utilizando modelos em painel como forma de capturar efeitos intrínsecos da firma e da evolução temporal.

Conforme detalhado na subseção 3.1.1, há um número pequeno de empresas que tiveram acesso ao programa, enquanto há um número muito grande de empresas que não se envolveram em nenhum projeto no âmbito do programa regulado pela Aneel. Este desbalanceamento das amostras poderia causar os problemas típicos de mineração de dados, uma vez que o conjunto de dados é muito grande e as estimativas tenderiam a ser significativas meramente pelo tamanho da amostra, em detrimento da significância estatística. Para contornar este problema, foram feitas duas abordagens, cujos resultados são complementares.

Na primeira, foram utilizadas técnicas de reamostragem (*bootstrap*) para gerar estimativas mais consistentes. Foram selecionadas, na base inicial, 129 empresas que possuíam informações na Rais em pelo menos dois períodos entre 2002 e 2007 e que estavam presentes nesta base em 2001. Para definir seus contrafactuais, foram selecionadas aleatoriamente outras 129 empresas da Rais, no mesmo espaço de tempo e no mesmo conjunto de atividades econômicas (CNAEs) das empresas que participaram do programa. Este procedimento foi repetido 500 vezes (*bootstrap*), substituindo, a cada iteração, a amostra de empresas que não participaram do programa. Em cada iteração, 16 modelos em painel eram estimados. Esta quantidade justifica-se por conta da especificação dos modelos (*one-way* ou *two-way*), dos efeitos considerados (fixos ou aleatórios) e das quatro variáveis resposta utilizadas (definidas na subseção 3.1.1).

Na segunda abordagem, considerou-se que modelar o impacto da participação no programa sem controlar pelo viés de seleção poderia induzir a erros por não comparar apenas empresas comparáveis do ponto de vista de suas características exógenas. Como forma de contornar esse problema, foi utilizada a técnica de *propensity score matching*, a partir de informações das empresas em 2001.

Assim, conforme indicado na subseção 3.1.1, o modelo *logit* utilizado para calcular o escore de propensão possui a seguinte forma funcional:

$$\text{prob}(\text{trat}) = f(\text{lpo}, \text{lpotec}, \text{escolaridade}, \text{lrenda}, \text{lrenda}^2) \quad (1)$$

Após o pareamento das empresas, no lugar do procedimento típico do teste de diferenças de médias, optou-se por realizar a modelagem em painel para aproveitar as informações disponíveis. Na verdade, o teste  $t$  é um caso particular do painel com dois períodos no tempo; na metodologia utilizada neste capítulo, o painel é composto por seis períodos de tempo.

Para as duas abordagens, a metodologia em painel consistiu em estimar um modelo que considera as informações da empresa ao longo do tempo, e possui a seguinte forma:

$$y_{it} = \sum_{k=1}^K x_{itk} \beta_k + u_{it} \quad i=1, \dots, N \quad t=1, \dots, T \quad (2)$$

Em que  $y_{it}$  é a variável dependente que captura os impactos do programa;  $X$  é o vetor de variáveis que, acredita-se, impactam os resultados das empresas;  $\beta$  são seus coeficientes associados;  $N$  é o tamanho da amostra;  $T$  é a extensão da série temporal;  $K$  é o número de variáveis independentes exógenas; e  $u$  é o efeito intrínseco não observado. Para aferir a participação no programa, incluíram-se, entre as variáveis independentes exógenas, variáveis indicadoras para cada ano de participação. Com isso, os impactos do tratamento são diferenciados por ano. Trata-se de uma abordagem mais robusta do que aquela que considera apenas a participação ou não da empresa, pois as estimativas consideram as variações nos indicadores das empresas a cada ano de projeto, capturando efeitos que possam ter ocorrido em um ano específico e que tenham afetado todas as empresas de modo semelhante. Uma alternativa mais simples seria modelar o efeito do programa como constante em relação às empresas participantes e ao longo do tempo. Esta metodologia também possibilita questionamentos acerca da uniformidade dos efeitos do programa regulado pela Aneel ao longo do tempo. Mais especificamente, o programa pode ser mais eficiente em alguns anos isoladamente. O procedimento utilizado neste capítulo leva em consideração esta especificidade.

Os modelos em painel mais conhecidos são os de efeitos fixos e aleatórios. O termo “efeito fixo” indica que o efeito individual de cada empresa é um parâmetro a ser estimado, ao passo que o “efeito aleatório” é o nível de uma variável aleatória cujos parâmetros da distribuição de probabilidades subjacente são objeto de estimação. Do ponto de vista prático, o modelo de efeitos fixos é mais robusto porque não pressupõe que o efeito individual seja independente das variáveis de controle, em oposição ao modelo de efeitos aleatórios, cujo pressuposto mais restritivo é a independência (ortogonalidade) entre as covariáveis (variáveis explicativas) e o efeito individual.

Quando a especificação depende apenas do indivíduo, tal modelo é conhecido como *one-way* (um efeito). Esta especificação leva em consideração apenas o efeito individual de cada empresa. Além disso, este efeito é constante ao longo do tempo. Capacidade de gestão dos administradores, atividade econômica e cultura organizacional são exemplos de características individuais específicas que não se alteram ao longo do tempo. Nesse caso, é razoável assumir que estas características constantes ao longo do tempo são correlacionadas com o salário médio dos trabalhadores, tempo de estudo e idade da firma. Mais especificamente, espera-se que gestores mais capacitados tendam a contratar profissionais com formação acadêmica mais extensa, premiá-los com bons salários e, assim, fazer que a firma seja mais resistente à competição e permaneça por mais tempo no mercado. Quando há o interesse de estimar este efeito intrínseco à empresa, a especificação adequada é:

$$u_{it} = v_i + \epsilon_{it} \quad (3)$$

em que,  $v_i$  captura os efeitos individuais de cada firma e  $\epsilon_{it}$  é o erro do modelo.

Quando a especificação depende tanto do indivíduo ( $v_i$ ), quanto do período em que a observação se encontra ( $e_t$ ), o modelo é conhecido como *two-way* (dois efeitos). Dessa forma, o modelo de dois efeitos leva em consideração choques que impactaram todas as empresas da mesma forma em um período de tempo específico, sendo seu erro dado por:

$$u_{it} = v_i + e_t + \epsilon_{it} \quad (4)$$

Para qualquer caso, supõe-se que esse erro idiossincrático – de natureza puramente estocástica – possui média zero e matriz de covariância homoscedástica.

### 3.2.2 Modelagem e análise dos dados – recursos humanos

Para analisar o impacto da participação no programa da Aneel foi utilizado pareamento (*matching*) por escore de propensão com informações dos pesquisadores, conforme definido na subseção 3.1.2.

Para definir a probabilidade de determinado pesquisador ter participado no programa da Aneel, ajustou-se um modelo *probit* binário utilizando, como função de ligação, a função inversa da distribuição acumulada da normal.<sup>2</sup> Este modelo possui a seguinte especificação:

$$prob(trat) = f(\text{formação}, \text{experiência}, \text{experiência}^2, \text{gênero}) \quad (5)$$

Após o pareamento dos pesquisadores, para cada par foi definida uma variável período obtida a partir das datas de início e término do projeto em que cada pesquisador tratado se envolveu. As datas de início e término dos projetos definidas na subseção 3.1.2 foram transferidas para o grupo controle emparelhando os pesquisadores a partir do escore de propensão. Dessa forma, para determinado pesquisador tratado, suas datas de início e término foram transferidas para seu par no grupo de controle.

Para avaliar a produtividade dos recursos humanos que participaram do programa de P&D regulado pela Aneel, buscaram-se informações na base de dados *Lattes/CNPq* referentes à quantidade de artigos e capítulos de livros publicados e ao número de patentes concedidas ao pesquisador. Com estas informações, e a partir da variável período, definida anteriormente, a variável produtividade média foi computada como sendo a média de produção nos anos antes, durante e depois do engajamento do pesquisador em projetos apoiados pelo programa. Finalmente,

2. A opção pelo *probit*, nesse caso, ofereceu um ajuste superior ao obtido com o *logit*. Isto explica porque os modelos de pareamento de empresas e recursos humanos usaram formatos de funções diferentes.

após a definição dos pares e da produtividade média por período, aplicou-se um teste *t* pareado, com o objetivo de avaliar se os dois grupos possuíam produtividades diferentes nos três períodos.

## 4 RESULTADOS

Nesta seção, indicam-se os principais resultados das análises de impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa sobre os indicadores objetivos de desempenho das empresas e recursos humanos envolvidos nos projetos aplicando os métodos descritos na seção precedente. Destacam-se, inicialmente, os impactos econômicos e tecnológicos do programa sobre empresas envolvidas nos projetos (subseção 4.1). Em seguida (subseção 4.2), os impactos do programa nos indicadores de produção científica e tecnológica dos recursos humanos envolvidos são discutidos.

### 4.1 Empresas

No conjunto formado pelas 201 empresas identificadas na Rais, 129 aparecem nesta base em 2001 e, pelo menos, mais duas vezes ao longo do período 2002-2007. Essa restrição é necessária para possibilitar a estimação dos efeitos individuais das empresas descrita nas seções subsequentes. A tabela 1 mostra o número de empresas que estrearam na Rais em relação a sua estreia no Programa de P&D. Essa informação pode indicar alguns impactos do programa, na medida em que o fato de participar do programa e estar ausente da Rais – por exemplo, declarar Rais negativa – sugere que a empresa seria formada apenas por seus sócios-fundadores – atuando, como consultores em um projeto. O subsequente aparecimento da empresa na Rais pode sugerir que tenha havido a necessidade de contratar outras pessoas para a execução do projeto.

TABELA 1  
Número de empresas que estrearam na Rais em relação à estreia no programa Aneel

Estreia na Rais	Número de empresas
Dois anos antes do início do programa Aneel	17
Um ano antes do início do programa Aneel	11
No mesmo ano do início do programa Aneel	11
Um ano após iniciar o programa Aneel	5
Dois anos após iniciar o programa Aneel	4
Três anos após iniciar o programa Aneel	3

Fontes: Rais e Aneel.  
Elaboração dos autores.

Conforme indicado na tabela 1, das empresas que formam a base, 23 estrearam na Rais no ano de início do programa Aneel ou em até três anos após sua primeira participação. Estes dados sugerem que algumas empresas podem ter sido criadas exclusivamente para participar do programa. Analisando a última declaração das 129 empresas em estudo na Rais, pode-se verificar que 116 ocorreram em 2007, cinco em 2006 e oito nos anos anteriores.

A dinâmica do porte e do esforço tecnológico dessas empresas é estudada, em detalhes, por meio da análise de dados em painel. Esta ferramenta econométrica é amplamente utilizada em situações em que se objetiva compreender o comportamento de indivíduos ao longo do tempo, bem como características exógenas que os influenciam. Os modelos em painel utilizados foram os tradicionais de efeitos fixos e aleatórios. Estes modelos foram usados tanto na análise sem pareamento, como na análise com pareamento, utilizando técnicas de reamostragem para gerar estimativas mais consistentes. Trabalhou-se tanto com modelos de 1 (*one-way*) e 2 efeitos (*two-way*) e seus resultados podem ser vistos nas seções subsequentes.

#### 4.1.1 Resultado do painel sem escore de propensão

Conforme descrito na subseção 3.2, analisaram-se, inicialmente, os impactos do programa sobre as empresas envolvidas sem eliminar o viés de seleção tipicamente observado quando se avaliam políticas públicas de inovação. Para isso, foram estimados 16 modelos em painel. Os modelos resultam da combinação das quatro variáveis selecionadas (*lpo*, *lpotec*, *txcresc*, *txcresc\_tec*) com dois tipos de modelagem (efeitos fixos e efeitos aleatórios) especificados de duas maneiras (*one-way* e *two-way*). Os modelos foram estimados 500 vezes cada um por meio de reamostragens sucessivas do grupo de controle.

Os resultados relativos ao pessoal ocupado total estão indicados na tabela 2 a seguir.

TABELA 2  
Pessoal ocupado total – sem pareamento

	Efeito fixo ( <i>one-way</i> )	Efeito fixo ( <i>two-way</i> )	Efeito aleatório ( <i>one-way</i> )	Efeito aleatório ( <i>two-way</i> )
2002	0,103*	0,071*	0,155*	0,099*
2003	0,117*	0,080*	0,147*	0,117*
2004	-0,026	-0,038	-0,036*	-0,022
2005	0,047*	0,023	0,046*	0,039*
2006	0,004	0,016	0,033	0,021
2007	0,013	0,028	-0,073*	0,016

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Os resultados indicados na tabela 2 mostram que as empresas que participaram do programa tiveram maior impacto do programa em seu PO em 2002 e 2003 – os dados marcados com asterisco indicam, na tabela 2 e nas tabelas subsequentes, coeficientes significantes a 5%. Assim, os primeiros anos do programa tiveram efeitos positivos no tamanho da empresa, embora esses efeitos se restrinjam a 2002 e 2003. Deve-se notar, ainda, que os valores ora são maiores que zero, ora são menores, e não permitem inferir que há um padrão ou regularidade nas estimativas. As variações tanto no sinal, como na magnitude dos impactos marginais não permitem afirmar de forma categórica que o programa é efetivo sob a ótica do porte da empresa. Nesse sentido, após 2003, o tamanho das firmas não foi sensível, na média, ao programa de P&D regulado pela Aneel.

A tabela 3 mostra os resultados relativos aos esforços tecnológicos.

TABELA 3  
Pessoal ocupado técnico-científico – sem pareamento

	Efeito fixo ( <i>one-way</i> )	Efeito fixo ( <i>two-way</i> )	Efeito aleatório ( <i>one-way</i> )	Efeito aleatório ( <i>two-way</i> )
2002	0,052*	0,043*	0,097*	0,090*
2003	-0,033*	-0,002	-0,020*	-0,012
2004	-0,062*	-0,058*	-0,067*	-0,061*
2005	-0,072*	-0,047*	-0,079*	-0,070*
2006	-0,142*	-0,139*	-0,158*	-0,145*
2007	0,013	-0,026	-0,045*	-0,042

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Os resultados em relação aos esforços tecnológicos marcados na tabela (isto é, significantes a 5%), diferentemente daqueles obtidos para o tamanho da firma, indicaram que, em 2002, o impacto foi significativo e positivo, ao passo que, após 2003, foi negativo e significativo. Em 2007, o programa não teve efeito. Assim, se as comparações são feitas sem usar escores de propensão, pode-se afirmar que o impacto do programa sobre os esforços tecnológicos foi predominantemente negativo.

Os resultados relativos à taxa de crescimento do pessoal ocupado estão indicados na tabela 4.

TABELA 4  
Taxa de crescimento do pessoal ocupado – sem pareamento

	Efeito fixo (one-way)	Efeito fixo (two-way)	Efeito aleatório (one-way)	Efeito aleatório (two-way)
2002	-0,015	-0,069*	-0,066*	-0,050
2003	-0,118*	-0,073	-0,144*	-0,094*
2004	-0,060	-0,028	-0,079*	-0,059*
2005	0,092*	0,090*	0,081*	0,083*
2006	-0,037*	-0,055*	-0,038*	-0,078*
2007	0,157*	0,172*	0,204*	0,155*

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Pode-se observar que a magnitude dos efeitos marginais em cada ano, em relação à taxa de crescimento da firma, é bastante diferente das outras situações. Uma possível explicação para essa particularidade é que as empresas envolvidas são pequenas ou médias e, por isso, um pequeno acréscimo no pessoal ocupado representa um incremento percentual bastante relevante. Em relação ao efeito marginal do programa, predominaram efeitos negativos. De todo modo, vale ressaltar que, em 2007, o impacto do programa foi atipicamente positivo.

Os resultados para os efeitos do programas na taxa de crescimento do pessoal ocupado técnico-científico estão indicados na tabela 5.

TABELA 5  
Taxa de crescimento do pessoal ocupado técnico-científico – sem pareamento

	Efeito fixo (one-way)	Efeito fixo (two-way)	Efeito aleatório (one-way)	Efeito aleatório (two-way)
2002	0,086*	0,045*	0,020	0,036
2003	-0,099*	-0,046*	-0,101*	-0,091*
2004	-0,033*	-0,013	-0,095*	-0,072*
2005	-0,129	-0,119*	-0,097*	-0,106*
2006	-0,206	-0,232*	-0,204*	-0,215*
2007	0,128	0,124*	0,124*	0,123*

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Em relação ao crescimento do pessoal técnico-científico ocupado, nota-se que os efeitos do programa seguem uma estrutura semelhante à da tabela 3, uma vez que os efeitos positivos podem ser verificados no início e no fim do programa,

enquanto o período intermediário é marcado por efeitos negativos e, em sua maioria, significativos.

De modo geral, os efeitos do programa não foram sistemáticos – tanto positivos quanto negativos – em nenhuma das características das firmas avaliadas. Não há evidências, portanto, de impactos positivos do programa no tamanho da firma e em seu esforço tecnológico. Com relação às taxas de crescimento do pessoal ocupado e do pessoal ocupado técnico-científico, predominaram efeitos negativos, embora a existência de efeitos positivos em alguns anos revele que o programa tem impactos ambíguos sobre estas taxas. De qualquer forma, esta avaliação foi realizada sem o pareamento das empresas, em que os resultados apresentados podem ser afetados pelo viés de seleção do programa regulado pela Aneel.

#### 4.1.2 Resultado do painel com escore de propensão

Para o pareamento, foram consideradas 124 empresas em cada grupo, dado que cinco empresas tratadas não encontraram par. Conforme indicado na subseção 3.2.1, o modelo *logit* utilizado para calcular o escore de propensão possui a seguinte forma funcional:

$$prob(trat) = f(lpo, lpotec, escolaridade, lrenda, lrenda^2) \quad (6)$$

Conforme indicado na tabela 6, o resultado do pareamento foi bastante satisfatório, mesmo considerando que o único corte foi pessoal ocupado total maior do que zero ( $PO > 0$ ). O valor  $p$  do teste de Hosmer-Lemeshow foi 0,46, indicando um ajuste satisfatório do modelo – este resultado ocorre para qualquer valor  $p$  maior do que 0,05. Caso se impusesse  $PO > 3$ , o valor  $p$  do mesmo teste seria superior a 0,80. Além disso, todas as variáveis e suas interações foram significativas a 0,1%.

TABELA 6  
Hosmer and Lemeshow Goodness-of-Fit Test

Chi-Square	Graus de liberdade	$p > \text{ChiSq}$
7,6792	8	0,4654

Fontes: Aneel e Rais.  
Elaboração dos autores.

Corroborando esses resultados, pode-se observar, na tabela 7, que os testes  $t$  mostram que não há diferenças nos valores médios das variáveis pessoal ocupado total, renda média e tempo de estudo médio dos empregados dos dois grupos, independentemente dos métodos utilizados (*pooled* ou *satterthwaite*) e do comportamento de suas variâncias.

TABELA 7  
**Comparações de médias dos dois grupos**

Variável	Método	Variâncias	Valor <i>t</i>	<i>p</i> >   <i>t</i>
PO	Pooled	Equal	-0.81	0.4172
PO	Satterthwaite	Unequal	-0.81	0.4173
REN_MEDIA_Me	Pooled	Equal	0.64	0.5233
REN_MEDIA_Me	Satterthwaite	Unequal	0.64	0.5233
Tempo_Estudo_Me	Pooled	Equal	-0.86	0.3887
Tempo_Estudo_Me	Satterthwaite	Unequal	-0.86	0.3887

Fontes: Aneel e Rais.  
 Elaboração dos autores.

O impacto marginal do salário médio dos trabalhadores (*brenda*) foi significativo em nível e ao quadrado, indicando que empresas que pagam maiores salários a seus trabalhadores têm mais chances de participarem de um projeto de P&D, mas a taxas decrescentes (tabela 8).

TABELA 8  
**Estimativas do modelo *logit***

Parâmetro	Graus de liberdade	Estimativa	Erro-padrão	Wald Chi	Valor- <i>p</i>
Intercept	1	-657.248	78.660	698.158	<.0001
<i>lpo</i>	1	0.2530	0.0702	129.791	0.0003
<i>lpotec</i>	1	0.4918	0.0939	274.078	<.0001
Tempo_estudo	1	0.2018	0.0504	160.462	<.0001
<i>lrenda</i>	1	153.123	22.853	448.940	<.0001
<i>lrenda</i> <sup>2</sup>	1	-10.313	0.1652	389.600	<.0001

Fontes: Aneel e Rais.  
 Elaboração dos autores.

Após o pareamento dos dois grupos, procedeu-se à análise do impacto do programa utilizando os modelos em painel. Os resultados para a primeira variável (pessoal ocupado total) usando efeitos fixos estão indicados na tabela 9 a seguir.

TABELA 9  
**Pessoal ocupado (*lpo*) – efeitos fixos**

Estimativas	<i>One-way</i>	Valor <i>p</i>	<i>Two-way</i>	Valor <i>p</i>
Intercept	0,577507	0,1984	13*	<,0001
<i>d_2002</i>	0,152853	0,2446	0,185104	0,1607
<i>d_2003</i>	0,129165	0,1171	0,102212	0,2395
<i>d_2004</i>	-0,01905	0,7934	-0,01904	0,8094
<i>d_2005</i>	0,05028	0,5097	0,038963	0,6336
<i>d_2006</i>	-0,00523	0,9469	0,033518	0,6865

(Continua)

(Continuação)

Estimativas	One-way	Valor <i>p</i>	Two-way	Valor <i>p</i>
d_2007	-0,01416	0,8702	-0,02592	0,7709
lrenda	0,004994	0,9653	-0,00985	0,9312
lrenda <sup>2</sup>	0,011187	0,2776	0,012743	0,2137
lpotec	0,629791*	<,0001	0,608487*	<,0001
tempo_estudo	-0,00788	0,6942	-0,01378	0,4902
prop_tgrau	-0,19034	0,2007	-0,17875	0,2279
idade_firma	-0,01793	0,0934	-0,9415*	<,0001
lexp	0,033702*	<,0001	0,031401*	<,0001
Teste <i>F</i>	35,55	<,0001	35,45	<,0001

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Pode-se observar que o teste *F* rejeita a hipótese de ausência de efeitos fixos tanto para o modelo *one-way* quanto para o *two-way*. Assim, existem características intrínsecas às firmas que são invariantes ao longo do tempo. Não foi possível observar impacto do programa no tamanho da firma, uma vez que nenhuma das *dummies* de ano (d\_2002 a d\_2007) foi significativa.

Os testes anteriores foram replicados usando um modelo de efeitos aleatórios. Os resultados estão indicados na tabela 10 a seguir.

TABELA 10  
Pessoal ocupado (*lpo*) – efeitos aleatórios

Estimativas	One-way	Valor <i>p</i>	Two-way	Valor <i>p</i>
Intercept	2*	0,0002	2	0,0851
d_2002	0,213498*	0,0936	0,174163	0,1496
d_2003	0,168227*	0,0356	0,096868	0,2237
d_2004	-0,02664	0,7069	-0,01115	0,8775
d_2005	0,055526	0,4546	0,040158	0,5918
d_2006	-0,04495	0,555	0,026567	0,7269
d_2007	-0,09919	0,2322	-0,03431	0,6739
lrenda	0,077193	0,4848	0,000998	0,9924
lrenda <sup>2</sup>	-0,00062	0,949	0,011376	0,2253
lpotec	0,67332*	<,0001	0,632211*	<,0001
tempo_estudo	-0,0333	0,0791	-0,0078	0,6689
prop_tgrau	-0,08879	0,5262	-0,20007	0,1404
idade_firma	0,030384*	<,0001	-0,02667	0,6221
lexp	0,038543*	<,0001	0,033976*	<,0001
Teste <i>F</i>	47,27	<,0001	20,72	0,0786

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

O modelo sugere que o programa teria impactado o porte da firma nos primeiros anos; porém o resultado do teste de Hausman indica a rejeição da hipótese nula de que existem tais efeitos na especificação *one-way*. Dessa forma, os estimadores mostrados na tabela 10 para o modelo *one-way* não são consistentes. Apesar do teste de Hausman indicar que os efeitos aleatórios devem ser considerados no caso *two-way*, ou seja, existem idiosincrasias que seriam independentes do conjunto de variáveis, nenhuma variável medindo o efeito do programa foi significativa. Sendo assim, não se pode afirmar que o programa gerou impactos sobre o pessoal ocupado total.

Com relação aos esforços tecnológicos – cuja *proxy* é o PoTec, os resultados usando efeitos fixos estão indicados na tabela 11, a seguir.

TABELA 11  
Pessoal ocupado técnico-científico (*Ipotec*) – efeitos fixos

Estimativas	<i>One-way</i>	Valor <i>p</i>	<i>Two-way</i>	Valor <i>p</i>
Intercept	-0,04627	0,9035	7*	0,0069
d_2002	0,026777	0,8105	-0,01666	0,8822
d_2003	-0,07817	0,2644	-0,02194	0,7669
d_2004	-0,03004	0,6271	-0,01079	0,8724
d_2005	-0,10039	0,1211	-0,07017	0,3132
d_2006	-0,11233*	0,092	-0,11696*	0,0979
d_2007	0,009829	0,8938	-0,01931	0,7988
lrenda	-0,26588*	0,0064	-0,26262*	0,0068
lrenda <sup>2</sup>	0,039106*	<,0001	0,038989*	<,0001
lpo	0,454644*	<,0001	0,441064*	<,0001
tempo_estudo	0,01941	0,254	0,016119	0,343
prop_tgrau	0,44601*	0,0004	0,463106	0,0002
idade_firma	-0,0149	0,1009	-0,50479*	0,0047
lexp	0,011503*	0,0261	0,010336*	0,0453
Teste <i>F</i>	28,6	<,0001	28,39	<,0001

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

O resultado do teste *F* indicado na tabela 11 sugere que o programa teria tido impactos significantes a 5% de confiança sobre os esforços tecnológicos das empresas participantes. Contudo, não foi observado resultado significativo, a 5%, para nenhuma das variáveis que medem o impacto do programa no esforço tecnológico das empresas – as variáveis indicadoras de ano.

Essa mesma conclusão pode ser observada na tabela 12, que mostra os resultados do modelo com efeitos aleatórios. Nesse caso, somente o modelo *two-way* atendeu aos requisitos do teste de Hausman.

TABELA 12  
Pessoal ocupado técnico-científico (*lpotec*) – efeitos aleatórios

Estimativas	<i>One-way</i>	Valor <i>p</i>	<i>Two-way</i>	Valor <i>p</i>
Intercept	-0,81145	0,0244	-0,58267	0,435
d_2002	0,07798	0,4783	-0,02364	0,8176
d_2003	-0,06703	0,3327	-0,02597	0,7003
d_2004	-0,02807	0,6467	-0,00645	0,9161
d_2005	-0,09785	0,1273	-0,07041	0,2671
d_2006	-0,11472	0,0808	-0,12153*	0,0592
d_2007	-0,02075	0,7717	-0,02374	0,7312
Irenda	-0,27498*	0,0036	-0,25913*	0,0034
Irenda <sup>2</sup>	0,037508*	<,0001	0,038445*	<,0001
lpo	0,464982*	<,0001	0,453578*	<,0001
tempo_estudo	0,032203*	0,0447	0,019968	0,1962
prop_tgrau	0,524253*	<,0001	0,45754*	<,0001
idade_firma	-0,00021	0,9583	-0,01206	0,658
lexp	0,006769	0,1566	0,011349*	0,0155
Teste <i>F</i>	32,28	0,0022	7,84	0,8536

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

O sinal negativo obtido para o coeficiente referente a 2006 é contraintuitivo. Assim, em resumo, pode-se afirmar que o programa não teve impactos nos esforços tecnológicos das empresas.

Da mesma forma, não foram observados impactos significantes na taxa de crescimento do pessoal ocupado total, independentemente do modelo utilizado (tabelas 13 e 14).

TABELA 13  
Taxa de crescimento do pessoal ocupado (*txcresc*) – efeitos fixos

Estimativas	<i>One-way</i>	Valor <i>p</i>	<i>Two-way</i>	Valor <i>p</i>
Intercept	0,43541	0,431	-15*	<,0001
d_2002	0,139372	0,3173	0,10703	0,4433
d_2003	-0,03661	0,6799	-0,01479	0,8738
d_2004	-0,08941	0,2473	-0,02798	0,7379

(Continua)

(Continuação)

Estimativas	One-way	Valor <i>p</i>	Two-way	Valor <i>p</i>
d_2005	0,086008	0,2877	0,045669	0,5978
d_2006	-0,05476	0,5163	-0,05624	0,5272
d_2007	0,094904	0,3041	0,077232	0,4142
lrenda	-0,18062	0,22	-0,17917	0,2196
lrenda <sup>2</sup>	0,004048	0,739	0,004319	0,7201
tempo_estudo	0,059496*	0,0053	0,069791*	0,001
prop_tgrau	-0,28519	0,0701	-0,31281*	0,0457
idade_firma	-0,00493	0,6625	1.115.319*	<,0001
lexp	0,00875	0,1698	0,011111	0,0797
Teste <i>F</i>	1,63	<,0001	1,74	<,0001

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

TABELA 14

**Taxa de crescimento do pessoal ocupado (*txcresc*) – efeitos aleatórios**

Estimativas	One-way	Valor <i>p</i>	Two-way	Valor <i>p</i>
Intercept	0,584369	0,1883	-1	0,4564
d_2002	0,098553	0,4549	0,115063	0,368
d_2003	0,009121	0,9142	-0,00966	0,9098
d_2004	-0,10021	0,1776	-0,03295	0,6669
d_2005	0,111204	0,153	0,046356	0,5586
d_2006	-0,01453	0,8559	-0,06339	0,4363
d_2007	0,096268	0,2583	0,094469	0,275
lrenda	-0,22135	0,0714	-0,17599	0,1878
lrenda <sup>2</sup>	0,015352	0,0865	0,00356	0,7469
tempo_estudo	0,032039*	0,0044	0,06114*	0,0016
prop_tgrau	-0,28054*	0,0013	-0,29031*	0,0426
idade_firma	-0,0033*	0,0061	0,091346	0,1308
lexp	0,006184*	0,0197	0,008625	0,1356
Teste <i>F</i>	45,49	<,0001	21,66	0,0416

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Todavia, ao analisar a taxa de crescimento dos esforços tecnológicos da firma, o teste *F* rejeita a hipótese de efeitos fixos (tabela 15).

TABELA 15  
Taxa de crescimento do pessoal ocupado técnico-científico (*txcresc\_tec*) – efeitos fixos

Estimativas	One-way	Valor <i>p</i>	Two-way	Valor <i>p</i>
Intercept	-0,604	0,28	-9*	0,0079
d_2002	0,114288	0,4172	0,044143	0,7554
d_2003	-0,07971	0,3741	0,019879	0,8335
d_2004	-0,02809	0,7191	-0,00691	0,9351
d_2005	-0,12838	0,1165	-0,13308	0,13
d_2006	-0,22755*	0,0077	-0,26646*	0,0032
d_2007	0,111722	0,2315	0,107712	0,2619
lrenda	0,028886	0,8461	0,046937	0,7513
lrenda <sup>2</sup>	-0,00174	0,887	-0,00334	0,7847
tempo_estudo	0,053415*	0,0132	0,057646*	0,0075
prop_tgrau	-0,16718	0,2934	-0,15194	0,3386
idade_firma	0,00598	0,6008	0,584002*	0,0118
lexp	0,005263	0,4139	0,006236	0,3323
Teste <i>F</i>	0,84	0,9603	0,9	0,839

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Esse resultado era esperado, uma vez que os efeitos desaparecem ao se compararem as diferenças da mesma empresa, entre dois anos. Já a análise usando efeitos aleatórios está indicada na tabela 16, a seguir.

TABELA 16  
Taxa de crescimento do pessoal ocupado técnico-científico (*txcresc\_tec*) – efeitos aleatórios

Estimativas	One-way	Valor <i>p</i>	Two-way	Valor <i>p</i>
Intercept	-0,06835	0,8704	-0,88341	0,3263
d_2002	0,089476	0,4743	0,048646	0,7058
d_2003	-0,04056	0,6133	0,022565	0,793
d_2004	-0,05663	0,4218	-0,00975	0,8995
d_2005	-0,05405	0,4639	-0,13263	0,097
d_2006	-0,12476	0,1002	-0,27028*	0,001
d_2007	0,14325	0,0762	0,117423	0,1783
lrenda	-0,04297	0,7106	0,048618	0,7181
lrenda <sup>2</sup>	0,004123	0,6249	-0,00376	0,7349
tempo_estudo	0,02185*	0,0364	0,052723*	0,0069
prop_tgrau	-0,12144	0,1341	-0,13963	0,3329
idade_firma	-0,00143	0,1947	0,011625	0,7031

(Continua)

(Continuação)

Estimativas	One-way	Valor <i>p</i>	Two-way	Valor <i>p</i>
le <sub>exp</sub>	0,004846*	0,0478	0,004849	0,4044
Teste <i>F</i>	17,52	0,1312	6,22	0,9048

Fontes: Aneel e Rais.

Elaboração dos autores.

Nota: \* Coeficientes significantes a 5%.

Nesse caso, nas duas especificações (*one-way* e *two-way*), o teste de Hausman indica que os estimadores com efeitos aleatórios são eficientes em relação àqueles do modelo de efeitos fixos. Sendo assim, observa-se um impacto negativo em 2006, apenas. Estes resultados contribuem para que se possa inferir que o programa não teve impactos nas taxas de crescimento dos esforços tecnológicos.

Assim, em resumo, pode-se afirmar que os modelos avaliados, considerando os dois métodos de pareamento nos poucos casos em que há significância estatística do impacto do programa, fornecem estimativas conflitantes e pouco intuitivas. Isto é muito pouco para permitir a afirmação da existência de impactos no pessoal ocupado total ou nas variáveis de esforço tecnológico.

#### 4.2 Recursos humanos

De acordo com Pompermayer *et al.* (2011), o programa de P&D regulado pela Aneel mobilizou um total de 8.724 pessoas que podem ser identificadas nominalmente. Esse total é formado por coordenadores, gerentes e pesquisadores distribuídos conforme indicado na tabela 17, a seguir.

TABELA 17

**Frequência relativa das funções exercidas pelos recursos humanos identificados**  
(Em %)

Função	
Coordenador	13,0
Gerente	12,7
Pesquisador	74,3

Fontes: Aneel e *Lattes/CNPq*.

Elaboração dos autores.

Obs.: Para o cálculo destes valores, considerou-se que alguns pesquisadores trabalharam em mais de um projeto.

Do total mencionado anteriormente, foi possível identificar, na base de dados do *Lattes/CNPq*, 2.778 pessoas. Este universo é formado majoritariamente por pessoas do sexo masculino (81%) que têm mestrado ou doutorado (89%), conforme mostrado na tabela 18 a seguir.

TABELA 18  
**Formação recursos humanos identificados na base do *Lattes/CNPq***  
 (Em %)

Formação	
Doutorado	43,20
Mestrado	46,22
Graduação	10,15
Especialização	0,43

Fontes: Aneel e *Lattes/CNPq*.  
 Elaboração dos autores.

No conjunto de pessoas identificadas na base do *Lattes/CNPq*, o tempo médio de experiência foi de 11 anos e há uma grande diversidade de áreas de formação, desde Bioética, passando por Medicina, Artes e Linguística até Engenharia Elétrica.

A análise descritiva sugere alguns fatores que influenciam a probabilidade de um determinado pesquisador conseguir, ou não, ter seu projeto aprovado pela Aneel. Como apresentado na subseção 3.1.2, acredita-se que esta probabilidade depende do gênero do pesquisador, de sua experiência e formação. Assim, o primeiro passo para a construção de contrafactuais foi a estimativa de um modelo *probit*, controlando-se por estas variáveis.

O resultado do teste Hosmer e Lemeshow apresentado na tabela 19 demonstra que não há evidências de que o modelo ajustado é inadequado aos dados. A tabela 20 mostra os resultados das análises dos efeitos tipo III. Esta análise é uma forma de avaliar, individualmente, se as variáveis de controle são significativas para o ajuste do modelo. No âmbito deste capítulo, os resultados da estatística  $\chi^2$  de Wald e os valores *p* associados mostram que as variáveis utilizadas aumentam significativamente o ajuste do modelo proposto, confirmando as suspeitas anteriores.

TABELA 19  
**Teste Hosmer e Lemeshow de Adequabilidade do Ajuste**

Chi-quadrado	Graus de liberdade	<i>p</i> > ChiQd
1,663	8	0,5057

Fontes: Aneel e *Lattes/CNPq*.  
 Elaboração dos autores.

TABELA 20  
Análise de efeito tipo III

Efeito	Graus de liberdade	Chi-quadrado de Wald	$p > \text{ChiQd}$
Nível de formação	4	1.663	<,0001
Experiência	1	194	<,0001
Experiência 2	1	141	<,0001
Gênero	1	914	<,0001

Fontes: Aneel e Lattes/CNPq.  
Elaboração dos autores.

As estimativas da tabela 21 mostram que o fato de o pesquisador possuir doutorado ou mestrado tem um peso positivo e significativo na sua probabilidade de participação no programa. Os anos de experiência também possuem efeito positivo, porém com um ponto de inflexão, como evidenciado por sua estimativa quadrática significativa. Outro resultado interessante é o fato de que o sexo influencia a probabilidade avaliada.

TABELA 21  
Estimativas do modelo

Parâmetro	Graus de liberdade	Estimativa	Erro	Chi-quadrado	$p > \text{ChiQd}$
Intercepto	1	-3,785	0,032	14.359,97	<,0001
Doutorado	1	0,791	0,022	1.283,23	<,0001
Mestrado	1	0,663	0,022	949,81	<,0001
Especialização	1	-0,775	0,077	100,76	<,0001
Outros	1	-2,939	18,133	0,03	0,8713
Experiência	1	0,050	0,004	194,14	<,0001
Experiência 2	1	-0,001	0,000	141,24	<,0001
Sexo masculino	1	0,496	0,016	914,00	<,0001

Fontes: Aneel e Lattes/CNPq.  
Elaboração dos autores.

Com os resultados do modelo *probit*, o pareamento foi feito a partir dos escores de propensão e, com isso, pôde-se avaliar o impacto do programa regulado pela Aneel na produtividade média de artigos – ou capítulos de livros – publicados e nas patentes concedidas, conforme definido na subseção 3.1.2.

Com os pares definidos e as produtividades médias calculadas, efetuou-se um teste *t* pareado para avaliar a significância das produtividades de cada grupo, em cada período. Os resultados demonstram que, em relação à produtividade de artigos e capítulos de livros escritos, há apenas diferença estatisticamente significativa no período anterior ao primeiro projeto dentro do programa regulado pela Aneel (tabela 22).

TABELA 22

**Teste *t* pareado, para avaliar a diferença entre a produtividade média de artigos científicos dos tratados, em relação aos controles**

Período	Diferença média	<i>t</i>	Pr >   <i>t</i>
Antes	-0,196	-2,71	0,0067
Durante	0,0675	0,56	0,5736
Depois	0,1037	0,98	0,3280

Fontes: Aneel e *Lattes*/CNPq.  
Elaboração dos autores.

Não obstante, o sinal negativo evidencia que os pesquisadores que fazem parte do grupo controle, na média, possuíam uma produtividade média maior. Com o passar do tempo, os pesquisadores tratados equipararam-se aos pesquisadores do grupo controle, pois os resultados não evidenciam diferenças entre os dois grupos após o início do projeto. Contudo, pode-se perceber que, aos poucos, a produtividade destes pesquisadores aumenta, uma vez que a diferença para o período “depois” é 150% maior, em relação ao período “durante”. Assim, os resultados obtidos mostram que os indivíduos que não se envolveram em projetos eram mais produtivos antes do programa. Porém, houve um *catching up* dos tratados nos períodos “durante” e “depois” da parceria com a Aneel. Em outras palavras, enquanto esta parceria ocorria e, também depois, a produção científica dos dois grupos foi igual, uma vez que a diferença encontrada não é estatisticamente significativa.

Para avaliar a produção de patentes antes, durante e depois do engajamento do pesquisador no programa, foi utilizada a mesma metodologia definida para avaliar a produtividade dos artigos e capítulos de livros. Os resultados mostram que os indivíduos que se envolveram em projetos tiveram mais patentes concedidas no período anterior ao programa (tabela 23).

TABELA 23

**Teste *t* pareado, para avaliar a diferença entre o número médio de patentes concedidas dos tratados, em relação aos controles**

Período	Diferença média	<i>t</i>	Pr >   <i>t</i>
Antes	0,0299	4,28	<0,0001
Durante	0,0108	4,00	<0,0001
Depois	0,0218	3,29	0,001

Fontes: Aneel e *Lattes*/CNPq.  
Elaboração dos autores.

Apesar da produtividade do grupo tratamento ter sido superior e estatisticamente diferente em todos os períodos, as diferenças médias foram ligeiramente inferiores, em relação ao período “antes”, nos períodos subsequentes. Durante o

programa, a diferença de produtividade entre os dois grupos foi três vezes menor que a diferença observada no período anterior ao programa. Apesar de ser observado um distanciamento dos grupos no período posterior ao programa – com aumento de quase 100% em relação ao período em que o programa estava em curso –, este valor continua a ser inferior ao auferido no período pré-programa.

Algumas hipóteses podem justificar a redução do diferencial observado ao longo do tempo. Por exemplo, o elevado tempo de concessão das patentes pode explicar porque, no período mais recente, o diferencial se reduz. Outra hipótese é que a adesão ao programa reduziria a propensão ao depósito de patentes, uma vez que, dada a natureza dos projetos, o sigilo seria mais interessante para a empresa.

Assim, em resumo, os resultados indicam convergência da produção científica e redução do diferencial da produção tecnológica. Visto que os pesquisadores tratados partem de uma produtividade de artigos menor no período pré-programa e produzem mais nos períodos posteriores – equiparando-se aos não tratados – e, *pari passu*, a produção tecnológica sai de um diferencial maior, para valores menores nos períodos pós-programa. Isto sugere que, em alguns casos, pode ter havido a substituição de patentes por artigos, pois alguns projetos, ao fixarem metas de produtividade científica, poderiam desviar o foco da produção tecnológica. Todavia, há de se considerar que o período de aprovação de um artigo é, muitas vezes, inferior ao período de concessão de patentes e este fato poderia ofuscar os resultados.

## 5 CONCLUSÕES

Neste capítulo, analisaram-se os impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa de P&D regulado pela Aneel nos indicadores de desempenho das empresas e dos recursos humanos envolvidos nos projetos que o compõem. Essencialmente, procurou-se verificar: *i*) se as empresas que mantêm relações com agentes do setor elétrico como fornecedores e prestadores de serviços apresentam um desempenho econômico e tecnológico superior ao daquelas que não participam do programa; e *ii*) se os recursos humanos envolvidos nos projetos apoiados com recursos do programa apresentaram indicadores de produção científica e tecnológica superiores ao das pessoas que não participaram do programa.

Reuniram-se, inicialmente, elementos disponíveis na literatura sobre eventuais transbordamentos de programas de P&D visando amparar a definição da metodologia de análise e a discussão dos resultados do capítulo. Foi possível constatar que as análises que atribuem um papel de destaque às interações entre as várias instituições envolvidas no processo de inovação tendem a ter um caráter mais analítico e descritivo, e dificilmente buscam verificar, de maneira quantitativa, se o engajamento em redes de inovação traz benefícios estatisticamente signifi-

ficativos. Identificou-se, contudo, um estudo do Ipea no qual se buscou estimar, quantitativamente, o impacto das atividades da Petrobras sobre o desenvolvimento produtivo e tecnológico de seus fornecedores no Brasil (DE NEGRI *et al.*, 2010). Esse estudo serviu de ponto de partida para a definição dos métodos de análise empregados neste capítulo.

Em essência, os métodos escolhidos, que buscam eliminar o viés de seleção tipicamente observado na avaliação de políticas públicas de inovação, foram aplicados para avaliar, no caso das empresas, os impactos do engajamento no programa sobre variáveis, como: *i*) o pessoal ocupado total; e *ii*) o pessoal ocupado técnico-científico. Já no caso dos recursos humanos, as variáveis de referências foram: *i*) a publicação de artigos e capítulos de livros; e *ii*) a obtenção de registros de patentes.

Após a aplicação de métodos apoiados em escores de propensão, verificou-se que o programa não teve, de uma forma geral, impactos significativos no pessoal ocupado, no pessoal ocupado técnico-científico e nas taxas de crescimento dessas variáveis nas empresas que se envolveram nos projetos. De fato, nos vários modelos adotados, houve poucos casos em que se observou significância estatística do impacto do programa; além disso, em vários casos, os resultados forneceram estimativas conflitantes e pouco intuitivas.

Com relação aos recursos humanos, os resultados demonstraram que o programa contribuiu para o emparelhamento da produção científica dos pesquisadores envolvidos com aqueles cuja produção no período anterior ao programa era superior. Já no que diz respeito à produção tecnológica, foi possível concluir que há uma diferença estatisticamente significativa em favor dos recursos humanos envolvidos com o programa de P&D regulado pela Aneel. Essa diferença, contudo, tende a se reduzir entre os períodos anteriores e posteriores à adesão ao programa. Assim, os resultados referentes aos impactos do programa sobre os recursos humanos envolvidos indicam convergência da produção científica e um diferencial decrescente da produção tecnológica.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis *proxy* para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). **Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n. 5, p. 16-21, 2009.

ASCHHOFF, B. **The effect of subsidies on R&D investment and success: do subsidy history and size matter?** Centre for European Economic Research, 2009 (Discussion Paper, n. 32).

CABELLO; A. F.; POMPERMAYER, F. M. Impactos qualitativos do programa de P&D regulado pela Aneel. *In*: POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel**. Brasília: Ipea, 2011.

DE NEGRI, F.; TURCHI, L. CAVALCANTE, L. R. **Plano de trabalho: avaliação de resultados do programa de pesquisa e desenvolvimento regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasília: Ipea, maio 2010. Mimeografado.

DE NEGRI, J. A. *et al.* **Poder de compra da Petrobras: impactos econômicos nos seus fornecedores (síntese e conclusões)**. Brasília: Ipea, 2010.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation: a framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 14, n. 1-2, p. 63-82, Jan./Mar. 2005.

NELSON, R. (Org.). **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: Oxford University Press, 1993.

POMPERMAYER, F. M. *et al.* Rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela Aneel: abrangência e características. *In*: POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel**. Brasília: Ipea, 2011.

VIOTTI, E. B. Brasil: de política de ciência e tecnologia para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. *In*: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICO (CGEE). **Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogos entre experiências estrangeiras e brasileira**. Brasília, 2008.

VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. (Org.). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas: UNICAMP, 2003.

## IMPACTOS QUALITATIVOS DO PROGRAMA DE P&D REGULADO PELA ANEEL

Andrea Felipe Cabello\*  
Fabiano Mezadre Pompermayer\*\*

### RESUMO

Este capítulo faz uma análise qualitativa dos resultados do programa de incentivo a investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), por meio da verificação do alinhamento de projetos à estratégia global dos agentes e da capacidade do programa de disseminar uma cultura de inovação nas empresas. Além disso, avalia as características do processo de P&D no setor elétrico, uma vez que muitos agentes não possuíam tradição em atividades de pesquisa antes do programa. A análise foi feita por intermédio de entrevistas com os gerentes de P&D das principais empresas do setor elétrico brasileiro e com coordenadores de pesquisa de instituições científicas e empresas parceiras, além de uma avaliação de uma amostra representativa de projetos submetidos ao programa. Conclui-se que há um alinhamento apenas parcial às estratégias das empresas, dado que a maioria dos projetos é voltada para resolver problemas operacionais dos agentes, mas também é possível identificar projetos com viés bastante científico. Observa-se, ainda, que quanto mais alinhados às estratégias dos agentes, mais os projetos se aproximam de atividades rotineiras de engenharia que prescindiriam de incentivo – descaracterizando a atividade de P&D. Há, no entanto, indícios de criação de uma cultura de inovação. Os agentes do setor elétrico envolvidos no programa criaram departamentos de P&D em suas estruturas, com processos razoavelmente estruturados para a seleção dos projetos. No entanto, ainda se envolvem pouco na sua execução, utilizando instituições de pesquisa e empresas parceiras como laboratórios de P&D. Apesar disso, espera-se que o setor, ainda que de forma lenta, esteja modificando seu processo de pesquisa, com maior envolvimento e interação, e busca por resolução de problemas mais complexos, de maior impacto no setor.

---

\* Pesquisadora do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

\*\* Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, a importância da inovação para o processo produtivo é reconhecida. Isso pode ser evidenciado por diversos esforços governamentais que buscam incentivar o desenvolvimento da ciência e tecnologia, inclusive no Brasil. Como a natureza deste processo é complexa, o desenho destes mecanismos de incentivos e a interpretação de seus resultados, apesar de fundamentais, são de difícil análise.

O uso de estatísticas de P&D como medidas de inovação é frequente devido à dificuldade de se mensurar essas atividades. Assim, surge a importância de uma análise mais profunda sobre atividades inovadoras que vá além destas estatísticas imperfeitas.

Com o intuito de fomentar o progresso tecnológico no setor elétrico no Brasil, a Lei nº 9.991/2000,<sup>1</sup> junto à regulamentação definida pela Aneel, estipula que um percentual mínimo da receita operacional líquida das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de energia elétrica seja aplicado em P&D pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica.<sup>2</sup> As condições para a execução das pesquisas e para a avaliação e o acompanhamento dos resultados dos projetos são estabelecidas pela Aneel e explicitadas no *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*, cuja última edição é de 2008 (ANEEL, 2008).

O setor elétrico brasileiro tem algumas características peculiares que devem ser levadas em consideração em qualquer análise sobre suas atividades de P&D. Trata-se de um setor regulado, com baixa concorrência, e em que os agentes que nele atuam têm baixo risco quanto à cobertura dos custos pelas receitas previstas. Além disso, é compartimentado em geração, transmissão e distribuição, o que gera um desincentivo ao desenvolvimento de tecnologias que afetem outras etapas – já que muitas vezes um agente que atua na distribuição não atua na geração de energia elétrica. Por último, pode ser considerado um setor tecnologicamente maduro, em que se espera que inovações incrementais sejam mais comuns que as radicais.

O objetivo do presente trabalho é empreender uma análise qualitativa dos resultados desse programa de incentivo a investimentos em P&D, em especial se os projetos inseridos no programa estão alinhados à estratégia global dos agentes ou se ainda possuem um viés científico. Além disso, busca-se

---

1. Regulamentado/modificado também pelo Art. 24 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, pelo Art. 12 da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, e pelo Art. 1º da Lei nº 11.465, de 28 de março de 2007.

2. As empresas envolvidas compulsoriamente no programa são aqui chamadas de *agentes*, diferenciando-as das demais *empresas*.

também descobrir se o programa foi capaz de criar uma cultura de inovação nos agentes, inclusive com o fomento à cooperação entre estes e institutos de pesquisa e empresas, e avaliar as características do processo de P&D no setor elétrico, uma vez que muitos agentes não possuíam tradição em atividades de pesquisa antes do programa.

O trabalho está dividido em mais cinco seções além dessa introdução. A seção 2 faz uma breve descrição do processo de P&D, com ênfase no setor elétrico brasileiro e no programa da Aneel. A seção 3 trata dos objetivos e das hipóteses de trabalho. A seção 4 da metodologia e da descrição dos métodos e das amostras utilizadas no trabalho. A seção 5 descreve os resultados e discute as conclusões sobre os resultados e as hipóteses, enquanto a seção 6 traz as conclusões gerais e os comentários finais.

## 2 O PROCESSO DE INOVAÇÃO

### 2.1 Inovação e P&D

As referências mundiais para as definições de inovação e P&D são o Manual de Oslo (2005) e o Manual Frascati (2002). No Brasil, no caso do setor elétrico, o próprio *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica* da Aneel define essas atividades.

O conceito de inovação dado pelo Manual de Oslo (OCDE, 2005, p. 54) é o seguinte:

Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (TPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos. Uma inovação TPP é considerada implantada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou usada no processo de produção (inovação de processo). Uma inovação TPP envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. Uma empresa inovadora em TPP é uma empresa que tenha implantado produtos ou processos tecnologicamente novos ou com substancial melhoria tecnológica durante o período em análise.

Essa definição é um pouco diferente da adotada pela Aneel no supracitado manual (ANEEL, 2008, p. 65):

Introdução na Empresa ou no mercado de produtos, processos, métodos ou sistemas não existentes anteriormente, ou com alguma característica nova e diferente daquela até então em vigor, com fortes repercussões socioeconômicas.

O Manual da Aneel também classifica as inovações em inovações tecnológicas de produto ou de processo. O primeiro tipo é definido da seguinte forma:

Ocorre inovação tecnológica de um produto quando suas características de projeto são modificadas para prover melhor serviço aos usuários. As inovações podem envolver tecnologias novas ou combinação de tecnologias existentes para atender novos usos ou, ainda, melhorar o desempenho de produtos existentes. As modificações envolvidas deverão ter um caráter não-trivial e os recursos destinados à inovação tecnológica devem guardar proporção pequena com os ganhos estimados. (ANEEL, 2008, p. 65).

Já o segundo tipo foi definido da seguinte forma:

Ocorre inovação tecnológica de processos quando há mudança significativa na tecnologia de produção de um bem ou serviço. Essa mudança pode ser por meio de novo equipamento e/ou novo método de organização e de gerência. O aperfeiçoamento das organizações não pode ser obtido utilizando plantas ou métodos convencionais, ou sem aumentar a eficiência do processo produtivo de equipamentos ou tecnologias existentes. (ANEEL, 2008, p. 65).

Apesar de semelhantes, as definições do Manual de Oslo e do Manual da Aneel não são idênticas – a Aneel enfatiza os impactos socioeconômicos do processo inovador, como pode ser observado pela sua definição de inovação e pela indicação no manual de que os objetivos secundários desse processo incluem ganhos econômicos e socioambientais. Obviamente, os projetos inseridos no programa de incentivo a P&D da Aneel devem seguir a definição da agência.

Já em relação ao conceito de P&D, segundo o Manual Frascati (OCDE, 2002), a atividade envolveria três fases: pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. A primeira seria o trabalho teórico e experimental para ganho de conhecimento sem nenhuma aplicação em vista; a segunda também é conhecimento novo, mas já direcionado para aplicação prática; e a terceira já compreenderia atividades de preparação para o início efetivo da produção do novo produto ou de implantação do novo processo, como desenvolvimento de protótipos, testes de campo e plantas piloto.

O referido manual enfatiza que P&D deve ser diferenciado de outras atividades também relacionadas com a ciência e tecnologia. As atividades explicitamente mencionadas pelo manual que devem ser excluídas da mensuração de P&D são o treinamento de pessoal, outras atividades científicas e tecnológicas (por exemplo, coleta e análise de dados, testes e padronização, estudos de viabilização e desenvolvimento rotineiro de *software*), outras atividades industriais (como aquisição de tecnologia, engenharia industrial, desenho industrial etc.) e atividades de administração e apoio. Apesar de muitas vezes estarem ligadas às atividades de P&D e em certos casos até comporem o esforço inovador da empresa, essas atividades não devem ser consideradas como P&D.

Já o Manual da Aneel de 2008 define as atividades de P&D da seguinte forma:

Atividades de natureza criativa ou empreendedora, desenvolvidas sistematicamente, com vistas à geração de novos conhecimentos ou aplicação inovadora de conhecimento existente, inclusive para investigação de novas aplicações. (ANEEL, 2008, p. 65).

Diferentemente do Manual Frascati, que classificava as atividades de P&D em três categorias, o Manual da Aneel de 2008 expandiu esse número para seis.<sup>3</sup> Essas categorias seriam a pesquisa básica dirigida, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental – já previstas no Manual Frascati –, além das novas categorias – que também não estavam presentes nos manuais publicados anteriormente pelo regulador para disciplinar o programa – cabeça-de-série, lote pioneiro e inserção no mercado. O manual, entretanto, define com mais especificidade cada uma dessas etapas, até exemplificando possíveis resultados de cada uma delas.<sup>4</sup>

No caso da pesquisa básica dirigida, esta continua sendo uma fase teórica e experimental, mas é enfatizada a busca pelo desenvolvimento de produtos e processos inovadores para o setor elétrico e/ou para as atividades dos agentes, ou seja, enquanto o Manual Frascati afirma que nessa fase a pesquisa não tem aplicações em vista, a Aneel ressalta a necessidade de aplicabilidade de conhecimentos adquiridos em novos produtos ou processos. Como exemplos, o manual menciona a investigação de novos materiais e o estudo de propriedades elétricas e morfológicas de polímeros condutores e luminescentes para aplicação tecnológica.

A caracterização da pesquisa aplicada é bem próxima daquela exposta no Manual Frascati. O Manual da Aneel cita como exemplos de resultados os seguintes desenvolvimentos: equipamentos, projetos de equipamentos, protótipos, modelos de funções ou de processos em sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e modelos digitais simuladores de situações reais.

Em relação ao desenvolvimento experimental, essa fase incluiria o estudo da viabilidade funcional e técnica do novo produto ou processo além de seu aperfeiçoamento. Além de protótipos e projetos de equipamentos, são mencionados como resultados dessa fase desenvolvimento de *softwares*, aperfeiçoamentos graduais e implantações de projetos piloto que incorporem as novas funções ou produtos.

A fase de cabeça-de-série foi definida da seguinte forma pelo manual:

Fase que considera aspectos relativos ao aperfeiçoamento de protótipo obtido em projeto de P&D anterior. Procura-se, assim, melhorar o desenho e as especificações do protótipo para eliminar peças e componentes com dificuldade de reprodução em

---

3. Os manuais anteriores ao de 2008 consideravam somente as três categorias usuais, ou seja, pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. As definições dessas três fases não apresentam diferenças significativas entre o manual de 2006 e o de 2008.

4. Apesar de a base de projetos analisada considerar o período até 2007, anterior ao manual de 2008, essas mudanças são importantes por impactar a interpretação das entrevistas, como também devido a este manual ser uma evolução dos anteriores, adequando-se à prática observada nas demandas por recursos do programa pelos agentes. Mais detalhes na seção 4.

larga escala. Definem-se também as características básicas da linha de produção e do produto. (ANEEL, 2008, p. 62).

Já o lote pioneiro tem a seguinte definição:

Fase que considera aspectos relativos à produção em “escala piloto” de cabeça-de-série desenvolvida em projeto de P&D anterior. Nessa fase realiza-se uma primeira fabricação, em “escala piloto”, para ensaios de validação, análise de custos e refino do projeto, com vistas à produção industrial e/ou à comercialização. (ANEEL, 2008, p. 62).

E, finalmente, a inserção no mercado foi definida da seguinte forma:

Fase que encerra a cadeia da inovação e busca a difusão no setor elétrico dos resultados obtidos. São previstas as seguintes atividades: estudos mercadológicos, material de divulgação, registro de patentes, viagens, diárias e serviços jurídicos. (ANEEL, 2008, p. 62).

Observa-se que as três classificações novas incorporadas no manual de 2008 são ou desdobramentos da fase de desenvolvimento experimental prevista no Manual Frascati ou então estão preocupadas com a difusão da inovação no setor, como é o caso da fase inserção no mercado. Esta última fase não poderia ser considerada P&D de acordo com as definições do Manual Frascati, apesar de ser uma etapa importante na difusão da inovação. Também chama atenção que essas três novas fases mencionam a continuação de projeto de P&D anterior, reforçando o entendimento de que os recursos do programa devem ser direcionados para aplicações reais, indo além da simples expansão do conhecimento.

Assim como o Manual Frascati mencionava exemplos de atividades que não podem ser consideradas de P&D, o Manual da Aneel de 2008 também enumera atividades não aceitas pelo programa. Estas seriam: projetos técnicos ou de engenharia, relacionados a atividades rotineiras da empresa; capacitação de recursos humanos, próprios ou de terceiros; estudos de viabilidade técnico-econômica; levantamento de dados; aquisição de sistemas, materiais e/ou equipamentos; desenvolvimento ou adaptação de *software*, a partir da integração de *softwares* ou de banco de dados; melhoramento de *software* desenvolvido em projeto de P&D anterior, caso não haja novos desenvolvimentos técnicos/científicos significativos; implantação de projetos de P&D já realizados ou em execução, excluídos os casos de cabeça-de-série, lote pioneiro e inserção no mercado; lote pioneiro com abrangência maior que 1% da base de clientes ou de ativos da empresa ou superior a uma amostra considerada representativa do caso em estudo; e projetos de gestão empresarial, consistindo no desenvolvimento de técnicas de gestão, avaliação e conjunto de ferramentas concebidas para otimizar a gestão administrativa (ANEEL, 2008, p. 17-18). De forma geral, o que a Aneel não considera como P&D é coerente com o Manual Frascati.

## 2.2 A evolução do processo de P&D

Rothwell (1992), ao analisar a evolução do processo inovador e suas consequências sobre a atividade de P&D, afirma que, além do avanço tecnológico, o próprio processo teria se alterado, acelerando-se e tornando-se cada vez mais dependente de inter-relações entre várias empresas. Assim, ele propõe cinco gerações desse processo inovador.

A primeira geração seria baseada no modelo linear, com incentivos do lado da oferta (*technology push*). O processo se iniciaria com uma descoberta científica, passando pela P&D, a engenharia e a produção e culminando em um novo produto ou processo. Grandes investimentos em P&D levariam, portanto, a mais produtos bem-sucedidos. Esse esforço ainda, no entanto, não se relaciona com o resto das atividades da empresa, pois não havia uma estratégia clara de P&D e o problema era centrado no laboratório, em que atividades tinham forte viés científico. Nos países desenvolvidos, Rothwell relaciona esse processo com as décadas de 1950 e 1960.

Já a segunda geração, que data do fim da década de 1960, seria motivada pelo lado da demanda (*market pull* ou *need pull*), em que os objetivos eram melhorias incrementais nos produtos já existentes para agradar ao público consumidor. Esse ainda é um modelo linear, mas baseado nas informações obtidas no mercado em que P&D tem um papel meramente reativo (ROTHWELL, 1994), e onde as empresas podem ser vistas como clientes de seus departamentos de P&D.

A terceira geração, que teria ocorrido a partir da década de 1970 nos países desenvolvidos, foi influenciada pela conjuntura econômica mais difícil. Logo, seus objetivos são mais voltados para o corte de custos e para a otimização do processo de produção, por meio de considerações feitas a partir da oferta e da demanda, o que levaria ao que Rothwell chamou de um modelo mais iterativo (*coupling model*). Aqui, o processo é representado por um modelo logicamente sequencial, mas não necessariamente contínuo, em que já é admitida a presença de *feedbacks* durante o processo (ROTHWELL, 1994).

A quarta geração – década de 1980 nos países desenvolvidos –, chamada de *integrated model*, foi marcada pela predominância de produtos japoneses no mercado americano. O processo inovador japonês seria baseado em integração e paralelismo. A integração diz respeito à participação de fornecedores desde muito cedo no processo de inovação e o paralelismo a mais de um setor da empresa trabalhar simultaneamente – e não em sequência – no projeto. Tal período também foi marcado pela preocupação com as atividades principais das empresas, com a possibilidade de investimentos em tecnologias genéricas para seu acúmulo, pela diminuição do ciclo de produto e pela expansão para um mercado global por meio até de alianças estratégicas com outras empresas (ROTHWELL, 1994).

A partir da quarta geração, observa-se a importância de parcerias com diversos atores do processo produtivo, algo a ser intensificado na quinta.

A quinta geração que Rothwell propõe está relacionada com integração estratégica e *networking*, em que P&D depende da colaboração em um sistema maior, entre competidores, fornecedores e distribuidores. Isso estaria relacionado com as dimensões globais do mercado, em que as empresas se viram obrigadas, pela competição, pela mudança tecnológica e pela necessidade de compartilhar custos altos, a interagirem com os demais agentes do sistema (NOBELIUS, 2004).

Logo, nem o processo de inovação nem as atividades de P&D são imutáveis ao longo do tempo. Além disso, sua evolução depende do grau de maturidade do mercado em que o setor está inserido e da estratégia individual de cada empresa, pois algumas podem apresentar preferências por um modelo mais alinhado a tendências de mercado, mais integrado a outros agentes, ou então podem priorizar pesquisa mais básica aproximando-se do modelo de primeira geração.

## 2.3 P&D no setor elétrico

### 2.3.1 Investimentos em P&D no setor elétrico: a experiência internacional

Furtado (2010) defende que a dinâmica da inovação no setor elétrico está relacionada com o arranjo institucional vigente. Inicialmente, o processo de inovação ocorria nos laboratórios de pesquisa das empresas envolvidas, já que, segundo ele, tratar-se-ia de uma indústria baseada na ciência. Não havia ainda a separação clara, em relação à atividade de P&D, entre as prestadoras de serviços de geração e distribuição de energia elétrica e as fornecedoras de material elétrico.

Essa separação só ocorreria no pós-guerra, quando as operadoras passariam por um processo de concentração que levou o Estado a ter papel preponderante no processo de inovação. As empresas privadas tinham um papel menor nesse arranjo, o que se traduziu em esforços limitados de P&D, feitos de forma cooperativa, uma vez que a maior parte da pesquisa realizada por essas empresas era não proprietária (FURTADO, 2010).

Nos Estados Unidos, por exemplo, o ápice dos gastos de P&D em energia é consequência dos dois choques do petróleo, na década de 1970, quando grandes recursos foram mobilizados principalmente em favor de pesquisas de novas fontes de energia (NEMET; KAMMEN, 2007). A partir de então, houve sensível redução, na maior parte dos países desenvolvidos, de gastos em P&D no setor elétrico.

As causas apontadas para isso são várias. Uma onda liberalizante trouxe maior competição ao setor elétrico – por meio, inclusive, de privatizações. A consequente necessidade de corte de custos frente à concorrência implicou a sensível diminuição de esforços tecnológicos por parte das empresas, e a dificuldade fiscal

impedia governos de atuarem de forma mais intensa. Além disso, mudanças tecnológicas referentes ao aproveitamento energético do gás natural e a queda do preço do petróleo ao longo da década de 1980 tornaram menos urgente a busca por novas fontes energéticas (FURTADO, 2010).

Algumas iniciativas por parte do Estado foram postas em práticas, com o objetivo de contrabalancear essa tendência. Furtado (2010) menciona a iniciativa do governo do estado norte-americano da Califórnia que, por meio da Agência Estadual de Regulação de Energia (California Energy Commission), criou o Public Interest Energy Research Program (Pier). O Pier é um fundo com recursos obtidos a partir de taxa cobrada das próprias concessionárias de energia elétrica. Tais recursos se destinam a atividades de P&D, principalmente aquelas que não seriam incentivadas de forma adequada pelo mercado, mas que mesmo assim seriam de interesse público – ou seja, o programa busca solucionar uma falha de mercado. A execução dessas atividades de P&D caberia à iniciativa privada e buscaria, por meio do programa, incentivar a cooperação entre universidades/centro de pesquisas e as empresas de energia. Os projetos são elaborados a partir de comitês cujos membros pertencem às empresas de energia elétrica, a fornecedores e ao governo.

Atualmente, segundo dados de Sagar e Zwaan (2006), o investimento público em P&D no setor de energia é liderado pelos Estados Unidos e pelo Japão (com respectivamente US\$ 3,4 bilhões e US\$ 2,45 bilhões). Segundo Dooley (2010), os gastos públicos em P&D no setor de energia correspondem a cerca de 1% dos investimentos do governo federal dos Estados Unidos em P&D. Nemet e Kammen (2007) observam, no entanto, que a última década presenciou uma queda no investimento em P&D nos Estados Unidos da ordem de US\$ 1 bilhão. Já Sagar e Zwaan (2006) chamam a atenção para a necessidade de investimentos privados no setor, uma vez que não haveria correlação entre gastos públicos realizados e indicadores do setor como o nível de energia consumido por unidade do produto interno bruto (PIB).

Essa conclusão, junto ao desenho do Pier na Califórnia, evidencia uma tendência para a qual Furtado (2010) chama a atenção: o papel do governo não seria mais o de realizar investimentos diretos em P&D e sim de incentivar o setor privado a realizar tais investimentos.

### 2.3.2 Investimentos em P&D no setor elétrico: a experiência brasileira

No Brasil, a dinâmica da inovação também estaria relacionada com o arranjo institucional vigente no setor elétrico. Furtado (2010) descreve como o atraso nacional no setor elétrico levou a uma maior presença de empresas estrangeiras até meados do século XX.

Assim, apesar dos primeiros centros de pesquisa e tecnologia voltados para o setor elétrico no mundo terem surgido após a Segunda Guerra Mundial em países desenvolvidos, no Brasil, o esforço de pesquisa nessa área só ocorre de forma sistemática mais tarde, já durante o período da Ditadura Militar. Os motivos seriam a dependência externa brasileira e o processo de substituição de importações, o qual somente internalizava a produção sem, no entanto, criar uma estrutura tecnológica própria (GUEDES, 2010). A infraestrutura de pesquisa existente para o setor no país até os maiores esforços da Ditadura Militar era composta de universidades, como em São Paulo e Itajubá, e de centros de pesquisa (FURTADO, 2010).

Um esforço de pesquisa mais intenso está relacionado com o maior papel governamental no setor elétrico. Como o crescimento da oferta de energia não era suficientemente rápido em acompanhar o crescimento da demanda, o governo, em meados do século passado, resolveu assumir responsabilidades mais diretas. A centralização ocorrida no setor, liderada pela Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras), fez que tanto o setor privado nacional quanto o estrangeiro perdessem espaço para as estatais. Tal centralização seria favorecida pelo potencial hidrelétrico do país, que exigia grande volume de investimentos e uma extensa rede de transmissão de energia (FURTADO, 2010).

Com o tempo, o interesse por novas tecnologias no setor elétrico brasileiro surgiu devido à expansão do setor, da distância das fontes enérgicas dos polos de consumo e da conjuntura macroeconômica, que impunha a internalizar tecnologia de modo a minimizar pagamentos de *royalties* e assistência técnica, principalmente após 1973 (GUEDES, 2010).

Assim, os investimentos em pesquisa e tecnologia voltados para o setor elétrico podem ser verificados nos diversos planos de desenvolvimento elaborados pelos governos nas décadas de 1960 e 1970. Nesse contexto, estão o I e o II Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PBDCT e II PBDCT) que previam, entre outras coisas, pesquisas para substituição energética do petróleo e um centro tecnológico para a Eletrobras – que se tornaria o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), criado em 1974 – por meio do qual a pesquisa seria colaborativa (GUEDES, 2010).

O Cepel foi inspirado no Centro de Pesquisas da Hydro-Québec – empresa estatal da Província de Québec, no Canadá. Seus recursos seriam provenientes do Fundo de Desenvolvimento Tecnológico (FDT) criado pela Eletrobras para investimentos em P&D. O Cepel foi de suma importância para a capacitação tecnológica do setor, na estratégia da Eletrobras de aumentar a autonomia tecnológica doméstica, o que implicou até incentivos à realização de P&D internos por empresas multinacionais (FURTADO, 2010).

Assim, até pelo próprio modelo centralizado adotado pelo setor elétrico, a maior parte das iniciativas de pesquisa eram postas em prática pelo setor público. Este modelo passou a mostrar sinais de esgotamento na década de 1980, resultado da chamada crise da dívida, em que as dificuldades orçamentárias das empresas estatais como um todo – agravadas por uma estrutura de tarifas inadequadas devido a esforços anti-inflacionários –, e a escassez de financiamento externo característica desse período diminuíram os investimentos em infraestrutura no Brasil (HERMANN, 2005). Em compensação, a demanda por energia continuava a crescer principalmente pela tentativa do governo de substituir o uso do petróleo na indústria (FURTADO, 2010).

Essas dificuldades e a experiência internacional, principalmente a britânica, levaram o governo a considerar privatizações. Tais reformas se iniciaram de fato na década de 1990, no contexto do Plano Nacional de Desestatização proposto no governo Collor. Para atrair a iniciativa privada, o governo equacionou o endividamento dessas empresas e promoveu um ajuste de tarifas. Para supervisionar as empresas, foi criada, em 1997, a Aneel. As reformas teriam enfraquecido as relações entre as empresas, devido à perda de importância da Eletrobras para o sistema elétrico. Além disso, a concorrência entre elas teria sido estimulada por regulamentação da própria Aneel e pela Lei de Concessões (FURTADO, 2010).

Essas vendas de empresas,<sup>5</sup> no entanto, não levaram a uma retomada de investimentos na área, já que a aquisição de novos ativos era vista como mais vantajosa e existiam também dificuldades ambientais. Em relação ao Cepel, que também atravessou dificuldades financeiras consequentes da redução de seus recursos causada pela crise do setor, sua atuação era vista com frustração pelas empresas do setor elétrico, pois elas o viam como incapaz de atender às demandas tecnológicas que a crescente concorrência e a própria legislação impunham (FURTADO, 2010). Essa deficiência nos investimentos não se restringiu a gastos com pesquisa, o que pode ser evidenciado pelo episódio que ficou conhecido como o “Apagão” de 2001, causado por um baixo investimento em expansão da rede (GIAMBIAGI, 2005). A partir de então, o governo tem assumido maiores responsabilidades no setor.

Furtado (2010, p. 4) faz um balanço da situação atual do sistema elétrico brasileiro e sua capacidade de inovação:

A reforma do setor elétrico brasileiro buscou compensar os efeitos negativos sobre as empresas elétricas, que seriam desastrosos para o sistema que se apoiava preponderantemente sobre os esforços das estatais. Foram geradas novas fontes de recursos direcionadas ao gasto em P&D. No entanto, o arranjo institucional estabelecido

---

5. As grandes empresas estatais de geração não foram privatizadas, já que esse processo foi abandonado com a crise cambial de 1999.

não tem sido propício à criação de uma mudança de patamar na capacidade inovativa do sistema setorial de inovação do setor elétrico brasileiro. Nesse processo de reacomodação percebe-se que existe uma defasagem crescente entre a dimensão dos desafios tecnológicos e os meios mobilizados.

Assim, no âmbito das dificuldades impostas por esse novo arranjo institucional, o Estado tem buscado remediar a tendência de queda de investimentos em P&D em energia elétrica. Para isso, tem feito o uso de mecanismos de investimentos compulsórios regulamentados pela Aneel.<sup>6</sup>

Nessa perspectiva está o programa de P&D regulado pela Aneel, que busca incentivar as atividades de inovação no setor elétrico brasileiro como forma de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a competitividade no setor. Assim, seu objetivo é fomentar o investimento privado em P&D por meio de um valor mínimo compulsório.

### 2.3.3 O programa de pesquisa e desenvolvimento do setor de energia elétrica

Ainda na década de 1990, a Aneel inseriu em alguns contratos de concessão a obrigação de um valor mínimo de investimento em eficiência energética e P&D. Com a Lei nº 9.991/2000, tal medida passa a atingir boa parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor elétrico.<sup>7</sup>

Um dos objetivos iniciais desse programa era evitar que as empresas do setor, cujos controladores, muitas vezes, eram investidores estrangeiros, transferissem seus esforços de P&D para outros lugares (JANNUZZI, 2005).

Os projetos seriam escolhidos pelas empresas e aprovados pela Aneel. As diretrizes para a elaboração dos projetos de P&D foram estabelecidas no *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*, detalhando a submissão de projetos, a contabilização de gastos, a execução e a fiscalização, entre outras coisas.

O programa sofreu diversas modificações ao longo do tempo, sendo a última em 2008, cujas consequências foram maior agilidade ao processo e maior grau de responsabilidade por parte das empresas sobre seus projetos. Essas consequências estão relacionadas com o fim dos ciclos de projetos e o fim da aprovação prévia obrigatória, entre outras alterações. Agora os projetos podem ser iniciados a qualquer momento, sem o aval prévio da Aneel. Existe ainda uma avaliação prévia opcional, mas que não garante aprovação na avaliação final do projeto. Ambas as avaliações seriam feitas considerando o resultado esperado ou efetivo do projeto.

---

6. Furtado (2010) lembra que a criação e o financiamento do Cepel foram feitos com um mecanismo parecido no sistema Eletrobras.

7. Estão isentos da obrigatoriedade de investir em P&D aqueles que geram exclusivamente a partir de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), biomassa, cogeração qualificada, usinas eólicas ou solares.

Isso significa que cabe a empresa decidir sozinha se aquele é um projeto válido de P&D que se encaixa nas diretrizes do programa ou não.

Tanto a avaliação prévia opcional quanto a avaliação final são feitas considerando os critérios listados no manual de 2008. São eles: originalidade, aplicabilidade, relevância e razoabilidade dos custos. Além disso, o manual afirma que são analisados tanto o produto principal do projeto – produto, metodologia, processo etc. – quanto os produtos secundários, listados como capacitação profissional e tecnológica e impactos socioambientais.<sup>8</sup>

O critério originalidade é eliminatório e está relacionado com a classificação do projeto como sendo ou não de P&D. Segundo o manual, ele não se aplicaria aos projetos caracterizados como nacionalização de produto ou enquadrados nas fases cabeça-de-série, lote pioneiro ou inserção no mercado – dado que esses só são aceitos se forem oriundos de outro projeto de P&D regulado pela Aneel.

Alguns estudos já foram realizados com base nesse programa. Jannuzzi (2005) observa o aumento no investimento de P&D ocorrido em decorrência do programa e chama atenção para o impacto no aprendizado institucional tanto do setor público quanto do próprio setor elétrico.

Já para Quandt, Procopiuck e Silva Jr. (2008), os investimentos realizados no programa são feitos somente para adequação legal, não produzindo impactos positivos para a sociedade ou resultados estratégicos para as organizações, o que os leva a concluir que a inovação não estaria inserida na estratégia competitiva das empresas do setor.

Guedes (2010) avaliou a percepção dos agentes a respeito do programa. Seus resultados indicam que o modelo de investimentos diretos em P&D pelas empresas tem se convertido, ainda que não nas proporções desejadas, em benefícios para o setor de energia elétrica. Segundo a autora, o principal resultado percebido do programa foi a superação do contingenciamento crônico dos recursos destinados aos fundos setoriais. Ela também vê como benefício os investimentos serem feitos pelas próprias empresas, uma vez que elas seriam as maiores conhecedoras dos gargalos tecnológicos do setor.

### 3 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo do presente trabalho é promover uma análise qualitativa dos resultados do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, regulado pela Aneel. Tal análise será feita considerando os

---

8. Os critérios de avaliação listados no manual de 2006 eram um pouco diferente, considerando também a factibilidade do projeto, a qualificação e disponibilidade da equipe, e os benefícios e custos do projeto.

efeitos sobre as atividades dos agentes,<sup>9</sup> das instituições de pesquisa científica e tecnológica (ICTs) e das empresas envolvidas com o programa.

Em termos gerais, este trabalho almeja investigar se os projetos inseridos no programa estão alinhados à estratégia global dos agentes ou se ainda possuem um viés científico. Além disso, busca-se também descobrir se o programa foi capaz de criar uma cultura de inovação nos agentes, inclusive com o fomento da cooperação entre estes e institutos de pesquisa e empresas, e avaliar as características do processo de P&D no setor elétrico, uma vez que muitos agentes não possuíam tradição em atividades de pesquisa antes do programa.

Assim, pode-se enunciar duas hipóteses de trabalho:

- *Sobre a estratégia da empresa e o processo de P&D*: as atividades de P&D são plenamente alinhadas com as estratégias das empresas devido ao seu envolvimento na execução dos projetos. Em função disso, o setor elétrico já não estaria na chamada primeira geração de P&D, na qual os projetos não são aderentes às estratégias empresariais.
- *Sobre a criação de uma cultura de inovação*: o maior volume de gastos em P&D contribui para a criação de uma cultura de inovação nessas empresas e proporciona real desenvolvimento tecnológico.

#### 4 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos delineados na seção anterior, foram traçadas duas abordagens: *i*) a análise da descrição de projetos selecionados com base em uma amostra representativa pré-estabelecida retirada da base de dados disponibilizada pela Aneel; e *ii*) a realização de entrevistas com os 20 agentes do setor elétrico responsáveis pelos maiores gastos em projetos supervisionados pela Aneel, as dez ICTs e as cinco empresas parceiras que atuaram em projetos com maior volume de gasto total.

Como já mencionado previamente, a Aneel modificou as regras do programa em 2008 com a edição de seu novo manual de P&D. A base de dados a qual tivemos acesso e, conseqüentemente, a amostra de projetos aqui avaliada cobrem o período do início do programa até 2007. Ou seja, tais projetos foram feitos com base nas regras anteriores. As mudanças mais importantes nessas regras já foram abordadas aqui e estão relacionadas com as novas categorias de pesquisa reconhecidas pela Aneel – cabeça de série, lote pioneiro e inserção no mercado. Isto é, até 2007, as categorias eram mais restritivas, pois não consideravam estes

---

9. As empresas do setor elétrico submetidas ao programa da Aneel serão tratadas aqui como *agentes*. As universidades e os institutos de pesquisa que cooperam com esses agentes nos projetos serão tratados como *ICTs* e as empresas parceiras que atuam nos projetos serão tratadas como *empresas*.

outros tipos de desenvolvimentos ao longo da cadeia produtiva. Assim, nossa análise desses projetos considerará também estas mudanças e como isto afetaria a classificação de cada projeto.

Já em relação às entrevistas, obviamente, elas foram realizadas considerando as regras expostas no manual de 2008, que já estava em vigor há mais de dois anos quando as entrevistas foram realizadas. Logo, há uma diferença metodológica importante entre a análise dos projetos e dos resultados das entrevistas. Essa diferença tem algumas implicações. Em relação à análise da amostra de projetos, a classificação que foi usada pela Aneel deveria excluir as novas categorias que não se enquadrem como P&D. Isso pode ser considerado um indício de que o manual de 2008 é uma evolução dos anteriores, adequando-se às demandas e necessidades dos agentes e do regulador, tornando mais abrangente a classificação dos projetos submetidos. Em relação às entrevistas, isso implica que os agentes hoje devem ter uma visão um pouco mais flexível do que é P&D em relação ao que é exposto no Manual Frascati.

Essa seção está dividida em três subseções que tratarão da seleção das amostras, do método de avaliação dos projetos e da estrutura das entrevistas.

## 4.1 Amostra

### 4.1.1 Amostra para análise dos projetos

Em relação à amostra de projetos cuja descrição será analisada, o método usado foi o de amostragem estratificada com seleção proporcional ao número de pesquisadores<sup>10</sup> envolvidos em cada projeto, chegando ao tamanho  $n = 79$ . A precisão da amostra é de 5%. Sua construção está exposta no anexo 1 deste livro.

### 4.1.2 Amostra para realização de entrevista

Em relação às entrevistas, a amostra é composta pelos 20 agentes responsáveis pelos maiores gastos em projetos supervisionados pela Aneel, as dez ICTs e as cinco empresas parceiras que atuaram em projetos com maior volume de gasto total, além da Reason Tecnologia S/A.<sup>11</sup> Em relação aos agentes, foi possível realizar um

---

10. A amostra não foi selecionada em relação ao volume de recursos, pois devido à grande dispersão de projetos em relação a essa variável, para a amostra ser representativa, ela teria que ser consideravelmente maior que os 79 projetos selecionados aqui.

11. A Reason Tecnologia S/A está na 27ª posição em relação ao valor total de projetos. No entanto, pela oportunidade de encontrá-la no VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (Citeneel) e pelo fato de nenhuma das empresas entrevistadas ter atuado como fornecedora de equipamentos, ela foi introduzida na amostra.

total de 15 entrevistas.<sup>12,13</sup> Já em relação às ICTs, dez entrevistas<sup>14</sup> e em relação às empresas, três entrevistas.<sup>15</sup>

A lista dos agentes selecionados pode ser visualizada na tabela 1, a das ICTs na tabela 2 e a das empresas parceiras na tabela 3.

**TABELA 1**  
**Agentes selecionados para as entrevistas – total de projetos: 1.328**

Sigla	Nome da empresa	Gasto total em projetos (R\$ mil)	Número de projetos
Furnas	Furnas Centrais Elétricas S/A	<b>164.437</b>	187
Eletropaulo	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A	<b>128.160</b>	103
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco	<b>85.272</b>	135
LIGHT	Light Serviços de Eletricidade S/A	<b>68.907</b>	140
Eletronorte	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A	<b>66.888</b>	130
CEMIG-D	CEMIG Distribuição S/A	<b>62.945</b>	81
Copel-DIS	Copel Distribuição S/A	<b>49.212</b>	67
CESP	Companhia Energética de São Paulo	<b>45.169</b>	35
Bandeirante	Bandeirante Energia S/A	<b>41.655</b>	53
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais	<b>40.655</b>	77
ELEKTRO	Elektro Eletricidade e Serviços S/A	<b>40.401</b>	47
CPFL Paulista (n)	Companhia Paulista de Força e Luz	<b>37.160</b>	41
CEMIG-GT	CEMIG Geração e Transmissão S/A	<b>34.386</b>	42
Coelba	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	<b>31.686</b>	66
Ampla	Ampla Energia e Serviços S/A	<b>28.892</b>	63
Copel-GER	Copel Geração S/A	<b>26.054</b>	17
Celpe	Companhia Energética de Pernambuco	<b>24.476</b>	47
Emae	Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A	<b>23.651</b>	2
CELG	Companhia Energética de Goiás	<b>23.414</b>	23
CPFL Piratininga (n)	Companhia Piratininga de Força e Luz	<b>22.363</b>	22

Fonte: Base de dados da Aneel.  
Elaboração dos autores.  
Obs.: n = não entrevistada.

12. A Copel Distribuição e a Copel Geração têm o mesmo gerente de P&D, logo contam como uma única entrevista. Esse também é o caso da Cemig Geração, Cemig Distribuição, e da Holding Cemig; bem como da CPFL Paulista e CPFL Piratininga.

13. Não foi possível estabelecer contato com a gerência de P&D da CPFL Paulista e da CPFL Piratininga.

14. Em relação à Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), foram realizadas duas entrevistas, uma com o coordenador do maior projeto e outra com um ex-diretor do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético. Em relação à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), não foi possível estabelecer contato com qualquer pesquisador envolvido com o programa.

15. Não foi possível estabelecer contato com a Daimon Engenharia e Sistemas S/C Ltda., com a A. Rigueira Consultoria Ltda. e com a TECBIO-Tecnologias Bioenergéticas Ltda.

TABELA 2  
ICTs selecionadas para as entrevistas – total de projetos: 927

Sigla	Nome da ICT/empresa parceira	Valor dos projetos (R\$ mil)	Número de projetos
LACTEC	Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento	160.028	230
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	73.164	116
CPQD	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações	57.444	69
COPPETEC	Fundação COPPETEC	55.877	67
Cepel	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica	53.430	55
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais	50.080	90
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas	46.916	64
UFSC (n)	Universidade Federal de Santa Catarina	40.685	90
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco	40.251	74
Fupai	Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria	37.802	72

Fonte: Base de dados da Aneel.  
Elaboração dos autores.  
Obs.: n = não entrevistada.

TABELA 3  
Empresas parceiras selecionadas para as entrevistas

Razão social/organização	Número de projetos	Valor dos projetos (R\$ mil)	Setor (CNAE) <sup>1</sup>	Funções exercidas em projetos
Matrix Engenharia em Energia Ltda.	19	19.326	Serviços de engenharia	Executora (11) e consultora (8)
Daimon Engenharia e Sistemas S/C Ltda. (n)	33	18.211	Serviços de engenharia	Executora (31) e consultora (2)
Expertise Engenharia	18	15.822	Serviços de engenharia	Executora (17) e consultora (1)
A. Rigueira Consultoria Ltda. (n)	17	15.388	Não disponível	Consultora (17)
TECBIO-Tecnologias Bioenergéticas Ltda. (n)	4	13.742	Atividades técnicas relacionadas à arquitetura e engenharia	Executora (3) e consultora (1)
Reason Tecnologia S/A	7	5.248	Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle	Executora (4) e fabricante de material/equipamento elétrico (2)

Fonte: Base de dados da Aneel.  
Elaboração dos autores.  
Nota: <sup>1</sup> Classificação Nacional de Atividades Econômicas.  
Obs.: n = não entrevistada.

O número diferente de instituições e empresas selecionadas para entrevistas está relacionado com a importância de sua participação no programa. No total, as instituições envolveram-se em 92,4% dos projetos (cujo valor total alcançou R\$ 1,31 bilhão), enquanto as empresas participaram de somente 28,6% deles (com valor total de R\$ 407 milhões) (POMPERMAYER *et al.*, 2011 – capítulo 1 deste livro).

Já o fato de somente três empresas das seis selecionadas terem sido entrevistadas está relacionado com as características das empresas envolvidas no programa. Pomper Mayer *et al.* (2011) observaram que somente 10% das empresas envolvidas (27 de um universo de 288 empresas) eram classificadas como empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica e que 83 dessas 288 empresas não tiveram sua CNAE identificada por não estarem presentes na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). Para os autores, isso sugere a presença de empresas *ad hoc*, termo empregado para caracterizar empresas criadas pelos agentes apenas para executar os projetos. Esse parece ser o caso de três empresas selecionadas aqui. As duas entrevistadas (a Matrix e a Expertise) foram fundadas por ex-funcionários de agentes, e a A. Rigueira Consultoria Ltda. representa a pessoa jurídica (PJ) de um pesquisador da Universidade Federal Fluminense (UFF) – a única a sempre atuar como consultora nos projetos. Não se encontrou informações suficientes sobre a Daimon e a TECBIO. Já a Reason é fornecedora de equipamentos elétricos há pelo menos 15 anos.

#### 4.2 Estrutura da análise dos projetos

A avaliação dos projetos da amostra considerou as definições do Manual Frascati para o que é ou não pesquisa e desenvolvimento, além das definições do Manual de Oslo para inovações, já que a P&D é um fonte de inovação. Como exemplo, pode-se citar as seguintes atividades de P&D:

- investigação de relações desconhecidas da natureza;
- desenvolvimento de materiais, equipamentos, processos e modelos;
- plantas piloto, protótipos e primeiras séries de produção;
- pesquisas de campo para suportar projetos de P&D; e
- análise de novas aplicações para tecnologias existentes.

Conforme já discutido na seção 2, qualquer atividade correlata ao desenvolvimento de um novo produto ou processo pode ser considerada P&D. Porém, não se enquadram em P&D atividades típicas de engenharia, como desenvolvimento de projetos, análise de falhas de equipamentos, adaptação de processos produtivos etc.; desenvolvimento comum de *softwares*; análises estatísticas de mercado usando técnicas já difundidas; pesquisas de opinião; entre outras atividades corriqueiras que exigem conhecimento técnico elevado, mas não configuram aumento no conhecimento público sobre o assunto, apesar de muitas vezes permitirem melhor conhecimento sobre as atividades e os processos da empresa.

Muitas dessas atividades podem ser consideradas inovações, mas no nível da firma. A Pesquisa de Inovação Tecnológica do Instituto Brasileiro de Geografia

e Estatística (PINTEC/IBGE) considera inovações de produto ou de processo, tanto no contexto do mercado quanto da empresa. Neste último caso, a inovação introduzida na empresa já seria utilizada por outras empresas do mercado, no mesmo setor de atividade ou não. O Manual de Oslo considera inovação tecnológica, além das atividades de P&D: *i*) mudanças de produtos e processos, ou modelos de gestão; *ii*) aquisição de tecnologia; e *iii*) automação e integração de processos.

Além das inovações de produto ou de processo, para a firma ou para o mercado, pode-se classificá-las ainda em *na fronteira tecnológica* ou *incrementais*. A avaliação da amostra de projetos considerou diversos destes aspectos para classificar o tipo de inovação em que cada projeto se enquadraria.

Conforme já discutido na seção 2, o mais recente manual do programa de P&D da Aneel (2008) considera seis etapas de pesquisa, nas quais os projetos de P&D podem se inserir.

Seguindo o Manual Frascati, a última etapa, inserção no mercado, não seria necessariamente um gasto em P&D. Entretanto, como se trata da inserção no mercado de um resultado de pesquisa desenvolvido no âmbito do programa, pode-se associar os gastos com tais atividades como de P&D. Vale destacar que o banco de dados dos projetos analisados é anterior ao manual de 2008. Considerou-se este manual por se tratar da evolução dos manuais anteriores, devidamente ajustado e mais adequado à prática de P&D das empresas reguladas.

Já pelo ponto de vista das inovações – Manual de Oslo –, o Manual da Aneel não permite considerar, como gastos pelo programa, uma série de inovações no nível da firma, como aquisições de tecnologia e automações de processos.

### 4.3 Estrutura das entrevistas

O objetivo das entrevistas foi investigar aspectos qualitativos do programa de P&D regulado pela Aneel não captados pela base de dados ou por métodos quantitativos. Para isso, três tópicos principais foram escolhidos para guiar as entrevistas: a relevância prática dos projetos para a empresa e seu envolvimento na execução desses; a estrutura de P&D atual da empresa e como esta se relaciona com os projetos; e as possíveis relações de cooperação formadas entre as empresas e outras instituições. Essas entrevistas não foram realizadas por meio de um questionário fechado e sim por um roteiro aberto que possibilitava a abordagem de outros tópicos não previamente antecipados no momento da formulação do roteiro. Esse roteiro das entrevistas está descrito no anexo deste capítulo.

## 5 RESULTADOS

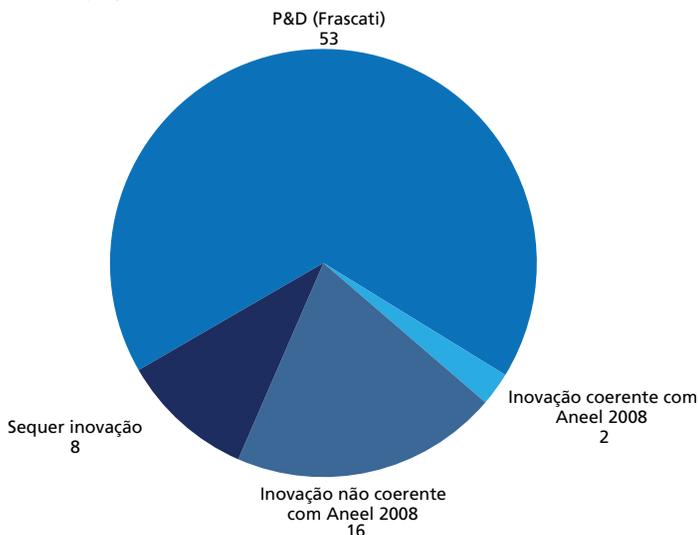
### 5.1 Análise dos projetos da amostra

A amostra de 79 projetos foi analisada inicialmente conforme as definições do Manual Frascati, para o que pode ou não ser considerado gasto em P&D. Assim, cada projeto foi classificado como de P&D ou não. Adicionalmente, projetos que seriam enquadrados na categoria inserção no mercado pelo Manual da Aneel de 2008 também foram destacados como de P&D, mesmo que inicialmente não o fossem. Entre aqueles não classificados como de P&D, foi avaliado se seriam ao menos uma inovação – mesmo que só para a firma –, ou se eram uma atividade de rotina que qualquer empresa poderia executar. Esta primeira avaliação, apresentada no gráfico 1, revela que 30% dos projetos da amostra não se enquadram nas definições de P&D do Manual Frascati e do Manual da Aneel (2008).

GRÁFICO 1

**Adequação às definições de P&D dos Manuais Frascati e da Aneel (2008) – amostra de 79 projetos**

(Em número de projetos)



Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

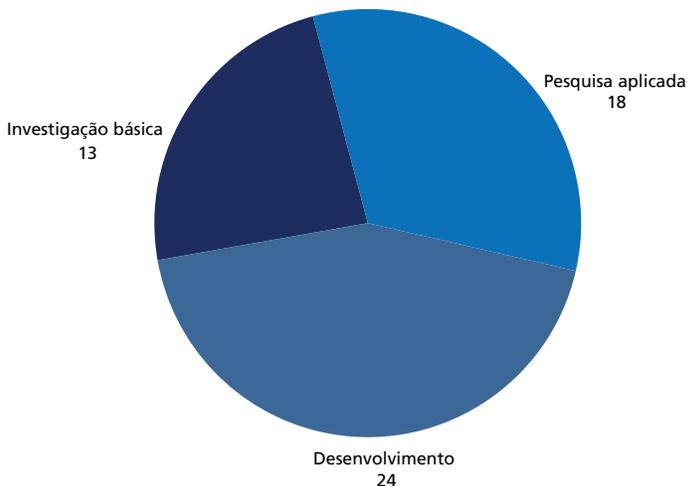
Entre os projetos que foram considerados de P&D, dois talvez não o seriam se apenas o Manual Frascati fosse usado como base, encaixando-se na categoria inserção no mercado do Manual da Aneel de 2008. Dos não classificados como P&D, 16 projetos (20% da amostra) seriam inovações para a firma e oito projetos (10% da amostra) são atividades não inovadoras.

Os 55 projetos considerados de P&D foram novamente analisados quanto ao tipo de pesquisa, se investigação básica, pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental; e ainda sobre o caráter da inovação, se na fronteira tecnológica ou incrementais. Os resultados são apresentados nos gráficos 2 e 3, a seguir.

GRÁFICO 2

**Tipo de pesquisa dos classificados como P&D**

(Em número de projetos)

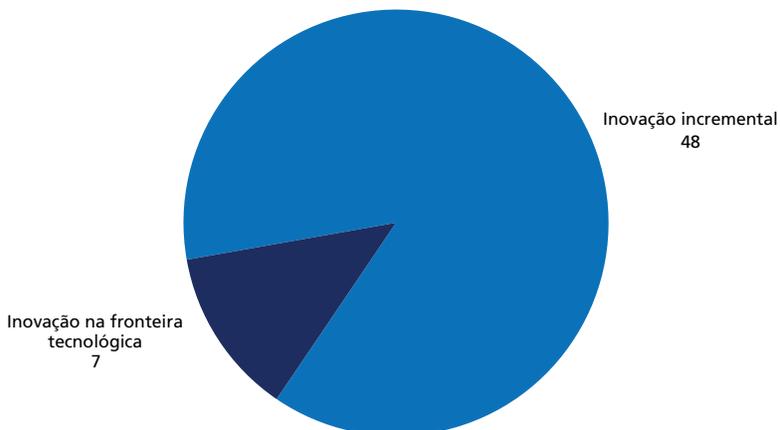


Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 3

**Caráter da inovação dos classificados como P&D**

(Em número de projetos)

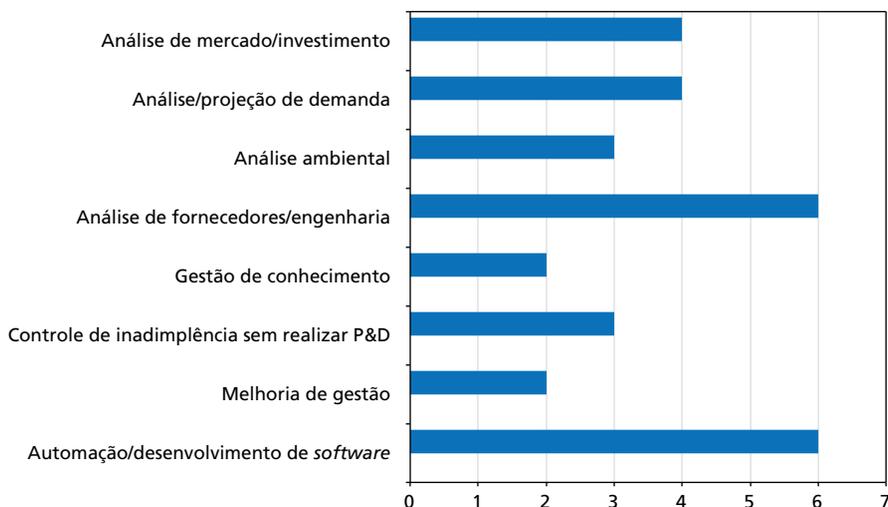


Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

Observa-se que a maior parte dos projetos é de desenvolvimento e envolve inovações incrementais. Vale ressaltar ainda que, mesmo nos projetos de pesquisa básica ou aplicada, muitos buscam apenas inovações incrementais, como identificação de causa de falhas em estruturas e sistemas elétricos.

Quanto aos projetos não classificados como de P&D, alguns podem ser considerados inovações para a firma, envolvendo principalmente a aquisição de tecnologia via automação e desenvolvimento de *softwares*. O gráfico 4 apresenta uma avaliação dos principais objetivos destes projetos. Alguns projetos se enquadravam em mais de um objetivo.

GRÁFICO 4

**Principais objetivos dos projetos não classificados como P&D**(Em número de projetos)<sup>1</sup>

Fonte: Aneel.

Elaboração dos autores.

Nota: <sup>1</sup> Alguns projetos se enquadravam em mais de uma categoria.

Toda essa avaliação indica que há grande alinhamento dos projetos à estratégia dos agentes, ao ponto de alguns projetos não se enquadrarem em P&D, mas possibilitarem claros benefícios para as atividades das empresas. A grande incidência de inovações incrementais também reforça essa percepção.

Alguns projetos relacionados a inovações na fronteira tecnológica indicam a presença de empresas com estratégias mais agressivas, buscando liderança em possíveis novos mercados, como de fontes alternativas de energia. Por outro lado, tais projetos podem ter sido propostos pelas ICTs e aceitos pelos agentes que não teriam onde aplicar os recursos do programa. Há, ainda, projetos de investigação básica que parecem ser proposições das ICTs, em vez

de uma demanda dos agentes, mesmo que eventualmente venham a resolver problemas práticos do setor. Apesar de ser um indício de excesso de recursos para P&D, levando a projetos pouco aderentes às estratégias das empresas, isto contribuiria para que os agentes tomem conhecimento dos potenciais benefícios da P&D.

Entretanto, a maioria dos agentes parece buscar a solução de problemas operacionais e de manutenção. A execução de investigações e desenvolvimentos que resolvessem esses problemas talvez fosse efetuada sem a necessidade do incentivo financeiro proporcionado pelo programa.

## 5.2 Entrevistas com agentes, ICTs e empresas

No total, foram entrevistados 15 agentes, dez ICTs e três empresas. Os resultados serão apresentados em termos percentuais, mas se deve ter em mente qual é o universo total de entrevistados. Dos agentes, 12% foram entrevistados, mas como são os maiores em gastos de P&D no programa, cobriu-se o equivalente a 71% dos gastos do programa no período analisado. Da mesma forma, entre as ICTs entrevistou-se menos de 1% das envolvidas no programa, mas cobriu-se 44% do valor dos projetos em que houve participação de ICTs. E para as empresas, obteve-se também menos de 1% das participantes, mas 10% do valor dos projetos em que houve participação de empresas.

O programa de P&D regulado pela Aneel teve impactos inegáveis sobre o volume de recursos aplicados em P&D, tanto para aqueles agentes que não realizavam essas atividades antes quanto para os que já realizavam. Metade dos agentes afirma já realizar atividades de pesquisa antes da exigência legal, enquanto a outra metade afirma ter iniciado em resposta à lei. Mesmo aqueles que já realizavam essas atividades reconhecem que o volume de recursos aumentou com o programa. Vinte por cento dos agentes, no entanto, ressaltam que antes suas atividades eram mais voltadas para inovação e não para P&D propriamente dito, com atividades que buscavam um retorno mais rápido.

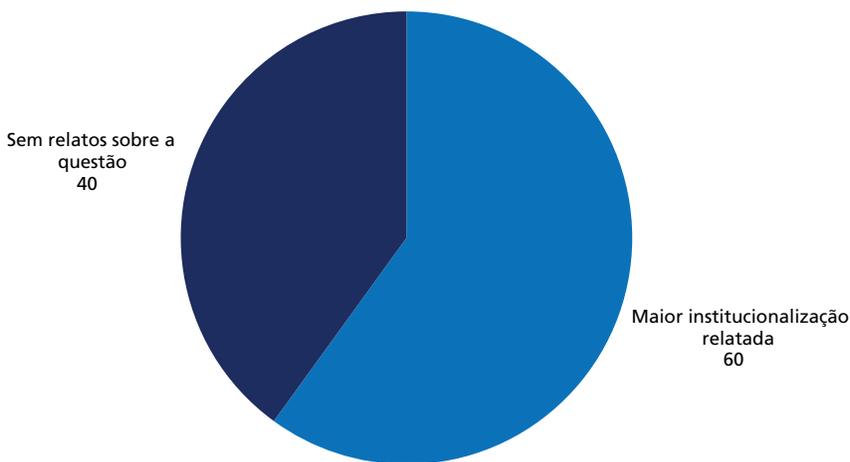
Alguns agentes, como a Copel e a CESP, mencionaram explicitamente queda acentuada nas atividades de pesquisa nas décadas anteriores à lei. Isso também foi relatado pelas ICTs Universidade de São Paulo (USP) e UNICAMP, afirmando que a cooperação com os agentes era maior nas décadas de 1970 e 1980. Esta teria caído durante o período de privatizações (década de 1990) e aumentado novamente depois da criação do programa da Aneel. Percebe-se, portanto, um impacto da reestruturação do setor elétrico sobre as atividades de pesquisa, caracterizado pela ausência de investimentos significativos entre o período em que o setor público realizava P&D de forma centralizada e o momento em que as empresas assumem essa responsabilidade autonomamente. Esse momento – de investimentos autônomos – só ocorreu com o programa da Aneel, logo este pode ser o responsável pela retomada de investimentos em pesquisa no setor.

Seria de se esperar que essa retomada de investimentos provocada pelo programa fosse acompanhada de um aumento na estrutura de pesquisa dos agentes e de sua preocupação com a atividade.

GRÁFICO 5

**Institucionalização das atividades de pesquisa**

(Em %)



Fonte: Entrevistas com participantes do programa de P&D regulado pela Aneel.  
Elaboração dos autores.

Como pode ser visto pelo gráfico 5, a maior parte dos agentes relatou uma institucionalização da estrutura de pesquisa, que se tornou mais complexa dentro da empresa – medida pelo aumento da equipe voltada para P&D. Apesar dessa maior institucionalização, um quinto dos agentes (três agentes), um terço das ICTs (três ICTs) e um terço das empresas (uma empresa) afirmaram que os agentes não estão institucionalmente adaptados para a realização de P&D – o que inclui não só a própria equipe de P&D como os setores de compras (que têm dificuldades com as demandas da atividade) e o setor jurídico (haveria grande burocracia na própria empresa com os contratos de cooperação).

No entanto, essa maior institucionalização não parece ter sido consequência do aumento no volume de recursos aplicados – logo, da atividade de pesquisa em si – e sim da burocracia e dos requisitos para aprovação de projetos no programa – ou seja, consequência de seu desenho institucional. Foi relatado pelos entrevistados que ela teria ocorrido como forma de minimizar riscos de não aprovação de projetos pela Aneel. Essa não aprovação ocorre quando o projeto não é de P&D ou ele não respeita alguns dos requisitos previstos no Manual da Aneel. Pelo relato dos gerentes de P&D dos agentes, esse requisito geralmente é o de originalidade – essa questão será tratada adiante.

Essa maior estrutura de P&D parece ser semelhante entre os agentes, com processos comuns para a seleção de projetos. É realizada uma prospecção de demandas internas e essas demandas são selecionadas pela equipe de P&D – geralmente um grupo pequeno de pessoas; muitas vezes somente dois funcionários. As demandas são divulgadas na comunidade científica para que esta proponha soluções. Os projetos são então formulados: ou pela própria empresa, ou pela ICT/empresa parceira ou pelos dois em conjunto. Esses projetos são então enviados para um comitê formado geralmente pela diretoria/vice-presidência que discute os projetos a serem enviados à Aneel. O papel dos níveis hierárquicos mais altos geralmente é o de selecionar os grandes temas em que os projetos devem se incluir – antes da prospecção de demandas internas – e o de sancionar as escolhas da equipe de P&D de projetos a serem submetidos. No entanto, apesar desse processo semelhante, um terço dos agentes (cinco agentes) afirmou que a atividade de P&D é marginalizada dentro da empresa e duas delas disseram que a própria diretoria não vê a atividade como importante. Logo, infere-se que a participação de níveis hierárquicos mais altos nesse processo de seleção ocorre de forma diferente em cada empresa, mesmo que haja um comitê com essas pessoas envolvido na escolha.

Durante as entrevistas, indagou-se acerca de dificuldades inerentes a atividades de P&D. Várias foram as dificuldades mencionadas.

TABELA 4  
**Dificuldades mencionadas pelos entrevistados**  
(Em %)

	Agentes que relataram	ICTs que relataram	Empresas que relataram
Escassez de recursos humanos	20	22	66
Falta de preparo institucional	20	33	33
P&D não visto como prioridade	33	33	–
Dificuldades burocráticas na relação agente – universidade – empresa	47	56	66
Problemas de legislação	33	22	–

Fonte: Entrevistas com participantes do programa de P&D regulado pela Aneel.  
Elaboração dos autores.

Alguns comentários devem ser feitos em relação a cada uma dessas dificuldades relatadas. Aproximadamente um quinto dos agentes (três agentes) e das ICTs (duas) e duas empresas mencionaram escassez de recursos humanos, seja por falta de funcionários disponíveis para a atividade – já que P&D parece ser marginalizado dentro do agente –, seja por falta de qualificação destes funcionários para a atividade de pesquisa. Um quinto dos agentes (três agentes), um terço das ICTs (três ICTs) e uma empresa relataram a ausência de preparo

institucional para a realização de atividades de pesquisa – já discutida anteriormente – como uma dificuldade.

A importância relativa de P&D para a estratégia do agente também foi abordada de outra forma: um terço dos agentes (cinco agentes) e das ICTs (três) relataram o fato de P&D ser marginalizado na estrutura empresarial daqueles. Dois agentes e duas ICTs ainda afirmaram que a diretoria não vê a atividade como prioridade. Nesse sentido, como a carreira do funcionário não depende de P&D, ele não teria incentivos para se engajar na atividade – e gerentes afirmam que os que se engajam o fariam por gosto pessoal. Além disso, o mesmo percentual de agentes e ICTs relataram como obstáculo a transformação do objeto de pesquisa em produto, ou seja, torná-lo mais aplicável. A consequência disso, segundo os entrevistados, é que seria difícil convencer diretoria e acionistas de sua importância para a estratégia do agente. Ou seja, percebe-se que o problema de recursos humanos, a marginalização da P&D e a aplicabilidade da pesquisa são problemas complexos e interligados e dificultam o desenvolvimento da pesquisa.

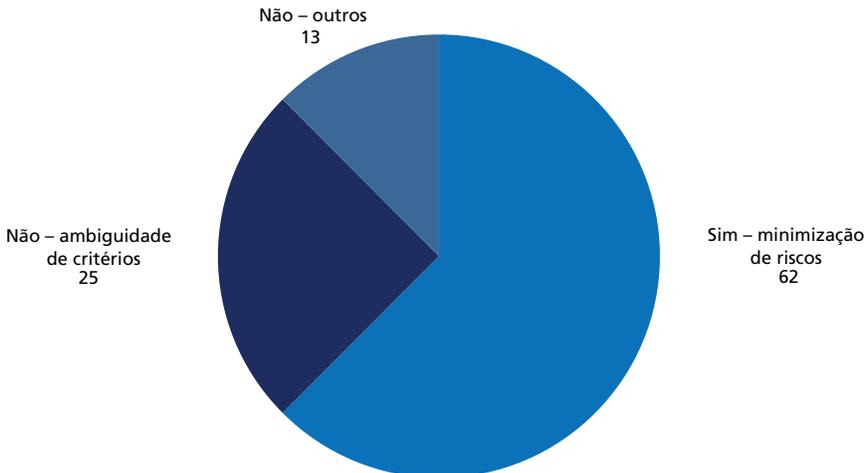
Aproximadamente metade dos agentes (sete agentes), das ICTs (cinco ICTs) e duas empresas mencionaram obstáculos burocráticos na relação agente – ICT e empresas. Já foi mencionada a ausência de preparo institucional do agente e a consequente burocratização dessa relação por parte do próprio agente, mas o maior problema estaria do lado das universidades. Segundo os entrevistados, em algumas instituições, o processo seria burocrático, com a exigência do envolvimento de diversas instâncias administrativas e jurídicas. Muitas vezes, isso aconteceria por medo da fiscalização de órgãos como o Tribunal de Contas da União (TCU) e de infringir a Lei nº 8.666/1993, que regulamenta o processo de licitações para a administração pública, devido à ambiguidade em relação à aplicação dessas leis em atividades de pesquisa. Esse problema foi relatado tanto por agentes, quanto por ICTs e empresas.

Outra dificuldade burocrática na relação agente – ICT e empresas refere-se a divergências nas formas de remuneração das ICTs e empresas. Algumas universidades exigem participações nos ganhos advindos de projetos que diferem do que os agentes estão dispostos a pagar. Esse problema surge da diferença de visão entre agentes e ICTs sobre o nível de envolvimento dessas últimas nos projetos e nas atividades de P&D dos agentes. Uma ICT chegou a sugerir que a Aneel estabeleça algum modelo padrão de contrato para que diminua tanto a confusão burocrática quanto as divergências acerca de remuneração. Esse problema também surge na relação com empresas. Foi relatado que, principalmente no caso de agentes estatais, há a exigência de que os direitos de propriedade sejam retidos integralmente pelo agente, o que torna o projeto desinteressante para a empresa, principalmente quando este envolve o desenvolvimento de um novo produto.

A relação agente – ICT também foi mencionada como origem de outra dificuldade: existiria uma diferença entre a visão da universidade e a do agente, já que aquela buscaria publicações e esta a aplicabilidade ao mercado, e muitas vezes isso seria incompatível na prática. Universidades também teriam projetos mais longos, enquanto agentes buscam resultados mais rápidos, principalmente no âmbito do programa da Aneel, devido à necessidade de prestação de contas. Uma empresa mencionou que projetos que são liderados por universidades têm menor probabilidade de gerar resultados práticos como produtos – sendo mais centrados em pesquisa básica.

Outro tipo de empecilho apontado foi a própria atuação da Aneel e o manual de 2008. A maior parte dos agentes que se pronunciou sobre isso considera a mudança para o manual de 2008 como algo negativo – um terço dos agentes (cinco agentes), enquanto somente menos de um sexto dos agentes (dois) o consideraram como positivo –, mas crê que o processo é menos demorado agora devido à possibilidade de submissão de projetos a qualquer tempo. No entanto, o fato de a avaliação do projeto ser feita somente depois que este é finalizado é visto como um fator que intensifica o risco para o agente. Em relação a esse novo risco, os agentes têm estratégias diferentes como pode ser visto no gráfico 6.

GRÁFICO 6  
Realização da avaliação prévia e seus motivos  
(Em %)



Fonte: Entrevistas com participantes do programa de P&D regulado pela Aneel.  
Elaboração dos autores.

Dos agentes que mencionaram sua estratégia em relação a isso – pouco mais da metade do total dos agentes ou oito agentes –, quase dois terços (cinco agentes)

afirmaram realizar a avaliação prévia opcional da Aneel como tentativa de minimizar o risco de não aprovação, enquanto um quarto (dois agentes) disse não realizar a avaliação prévia opcional por sentir falta de transparência nos critérios de avaliação da Aneel, vistos como subjetivos e ambíguos; logo essa avaliação não teria utilidade. Alguns agentes reconhecem – e reclamam – que a Aneel não teria recursos (financeiros e humanos) suficientes para lidar com o próprio programa e que isso estaria relacionado com a ambiguidade: de um ano para o outro, o próprio formato da superintendência mudaria, e, com isso, critérios e formatos de avaliação, levando à ambiguidade e à subjetividade percebidas. Somente um agente, CEMIG, afirmou não realizar a avaliação prévia por achar que a responsabilidade de julgar um projeto era da própria empresa mesmo e não da reguladora.

Além disso, um terço dos agentes (cinco agentes) criticou o critério de originalidade do manual, com dois desses agentes explicitamente defendendo um programa de inovação e não um programa de P&D. Uma ICT ainda sugeriu maior empenho pela Aneel em difundir o conceito de P&D, pois gerentes de P&D nos agentes não eram capacitados o suficiente para discernir isso. Outra ICT mencionou que o grande motivo de ser contratada é que sua reputação e *expertise* na área dariam mais segurança ao agente de que o projeto era, de fato, de P&D.

A nova metodologia é, no entanto, elogiada por dois agentes por permitir maiores desenvolvimentos ao longo da cadeia produtiva devido à inclusão das três novas categorias de P&D – cabeça-de-série, lote pioneiro e inserção no mercado – pela Aneel. Uma empresa também afirmou que a mudança de manual lhe incentivou a participar mais do programa, pois as novas regras modificaram a postura de alguns agentes, que antes buscavam a empresa somente para contratação de mão de obra com recursos do programa – algo que não era interessante para a empresa – e atualmente estariam mais interessadas nos possíveis desenvolvimentos dos projetos.

Cinco agentes estatais (um terço do total de agentes) e um quinto das ICTs (duas ICTs) mencionaram ainda a Lei nº 8.666/1993 como dificuldade e a ambiguidade da legislação atual em relação ao papel dessa lei nas atividades de pesquisa.

Em relação a benefícios adicionais do programa, um quarto dos agentes (quatro agentes) mencionou ganhos de aprendizado e capacitação. Em relação às ICTs e empresas, metade das ICTs (cinco) menciona a formação de mestrandos e doutorandos como benefícios, com um terço delas (três) indicando que a cooperação proporciona novos temas para teses e dissertações. Outras cinco ICTs também relataram maior contato com o meio produtivo e a consequente maior aplicabilidade das pesquisas com o desenvolvimento de protótipos. Quatro ICTs mencionam ainda a manutenção da infraestrutura de laboratórios, feita

com recursos do programa. Uma empresa afirmou ainda que o programa permitiu uma implementação mais rápida de alguns projetos de pesquisa, assim como a ampliação da carteira de projetos em execução.

O programa também teve forte impacto nas relações de cooperação entre os agentes, e as ICTs e empresas. Esse impacto pode ser observado na tabela 5.

TABELA 5  
**Relações de cooperação entre agentes, e ICTs e empresas**  
(Em %)

	Agentes	ICTs	Empresas
Relatam cooperação preexistente	40	78	33
Relatam início da cooperação com o programa	60	22	66

Fonte: Entrevistas com participantes do programa de P&D regulado pela Aneel.  
Elaboração dos autores.

A maior parte dos agentes (60% ou nove agentes) e das empresas (duas das três entrevistadas) afirma que as relações de cooperação surgiram com o programa. Já a maior parte das ICTs (dois terços ou sete ICTs) afirma que a cooperação já existia. Em relação às ICTs, infere-se que elas já atuavam em pesquisa cooperada com alguns poucos agentes antes, e que houve diversificação de parceiros após o programa, com mais agentes buscando as universidades. Em relação às empresas, duas das entrevistadas foram criadas após a lei entrar em vigor, e foram formadas por ex-funcionários de agentes do setor elétrico. Logo se infere que elas foram criadas em resposta às necessidades dos agentes de realizar P&D. Uma delas realiza pesquisa em outras áreas, mas essas atividades são pouco relevantes frente aos projetos dos agentes do setor elétrico, sendo a maior parte da receita de ambas as empresas oriunda de P&D do programa da Aneel e de outros serviços de engenharia. A terceira empresa já atuava no setor como fornecedora de equipamentos, com atividades de pesquisa por interesse próprio independentes do programa.

Dois agentes, metade das ICTs (cinco) e duas empresas afirmaram que a cooperação se inicia devido à reputação e aos contatos anteriores ao programa. Um terço dos agentes (cinco) e quase metade das ICTs (quatro) afirmam que a proximidade geográfica também é um fator importante na cooperação. Todas as ICTs afirmaram que a cooperação geralmente tem continuidade.

Somente um agente claramente indicou parceria com empresas fornecedoras/consumidoras (a Bandeirante), afirmando que o tipo de parceiro – ICT ou empresa – para se cooperar depende de em qual etapa produtiva o projeto se insere. Os demais enfatizaram a cooperação com universidades e alguns com outros agentes. Geralmente a cooperação com agentes ocorre por interesses similares e pelo desejo de compartilhar o risco da atividade.

Mais da metade dos agentes (dez) afirmam que sua participação na execução dos projetos é ativa. Os outros cinco agentes assumem que sua participação não foi ativa. Em relação às ICTs, metade diz que a participação dos agentes é ativa, metade diz que não. Já todas as empresas afirmam que essa participação não é ativa. Percebeu-se nesse caso, a necessidade de definir melhor o que seria uma participação ativa. Outra possível explicação para a diferença de percepção é que os agentes não entrevistados, com as quais as ICTs e empresas entrevistadas teriam relação, fossem menos ativos na execução dos projetos que os entrevistados, talvez por serem menores. De qualquer forma, mesmo sem uma precisão maior, percebeu-se, pelos comentários, o seguinte:

- A participação pode depender do tamanho do projeto: quanto maior o projeto, maior tenderia a ser a participação dos agentes.
- A participação é ativa nas fases de preparação do projeto e de fechamento de resultados para entrega à Aneel e em coleta de dados e trabalhos de campo, mas não nas fases intermediárias. Isso foi relatado por um agente, quatro ICTs e uma empresa.
- Um comentário adicional em relação à participação deve ser feito: duas das empresas parecem ter sido formadas em decorrência do programa e deixam a impressão de que são uma mera terceirização de atividades de pesquisa para as quais o agente não possuiria estrutura própria para executar – empresas *ad hoc*. Uma terceira empresa afirmou que os projetos em que ela se envolve são projetos que ela necessariamente está interessada no resultado final. No entanto, mesmo nessa situação, foi afirmado que a participação dos agentes é pequena, com a maior parte da execução a cargo da empresa.

Somente um terço dos agentes (cinco) mencionou a utilização de alguma outra política de apoio à atividade de inovação.<sup>16</sup> Quando não há utilização, geralmente, no passado, alguma política foi utilizada, mas a partir do programa da Aneel ela teria sido abandonada. A justificativa geralmente dada para esta não utilização é a dificuldade de alocação dos recursos oriundos do programa da Aneel, que já seriam volumosos. Logo, levanta-se a possibilidade da ocorrência de um *crowding out*. Este fenômeno acontece quando o aumento de uma parcela específica de gastos com o objetivo de aumentar o volume total provoca uma queda em outra parcela, de tal forma que o efeito nos gastos totais é inferior ao aumento da parcela que sofreu a elevação inicialmente. Nesse caso, isso significaria que os

---

16. Pompermayer *et al.* (2011) observam que, em relação aos agentes do setor elétrico, somente 13 (8% do total) tiveram acesso a fundos setoriais (sempre em projetos cooperativos; acesso entre 2000 e 2008), 17 (11%) à Lei do Bem e 9 (6%, acesso entre 2006 e 2007) a projetos reembolsáveis da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Já em relação a grupos de pesquisa cadastrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), cerca de metade dos agentes do setor elétrico (76/155) participa desses grupos (ver capítulo 1 deste livro).

recursos da Aneel não seriam completamente responsáveis pelo total da pesquisa realizada, pois parte dessa pesquisa já seria feita anteriormente, mas com recursos provenientes de outras fontes. Vale ressaltar, no entanto, que todos os agentes mencionaram aumento no volume de recursos aplicados em pesquisa, o que significa que não se pode afirmar que toda a pesquisa consequente do programa estaria sofrendo esse *crowding out*.

Em relação aos resultados oriundos dos projetos, todos os agentes afirmam que os projetos geraram resultados. Alguns mencionam patentes, outros mencionam produtos já comercializados para outras empresas. Mais da metade dos agentes (53% do total ou oito agentes) afirma que os setores mais beneficiados foram engenharia, operação e manutenção por serem os setores mais intensivos das empresas, o que pode significar que, pelo menos em parte, os projetos estão alinhados com a estratégia da empresa.

Todos os agentes, as ICTs e as empresas afirmam que, sem a obrigação legal, o volume de recursos aplicado diminuiria sensivelmente. Um terço dos agentes (cinco) e uma ICT afirmam existir no setor uma preferência por adquirir tecnologia já existente no mercado mundial a ter que desenvolvê-la internamente. Quase metade dos agentes (seis) e uma ICT acham que o número de projetos arriscados, não incrementais – e não meras inovações de processo –, diminuiria devido ao risco desse tipo de operação. Sete agentes afirmam que, caso o programa fosse descontinuado, prefeririam investir em inovação e não em P&D.

### 5.3 Análise das hipóteses

O objetivo deste trabalho é empreender uma análise qualitativa dos resultados desse programa de incentivo a investimentos em P&D, ou seja, se os projetos inseridos no programa estão alinhados à estratégia global dos agentes ou se ainda possuem um viés científico. Além disso, busca-se também descobrir se o programa foi capaz de criar uma cultura de inovação nos agentes, inclusive com o fomento da cooperação entre estes e institutos de pesquisa e empresas, e avaliar as características do processo de P&D no setor elétrico, uma vez que muitos agentes não possuíam tradição em atividades de pesquisa antes do programa.

A primeira hipótese formulada considerava que as atividades de P&D são plenamente alinhadas com as estratégias dos agentes, devido ao seu envolvimento na execução dos projetos. Em função disso, o setor elétrico já não estaria mais na chamada primeira geração de P&D, na qual os projetos não são aderentes às estratégias empresariais. Conclui-se que há alinhamento parcial, dado que alguns projetos são alinhados, mas outros não. A pesquisa é voltada para as atividades mais intensivas dos agentes, os projetos são mais incrementais do que radicais – o que já se esperava, visto que é um setor maduro – e há alguns projetos excessivamente alinhados à estratégia,

que até deixam de ser projetos de P&D, sendo essencialmente projetos de engenharia, os quais dispensariam qualquer incentivo por parte da Aneel. Em compensação, há alguns projetos ainda muito científicos, o que sugere que são dominados pelas ICTs. Uma explicação alternativa seria que esses projetos estão relacionados a estratégias de longo prazo dos agentes. De qualquer forma, eles têm um viés acadêmico e científico mais forte do que se esperaria em um setor maduro e estabelecido como o setor elétrico.

Já em relação ao setor elétrico frente às gerações do processo de P&D, concluiu-se que o setor encontra-se em um processo de transição. As próprias premissas do programa, de que maiores gastos em P&D levariam a mais resultados, e que essa execução deve ser centrada nas ICTs – laboratórios –, indicam ainda, de certa forma, resquícios da primeira geração do processo descrito por Rothwell (1994). No entanto, outra premissa, a de incentivo à cooperação, já buscaria levar o setor à quarta e quinta gerações, apesar de as ICTs atuarem em substituição aos laboratórios dos agentes. Na atuação dos agentes, percebe-se a existência de projetos incrementais relacionados com a demanda do agente e reduções de custo, o que indicaria a segunda ou terceira geração.

Em relação à segunda hipótese formulada, isto é, de que o maior volume de gastos em P&D contribui para a criação de uma cultura de inovação nessas empresas e proporciona real desenvolvimento tecnológico, conclui-se que foi criada, efetivamente, uma cultura, mas que esta ainda não foi capaz de gerar desenvolvimento tecnológico. Esta cultura é evidenciada pela maior institucionalização das atividades de pesquisa dentro dos agentes. Deve-se, no entanto, enfatizar mais uma vez a ressalva de que tal institucionalização parece ser fruto de exigências do programa e não das atividades de pesquisa em si. Além disso, a participação dessas últimas no processo de inovação ainda não seria ativa, de forma que a pesquisa ainda não está completamente internalizada pelos agentes,<sup>17</sup> no sentido de que elas não garantem incentivos aos seus funcionários para participar ativamente do processo.

Em se tratando do maior volume de recursos, também foi possível chegar a uma segunda conclusão: a dificuldade de absorção de recursos leva à possível ocorrência de um *crowding out*, dado que a estrutura da maioria dos agentes ainda não parece ser suficiente para a utilização do total de recursos do programa em atividades de pesquisa. Assim, o aumento na disponibilidade de recursos por meio do programa da Aneel pode ter feito que os agentes abrissem mão de recursos de outras fontes de fomento a P&D. Os motivos para isso seriam deficiências

---

17. Deve ser feita uma ressalva aqui de que o manual de 2008 não enfatiza uma participação mais ativa dos agentes no processo, pois não especifica o que seria uma relação de cooperação. Além disso, o manual afirma que a entidade executora pode ser: "Centros de pesquisa e desenvolvimento, instituições de ensino superior, empresas de consultoria, empresas de base tecnológica, empresas incubadas e a própria Empresa" (ANEEL, 2008, p. 65).

institucionais e falta de recursos humanos. Os agentes buscam sanar isso por meio da cooperação com ICTs e empresas parceiras. A conjectura desse possível *crowding out* surge devido ao fato de muitos agentes relatarem o abandono de outras iniciativas de apoio à pesquisa e à inovação, fruto das dificuldades de utilização integral dos recursos compulsórios gerados pelo programa da Aneel. Ou seja, parte desses projetos já seria realizada, mas com outras fontes de financiamento. De qualquer forma, é pouco provável que a totalidade dos projetos postos em prática esteja de acordo com a estratégia de mercado dos agentes e fosse adotada caso a obrigação não existisse.

A possível existência de *crowding out* também foi considerada em relação a empresas. Uma das empresas mencionou que o programa da Aneel permite uma implantação mais rápida de projetos de pesquisa já concebidos. Por um lado, isso pode ser considerado *crowding out*, pois a empresa afirmou que perseguiria esses projetos, independentemente do programa. Por outro lado, no entanto, ela enfatizou que o programa permitiu que esses projetos fossem postos em prática mais rapidamente do que nos planos originais da empresa.

Pode-se perceber ainda que uma consequência desse maior volume de recursos, aliado à estrutura ainda insuficiente, foi a busca de projetos de maior risco, apesar da existência de dificuldades de se encontrar demanda na estrutura produtiva – tal situação está ligada ao viés científico dos projetos. É possível também que estes projetos mais científicos sejam proposições de ICTs aceitas por agentes que não possuíam demandas identificadas em volume suficiente para consumir todos os recursos do programa.

## 6 CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

Este trabalho apresentou uma análise qualitativa dos resultados do programa de P&D regulado pela Aneel. Para empreender tal análise, foram utilizadas duas abordagens. Uma baseou-se na avaliação dos objetivos de alguns projetos do programa, selecionados em uma amostra conforme critérios de representatividade estatística, a fim de verificar a pertinência do projeto como de P&D. Tais características justificariam o incentivo público. A outra análise se utilizou de entrevistas semiestruturadas a empresas e instituições do programa. Foram entrevistados 15 agentes (empresas de participação compulsória no programa), dez ICTs (instituições de pesquisa) e três empresas (parceiras dos agentes).

Para empreender uma análise qualitativa dos resultados desse programa de incentivo a investimentos em P&D, buscou-se verificar o alinhamento dos projetos à estratégia global dos agentes e a capacidade de o programa criar uma cultura de inovação, inclusive com o fomento à cooperação com institutos de pesquisa e empresas. Também se avaliou as características do processo de P&D no setor

elétrico, uma vez que muitos agentes não possuíam tradição em atividades de pesquisa antes do programa.

Uma das expectativas formuladas para o programa é que, por serem as empresas do setor elétrico aquelas que executam a pesquisa, os objetivos dos projetos estariam mais ligados a suas necessidades reais e a suas estratégias competitivas. A análise aqui efetuada confirma que isto, de fato, ocorreu. A maioria dos projetos tenta resolver, por meio de inovações incrementais, problemas práticos das empresas. Isto faz sentido principalmente dado que se trata de um setor maduro tecnologicamente e é marcado por níveis relativamente reduzidos de competição entre as empresas. A compartimentação do setor em geração, transmissão e distribuição também inibe que empresas de um ramo se aventurem nos demais segmentos. Dessa forma, a existência de projetos de curto prazo e voltados para inovações incrementais estariam de acordo com as estratégias das empresas, que focariam os esforços de P&D em otimizar suas operações, sem grandes aventuras em novos produtos e mercados.

Essa característica é corroborada pelos resultados do segundo estudo apresentado neste livro (OLIVEIRA, 2011), em que se observou que as tecnologias mais pesquisadas no programa estavam relacionadas a áreas e problemas operacionais dos agentes, sem forte relação com as tecnologias de fronteira do setor elétrico especificamente. Estas últimas seriam tradicionalmente desenvolvidas por fornecedores do setor elétrico e não pelos provedores do serviço de eletricidade – aqui chamados de agentes. Como o programa teve número pequeno de projetos com empresas fornecedoras, não surpreende a baixa participação das tecnologias de fronteira nos temas abordados no programa.

Observou-se também que a quantidade de recursos é superior à que os agentes teriam capacidade de aplicar em P&D, o que parece ter criado dois efeitos. Um positivo, em que as empresas do setor passaram a investir em projetos de mais alto risco de fracasso, e talvez até descolados de suas estratégias tipicamente seguidoras em termos tecnológicos. Tal descolamento pode também ser resultado da falta de capacidade de o agente identificar os problemas que poderiam ser resolvidos via projetos de P&D, executando projetos propostos por ICTs sem uma aplicação imediata em suas operações, visto que precisam gastar os recursos do programa. O outro efeito, no entanto, seria negativo, ao utilizar os recursos do programa para projetos que não seriam de P&D, apesar de em alguns casos serem de inovação para a empresa, com baixa probabilidade de fracasso, o que não justificaria a necessidade de fomento público. Essas constatações foram evidenciadas tanto na avaliação da amostra de projetos do programa quanto nas entrevistas com agentes, ICTs e empresas.

Ações que promovam maior divulgação do programa podem contribuir para aumentar a competição pelos recursos, o que tende a melhorar a qualidade e efetividade dos projetos. A mudança no Manual da Aneel em 2008 já parece ter contribuído para que os agentes evitem alocar os recursos do programa em projetos que não seriam de P&D, devido à avaliação do projeto ser realizada apenas ao seu fim, aumentando os riscos de tais gastos não serem aceitos. Ainda assim, e com o objetivo de ampliar a participação de projetos mais ligados às fronteiras tecnológicas, pode-se desenvolver mecanismos que deem incentivos maiores para projetos mais intensivos em P&D, permitindo, por exemplo, maior tempo para que os seus benefícios em termos de eficiência venham a ser revertidos para as tarifas elétricas, e menores para projetos incrementais, em que os benefícios para o agente seriam transferidos para os usuários mais rapidamente nas regras de revisão tarifária.

De qualquer forma, o programa contribuiu para a criação de uma cultura de inovação nas empresas do setor. Apesar de as estruturas de P&D criadas nessas empresas serem muito voltadas para atender aos requisitos burocráticos do programa, já há reconhecimento dos benefícios que podem ser obtidos com as atividades de P&D, inclusive com a possibilidade de partir para projetos menos incrementais. Com a crescente maturidade do programa, inclusive, pode-se esperar maior número de projetos mais complexos, uma vez que boa parte dos problemas operacionais mais simples foi se resolvendo com os primeiros projetos. A criação, mais recentemente, dos projetos estratégicos no programa da Aneel parece estar ajudando os agentes que não têm capacidade de identificar temas a serem abordados usando seus recursos para P&D. A ampliação de projetos cooperativos também tende a promover o estudo de problemas mais complexos do setor. Há ainda, no entanto, oportunidades para difundir algumas boas práticas na gestão dos projetos, como formas de contratação de pesquisadores e criação de empresas para comercialização dos produtos desenvolvidos, que seriam pouco utilizadas pelos agentes.

Ainda assim, o envolvimento dos agentes com a execução das atividades de P&D é baixo. Evidenciou-se a utilização das ICTs e empresas parceiras como laboratórios de P&D dos agentes, que apenas levantariam os problemas a serem resolvidos e acompanhariam os resultados dos projetos executados pelas parceiras. Mais uma vez, é possível que esta situação se reverta com a maturação do programa, à medida que projetos mais complexos exijam maior participação dos agentes.

A baixa participação de empresas tipicamente fornecedoras do setor elétrico também é preocupante. A postura de alguns agentes sobre como se relacionar com as ICTs e empresas no âmbito do programa acaba contribuindo para não atrair os fornecedores. A simples utilização das ICTs e empresas como laboratórios não atrairia as ICTs e empresas mais interessadas no desenvolvimento de

novos produtos. Como já mencionado, alguns agentes não têm aceitado repartir os direitos de propriedade de eventuais produtos desenvolvidos nos projetos. Isto também inibe ICTs e empresas desenvolvedoras de novos produtos a participar dos projetos, dado que estão mais interessadas nos possíveis lucros com a venda dos novos produtos, em vez de simplesmente venderem serviços de engenharia e laboratórios.

A ampliação dos benefícios do programa, visando aproximar os projetos da fronteira tecnológica do setor e promover maior envolvimento dos agentes do sistema elétrico, deve ocorrer de forma gradual com a sua maturação. Além de maior rigor sobre o que pode ou não ser enquadrado como P&D no programa, há outras possíveis ações, algumas já em andamento, como a promoção de projetos cooperativos (entre agentes), a definição de temas estratégicos (para o setor) e a possibilidade de maior ou menor apropriação dos resultados (financeiros) dos projetos de acordo com o nível de risco da pesquisa (inovações incrementais, de menor risco *versus* na fronteira tecnológica, de maior risco). A forma como os agentes atuam também pode contribuir para maior participação de fornecedores nos projetos, aumentando a possibilidade de desenvolvimento de novos produtos. Mudanças tecnológicas e regulatórias também podem alavancar a participação dos agentes e alterar o perfil dos projetos. Um exemplo seria a promoção de maior concorrência, com flexibilização tarifária, no setor de distribuição, o que elevaria o interesse dos agentes em tecnologias de *Smart Grid*, geração distribuída e fontes alternativas. Enfim, o sucesso do programa não depende apenas das áreas diretamente envolvidas nos agentes e na Aneel, mas também dos demais departamentos e da própria conjuntura setorial. Ações dessa natureza seguramente contribuirão para que o programa de P&D regulado pela Aneel contribua, de forma ainda mais significativa, para a ampliação dos níveis de competitividade do setor elétrico no Brasil.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_. **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília, 2008.

FURTADO, A. **O Sistema Setorial de Inovação do Setor Elétrico Brasileiro e o CTEneg**, 2010. Mimeografado.

DOOLEY, J. J. **U.S. Federal Investments in Energy R&D: 1961-2008**. Oak Ridge, Estados Unidos: U.S. Department of Energy, Oct. 2010.

GIAMBIAGI, F. Estabilização, reformas e desequilíbrios macroeconômicos: os anos FHC (1995-2002). *In*: CASTRO, L. B. *et al.* (Org.). **Economia brasileira contemporânea (1945-2004)**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GUEDES, C. F. B. **Políticas públicas de estímulo à P&D**: uma avaliação dos resultados do programa regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel. 124f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação, Brasília, 2010.

HERMANN, J. Auge e declínio do modelo de crescimento com endividamento: o II PND e a crise da dívida externa (1974-1984). *In*: CASTRO, L. B. *et al.* (Org.). **Economia brasileira contemporânea (1945-2004)**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

JANNUZZI, G. M. Power Sector Reforms in Brazil and its Impacts on Energy Efficiency and Research and Development Activities. **Energy Policy**, v. 33, p. 1753-1762, 2005.

NEMET, G. F.; KAMMEN D. M. U.S. energy research and development: declining investment, increasing need, and the feasibility of expansion. **Energy Policy**, v. 35, p. 746-755, 2007.

NOBELIUS, D. Towards the Sixth Generation of R&D Management. **International Journal of Project Management**, n. 22, p. 369-375, 2004.

OLIVEIRA, L. G. Tendências tecnológicas do setor elétrico. *In*: POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro**: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. Brasília: Ipea, 2011.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Frascati Manual**: Proposed Standard Practices for Surveys on Research and Experimental Development. Paris, 2002.

\_\_\_\_\_. **Manual de Oslo**: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. Rio de Janeiro: FINEP, 2005.

POMPERMAYER, F. M. *et al.* Rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela ANEEL: abrangência e características. *In*: POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro**: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. Brasília: Ipea, 2011.

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

ROTHWELL, R. Successful Industrial Innovation: Critical Factors for the 1990s. **R&D Management**, v. 22, n. 3, p. 221-239, 1992.

\_\_\_\_\_. Towards the Fifth-Generation Innovation Process. **International Marketing Review**, v. 11, n. 1, p. 7-31, 1994.

SAGAR, A.; ZWAAN, B. Technological innovation in the energy sector: R&D, deployment, and learning-by-doing. **Energy Policy**, v. 34, p. 2601-2608, 2006.

## ANEXO

### ROTEIRO DE PERGUNTAS PARA AS ENTREVISTAS<sup>18</sup>

#### Entrevistas com os agentes

As perguntas propostas para os agentes podem ser elencadas da seguinte forma:

*1. Sobre a estrutura da P&D dentro da empresa:*

- a) Desde quando a empresa desenvolve atividades de pesquisa e desenvolvimento? Já desenvolvia essas atividades antes da obrigatoriedade do programa de P&D regulado pela Aneel? Os investimentos em P&D aumentaram depois da integração da empresa no programa da agência?
- b) Existe um departamento de P&D no agente?
- c) Quais os principais objetivos de P&D realizados na empresa? Como são definidos os projetos de P&D: são iniciativas do próprio departamento de P&D; demandas de outros departamentos da empresa, orientações da direção da empresa etc.?
- d) A empresa conhece outras políticas de apoio à atividade de inovação além do programa da Aneel? Quais? Quais delas a empresa utiliza? (Caso não utilize alguma delas, por quê não?)
- e) Quais as principais dificuldades da sua empresa na execução de P&D?
- f) A empresa tem relações de cooperação com alguma outra empresa, universidade ou instituto de pesquisa?
- g) Caso haja parceria com empresa(s), qual o setor de atuação desta(s)? É uma empresa fornecedora ou consumidora?
- h) A cooperação foi motivada/iniciada pelo programa da Aneel?

*2. Sobre os projetos de P&D que fazem parte do programa da Aneel, sua interação com o resto da empresa e seus resultados:*

- a) Quem propõe ou elabora os projetos de P&D a serem apresentados à Aneel? Trata-se de uma iniciativa interna da empresa ou de terceiros?
- b) Houve participação ativa da empresa no projeto ou sua execução foi delegada à ICT/empresa parceira do projeto? Por quê – tanto em caso afirmativo como em caso negativo?

---

18. O questionário serviu somente de roteiro para as entrevistas, sem aderência estrita em todas as conversas.

- c) Qual foi o principal resultado dos projetos – citar produtos ou processos gerados pelo projeto?
- d) Os resultados do projeto foram utilizados dentro da empresa? Se sim, qual setor ou departamento da empresa utilizou esses resultados?
- e) Caso o programa da Aneel fosse descontinuado, quais os impactos esperados na atividade de P&D da empresa?

### **Entrevistas com as ICTs/empresas parceiras**

Já para as entrevistas a serem realizadas com as ICTs/empresas parceiras, propõe-se os seguintes pontos para abordagem:

1. A cooperação foi motivada/iniciada pelo projeto?
2. Quem fez a aproximação – a empresa responsável pelo projeto ou a ICT/empresa parceira?
3. Qual o motivo da escolha da cooperação – afinidade temática, proximidade geográfica, funcionários dos agentes com vínculos (presentes ou passados) com a ICT/empresa parceira?
4. Houve participação ativa do agente no projeto ou sua execução foi delegada à ICT/empresa parceira do projeto – entrevistado?
5. Quais foram os benefícios do relacionamento da ICT/empresa parceira com a empresa responsável pelo projeto?
6. Quais foram as dificuldades do relacionamento da ICT/empresa parceira com a empresa responsável pelo projeto?
7. Qual foi o principal resultado do projeto – citar produtos gerados pelo projeto?
8. A cooperação teve continuidade ou foi apenas para um projeto específico? Qual foi o tempo total de duração da cooperação – desde o primeiro projeto de cooperação?
9. Somente se empresa (não perguntar para ICT): existem outras pesquisas em P&D além do programa com a Aneel – inclusive em outras áreas?

# ANEXOS

## ANEXO 1

### PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO DAS BASES DE REFERÊNCIA

#### 1 PROJETOS

Partiu-se, inicialmente, da base de projetos enviada pela Aneel. Esta base contém 8.189 registros relativos a projetos em diferentes estados – carregado, disponibilizado para avaliação da Aneel, aprovado, e assim por diante. Em seguida, esta base foi ordenada por nome do projeto (NM\_PROJ), número do ciclo (NU\_CICLO) e versão (NU\_VERSAO). Com base em orientação da Aneel, corrigiu-se o estado do projeto cujo número sequencial (CD\_PROJ) é 7.120, que passou de “cancelado” (CD\_EST = 31) para “relatório final enviado” (CD\_EST = 38). Em seguida, eliminaram-se da base todos os projetos cujo *status*, na tabela a seguir, não foi incluído. Para isso, aplicaram-se filtros sobre o campo “código do estado” (CD\_EST) e deletaram-se as linhas correspondentes.<sup>1</sup>

TABELA 1A

#### Códigos de estado incluídos e não incluídos na base definitiva de projetos

Descrição do estado	Código do estado	Status
Carregado	1	
Disponibilizado para avaliação da Aneel	3	
Aprovado	4	
Reprovado	5	
Submetido à revisão	6	
Apropriado	7	Incluído
Não apropriado	8	
Primeiro relatório enviado	19	Incluído
Segundo relatório enviado	20	Incluído
Terceiro relatório enviado	21	Incluído
Quadrimestre final	22	Incluído
Cancelado	31	
Finalizado	32	Incluído
Disponibilizado para avaliação	33	
Disponibilizado para finalização da Aneel	34	Incluído
Disponibilizado para acompanhamento da Aneel	36	Incluído
Disponibilizado para acompanhamento	37	Incluído
Relatório final enviado	38	Incluído

Fonte: Aneel.

Elaboração dos autores.

1. Antes de se adotar esse procedimento, verificou-se se haveria algum caso em que um projeto tivesse sido cancelado (estado 31) após ter mantido algum estado incluído na tabela. Nesse caso, a simples eliminação do projeto cancelado preservaria os projetos precedentes, quando, na verdade, o último estado (cancelado) implicaria sua eliminação. Essa situação, entretanto, não foi observada em nenhum caso.

Após a adoção desses procedimentos, chegou-se a uma base formada por 3.798 registros. Esta base pode conter ainda o mesmo projeto em mais de um registro, uma vez que um mesmo projeto pode reaparecer em diferentes ciclos e versões. Dado que a base já se encontra ordenada por nome do projeto (NM\_PROJ), número do ciclo (NU\_CICLO) e versão (NU\_VERSAO), adotou-se o seguinte procedimento para gerar um indicador (*flag*) para projetos em ciclo ou versões mais antigas: comparou-se, inicialmente, o título contido na linha  $i$  com o título contido na linha  $i + 1$ ; nas circunstâncias em que os títulos coincidem, a linha  $i$  foi assinalada com um  $flag = 1$ ; caso contrário,  $flag = 0$ , conforme ilustrado no exemplo a seguir.

TABELA 2A  
Exemplo de ordenamento de um projeto

CD_PROJ	NM_PROJ	NU_ANO_INI	NU_CICLO	NU_VERSAO	CD_ANEEL	Flag
7408	Sistema de gestão de qualidade de energia elétrica II	2006	2006	2	5216-006/2006-2006-2	1
7408	Sistema de gestão de qualidade de energia elétrica II	2006	2006	2	5216-006/2006-2006-2	1
7408	Sistema de gestão de qualidade de energia elétrica II	2006	2006	2	5216-006/2006-2006-2	1
7408	Sistema de gestão de qualidade de energia elétrica II	2006	2006	2	5216-006/2006-2006-2	0
8645	Sistema de indicadores de desempenho para usinas hidrelétricas visando sua normalização para as empresas do setor e utilização como instrumento de gestão	2007	2007	2	2952-004/2007-2007-2	0

Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

Em seguida, eliminaram-se todos os registros cujo  $flag = 1$ . Este procedimento levou a uma base formada por 2.593 registros. Uma vez que o mesmo projeto pode ter sido registrado com nomes diferentes – usualmente em função de alguns poucos caracteres –, o procedimento mencionado foi repetido para os objetivos do projeto. Para isso, a base foi ordenada por objetivo do projeto (TX\_OBJ), número do ciclo (NU\_CICLO) e versão (NU\_VERSAO); em seguida, aplicaram-se *flags* para objetivos repetidos – em versões anteriores – e deletaram-se os registros correspondentes. Após este procedimento, obteve-se uma base formada por 2.448 registros.

Considerou-se ainda a possibilidade de que o mesmo projeto aparecesse mais de uma vez, embora seu título e objetivo fossem diferentes – casos em que o objetivo foi truncado ou acrescido de algum código interno à empresa nas diferentes versões. Para verificar esta possibilidade, ordenou-se a base por valor total do projeto (VALOR\_TOTAL), número do ciclo (NU\_CICLO) e versão (NU\_VERSAO).

Nesse caso, porém, a simples repetição do valor não garantiria que se tratasse do mesmo projeto, tendo sido necessária verificação manual dessas circunstâncias. Manualmente, pode-se verificar que os seguintes projetos eram repetições.

TABELA 3A  
Repetições de projetos na base depurada

CD_PROJ	NM_PROJ
68	Metodologia de suporte a elaboração de estratégias de negócios em energia elétrica
69	Metodologia e <i>software</i> para os processos de comercialização de energia elétrica e serviços ancilares
5334	Investigação sobre contaminação de enrolamento de reatores de EAT por enxofre corrosivo
8325	Investigação sobre contaminação de enrolamento de reatores de EAT por enxofre corrosivo

Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

As repetições foram eliminadas, tendo sido preservadas as versões mais atuais.

O ordenamento por valor revelou ainda que a versão mantida do projeto 3.113 (Solução Otimizada de Serviços na Rede – SOSRede) tinha o campo “valor total” em branco. Buscou-se então, nos registros anteriores do projeto – disponíveis na planilha intitulada *Projetos Rev. 1.0 (original Aneel)* –, o valor correspondente, que foi lançado na base planilha. Com isso, chegou-se a uma base formada por 2.446 registros.

Por fim, extraíram-se do código Aneel (CD\_ANEEL) os 11 primeiros dígitos – que correspondem aos 13 primeiros caracteres, considerando o “-” e a “/” – e criou-se a variável código Aneel de 11 dígitos (CD\_ANEEL\_11). A base foi então ordenada por esse campo e, em seguida, pelo número do ciclo (NU\_CICLO) e pela versão (NU\_VERSAO). Adotou-se o mesmo procedimento de comparação para nome e objetivo do projeto e foram identificadas novas repetições. A eliminação dos ciclos ou versões mais antigas dessas repetições<sup>2</sup> levou a uma base formada por 2.429 registros. Estes registros foram então ordenados por código do projeto (CD\_PROJ).

Identificaram-se, após verificações manuais e consultas à Aneel, mais dois projetos que deveriam permanecer na base: o CD\_PROJ 4525 e o CD\_PROJ 7062. A inclusão desses projetos na base justifica-se porque, embora pareçam duplicações de projetos já incluídos, são projetos distintos. O CD\_PROJ 7062, por exemplo, é idêntico ao CD\_PROJ 6178 – pertencente à base *Projetos Rev. 1.5* –, exceto pelo fato de que se trata de diferentes empresas proponentes – isto é, de diferentes CD\_ANEEL\_11. A inclusão do CD\_PROJ 4525 e do CD\_PROJ 7062 levou, então, a uma base formada por 2.431 registros. Estes registros foram novamente ordenados por código do projeto (CD\_PROJ). Esta base, cujo valor total dos projetos

2. A única exceção foi o projeto cujo CD\_ANEEL\_11 é 0063-009/2003, do qual foi mantida a versão mais antiga. Isso foi feito porque a Aneel verificou que a empresa cometeu um erro ao carregar o segundo ano; na verdade, o projeto teve 24 meses de duração, mas a empresa procedeu erroneamente ao submeter o segundo ano.

corresponde a R\$ 1,42 bilhão, foi considerada a referência para a análise do programa de P&D regulado pela Aneel.

## 2 ÁREAS

Partiu-se, inicialmente, da base intitulada *Áreas* enviada pela Aneel. Esta base contém 21.215 registros e associa aos códigos do projeto (CD\_PROJ) suas áreas e grandes áreas. Em seguida, criou-se um *flag* para indicar a presença ou não do código do projeto na base de referência de projetos. Para isso, empregou-se a função “procv” do Excel, que retorna o valor “#N/D” se o valor procurado não for encontrado na matriz de referência. Essa coluna foi então convertida em valores – usando o procedimento “copiar” e “colar valores” – para evitar a necessidade de recalculando os valores a cada alteração na planilha. Após esse procedimento, excluíram-se os registros cujo *flag* = #N/D. Com isso, chegou-se a uma base formada por 6.182 registros – uma vez que um mesmo projeto pode estar associado a mais de uma área.

## 3 ENTIDADES E AGENTES

Partiu-se, inicialmente, da base *Entidades* enviada pela Aneel, que contém 23.883 registros e associa aos códigos do projeto (CD\_PROJ) entidades (isto é, empresas e instituições não sujeitas à regulação da Aneel) e agentes (empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica). A base contém os seguintes campos: *i*) código do projeto (CD\_PROJ); *ii*) função da entidade (NM\_FUN\_ENTD), que pode ser consultora, cooperada, executora, fabricante de material/equipamento elétrico ou financiadora; *iii*) CNPJ de 14 dígitos da entidade (Cnpj Organizacao); *iv*) sigla da entidade (SiglaOrganizacao); *v*) razão social da entidade (RazaoSocialOrganizacao); *vi*) identificação interna à Aneel do agente envolvido no projeto (IdAgente); *vii*) sigla do agente (SiglaPj); *viii*) CNPJ de oito dígitos do agente (PrefixoCnpjPj); e *ix*) razão social do agente (RazaoSocialPj). Pode-se observar que os campos entre “*ii*” e “*v*” (inclusive) dizem respeito às entidades propriamente ditas, ao passo que os campos entre “*vi*” e “*ix*” (inclusive) referem-se aos agentes.

Para a criação de uma base denominada *Agentes*, excluíram-se da base anterior os campos entre “*ii*” e “*v*” (inclusive). Em seguida, excluíram-se os registros que tinham os seguintes campos vazios: *i*) identificação interna à Aneel do agente envolvido no projeto (IdAgente); *ii*) sigla do agente (SiglaPj); *iii*) CNPJ de oito dígitos do agente (PrefixoCnpjPj); e *iv*) razão social do agente (RazaoSocialPj). Este procedimento simplesmente eliminou da base as entidades e preservou os agentes. Após sua aplicação, obteve-se uma base formada por 10.082 registros.

Em seguida, de maneira idêntica ao que se fez para a base *Áreas*, criou-se um *flag* para indicar a presença ou não do código do projeto na base de projetos e excluíram-se os registros cujo *flag* = #N/D. Com isso, chegou-se a uma base formada por

2.949 registros. Esses dados foram ordenados por código do projeto (CD\_PROJ). A eventual participação de mais de um agente em um mesmo projeto explica porque essa base contém mais registros do que a base de projetos. Com efeito, em 520 registros o CD\_PROJ foi repetido nesta base; se estes registros fossem excluídos, a base resultante teria o mesmo número de registros que a base de projetos.

Para a obtenção da base *Entidades* – que contém empresas e instituições não sujeitas à regulação da Aneel –, seguiu-se um procedimento análogo. Inicialmente, partiu-se da base *Entidades* e, em seguida, excluíram-se as colunas entre “vi” e “ix” – isto é, aquelas referentes aos agentes. Excluíram-se, então, os registros que tinham CNPJ de 14 dígitos da entidade (CnpjOrganizacao) vazio. Isto simplesmente eliminou da base os agentes e preservou as entidades. Repliou-se o procedimento descrito anteriormente para a eliminação dos registros não associados aos projetos indicados na base de projetos. Com isso, foi obtida base formada por 4.072 registros. Da mesma forma que na base de agentes, a eventual participação de mais de uma entidade em um mesmo projeto explica por que esta base contém mais registros do que a base de projetos. Nesse caso, há 1.668 projetos em que o CD\_PROJ foi repetido; se estes registros fossem excluídos, a base resultante teria 2.404 registros – um pouco menor do que a base de projetos, que contém 2.431 registros; a diferença pode ser atribuída aos projetos que não têm participação de entidades, mas apenas de agentes.

#### 4 PALAVRAS, PRODUTO E RISCO

A base de palavras foi formada a partir da base original da Aneel. Esta base, formada por 35.372 registros, permitiu a obtenção, após a aplicação do filtro dos projetos disponíveis na base de projetos, de uma base contendo 10.543 projetos. Esta base contém 8.114 repetições do CD\_PROJ, indicando que a totalidade dos projetos tem palavras associadas.

Procedimento análogo foi adotado para a base *Produto*, contendo 20.634 registros, que, após a aplicação do filtro, alcançou 6.089 registros, dos quais 3.660 contém repetições do CD\_PROJ.

O filtro aplicado à base *Risco* (24.486 registros) permitiu a obtenção de base formada por 7.293 registros – o triplo de 2.431, uma vez que, para cada projeto, há a indicação do risco técnico, financeiro e de atraso no cronograma.

#### 5 PESSOAS

A base definitiva de pessoas foi obtida aplicando-se, em SAS, um filtro para os 2.431 projetos disponíveis na base de projetos. Com isso, foi obtida base formada por 23.414 registros.

## ANEXO 2

### PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM DA BASE DE PROJETOS

Inicialmente, a população foi estratificada segundo o ano de início do projeto. A partir desses estratos, os projetos selecionados para a amostra foram escolhidos com probabilidade proporcional ao tamanho da população (total de projetos) sem reposição. A probabilidade de seleção do projeto  $i$  no estrato  $k$  é dada por  $\theta_{ik}$ . No procedimento SURVEY SELECT do SAS, é utilizado o algoritmo Hanurav-Vijayan PPS (*probability proportional to size*) para a seleção sem reposição. O algoritmo permite o cálculo de probabilidades de seleção comum e fornece valores de probabilidade conjunta de seleção, que geralmente asseguram a não negatividade e a estabilidade do estimador de variância Sen-Yates-Grundy.

De forma geral, na seleção proporcional ao tamanho do estrato, o procedimento ocorre da seguinte maneira.

É definida a variável de tamanho sendo, no presente estudo, a quantidade de pessoas envolvidas em cada projeto. Define-se ainda a variável de estrato; neste caso, o ano de início do projeto. Em cada estrato, são calculadas as probabilidades

$\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ik}$ , tais que:

$$\theta_{ik} = N \text{ pesq}_{ik} / N \text{ pesq}_k; \quad i = 1, \dots, N_k \quad k = 1, \dots, 9,$$

em que  $N \text{ pesq}_{ik}$  é o número de pesquisadores no estrato  $k$ ;

$$N \text{ pesq}_k = \sum_{i=1}^{N_k} N \text{ pesq}_{ik} \quad ; \quad \sum_{i=1}^n \theta_i = 1 \quad \text{e} \quad N = \sum_{i=1}^k N_k = 2.431.$$

O procedimento de seleção compara os valores  $\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ik}$  com os valores de uma distribuição uniforme ( $U^* \sim U(0;1)$ ). Se  $\theta_{ik} \geq U^*$ , então o projeto é selecionado. Caso contrário, o projeto é descartado do processo de seleção da amostra.

O tamanho de amostra foi calculado considerando-se um erro de 10% em torno do número médio de pessoas envolvidas no projeto, segundo a expressão:

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 \sigma^2 N}{\varepsilon^2 N + z_{\alpha/2}^2 \sigma^2},$$

em que  $\sigma^2$  é a variância populacional;  $\varepsilon$  é o erro de estimação da média de pessoas envolvidas no projeto;  $z_{\alpha}$  é o quantil da distribuição normal a de confiança 95,116%;  $n$  é o tamanho da amostra; e  $N$  é o tamanho da população.

$$n = \sum_{k=1}^9 n_k$$

**ANEXO 3**

TABELA 1A

**Listagem dos projetos selecionados na amostra**

CD_PROJ	Ano de início	Nome do projeto	Valor total
263	2000	Desenvolvimento Experimental de Tecnologia para a Produção de Células Solares de Baixo Custo	<b>1.716.846</b>
259	2000	Projeto e Desenvolvimento de um Restaurador Dinâmico de Tensão	<b>140.412</b>
33	2001	Construção, difusão e gestão do conhecimento – Uma experiência da CHESF	<b>178.312</b>
279	2001	Modelo de forno a arco compensado	<b>114.227</b>
5561	2002	O Balanço de Carbono nos reservatórios de Furnas Centrais Elétricas S.A.	<b>10.168.099</b>
3018	2002	Implantação de sistemas de geração distribuída junto à rede de distribuição	<b>2.746.010</b>
3475	2002	Desenvolvimento e validação de nova metodologia para avaliação técnico-econômica de empreendimentos eólicos	<b>2.516.969</b>
1259	2002	Oportunidades e Barreiras da Geração Distribuída para a Distribuidora de Energia Elétrica: Aspectos Tecnológicos, Ambientais, Comerciais e Legais	<b>829.658</b>
997	2002	Determinação de coeficientes de arrasto aerodinâmico em estruturas treliçadas de linhas de transmissão	<b>566.744</b>
1011	2002	Mecanismos da reação álcali-agregado em Barragens	<b>391.660</b>
553	2002	Estudo de Utilização de Bombas Funcionando como Turbinas. Um Enfoque voltado às pequenas centrais hidrelétricas – Continuação de projeto anterior	<b>156.010</b>
2431	2003	Desenvolvimento de Métodos e Técnicas de Preservação das Áreas de Proteção dos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Moxotó e de Itaparica	<b>948.952</b>
1809	2003	Modelo híbrido para identificação de perdas técnicas e não técnicas em sistemas de distribuição a partir de simulações e medições telecomandadas	<b>940.900</b>
2568	2003	Sistema de Análises e Diagnósticos para a Central de Monitoramento de Equipamentos de Subestações da Eletrosul	<b>913.965</b>
2968	2003	Estudo experimental da ruptura de cabos de transmissão de energia devido à fadiga	<b>381.961</b>
3560	2003	Estudo de Estabilização de Terreno de Subestação na Condição de Afundamento	<b>358.038</b>
1306	2003	Condutores compactos – Otimização e melhoria do desempenho de condutores compactos – extensão de projeto	<b>353.530</b>
1552	2003	Novas técnicas em compatibilidade eletromagnética para subestações	<b>323.607</b>
848	2003	Modelo Integrado para Priorização de Investimento Empresarial em Sistema Elétrico	<b>303.840</b>
943	2003	Sistema de Análise e Registro de Grandezas Elétricas em Linhas e Redes Monofásicas e Trifásicas de Distribuição até 25KV	<b>302.583</b>

(Continua)

(Continuação)

CD_PROJ	Ano de início	Nome do projeto	Valor total
2356	2003	Desenvolvimento de metodologias de avaliação de impacto atmosférico através de Programas de Biomonitoramento para atividade geradora de energia elétrica com o uso de carvão	<b>269.932</b>
1084	2003	Desenvolvimento de um Sistema de Identificação automática de Fenômenos Transitórios de Tensão para Aplicação em Análise de Pós-Despacho de Sistemas de Transmissão de Energia	<b>229.896</b>
2053	2003	Estimativa de vida útil de isolantes elétricos, cerâmico e vítreos em meio úmido e/ou de alta salinidade	<b>211.822</b>
6506	2004	Processamento de silício para fabricação de células solares de baixo custo	<b>5.398.084</b>
2658	2004	Laboratório Avançado de Geomarketing	<b>4.050.468</b>
4286	2004	Sistema de geração de energia com motor Stirling	<b>1.704.904</b>
3705	2004	Estimativa da vida remanescente de aços ferríticos tomando como base a seqüência de precipitação de CarboVida Cooperado	<b>629.123</b>
3461	2004	Otimização e padronização das técnicas de recapitação de linhas de transmissão da Copel	<b>475.854</b>
1842	2004	Desenvolvimento de Sistema de Automatização da Comunicação Entre os Centros de Controle de Equipes de Campo para Tratamento de Ordens de serviço	<b>399.731</b>
3593	2004	Melhoria do desempenho de redes aéreas de distribuição de energia elétrica frente a descargas atmosféricas	<b>398.800</b>
2034	2004	Distribuição Metalização de alta definição para células solares industriais eficientes	<b>397.903</b>
3272	2004	Monitoração de qualidade de energia em consumidores do grupo "A" visando a atribuição de responsabilidades por danos causados por perda de qualidade	<b>353.130</b>
2205	2004	Método para Avaliação de Ressonâncias Harmônicas empregando técnicas de simulação	<b>300.244</b>
1516	2004	Distribuição Sistema computacional para o planejamento otimizado da expansão de sistemas de distribuição de energia elétrica	<b>287.800</b>
5630	2005	Obtenção de hidrogênio através da reforma do biogás para conversão em energia renovável	<b>758.481</b>
5453	2005	Sistema de Segurança de UHE Tucuruí: Automação da Instrumentação das Estruturas Cíveis da Usina	<b>590.493</b>
4399	2005	Surtos Típicos do Sistema Elétrico de Potência e seu Impacto em Consumidores Residenciais, Comerciais e Industriais	<b>588.095</b>
6687	2005	Pesquisa e desenvolvimento para minimizar a corrosão nas tubulações de aço carbono na barragem das Usinas Hidroelétricas	<b>398.954</b>
3565	2005	Identificação e Prevenção de Inadimplência para o Mercado de Grandes Clientes	<b>385.400</b>
6973	2005	Otimização da Operação do Sistema Celpe em Tempo Real: Formulação Matemática e Implementação Computacional	<b>381.570</b>
5997	2005	Desenvolvimento de blendas de polietileno com desempenho aperfeiçoado para utilização no setor elétrico	<b>370.924</b>

(Continua)

(Continuação)

CD_PROJ	Ano de início	Nome do projeto	Valor total
5063	2005	Desenvolvimento de Ferramentas Inteligentes e Adaptativas para o Monitoramento e Diagnóstico de Falhas Incipientes em Transformadores de Potência de Grande Porte	<b>363.474</b>
4000	2005	Desenvolvimento de cruzetas de eucalipto de florestas plantadas em substituição às cruzetas de madeira nativa e de concreto para RDR e RDU no Estado da Bahia	<b>338.690</b>
4008	2005	Supervisão Remota por Imagem de Subestações Automatizadas e Desassistidas	<b>290.574</b>
3238	2005	Sistema adaptativo para comunicação de dados em redes de telemetria	<b>264.720</b>
4004	2005	Metodologia de Otimização de Melhoramentos em Rede Secundária de Distribuição	<b>259.920</b>
6535	2006	Desenvolvimento de Modelo de Transferência de Tecnologias a Empresas da Cadeia Produtiva do Setor Elétrico	<b>1.286.778</b>
8824	2006	Otimização e controle automático de reativos em alimentadores e subestações de 13,8 e 34,5 kV da CELG: metodologia e projeto piloto	<b>1.213.035</b>
6943	2006	Metodologia e Modelo Computacional de Análise Operacional-Financeira de Contratos e Novos Investimentos	<b>1.174.763</b>
7880	2006	Geração Distribuída e Cogeração em Grandes Consumidores para Otimização de Expansão da Rede	<b>1.004.768</b>
6508	2006	Investigação do Comportamento de materiais poliméricos para fins de aplicação em sistemas elétricos de potência	<b>686.800</b>
6785	2006	Proposta de procedimento para análise de pedidos de ressarcimento utilizando registros de perturbações	<b>681.900</b>
8540	2006	Desenvolvimento de um sistema de identificação dos pontos de ocorrência dos defeitos transitórios na rede de média tensão	<b>628.282</b>
8535	2006	Desenvolvimento de novas metodologias para avaliação da interface revestimento/núcleo/terminais e do envelhecimento e degradação de isoladores poliméricos tipo bastão e pára-raios com invólucro polimérico utilizados em redes de distribuição	<b>588.720</b>
8510	2006	Metodologia de gestão da inadimplência em concessionária de distribuição de energia elétrica	<b>497.900</b>
8411	2006	Avaliação e Aferição da Rede Nacional de Detecção de Descargas Elétricas Atmosféricas	<b>464.452</b>
8751	2006	Calibrador para ajuste (em branco) do dispositivo mecânico de sobrevelocidade de turbina hidráulica	<b>402.788</b>
7874	2006	Avaliação do comportamento dos consumidores e da receita requerida da concessionária em função dos encargos e tributos incidentes sobre o fornecimento de energia elétrica	<b>398.944</b>
8962	2006	Sistema Automático para Controle de Inadimplência via PDA (Personal Digital Assistant) para Consumidores de Energia Elétrica	<b>363.652</b>
8548	2006	Monitoramento térmico on-line de transformadores por meio de sensores óticos	<b>357.005</b>
5788	2006	Avaliação e determinação de perdas oriundas do intercâmbio de energia do Sistema Interligado Sul/Sudeste no sistema Enersul	<b>326.296</b>

(Continua)

(Continuação)

CD_PROJ	Ano de início	Nome do projeto	Valor total
4454	2006	Sistema Especialista Executivo de coleta e pré-análise de oscilográficos de curta e longa duração geradas em Usinas Hidroelétricas	<b>315.468</b>
7117	2006	Desenvolvimento de metodologia para controle e mitigação dos efeitos causados pela incrustação do mexilhão dourado em tubulações de captação de água para usinas termelétricas	<b>199.200</b>
9120	2007	Desenvolvimento de processos de resgate, monitoramento e translocação para a fauna silvestre	<b>1.526.624</b>
9666	2007	Mapeamento ambiental para a determinação do grau de corrosividade e de degradação de materiais das redes aéreas de distribuição de energia elétrica com soluções corretivas	<b>1.331.148</b>
9206	2007	Geração distribuída como elemento complementar à expansão, suprimento e melhoria da qualidade do sistema	<b>1.086.360</b>
9212	2007	Metodologia de previsão de mercado segundo segmentação comportamental e identificação de perfil	<b>803.210</b>
6447	2007	Industrialização de medidor com tecnologia desarticuladora de fraudes	<b>752.400</b>
9355	2007	Desenvolvimento de Modelo para Gestão Integrada de Recursos e Soluções Energéticas em Sistemas Isolados	<b>604.574</b>
9576	2007	Modelo Estruturado de Referência para o Crescimento e Expansão da Rede da Celpe	<b>467.188</b>
9505	2007	SIMulaTOREE – Modelagem e Desenvolvimento de um Sistema Tutor Inteligente Baseado em Multimídia Interativa para Treinamento e Certificação de Operadores em Subestações e Usinas de Energia Elétrica	<b>413.164</b>
8976	2007	Despacho Conjunto de Máquinas com Previsão de Vazão	<b>398.400</b>
7780	2007	Despacho Móvel Inteligente	<b>365.508</b>
9536	2007	Identificações de Indicadores Sócio-econômicos que Qualificam Unidades Consumidoras para Inspeção	<b>349.635</b>
9380	2007	Estudo para Identificação, Monitoramento e Prevenção de Impactos no Sistema na Usina Durante Sincronização	<b>275.405</b>
9704	2007	Estudo da Adequabilidade de Disjuntores de Média e Alta Tensão Devido às Solicitações de TRT e de Surtos Decorrentes de Manobras em Banco de Capacitores	<b>244.343</b>
9539	2007	Modelagem Preditiva de Variáveis Causais para Demanda de Energia Elétrica	<b>200.285</b>
7398	2009	Sistema de medição de vazão turbinada em usinas hidrelétricas de grande porte	<b>380.975</b>
9227	2009	Planejamento Eletro-Energético – Uma Interface entre Operação à Usinas Individualizadas e a Rede Básica	<b>368.105</b>

Fonte: Aneel.  
Elaboração dos autores.

**Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

## **Editorial**

### **Coordenação**

Cláudio Passos de Oliveira

### **Njobs Comunicação**

### **Supervisão**

Cida Taboza

Fábio Oki

Inara Vieira

Thayse Lamera

### **Revisão**

Ângela de Oliveira

Cristiana de Sousa da Silva

Lizandra Deusdará Felipe

Regina Marta de Aguiar

### **Editoração**

Daniela Rodrigues

Marília Assis

Rafael Keoui

### **Capa**

Marília Assis

### **Livraria**

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo

70076-900 – Brasília – DF

Tel.: (61) 3315 5336

Correio eletrônico: [livraria@ipea.gov.br](mailto:livraria@ipea.gov.br)

## Missão do Ipea

Produzir, articular e disseminar conhecimento para aperfeiçoar as políticas públicas e contribuir para o planejamento do desenvolvimento brasileiro.

ISBN 978-85-7811-120-5



9 788578 111205 >



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada



SECRETARIA DE  
ASSUNTOS ESTRATÉGICOS  
DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Ministério da  
**Integração Nacional**

