

Nº 152

Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel

3 de julho de 2012

Comunicados do Ipea

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.

Presidenta

Vanessa Petrelli Corrêa

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Geová Parente Farias

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Luciana Acioly da Silva

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

Alexandre de Ávila Gomide

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas, Substituto

Cláudio Roberto Amitrano

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Francisco de Assis Costa

Diretor de Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Carlos Eduardo Fernandez da Silveira

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Jorge Abrahão de Castro

Chefe de Gabinete

Fábio de Sá e Silva

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação, Substituto

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

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

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

Comunicados do Ipea

Os *Comunicados do Ipea* têm por objetivo antecipar estudos e pesquisas mais amplas conduzidas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, com uma comunicação sintética e objetiva e sem a pretensão de encerrar o debate sobre os temas que aborda, mas motivá-lo. Em geral, são sucedidos por notas técnicas, textos para discussão, livros e demais publicações.

Os *Comunicados* são elaborados pela assessoria técnica da Presidência do Instituto e por técnicos de planejamento e pesquisa de todas as diretorias do **Ipea**.

Desde 2007, mais de cem técnicos participaram da produção e divulgação de tais documentos, sobre os mais variados temas. A partir do número 40, eles deixam de ser *Comunicados* da Presidência e passam a se chamar *Comunicados do Ipea*. A nova denominação sintetiza todo o processo produtivo desses estudos e sua institucionalização em todas as diretorias e áreas técnicas do **Ipea**.

1 Introdução¹

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 pouco mais de dez anos, da Lei nº 9.991/2000, que determina às empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de energia elétrica a realização de 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. Essas condições, explicitadas no *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica* (ANEEL, 2008)², 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 dessas 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 Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (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 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.

O objetivo deste documento é, assim, sumarizar os principais resultados obtidos na avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel e publicados, de forma mais detalhada, em um livro editado pelo Ipea e cujo título é idêntico ao deste Comunicado³. Este documento está estruturado em mais quatro seções que correspondem a capítulos do livro citado. Na seção 2, faz-se a descrição das características e abrangência da rede de pesquisa formada pelo programa. Na seção 3, analisam-se os impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa sobre os indicadores objetivos de desempenho das empresas e recursos humanos envolvidos nos projetos. E na seção 4 procede-se uma análise qualitativa dos resultados do programa, em especial para verificar se os projetos nele inseridos estão alinhados à estratégia global dos agentes ou se ainda mantêm um viés científico a partir de estatísticas de produção científica complementadas por informações colhidas em entrevistas. A nota se encerra com uma última seção na qual

se reúne um conjunto de recomendações formuladas a partir dos principais resultados obtidos na avaliação do programa⁴.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho apoiou-se na sistematização e análise 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 programa. Para isso, foram utilizados indicadores obtidos na base de dados sobre os projetos de P&D que fizeram parte do programa entre 2000 e 2007 e em bases de dados de outras fontes organizadas pelo Ipea. Com isso, foi possível *i)* verificar o acesso de agentes, empresas e instituições que participaram do programa a outros instrumentos de políticas públicas existentes no país; *ii)* avaliar, de forma quantitativa, os impactos do programa sobre as empresas e recursos humanos participantes; e *iii)* selecionar, de maneira sistemática, uma amostra de empresas do setor elétrico brasileiro e de coordenadores de pesquisa de instituições científicas e empresas parceiras, que permitiu, por meio de entrevistas semiestruturadas, uma análise qualitativa dos impactos do programa.

2 Rede de pesquisa formada pelo programa: abrangência e características

A avaliação da abrangência e das características da rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela Aneel pretendeu analisar sua capacidade de impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico e a competitividade do setor elétrico brasileiro. Essa análise levou em consideração algumas peculiaridades do setor elétrico que não podem ser negligenciadas ao se avaliar suas atividades de P&D. Trata-se de um setor regulado, com baixa concorrência, 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 desincentivo ao desenvolvimento de tecnologias que afetem outras etapas, pois muitas vezes um agente que atua na distribuição não atua na geração de energia elétrica. Por último, pode ser considerado um setor tecnologicamente maduro, no qual se espera que inovações incrementais sejam mais comuns que as radicais.

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 tecnologicamente intensivos — 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. Esses dados confirmam a percepção de que as empresas do setor elétrico podem ser consideradas, de forma geral, maduras do ponto de vista tecnológico. Nesse sentido, as aplicações compulsórias em P&D previstas pela Aneel — de 0,40% da receita operacional líquida para as empresas de geração e transmissão e 0,20% para as empresas de distribuição — são compatíveis com as características do setor.

Outro aspecto importante da dinâmica da inovação no setor elétrico é o papel desempenhado pelos fornecedores de equipamentos e sistemas de energia. Normalmente, são esses fornecedores os principais responsáveis pelas inovações ao longo da cadeia de produção. Além disso, esses fornecedores são altamente internacionalizados, sendo, em sua maioria, *global players* com forte presença na economia brasileira. Os principais esforços tecnológicos do setor elétrico estão no desenvolvimento de fontes alternativas de geração elétrica e em sistemas de controle, de interface e complementares. Essas tecnologias são, em geral, produzidas por empresas

não atuantes na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, evidenciando a forte separação entre fornecedores e operadores do sistema elétrico. Em particular, o programa de P&D regulado pela Aneel atua diretamente sobre os operadores (ou “agentes”), que são as empresas reguladas pela agência. Esse é, basicamente, o contexto que marcou a análise dos projetos que compuseram o programa.

Partindo de uma base de referência originalmente enviada pela Aneel e formada por 8.189 registros relativos a projetos em diferentes estados (carregado, disponibilizado para avaliação da Aneel, aprovado e assim por diante), foi possível chegar, após a aplicação dos procedimentos metodológicos brevemente descritos na introdução deste Comunicado, a uma base de projetos formada por 2.431 registros. Essa base, cujo valor total corresponde a R\$ 1,42 bilhão, foi considerada a referência para a análise do programa. Os valores totais por ano de início do projeto crescem a partir de 2002 e situam-se entre R\$ 150 milhões e R\$ 200 milhões entre 2002 e 2005. A partir daí, entre 2006 e 2007, os valores passam a situar-se em torno de R\$ 300 milhões, que correspondem a cerca de 2,8% dos investimentos federais em P&D.

A sistematização das características dos agentes envolvidos nos projetos permitiu verificar que: *i)* o programa envolveu praticamente todos os agentes (180) cuja participação é compulsória; e *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.

Uma 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 dessa análise estão em destaque na Tabela 1 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 1: 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	21	5	3	19
Lei do Bem 2006-2007	5	18	6	18
Projetos reembolsáveis	3	6	9	9
Grupos de pesquisa cadastrados no CNPq	19	18	9	87

Fontes: Aneel, Finep, MCT e CNPq.

Elaboração Ipea.

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

A Tabela 1 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 que, dos 180 agentes, cerca de metade (87) possui parceria com grupos de pesquisa cadastrados no CNPq. Isso 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 esses 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 instituições de pesquisa em parceria com as empresas⁵. Esse fato, aliado ao 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.

A sistematização das características das empresas e instituições de ciência e tecnologia envolvidas nos projetos, por sua vez, revelou que um total de 623 entidades (isto é, empresas que não são consideradas agentes e instituições de ciência e tecnologia) participaram dos projetos. Esse conjunto é formado por 288 empresas e 335 instituições de ciência e tecnologia. Embora o número de empresas envolvidas pareça razoável quando confrontado com os 180 agentes, foi possível constatar que, das 288 empresas, apenas 27 são classificadas como empresas tipicamente relacionadas ao setor de energia elétrica⁶. Além disso, as instituições de ciência e tecnologia se envolvem em muito mais projetos que as empresas. Mais de 90% dos recursos do programa foram destinados a projetos com a participação destas instituições, enquanto as empresas se envolveram em projetos que consumiram apenas um quarto dos recursos.

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 envolvidos pelo 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 —, esse 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 na condição de pesquisador.

3 Impactos econômicos, científicos e tecnológicos do programa: uma análise quantitativa

Nesta seção analisam-se 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 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 o impacto do programa sobre as instituições envolvidas. Essa opção decorreu 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). Nesse caso, seria preciso restringir a análise aos departamentos envolvidos. Como esse tipo de análise é praticamente inviável, optou-se por analisar esse impacto de forma qualitativa (ver a seção 4 deste documento). Da mesma forma, não se avaliaram os impactos sobre os agentes, uma vez que sua participação compulsória no programa impede a identificação de contra-factuais, cuja comparação com os envolvidos no programa permitiria a avaliação de seus impactos. Assim, os impactos sobre os agentes são também objeto de análise da quarta seção deste documento.

A análise dos impactos quantitativos apoia-se em técnicas de *Propensity Score Matching (PSM)*, que visam eliminar o viés de seleção na participação no programa de P&D regulado pela Aneel. O argumento central é que empresas ou indivíduos que participam do programa têm, *a priori*, diferenciais em relação aos que não participam. Assim, a hipótese fundamental é que a participação no programa é condicionada por variáveis observáveis (hipótese de “seleção sobre observáveis”). O *PSM* permite a correção do viés de seleção ao emparelhar empresas ou indivíduos participantes (“tratados”) e não participantes (“não tratados”) que compartilham características observáveis. Assim, ao permitir a comparação não-viesada de empresas ou indivíduos semelhantes — exceto pelo fato de terem participado do programa de P&D regulado pela Aneel —, o método permite isolar seus efeitos.

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 essa

variável possui alta correlação com os gastos empresariais em P&D⁷. Além do PO e do PoTec, estimaram-se também os impactos nas taxas de crescimento dessas variáveis⁸. 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*).

Após a aplicação de métodos apoiados em escores de propensão, verificou-se que o programa não teve, de 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 projetos⁹. 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.

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 patentes¹⁰. No primeiro caso, que corresponde a uma *proxy* da produção científica, 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 2).

Tabela 2: Resultados do teste-t pareado, para avaliar a diferença entre a produtividade média de artigos científicos dos tratados, em relação aos controles.

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

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)/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 maior. Com o passar do tempo, os pesquisadores tratados equipararam-se aos pesquisadores do grupo controle, pois os resultados não evidenciam diferenças significativas entre os dois grupos após o início do projeto. Assim, os resultados obtidos mostram que os indivíduos que não se envolveram em projetos da Aneel eram mais produtivos antes do programa. Porém, houve um *catching-up* dos tratados nos períodos “durante” e “depois” da parceria com a agência. Em outras palavras, enquanto a parceria ocorria, e também depois, a produção científica dos dois grupos foi, em média, 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 da Aneel tiveram mais patentes concedidas no período anterior ao programa (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados do teste-t pareado, para avaliar a diferença entre o número médio de patentes concedidas dos tratados, em relação aos controles.

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

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)/Lattes/CNPq. Elaboração Ipea.

Apesar da produtividade do grupo de tratados 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 ele estava em curso —, esse valor continua a ser inferior ao auferido no período pré-programa.

Algumas hipóteses podem justificar a redução do diferencial observado ao longo do tempo. Em primeiro lugar, 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. *Pari passu*, a produção tecnológica sai de um diferencial maior para valores menores nos períodos pós-programa. Isso 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 isso poderia encobrir os resultados.

4 Análise dos projetos e entrevistas

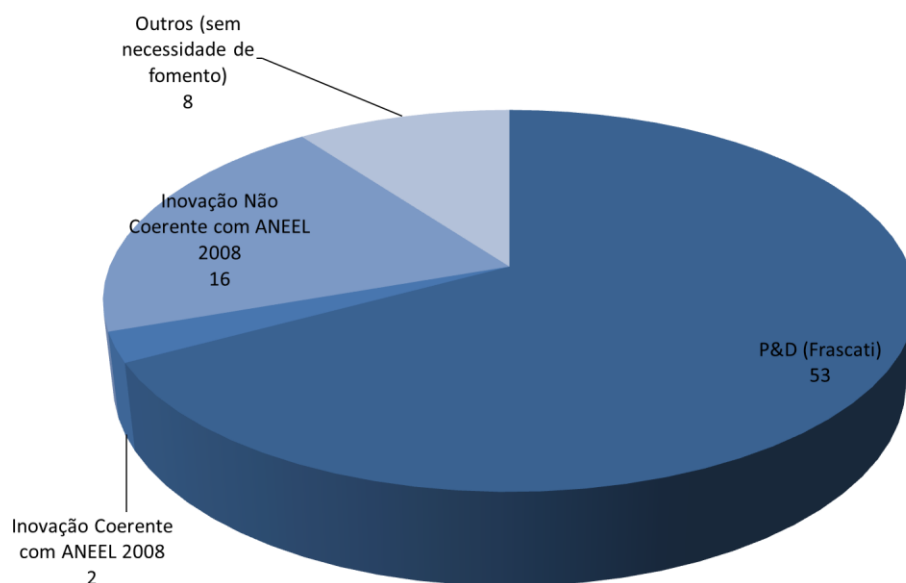
Empreendeu-se, também, uma análise qualitativa dos resultados do programa, em especial para verificar se os projetos nele inseridos estão alinhados à estratégia global dos agentes ou se ainda mantêm um viés científico. Esperava-se que, uma vez que os projetos são definidos pelos agentes do setor, haveria alinhamento de seus objetivos com as necessidades dessas empresas. Além disso, buscou-se também descobrir se o programa foi capaz de criar uma cultura de inovação nos agentes, inclusive com o fomento da cooperação entre eles e institutos de pesquisa e empresas, e avaliar as características do processo de P&D no setor elétrico, já que muitos agentes não possuíam tradição em atividades de pesquisa antes do programa.

Para essa avaliação, 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 (79 projetos); e *ii)* a realização de entrevistas com os 15 agentes do setor elétrico responsáveis pelos maiores gastos em

projetos supervisionados pela Aneel, as nove ICTs e as três empresas parceiras que atuaram em projetos com maior volume de gasto total.

A partir da análise dos projetos selecionados, foi possível observar que aqueles que compõem o programa apoiam-se em um conceito bastante abrangente de P&D, havendo *i*) projetos que podem ser considerados de P&D *stricto sensu* — isto é, de acordo com as definições do Manual Frascati e do próprio manual do programa da Aneel (2008); *ii*) projetos que, embora inovadores, não são estritamente de P&D; e *iii*) projetos que têm aspecto mais gerencial e que não necessitariam de fomento público para serem executados. O Gráfico 1 sumariza os resultados dessa avaliação.

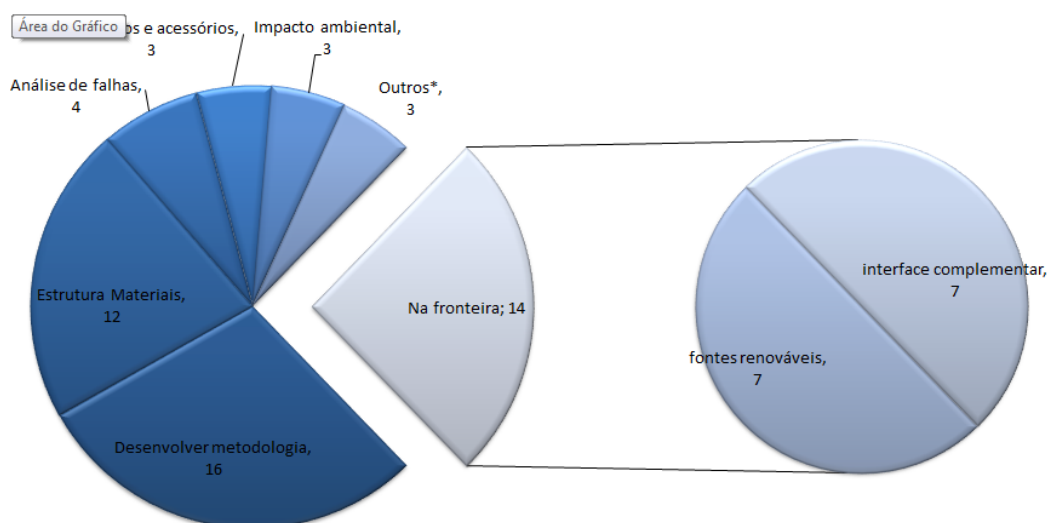
Gráfico 1: Adequação às definições de P&D, Manuais Frascati e da Aneel (2008); amostra de 79 projetos (em número de projetos)



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Elaboração Ipea.

Dessa amostra também se pode avaliar o tipo de pesquisa utilizado, o caráter da inovação pretendida e as tendências tecnológicas abordadas. Assim, dos projetos classificados como P&D, 24% foram de investigação básica, 33% de pesquisa aplicada e 43% de desenvolvimento de produtos. Quanto ao caráter da inovação pretendida, 87% buscavam uma inovação incremental, e o restante atuava mais na fronteira tecnológica. Situação semelhante ocorreu ao avaliar as tendências tecnológicas investigadas nesses projetos. Conforme o Gráfico 2, uma parcela pequena dos projetos atuava nas tendências tecnológicas da fronteira do setor elétrico.

Gráfico 2: Tendências tecnológicas dos classificados como P&D (em número de projetos)



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Elaboração Ipea.

Com as entrevistas, pretendeu-se 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: *i*) a relevância prática dos projetos para a empresa e seu envolvimento na execução; *ii*) a estrutura de P&D atual da empresa e como esta se relaciona com os projetos; e *iii*) as possíveis relações de cooperação formadas entre as empresas e outras instituições.

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 afirmou já realizar atividades de pesquisa antes da exigência legal, enquanto a outra metade afirmou ter iniciado em resposta à lei. Mesmo aqueles que já realizavam essas atividades reconheceram que o volume de recursos aumentou com o programa. Vinte por cento dos agentes, no entanto, ressaltaram que antes suas atividades eram mais voltadas para inovação e não para P&D propriamente dito, com atividades que buscavam um retorno mais rápido.

Vale lembrar que antes da instituição do programa, o setor passou por uma grande redução das atividades de P&D, em decorrência da reestruturação ocorrida na década de 1990. Seria de se esperar que essa retomada de investimentos fosse acompanhada de um aumento na estrutura de pesquisa dos agentes e de sua preocupação com a atividade, o que de fato ocorreu segundo 60% dos entrevistados. No entanto, essa 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.

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, que 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 pela própria empresa, pela ICT/empresa parceira, ou pelos dois em conjunto. Apesar desse

processo semelhante, um terço dos agentes desse grupo (cinco agentes) afirmou que a atividade de P&D é marginalizada dentro da empresa e duas delas disseram que a própria diretoria não via a atividade como importante.

Durante as entrevistas, indagou-se acerca de dificuldades inerentes a atividades de P&D. Várias foram as dificuldades mencionadas, conforme a Tabela 4 apresenta.

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 Ipea.

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 essas atividades 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.

Dois terços dos agentes entrevistados (dez) afirmaram que sua participação na execução nos projetos é ativa. Os outros cinco agentes assumiram 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. Uma possível explicação para a diferença de percepção é que os agentes não entrevistados, com os 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.

Em relação aos resultados oriundos dos projetos, todos os agentes afirmaram que eles geraram resultados. Foram mencionadas patentes e também produtos já comercializados para outras empresas. Mais da metade dos agentes (53% do total, ou oito agentes) afirmou que os departamentos mais beneficiados foram engenharia, operação e

manutenção, por serem os mais intensivos das empresas, o que pode significar que, pelo menos em parte, os projetos estão alinhados com a estratégia da empresa.

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 isso, de fato, ocorreu. A maioria dos projetos tenta resolver, por meio de inovações incrementais, problemas práticos das empresas. Isso faz sentido principalmente dado que se trata de um setor maduro tecnologicamente, 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 desses ramos se aventurem nos demais segmentos. Dessa forma, a existência de projetos de curto prazo voltados para inovações incrementais estariam de acordo com as estratégias das empresas, que focariam os esforços de P&D para otimizar suas operações, sem a pretensão de buscar novos produtos e mercados.

Essa característica é corroborada pela análise das tecnologias mais pesquisadas no programa, que estavam relacionadas a áreas e problemas operacionais dos agentes, sem forte relação com as tecnologias de fronteira do setor elétrico especificamente (Gráfico 2). Estas últimas são 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.

5 Conclusões e recomendações

As principais conclusões deste trabalho revelam que o programa de P&D regulado pela Aneel movimentou uma quantidade considerável de recursos, maior do que a aplicada no mesmo período pelo fundo setorial do setor elétrico (CT-Energ). A quantidade de pesquisadores envolvidos também é relevante, em número semelhante ao envolvido pela Petrobras em sua rede de pesquisa. Entretanto, são apontadas possibilidades de melhorias no programa, tendo em vista a ainda baixa participação dos agentes na execução dos projetos, o caráter incremental das inovações pretendidas e a baixa participação de empresas fornecedoras.

O programa contribuiu para a criação de uma cultura de inovação nas empresas do setor. Embora as estruturas de P&D criadas nessas empresas sejam 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

investir em projetos menos incrementais. 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, ainda 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 essa 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. Alguns agentes não têm aceitado repartir os direitos de propriedade de eventuais produtos desenvolvidos nos projetos. Isso 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 possibilitada pela forma de parcerias do que simplesmente vender serviços de engenharia e laboratórios.

As conclusões obtidas ao longo deste projeto em parceria entre a Aneel e o Ipea permitem indicar um conjunto de recomendações visando a melhoria do programa. Sugere-se que se incentive um maior alinhamento dos projetos às estratégias das empresas. Nas circunstâncias em que as empresas não identifiquem destinação eficiente 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 — que tenderiam a ser, pelo menos em parte, executados na ausência dos incentivos.

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 sejam 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 sejam transferidos para os usuários mais rapidamente nas regras de revisão tarifária.

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 redes elétricas inteligentes, 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.

Notas

¹Este Comunicado esteve sob a responsabilidade da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset), especialmente do técnico de Planejamento e Pesquisa Fabiano Pompermayer. Pela Assessoria Técnica da Presidência do Ipea (Astec), colaboraram: Murilo Pires e André Calixtre. A finalização deste documento contou com a assistência e colaboração da Assessoria de Imprensa e Comunicação do Ipea (Ascom).

²AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Aneel). Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. Brasília, 2008.

³POMPERMAYER, 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.

⁴O segundo capítulo do livro trata das tendências tecnológicas do setor e foi utilizado de maneira transversal neste Comunicado. 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.

⁵Os projetos cooperativos 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.


⁶Trata-se de uma classificação elaborada pelos pesquisadores do Ipea considerando os típicos fornecedores do setor elétrico e fabricantes de equipamentos relacionados à melhoria da eficiência energética, um dos focos do programa.

⁷ARAÚJO, 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.

⁸Esses dados foram obtidos na Relação Anual de Informações Sociais (Rais) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

⁹Ver FIGUEIREDO, C. O.; ALVARENGA, G. V.; CAVALCANTE, L. R. Impactos econômicos e tecnológicos do programa da 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, para uma tabulação exaustiva dos resultados obtidos.

¹⁰Nesse caso, os dados advieram da base Lattes/CNPq.



Ipea – Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República