



# Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil





**cgée** |

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*



## **Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil**

# Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)

# © Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

## MINISTRO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

*Marco Antônio Raupp*

## PRESIDENTE

*Mariano Francisco Laplane*

## SECRETÁRIO EXECUTIVO

*Luiz Antônio Rodrigues Elias*

## DIRETOR EXECUTIVO

*Marcio de Miranda Santos*

## SECRETÁRIO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO

*Álvaro Toubes Prata*

## DIRETORES

*Antonio Carlos Figueira Galvão  
Fernando Cosme Rizzo Assunção  
Gerson Gomes*

Esplanada dos Ministérios, Bloco E,  
CEP: 70067-900, Brasília, DF  
Telefone: (61) 2033-7500  
<http://www.mcti.gov.br/>

SCN Qd 2, Bl. A, Ed. Corporate Financial Center sala 1102  
70712-900, Brasília, DF  
Telefone: (61) 3424.9600  
<http://www.cgее.org.br>

EDIÇÃO E REVISÃO | *Tatiana de Carvalho Pires*

DESIGN GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO | *Eduardo Oliveira*

APOIO TÉCNICO AO PROJETO | *Flávia Pinto e Marina Brasil*

Catálogo na Fonte

C389a

Avaliação e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.

96 p.; il, 24 cm

1. Energia Eólica. 2. Política. 3. Ciência e Tecnologia. 4. Fomento.  
I. CGEE. II. Título

CDU 5/6:621.548 (81)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo de processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE - 4º Termo Aditivo/Ação: Foros de Discussão em CT&I / Subação: Atividade - Notas Técnicas - 53.5.1/MCTI/2011.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.  
Sugestão de citação: CGEE, título, autoria, ano de publicação, CGEE: Brasília.  
*Tiragem: 600 unidades. Impresso em 2012.*



# Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil

## SUPERVISÃO

Marcio de Miranda Santos

## CONSULTORES

Fernando Luiz Marcelo Antunes  
Demercil de S. Oliveira Junior  
Antônio Alisson Alencar Freitas  
Marcos Antonio do N. Nunes  
Saulo Castro Ximenes

## EQUIPE TÉCNICA MCTI

Adriano Duarte Filho  
Eduardo Soriano Lousada  
Jairo José Coura  
Marcos de Oliveira Costa  
Samira Sana Fernandes de Sousa

## EQUIPE TÉCNICA CGEE

Ceres Cavalcanti (Cordenadora)  
Eduardo do Couto e Silva  
Kátia Beltrão  
Ione Egler  
Tomaz Back Carrijo



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

Onde o futuro está presente



## COLABORADORES

**Antônio Leite de Sá** | Centro de Pesquisas de Energia Elétrica  
**Carlos Henrique Brasil** | Empresa de Pesquisa energética  
**Laercio Vinhas** | Financiadora de Estudos e Projetos - Finep  
**Máximo Luiz Pompermayer** | Agência Nacional de Energia Elétrica  
**Márcio V. Pilar Alcântara** | Agência Nacional de Energia Elétrica  
**Sergio Tourino** | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

## PARTICIPANTES DAS OFICINAS

**Adão Linhares** | Câmara Energia Eólica Ceará  
**Alexandre Street** | Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
**Antônio Geraldo Oliveira** | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
**Arthur Pereira** | Siemens  
**Bruno Vilela** | Aeris Indústria e Comércio  
**Carlos Henrique Brasil de Carvalho** | Empresa de Pesquisa Energética  
**Celso Morishita** | Detadx  
**Demercil de Sousa Oliveira Junior** | Universidade Federal do Ceará  
**Eduardo do Couto** | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
**Eduardo Leonetti Lopes** | Wobben Wind Power  
**Eduardo Tosta** | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
**Élbia Melo** | Abeeólica  
**Elton Lima** | Agência Nacional de Energia Elétrica  
**Eric Rodrigues Gomes** | Vestas do Brasil Energia Eólica Ltda  
**Francisco José da Cunha Silveira** | COPPETEC  
**Gustavo Catallani Quina Diogo** | Engebasa Mecânica e Usinagem  
**Humberto Pinheiro** | Universidade Federal de Santa Maria  
**Ivonice Campos** | IR Consultoria e Associados  
**Jomar Alace Santana** | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
**Jorge Alé** | Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
**José Quina Diogo** | Engebasa Mecânica e Usinagem  
**Laura Porto** | Iberdrola Renováveis  
**Liu Aquino Gonçalves** | Gamesa Eólica Brasil  
**Maria Regina Araújo** | Horizonte Energias Renováveis  
**Máximo Luiz Pompermayer** | Agência Nacional de Energia Elétrica  
**Paulo Alexandre Ferreira** | Wind Power Energia  
**Pedro André Carvalho Rosas** | Universidade Federal Pernambuco  
**Pedro Cunha** | Engebasa Mecânica e Usinagem  
**Renato Santos** | General Electric Energy do Brasil  
**Roberto Lobo Miranda** | Alstom Brasil Energia e Transporte Ltda  
**Roberto Veiga** | Wobben Wind Power  
**Sandro Yamamoto** | Abeeólica  
**Selênio Rocha Silva** | Universidade Federal de Minas Gerais  
**Sérgio R. G. Tourino** | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
**Victor Roza** | Icsa do Brasil Ltda

Ação realizada em apoio aos trabalhos da Comissão Técnica MCTI/ANEEL/CNPq, criada pela portaria conjunta MCT e ANEEL nº 230, de 16 de março de 2010.



# SUMÁRIO

---

Resumo executivo 7

Apresentação 17

## CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO 19

Metodologia 19

Objetivo 20

## CAPÍTULO 2

CONTEXTO SETORIAL 21

Informações internacionais 21

Mercado nacional 27

Conclusões 35

## CAPÍTULO 3

UM BREVE PANORAMA NACIONAL 39

Características técnicas da geração eólica 39

Mapeamento das áreas de pesquisa 42

Instituições de pesquisa no setor eólico 43

Investimentos em pesquisa 45

Conclusões 52



## CAPÍTULO 4

<b>PROPOSTAS DE AÇÕES DE CT&amp;I EM FOMENTO À ENERGIA EÓLICA NO BRASIL</b>	<b>55</b>
Metodologia	55
Grupos e temas de PD&I associados à energia eólica	56
Propostas de ações	69
<b>Referências</b>	<b>81</b>
<b>Anexos</b>	<b>85</b>
Anexo 1 – Capacidade instalada de energia eólica global em MW – Distribuição por Região	85
Anexo 2 – Parques eólicos em operação no Brasil.	86
Anexo 3 – Listas das instituições por área e número de pesquisadores	89
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>93</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>95</b>





## RESUMO EXECUTIVO

O cenário internacional mostra um significativo crescimento da capacidade instalada mundial de energia eólica, e que responde, no final de 2011, por 3% da geração elétrica mundial. Munidos de diferentes motivações, diversos países vêm investindo nessa fonte, que tem a perspectiva de dobrar sua capacidade instalada mundial em cinco anos. Isto mostra o mercado de uma opção energética limpa, economicamente viável e em expansão. Diferentes políticas de fomento têm sido implementadas, sejam elas de incentivos, como é o caso de alguns países europeus, ou protecionistas, como as adotadas pela China.

A China aparece no cenário internacional como o maior mercado de energia eólica do mundo, tanto em potência total instalada quanto em incremento anual de capacidade instalada, apresentando uma tendência de continuidade deste crescimento. Esse cenário, de domínio chinês, combinado com uma política de caráter protecionista, tem reflexo no aprimoramento do parque industrial chinês ligado à energia eólica, especialmente no que se refere ao domínio da tecnologia, ao processo de fabricação de equipamentos e componentes e aos processos construtivos para a geração eólica. Há que se destacar que, entre as dez maiores empresas de equipamentos eólicos no mundo, estão quatro empresas chinesas.

No caso brasileiro, o processo de inserção da fonte eólica na matriz elétrica nacional inicialmente contou com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), sendo este uma política de incentivos no estilo das tarifas *feed-in*. Com o apoio desse Programa, acelerou-se a curva de aprendizagem da energia eólica no Brasil, que, desde 2009, já tem competido nos leilões de energia do ambiente regulado com outras formas tradicionais de geração. O resultado é que esta fonte no Brasil passou, nos últimos seis anos, de 22 MW de potência instalada para cerca de 1.500 MW, e já há perspectivas de se dobrar este número até o início de 2013, por meio dos projetos contratados nos últimos leilões. A partir de 2013, estima-se um acréscimo de cerca de 2 GW por ano, e projeta-se que o Brasil ocupe a 4ª ou a 5ª posição em capacidade instalada no ranking mundial em 2016. O crescimento da energia eólica no Brasil demonstra o dinamismo dessa indústria, a qual apresenta um grande potencial de geração de empregos e de desenvolvimento da economia.

Contudo, apesar do grande potencial de crescimento, o contexto nacional da indústria de energia eólica requer atenção. Se, por um lado, existe um alto potencial de mercado, por outro, prati-



camente não existe tecnologia desenvolvida no país e mão de obra qualificada que atenda a demanda. O governo vem encarando com grande otimismo o grau de competitividade da energia eólica, principalmente devido aos bons resultados dos últimos leilões.

Entretanto, do lado das empresas, o sentimento é que se não houver mudanças no modelo de concorrência, se manterá o baixo desenvolvimento tecnológico e o país terá dificuldade em utilizar de maneira otimizada o grande potencial eólico do Brasil. Este contexto mostra a necessidade de investimentos no grupo temático “política, economia e avaliações socioambientais” que buscariam instrumentos econômicos mais adequados para incentivar o desenvolvimento setorial, de forma sustentável e que contemple o desenvolvimento da CT&I nacional.

De um modo geral, o Brasil apresentou investimentos baixos em PD&I no tema energia eólica na última década, quando comparados às reais necessidades e ao desenvolvimento que essa fonte vem apresentando no país. As empresas participantes do Programa de P&D, regulado pela Aneel, investiram em 11 anos aproximadamente R\$ 19 milhões no tema energia eólica, o que representa apenas 0,6% do montante total do programa e 3,6% do total investido em energias renováveis. A segunda fase do programa ainda apresenta resultados poucos significativos, sendo que os investimentos em energia eólica continuam baixos e representando apenas 1% do total investido pelo programa ou 6% do total investido em energias renováveis. Todavia, em comparação com a primeira fase, houve crescimento superior a 400% do investimento anual no tema. Outra mudança identificada na segunda fase foi nos perfis dos projetos que apresentaram valores maiores, mostrando estudos mais robustos, complexos e, potencialmente, com maiores resultados. Enquanto na primeira fase foram investidos em média R\$ 364 mil por projeto, na segunda a média foi de R\$ 2,19 milhões por projeto. Desta forma, mesmo com um resultado ainda pouco significativo, a segunda fase apresenta evoluções que podem representar uma mudança de percepção das empresas sobre a importância do tema.

No âmbito das agências de fomento do MCTI, o CNPq investiu em energia eólica, na última década, menos da metade dos recursos investidos via Programa de P&D/Aneel, por meio de editais que não tiveram foco específico em energia eólica. De fato, os investimentos foram direcionados para temas abrangentes, como sistemas híbridos e energias renováveis, dentro dos quais foram contempladas algumas linhas temáticas da energia eólica.

A Finep, por outro lado, aplicou, nos últimos dez anos, o maior montante de recursos em PD&I em energia eólica – pouco mais de R\$ 40 milhões. Esse investimento foi realizado, principalmen-



te, por meio do programa de subvenção econômica, que tem o objetivo de promover um aumento das atividades de pesquisa e inovação nas empresas. Uma parte menor dos investimentos foi realizada por meio de editais de PD&I promovidos no âmbito dos fundos setoriais. Apesar de este montante ser aparentemente significativo ainda não é representativo se comparado com os valores totais investidos pela Finep em energias renováveis no mesmo período (25%).

Esse volume global pouco expressivo de investimentos em atividades de PD&I em energia eólica pode ser considerado um reflexo da aparente maturidade tecnológica alcançada mundialmente por essa fonte, bem como do pequeno número de especialistas em atuação nesse tema no Brasil. Por outro lado, esta carência de pesquisadores pode ser entendida como decorrência do descompasso entre as velocidades de crescimento do mercado eólico e de investimentos para formação de recursos humanos para esse mercado, que, em expansão, acabou atraindo os poucos profissionais capacitados no país, e deixou desestruturados os centros existentes e ainda mais reduzida a participação nacional no desenvolvimento tecnológico do setor.

O levantamento e o mapeamento das instituições de pesquisa e dos pesquisadores atuantes em energia eólica no Brasil, realizados neste estudo, ratificam essa percepção, pois apresentam pequeno número de pesquisadores por centro de pesquisa. Grupos tão pequenos – entre um e cinco participantes – não criam um volume de massa crítica com condições para dar suporte à implementação de ações articuladas de formação de recursos humanos nas áreas temáticas da energia eólica. Entretanto, a identificação de 68 grupos de pesquisa em distintas instituições, espalhadas por todo o país, é um bom indicador do interesse da academia nas diferentes temáticas do assunto.

A concentração desses grupos nos Estados das Regiões Nordeste e Sul reflete a elevada demanda por desenvolvimento tecnológico e serviços nessas regiões, decorrente da sua disponibilidade de recurso eólico, com maior e melhor potencial, e da concentração dos parques eólicos nestas regiões. Por outro lado, o grande número de grupos localizados no Sudeste confirma a vocação dessa região para a pesquisa em energia, de forma geral, ratificada pela presença de grandes centros de excelência em energia. Contudo, vale ressaltar que esses mapeamentos devem ser analisados com cautela uma vez que o levantamento não foi exaustivo, e tampouco foram pesquisadas as vocações dos centros ou ainda avaliada sua produção científica e infraestrutura disponível, que seriam fundamentais para o aprimoramento do panorama da pesquisa em energia eólica no Brasil.

O presente estudo organizou as informações sobre o panorama e o contexto da energia eólica no Brasil, de forma a gerar uma base para o debate, com especialistas, sobre quais temas deveriam ser foco



das ações de PD&I, comentando também seus desafios, oportunidades e as prioridades entre eles. O debate foi realizado por meio de reuniões distintas com três grupos estratégicos: academia (pesquisadores), indústria (empresas fabricantes de equipamentos e operadoras de parques eólicos) e governo. Esses grupos estabeleceram oito grupos temáticos para pesquisa no setor de energia eólica:

- Tecnologias de aerogeradores;
- Recursos eólicos;
- Materiais;
- Política, economia e análises socioambientais;
- Conexão e integração à rede;
- Engenharia e centrais eólicas;
- Planejamento e operação;
- Normatização, certificação e padronização.

Para cada um desses grupos foram identificadas linhas temas para as ações de PD&I, baseadas em demandas e desafios do setor eólico. As linhas consideradas como prioritárias<sup>1</sup> em cada um dos grupos temáticos foram as seguintes:

- Grupo temático – **Tecnologia de aerogeradores:**
  - Projeto de rotor e pás apropriado aos ventos brasileiros;
  - Conversores (e inversores) para conexão à rede;
  - Modelo do aerogerador para qualidade de energia;
  - Análise estrutural de aerogerador.
- Grupo temático – **Recursos eólicos:**
  - Tecnologias de medição, incluindo Lidar (foco em equipamentos);
  - Modelos de avaliação, medição, previsão e otimização do potencial eólico, adequados às necessidades locais (elaboração de padrão nacional de classe de ventos);
  - Modelos de previsão de ventos;
  - Camada limite atmosférica e caracterização da turbulência no Brasil.
- Grupo temático – **Materiais:**
  - Ímãs permanentes para máquinas elétricas;
  - Materiais compósitos para aerogeradores.

---

<sup>1</sup> Os temas classificados como relevantes também deveriam ser foco de ações de PD&I. Esta classificação sugere o foco do investimento inicial em alguns temas.



- Grupo temático – **Política, economia e análises socioambientais:**
  - Definição de critérios para avaliação de impacto ambiental;
  - Análise de instrumentos de mercado e financeiros para produção de energia eólica (e.g. custos, tarifas, preços, normalização de métrica para comparação com outros setores).
- Grupo temático – **Conexão e integração à rede:**
  - Sistemas de controle de geração de energia em parques eólicos conectados à rede;
  - Aerogerador de pequeno porte conectado à rede (já com o sistema de controle integrado) para aplicações em geração distribuída.
- Grupo temático – **Engenharia e centrais eólicas:**
  - Modelos de centrais eólicas (e.g. produção de energia, agregação de modelos elétricos, integração à rede dos aerogeradores, etc.) - gestão de usinas;
  - Controle e monitoramento e avaliação de desempenho (e.g. comparação com especificações do fabricante);
  - Logística para instalações (e.g. transporte, guindaste, etc.).
- Grupo temático – **Planejamento e operação:**
  - Modelos para operação do sistema elétrico (ONS) e para o planejamento da geração de curto/médio/longo prazos;
  - Modelos de sistemas híbridos de geração de energia.
- Grupo temático – **Normatização, certificação e padronização:**
  - Ensaios e testes para certificação de aerogeradores;
  - Ensaios e testes para certificação de materiais e componentes (e.g. pás, conversores, níveis de ruído, etc.) - e determinação de novo padrão de ventos;
  - Ensaios de qualidade de energia (específicos para energia eólica).

Com base nas informações geradas pelo debate, foram listadas, para cada linha de pesquisa, propostas de ações de incentivo à PD&I em energia eólica, nas seguintes dimensões: capacitação; regulamentação; pesquisa; articulação entre empresas e ICTs; parcerias internacionais; e infraestrutura de CT&I.

A matriz de relevância, apresentada na Tabela A.1, resume as ponderações feitas sobre a importância de cada dimensão para cada grupo temático. A elaboração dessa matriz possibilitou o direcionamento das discussões para focar na proposta de recomendações nas dimensões mais relevantes para cada grupo temático.



Tabela A.1 – Relevância de cada dimensão das ações de PD&I por grupo temático

Grupo Temático/ dimensão	Capacit.	Regulam.	Pesquisa	Artic. Emp./ ICTs	Parcerias Internac.	Infraest. CT&I
Tecnologia de aerogeradores	10	1	7	8	8	9
Recursos eólicos	7	8	10	9	5	10
Materiais	7	7	10	7	8	10
Política, economia e análises socioambientais	8	10	10	9	6	1
Conexão e integração a rede	8	8	10	9	5	9
Engenharia e centrais eólica	10	8	10	10	8	5
Planejamento e operação	7	7	8	9	5	1
Normatização, certificação e padronização	8	10	10	9	5	10

Conforme a matriz é possível perceber que foi considerada de relevância alta a necessidade de ações de pesquisas nos diversos grupos temáticos seguida, em sua maioria, da necessidade de ações de articulação das instituições de pesquisas com as empresas. No que tange à pesquisa, foram identificadas como possíveis ações o aumento da oferta de editais dirigidos especificamente às linhas temáticas prioritárias e relevantes, assim como o acréscimo do número de bolsas disponibilizadas para pesquisadores nos níveis de mestrado, doutorado e pós-doutorado. Para fomentar a articulação das ICTs com as empresas, foram sugeridas, entre outras ações como: editais conjuntos; bolsas para a atuação de pesquisadores nas empresas; bolsas financiadas por empresas; e programas de capacitação elaborados e financiados conjuntamente por empresas e ICTs.

Ações de capacitação profissional também foram consideradas de relevância alta em todos os grupos temáticos, variando, entretanto, os níveis profissionais<sup>2</sup> requeridos em cada um deles. De maneira geral, foram identificadas necessidades de formação de recursos humanos em todos os níveis profissionais, desde o técnico até a pós-graduação, incluindo a formação de agentes multiplicadores de conhecimento.

As ações de “Investimento em infraestrutura” foram apresentadas como necessidade específica de alguns grupos temáticos, tendo em vista que algumas temáticas de PD&I não requerem in-

<sup>2</sup> Por exemplo: nível técnico, graduação e os diferentes níveis de pós-graduação, incluindo a formação do agente multiplicador (especialista sênior formador de opinião e de novos especialistas).



vestimentos significativos em infraestrutura, tal como temas que envolvem estudos econômicos e alguns modelos de planejamento. Todavia, os investimentos na melhoria de infraestrutura para atividades de CT&I foram considerados prioritários para o desenvolvimento da PD&I no setor eólico brasileiro, uma vez que é crítica a defasagem do atual ambiente de CT&I para o atendimento às demandas decorrentes do crescimento do mercado de energia eólica no Brasil.

Como ação estratégica na questão de infraestrutura de CT&I, recomenda-se a formação de uma rede de pesquisas em energia eólica, que congregaria laboratórios de todo o país. Considerou-se que, num primeiro momento, seria mais adequado fortalecer alguns laboratórios específicos, ao invés de promover editais competitivos, já que estes poderiam gerar grande pulverização dos recursos e não promover a capacitação laboratorial necessária em nenhum dos contemplados. Assim, os investimentos seriam focados, inicialmente, em dois ou três laboratórios-âncoras, localizados, preferencialmente, nas Regiões Nordeste e Sul. Posteriormente, esses laboratórios liderariam o processo de ampliação da rede. Ponderou-se, ainda, a necessidade de aumentar a oferta de serviços de certificação de máquinas e equipamentos eólicos, por meio, principalmente, da capacitação e acreditação de laboratórios para a realização de ensaios e testes. Avaliou-se que, no curto prazo, deveria ser criado (ou capacitado) pelo menos um grande centro, preferencialmente localizado na Região Nordeste, que concentrasse essas atividades. Foi ressaltado que a realização do processo de certificação no Brasil reduzirá custos de implantação de geração eólica, bem como consistirá uma oportunidade gerar competências nacionais no tema.

Alguns grupos temáticos apresentaram necessidades prementes de ações de regulamentação. Em especial no que se refere à certificação de máquinas e equipamentos eólicos, mostraram-se necessárias adequações das normas internacionais vigentes para aplicação no Brasil, dadas as condições diferenciadas de clima e ventos do país. Também foi identificado grande interesse no acompanhamento da elaboração e da implementação de normas para conexão à rede de microgeração distribuída, bem como toda a movimentação em direção à adoção de tecnologias relacionadas ao conceito de redes elétricas inteligentes (smart grids). Igualmente, foi considerado importante o incentivo a pesquisas para o aprimoramento dos modelos de comercialização de energia eólica, visando aumentar a segurança dos contratos, bem como dos mecanismos de incentivo a essa fonte.

As ações de parcerias internacionais foram avaliadas com uma relevância mediana em quase todas as temáticas. A necessidade deste tipo de ações se reflete mais fortemente nas temáticas com necessidade de formação de especialistas-sênior. Nesse sentido, foi sugerida a oferta de bol-



sas para pesquisador visitante para PD&I em energia eólica, bem como o fomento ao intercâmbio de pesquisadores entre instituições que trabalhem em temáticas semelhantes no Brasil e no exterior, a fim de que contrastem suas experiências e verifiquem a possibilidade de realização de projetos conjuntos. O financiamento da vinda de especialistas sênior ao Brasil, seja para desenvolver pesquisas, seja para ministrar cursos foi identificada como uma estratégia para formar especialistas nos temas com baixa disponibilidade de especialistas no Brasil. O Programa Ciência sem Fronteiras e o Programa de P&D/Anel foram mencionados como importantes instrumentos, capazes de viabilizar tais atividades.

Finalmente, foram destacadas algumas outras recomendações de caráter transversal:

- Melhorar a difusão de informações sobre os mecanismos e ferramentas que permitem a atuação conjunta de empresas e instituições de pesquisa em PD&I (p. ex., Programa de subvenção econômica; incentivos das Leis de Inovação e de Informática; bolsas para pesquisadores na empresa etc.);
- Viabilizar a criação e disponibilização de novos cursos de pós-graduação (especialização, mestrado e doutorado) com foco nos temas considerados prioritários e relevantes ou inseri-los em cursos existentes;
- Formar profissionais em atividades relacionadas indiretamente ao setor eólico como arqueólogos e biólogos, entre outros demandados em atividades relacionadas ao processo de implantação de usinas eólicas.
- Estruturar uma rede de pesquisa em energia eólica, que teria o objetivo de facilitar o fluxo de informação e estimular trabalhos cooperativos entre os atores envolvidos. Esta proposta está sendo estruturada por um grupo de pesquisadores coordenados pela Abeeólica, e tem como meta cinco produtos principais:
  - Criar e manter um banco de dados atualizado;
  - Produzir uma revista especializada;
  - Manter uma biblioteca virtual;
  - Criar um fórum de discussões;
  - Promover eventos, de forma a aproximar empresas e institutos de pesquisa, além de disseminar informações.

O movimento de análise do panorama de PD&I em energia eólica, iniciado nesse estudo, certamente não esgota o tema. As recomendações de ações de CT&I foram baseadas em percepções de atores envolvidos, e podem não contemplar todos os aspectos que mereceriam. Entretanto,





os resultados alcançados por meio deste estudo evidenciam a carência do setor de energia eólica por instrumentos de suporte ao desenvolvimento do mercado nacional dessa fonte.

Trata-se de uma necessidade urgente, mas também de uma oportunidade de promover o desenvolvimento de competências nacionais, principalmente, no desenvolvimento tecnológico e na inovação na cadeia produtiva do setor. Além disso, no âmbito do contexto internacional, a vocação inata do Brasil para o aproveitamento de fontes alternativas renováveis e o crescimento acelerado de seu mercado interno para energia eólica, colocam-no em posição privilegiada. Se por um lado o país se apresenta como atraente mercado consumidor para fornecedores internacionais de máquinas e equipamentos eólicos, por outro tem a oportunidade de desenvolver internamente toda a cadeia produtiva da energia eólica, podendo vir a tornar-se autossuficiente e passar de importador a líder exportador de insumos para esse setor.

Nesse sentido, as propostas aqui listadas visam oferecer subsídios para a elaboração de ações de fomento do MCTI e de outros agentes, como Aneel e fundações de amparo à pesquisa, disponibilizando um breve diagnóstico das necessidades de PD&I do setor eólico, e visando estruturar um ambiente consistente e profícuo para o desenvolvimento da energia eólica no país.

Para aprimorar as informações levantadas por meio desse primeiro estudo, sugere-se que sejam aprofundados os levantamentos e diagnósticos dos laboratórios atuantes em energia eólica no Brasil, bem como seja avaliada, qualitativamente e quantitativamente, a produção científica e tecnológica de energia eólica no país. Também se considera importante a formação de um banco de dados com as informações obtidas por meio desses estudos, a fim de permitir seu fácil acesso para estudos futuros, entre outros, em tendências, gargalos e temáticas prioritárias no setor.





## APRESENTAÇÃO

A matriz elétrica brasileira é predominantemente hidráulica, mas tem passado por um processo de diversificação, pela introdução de outras formas de geração de energia, como a eólica. Embora a energia eólica ainda não represente 2% da matriz de produção de eletricidade, o setor eólico nacional tem crescido com a instalação de diversos parques eólicos. O índice de importação nesta área ainda é grande, principalmente em componentes de alto valor tecnológico agregado. Este fato mostra a necessidade de ações que visem o desenvolvimento de uma tecnologia nacional para o setor eólico.

Nesse contexto, o presente documento visa consolidar um conjunto de notas técnicas desenvolvidas no âmbito do CGEE, com o objetivo de apresentar sugestões de ações de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para apoiar este segmento da indústria e o desenvolvimento do país.

Para isso, o estudo inicia com a descrição do objetivo e da metodologia geral e segue apresentando o cenário setorial, que aborda, de forma geral, quais países mais investem no setor, quais empresas vêm se destacando, e a evolução do mercado nacional. O capítulo seguinte apresenta um breve panorama do segmento no Brasil, que compreende descrições técnicas e mapeamentos das áreas, instituições e investimentos em pesquisa.

O quarto capítulo apresenta a consolidação das percepções sobre as linhas temáticas que requerem ações de CT&I e propõe algumas recomendações de como viabilizá-las, com base numa análise do panorama e do contexto apresentados nos capítulos anteriores.





# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

Este relatório visa organizar as informações mais relevantes sobre o setor eólico brasileiro que fomentem as discussões sobre as ações de CT&I para o segmento eólico. Desta forma, analisa algumas informações nacionais e internacionais, e mapeia pesquisadores, instituições e investimentos de pesquisa nacionais nessa área. São então apresentados mapas temáticos e gráficos, indicando como a energia eólica está distribuída no país. Por fim, é feita uma análise destas informações, consolidado o debate realizado com diferentes agentes que interagem no assunto, e são propostas ações para o desenvolvimento tecnológico da energia eólica no Brasil.

## Metodologia

A metodologia utilizada baseou-se na consulta aos sites das principais universidades brasileiras, com o intuito de identificar os centros de pesquisas que têm atuação em energia eólica e os pesquisadores ligados a eles. Foram realizadas também consultas de dados estratégicos à Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), por meio do Banco de Informações de Geração (BIG), à Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e à Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), com o intuito de organizar os dados sobre o panorama eólico brasileiro.

Para o cenário internacional foram utilizados, como fontes de pesquisa, o Relatório de 2011 do Conselho Global de Energia Eólica (Global Wind Energy Council – GWEC), dissertações de mestrado de universidades brasileiras, dados da Associação Mundial de Energia Eólica (World Wind Energy Association – WWEA), dados da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA), entre outras. Esse levantamento foi realizado com o objetivo de apresentar a situação do setor eólico internacional, mostrando quais foram os incentivos para o desenvolvimento do setor nas diferentes regiões do planeta, fornecendo assim, um parâmetro para o Brasil.

Além do levantamento dos contextos, nacional e internacional, e das instituições e grupos de pesquisa, foi também apresentada uma consolidação das proposições feitas por representantes da academia, da indústria e do governo. Essas proposições foram obtidas com base em técnicas



de *brainstorm*, aplicadas em reuniões realizadas por perfil de grupo, e trabalhadas de forma a gerarem as recomendações ao governo de ações de CT&I que incentivem o desenvolvimento da tecnologia e da indústria nacional para o setor eólico.

## Objetivo

O estudo tem por objetivo a formulação de recomendações para fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação (PD&I) em energia eólica. São propostas ações de fomento à produção de conhecimento, à formação de recursos humanos, à capacitação de infraestrutura laboratorial e à formação de parcerias nacionais e internacionais, com vistas a apoiar o desenvolvimento e a inovação tecnológica na cadeia produtiva da energia eólica no Brasil.

Para isto, é apresentado um breve panorama sobre as competências nacionais nos setores empresarial e acadêmico, e sobre a quantidade e a disponibilidade de laboratórios. Esse panorama é avaliado de forma a construir uma base para o desenvolvimento de tecnologias e mão de obra especializada nacionais em toda a cadeia produtiva do setor eólico.



## CAPÍTULO 2

### CONTEXTO SETORIAL

#### Informações internacionais

A maturidade da energia eólica como fonte de produção de energia elétrica é uma realidade no mundo. Isto é visto pelo número de parques eólicos ligados à rede elétrica em todos os níveis de tensão. No final de 2011, a potência instalada de turbinas eólicas era de cerca de 240 GW, o que representa cerca de 3% do potencial de geração de energia elétrica no mundo. A previsão para o setor é de que o mundo receberá 269,8 GW em novas turbinas eólicas em um período de cinco anos (WWEA).

A Figura 2.1 (a) mostra os 10 países com maiores potências instaladas durante o ano de 2011 e a Figura 2.1 (b) mostra o valor acumulado de potência até dezembro de 2011. O anexo 1 apresenta a capacidade instalada de energia eólica global distribuída por região.

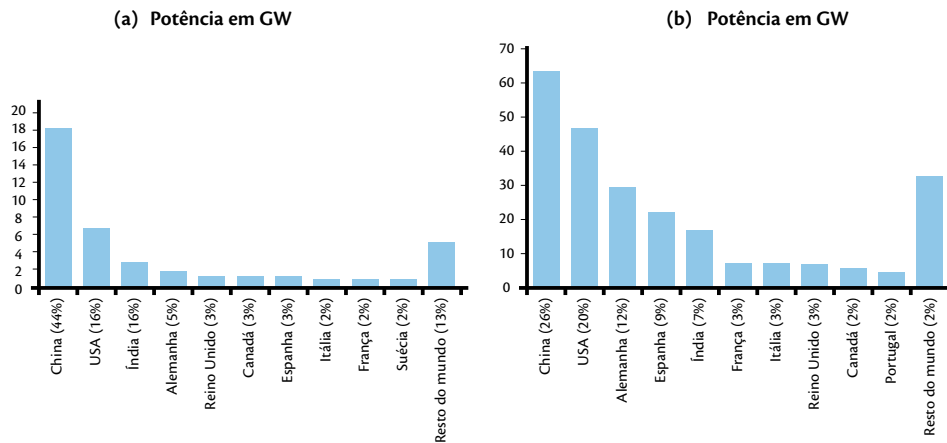


Figura 2.1 – (a) 10 países com maiores potências instaladas durante o ano de 2011. (b) Potência acumulada até dezembro de 2011.

Fonte: GWEC, 2011.



A China, em 2011, liderou novamente o mercado global, adicionando 17,6 GW de nova capacidade de energia eólica, e consolidou a sua liderança no mercado eólico com um total de 62,4 GW instalados até o final do ano. Esse valor corresponde a 1,5% da matriz de produção de energia elétrica da China. Na Índia, em 1995, a geração por energias renováveis era responsável por apenas 2% da geração de energia elétrica total do país. Hoje, essa participação aumentou para 12,1% e ultrapassou o marco de 3 GW, sendo a energia eólica responsável por 70% desse montante. Com relação ao mercado asiático, apesar de este não ter avançado muito em 2011, existe a expectativa de um crescimento promissor no médio prazo, especialmente nos mercados japones e sul coreano (GWEC, 2011).

O mercado norte-americano registrou crescimento de mais de 30% da energia eólica em 2011, adicionando uma potência de 6,8 GW em 31 Estados, totalizando uma capacidade instalada de aproximadamente 47 GW. Apesar de significativo, este montante não representa nem 0,5% da participação na matriz de energia elétrica dos Estados Unidos. O Canadá teve um ano recorde, em 2011, com a instalação de 1,3 GW. Hoje, esse país possui uma potência total instalada de 5,3 GW, e tem a meta de alcançar 10 GW até 2015 (GWEC, 2011).

O Brasil continua com a liderança da América Latina, tendo instalado 583 MW em 2011, e atingido a capacidade instalada total de 1,5 GW no final de 2011. Este valor representa 1,22% da matriz de produção de energia elétrica do país (Aneel). O país possui ainda a previsão de instalação de cerca de 7 GW até 2016. A Argentina obteve um grande avanço em 2011 com a instalação de 79 MW, que representa mais de 100% da potência total instalada até o ano anterior. O México terminou o ano de 2011 com uma potência total instalada de 569 MW, e estima ultrapassar a marca de 2 GW até o final de 2012 (GWEC, 2011).

A Europa instalou, em 2011, uma potência total de 10,3 GW, aproximadamente o mesmo valor da potência instalada em 2010, mostrando assim a estabilidade do mercado europeu, fornecida pela estrutura política de longo prazo para fontes renováveis de energia. A Europa possui hoje uma capacidade total instalada de 96,6 GW. A Alemanha, em 2011, adicionou ao seu potencial 2,1 GW, e alcançou 29,1 GW de capacidade instalada total. Esse país possui 20% de sua geração de energia oriunda de fontes renováveis, sendo a energia eólica a fonte que mais contribui para este percentual. O Reino Unido ficou em segundo lugar neste grupo de países, com 1,3 GW instalados no ano, sendo destes, 752 MW de capacidade offshore. O país totalizou uma capacidade instalada de aproximadamente 6,5 GW. Hoje, no Reino Unido, a produção por energia eólica equivale a





12% da geração total de energia da região. A Espanha instalou 1,05 GW, totalizando 21,7 GW de capacidade instalada. Hoje, sua produção de energia eólica equivale a 15,7% do consumo nacional de energia. A França instalou, no ano de 2011, 830 MW de potência, totalizando 6,8 GW de capacidade instalada, o equivalente a 7% da demanda por energia do país (GWEC, 2011).

O mercado australiano, conforme o anexo 1, encontra-se na 16ª posição no ranking mundial de capacidade instalada em geração eólica, acrescentou 234 MW em 2011, elevando sua capacidade total instalada para 2,2 GW, e representa mais de 2% do consumo nacional de energia do país (GWEC, 2011).

Os dois países com maior consumo de energia elétrica, EUA e China, têm significativos investimentos na produção de energia eólica. Todavia, apresentam uma participação tímida dessa fonte na matriz de produção de energia elétrica. Devido a sua estratégia pela segurança ao atendimento da demanda de energia elétrica nacional, seja por reduzir dependência externa ou pelo crescimento da demanda, esses países continuarão investindo em diferentes fontes. Portanto, existe uma forte perspectiva de continuidade e até de aumento nos investimentos para a energia eólica. As participações dessa fonte ficam mais expressivas nos países europeus devido à sua política de energia renovável adotada desde a década passada. Outros países também vêm adotando a estratégia de investir nesta fonte, o que mostra um crescimento mundial da capacidade instalada da participação desta fonte na matriz de energia elétrica mundial e, portanto, um mercado que apresenta boas perspectivas futuras.

Empresas como Siemens Wind Power A/S, Suzlon Energy Limited, Vestas Energy Systems, Nordex AG, Gamesa Corporación Tecnológica, GE Energy e as chinesas Goldwind Global e Mingyang Wind Power dominam o mercado de fabricação de turbinas eólicas.

Um levantamento da BTM Consult mostra que a fabricante dinamarquesa Vestas segue como líder do mercado. Na sequência, estão a chinesa Goldwind, a norte-americana GE, a espanhola Gamesa, a Enercon da Alemanha e a indiana Suzlon. Em sétima e oitava posições estão as chinesas Sinovel e United Power, respectivamente. Na nona colocação está a Siemens e, na décima, a chinesa Mingyang.



## 1 Políticas internacionais de incentivo ao setor eólico

Os planos de incentivos políticos e fiscais são, hoje no mundo, ferramentas necessárias para o desenvolvimento do setor de fontes renováveis de energia. Esses incentivos, mesmo sendo utilizados de acordo com a peculiaridade de cada Região, convergem sempre para estimular a tecnologia e o mercado. A grande maioria dos países, que vem investindo na energia eólica, apresenta algum tipo de política de incentivo. Abaixo são listadas as principais políticas de incentivos fiscais usadas no mundo:

**Sistema *feed-in*:** Esse sistema determina um preço mínimo que a concessionária irá pagar pela energia elétrica gerada pelo produtor, quando este conectar sua usina na rede. Em outras ocasiões, esse incentivo pode ser também o valor total recebido pelo produtor incluindo subsídio e/ou taxas de reembolso ou o prêmio pago adicionalmente ao preço de mercado da energia (DUTRA, 2007).

**Sistema de leilão:** O órgão regulador estipula uma quantidade de energia de geração de fontes renováveis para ser comprada e organiza um leilão para sua venda, de modo a gerar uma competição entre os produtores. A disputa tem seu final quando todas as propostas são colocadas em ordem crescente de custo e se atinge o montante a ser contratado. Com isso, a concessionária fica obrigada, através de um contrato de longo prazo, a pagar aos produtores vencedores o montante previamente estipulado pelo valor resultante do leilão (DUTRA, 2007).

**Sistemas de cotas com certificados verdes:** Também conhecido como Renewable Portfolio Standard (RPS) ou Metas de Energia Renovável (Renewable Energy Targets), consiste na determinação de que uma cota de geração de energia elétrica vendida deva ser gerada a partir de fontes renováveis de energia. Essa obrigação é imposta normalmente sobre o consumo (frequentemente por meio das empresas distribuidoras de energia), mas a obrigação também pode ser aplicada sobre a produção. Os certificados verdes adquiridos com esse tipo de geração podem ser comercializados no mercado, promovendo assim receita adicional às vendas de energia.

O cenário internacional de incentivos políticos e de desenvolvimento tecnológico no setor eólico possui em alguns países da Europa e nos EUA os seus maiores representantes. Para exemplificar como esses países obtiveram sucesso foram escolhidos quatro representantes para se realizar um estudo de caso. Os países escolhidos foram EUA, Espanha, Alemanha e Dinamarca.

A escolha dos EUA, da Alemanha e da Espanha se deu pelo fato de terem ocupado três dos quatro primeiros lugares no ranking de capacidade instalada de energia eólica em 2011. A Dinamar-



ca foi escolhida por ser o país que apresenta a maior participação da energia eólica na própria matriz energética.

A Alemanha, Espanha e Dinamarca possuem como principal instrumento de incentivo a tarifa *feed-in*. Já os EUA possuem, no âmbito estadual, o RPS como principal ferramenta e, no âmbito federal, o PTC (Renewable Energy Production Tax Credit), que é um crédito também baseado na produção de energia e concedido pelo governo, por meio de descontos no imposto de renda.

### 1.1 Incentivos nos Estados Unidos

O país possui políticas de investimentos estaduais e federais. Os principais incentivos estaduais são os RPS e o Green Power. O RPS é um instrumento de incentivo que exige do produtor de energia elétrica que uma porcentagem da sua produção seja proveniente de fontes de energia renováveis. O Green Power estabelece incentivos à compra voluntária de eletricidade por fontes renováveis de energia (GAVINO 2011).

No âmbito federal, as principais ferramentas de incentivos são o ITC (Investment Tax Credit) e o PTC. O primeiro, permite que 30% do investimento realizado para a instalação de fazendas eólicas seja reembolsado no imposto de renda. O segundo, fornece um crédito baseado na produção de eletricidade por fonte eólica, reduzindo o imposto de renda e incentivando os investimentos em novas plantas eólicas (LBNL, 2010).

### 1.2 Incentivos na Alemanha

A Alemanha, além do sistema *feed-in*, que fez com que o país se tornasse uma das referências mundiais em incentivos, criou, em 2000, criou a Lei das Energias Renováveis (Erneuerbare Energien Gesetz – EEG), pela qual concede prioridade de despacho à produção de eletricidade por fontes renováveis e garantia de acesso às redes de transmissão e de distribuição de energia elétrica (GAVINO 2011).

Em 2009, a EEG recebeu uma emenda para contrapor o aumento do preço da energia nos últimos anos e estimular a produção eólica *offshore*. Com essa emenda, a remuneração inicial do produtor da geração oriunda de parques eólicos *on-shore* passou a ser de 9,2 c€/kWh, para um período mínimo de cinco anos. Para as plantas menos eficientes, esse período era estendido em dois meses a cada 0,75% abaixo dos 150% da produção do modelo de referência. Após esse pe-



ríodo inicial, a tarifa passaria para 5,02 c€/kWh (chamada tarifa básica) até completar o prazo máximo de 20 anos de pagamento de tarifas (IEA, 2009).

### 1.3 Incentivos na Espanha

O principal incentivo dado ao setor eólico é o pagamento da tarifa *feed-in* aos produtores de energia, por parte dos distribuidores da rede elétrica. A Lei nº 54 de 1997, que regula o setor elétrico espanhol, estabelece que a energia elétrica produzida a partir de fontes renováveis possui prioridade de conexão e despacho. As tarifas seriam recebidas por pelo menos cinco anos, período que passou para 20 anos com a legislação de 2004 (IEA, 2003).

A tarifa *feed-in* para as plantas eólicas era de 7,57 c€/kWh em 2008, enquanto que o prêmio era de 3,03 c€/kWh. O valor mínimo de remuneração dos produtores pelo mercado era 7,37 c€/kWh e o teto era 8,78 c€/kWh. No caso das fazendas *offshore*, a remuneração era de no máximo 16,40 c€/kWh, com um teto de 8,43 c€/kWh para o prêmio. A remuneração para a reposição de turbinas permaneceu a mesma. Em 2009, os valores da tarifa *feed-in* e do prêmio foram respectivamente 7,82 c€/kWh e 3,13 c€/kWh. A base e o teto da remuneração pelo mercado foram 7,61 c€/kWh e 9,07 c€/kWh (IEA, 2008 e 2009).

### 1.4 Incentivos na Dinamarca

Devido à crise do petróleo, na década de 1970, e sua total dependência desse combustível, a Dinamarca foi obrigada a mudar radicalmente sua matriz energética, estabelecendo planos e metas ambiciosas para o desenvolvimento das fontes renováveis de energia.

Em 2002, o governo da Dinamarca promoveu vários incentivos políticos para o desenvolvimento do setor. Esses incentivos foram na demanda, na reposição de turbinas antigas, na oferta e em programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Os donos da rede elétrica eram obrigados, por lei, a conectar as plantas eólicas à sua rede e a comprar a energia desses produtores.

Em fevereiro de 2008, foi estabelecido um novo Acordo sobre a Política Energética da Dinamarca. Nele, o subsídio para as novas turbinas instaladas seria de 3,4 €/kWh pelas primeiras 22 mil horas de produção mais os 0,3 c€/kWh pelos custos de balanceamento da rede. No caso de reposição das turbinas, havia uma tarifa adicional de 1,07 c€/kWh para as primeiras 12 mil horas



de produção. Além disso, os donos das turbinas agora devem remunerar os vizinhos pela perda de valor de suas propriedades, causada pelas instalações eólicas (IEA, 2009).

## Mercado nacional

No Brasil, o aproveitamento da energia eólica tomou impulso a partir de 2004, com o advento do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Este programa, concebido em regime de *feed-in*, contratou 54 parques eólicos, que totalizaram 1,4 GW, ao preço médio atualizado de 170 US\$/MWh. As condições da época, onde se destacam a ausência de competição na fabricação de aerogeradores nacionais e o câmbio desvalorizado (3,6 R\$/US\$), dificultaram sobremaneira o desenvolvimento desses parques, previstos inicialmente para entrada em operação comercial até dezembro de 2006 (EPE, 2012).

O programa se estendia a pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e usinas térmicas a biomassa, dividindo-se em duas etapas sucessivas. A Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, estabeleceu os objetivos e o laço temporal de cada uma das etapas, assim como os mecanismos de seleção dos projetos e de determinação dos preços de venda da energia elétrica resultante. Toda a energia elétrica produzida pelas usinas geradoras selecionadas teria garantia de contratação pelo sistema Eletrobras por 20 anos, contados a partir da data de início de operação da planta.

A partir de 2005, com a instauração do novo modelo do setor elétrico brasileiro, adotou-se o modelo de leilões pelo menor preço para a contratação de projetos de geração de energia elétrica. Todavia, até 2008, os projetos eólicos não se mostraram competitivos frente às demais fontes. A partir de 2009, com a realização de leilões específicos para fontes alternativas, a fonte eólica passou a ser comercializada no ambiente regulado, e já em 2011, passou a concorrer com as fontes convencionais de energia elétrica.

O Brasil passou, em seis anos, de 22 MW de potência de parques eólicos instalados, para 339 MW instalados, chegando a dezembro de 2011 com 1.477 MW. Isto se deve, em grande parte, ao Proinfa, que, além de promover a diversificação da matriz energética brasileira, mostrou novamente a vocação brasileira para uma matriz elétrica limpa (MME, 2010).



O grande desafio estabelecido pelo programa foi o índice de 60% de nacionalização dos empreendimentos, com o objetivo de fomentar a indústria de base dessas fontes. Assim, se for considerado como fator de desenvolvimento o domínio da cadeia produtiva, o Proinfa coaduna com outras ações do governo que resultaram no fortalecimento da indústria brasileira de geração de energia elétrica (MME, 2010). Fato importante é que existe uma perspectiva de desenvolvimento econômico gerado pelo fortalecimento da cadeia produtiva desta energia no país.

O Brasil também possui significativo potencial eólico, estimado em 272 TWh por ano<sup>3</sup> e medido com torres de 50 metros de altura. Este potencial equivale a uma capacidade instalada de 143 GW. As novas medições, a uma altura de 80 a 100 metros, indicam que o potencial de geração de energia a partir dos ventos no Brasil pode ser duas ou três vezes maior, com ventos de características adequadas ao aproveitamento energético. De modo geral, os parques eólicos têm aproveitado locais onde os ventos apresentam direção relativamente constante e a distribuição de velocidades se concentra entre extremos próximos à velocidade média, relativamente elevada. (TOLMASQUIM, 2011).

Se observado o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001), percebe-se que a região do interior do nordeste brasileiro detém a maior parcela do potencial eólico brasileiro. Trata-se de local historicamente marcado por carências sociais e econômicas, que justifica prioridade para programas de incentivo ao desenvolvimento industrial coordenados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) (EPE, 2012).

O aproveitamento desse potencial demandará investimentos na infraestrutura rodoviária e de telecomunicações, além de necessitar da oferta de serviços sociais de suporte a núcleos técnicos para operação e manutenção dos parques que darão impulso à economia regional.

A principal crítica que se faz ao aumento da geração eólica no sistema elétrico se refere à confiabilidade do atendimento à curva diária de carga. Esse é, de fato, um aspecto importante, em geral atenuado pela combinação “vento-água”, que no Brasil é natural, sendo que até mesmo as usinas a fio d’água têm alguma capacidade de regularização diária.

Vê-se, portanto, que a base hidrelétrica do parque gerador brasileiro é um elemento indutor da inserção da geração eólica, constituindo um binômio especialmente interessante para a sustentabilidade ambiental da expansão da oferta de energia elétrica.

---

3 Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Cepel, 2001)



A questão-chave para a redução dos preços de energia eólica no Brasil é o modelo competitivo adotado pelo setor elétrico brasileiro, associado às vantagens comparativas das características dos ventos no país. O sistema de leilão brasileiro induz os geradores a reduzir os seus preços, tornando visível o custo real dos projetos eólicos no Brasil, o que promove a redução dos preços de fabricação de turbinas eólicas.

Por outro lado, esse sistema não vêm promovendo o desenvolvimento tecnológico nacional nem a transferência, apesar de incentivar a produção nacional com exigência de uma parcela mínima de nacionalização. Os aerogeradores têm apresentado um enorme progresso técnico e novos modelos de turbinas surgem no mercado em média a cada dois anos (EPE, 2012), porém ainda com baixa participação de tecnologias nacionais.

Os incentivos, como o Proinfa ou até os leilões específicos de energia eólica, criaram um ambiente favorável para que esta fonte se tornasse competitivas nos leilões de energia de base do ambiente regulado. À Aneel cabe a regulação das licitações para contratação regulada de energia elétrica e a realização do leilão diretamente ou por intermédio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. O critério de menor tarifa é utilizado para definir os vencedores de um leilão, isto é, serão vencedores aqueles que apresentarem a menor oferta de preço por megawatt-hora (CCEE, 2011).

A Tabela 2.1 mostra os dados de comercialização da energia eólica referentes aos leilões que ocorreram de 2009 a 2011.

Tabela 2.1 – Dados dos leilões de 2009, 2010 e 2011.

Leilões	Contratação (MW)	Preço médio (R\$/MWh)	Modalidade	Número de projetos	Prazo de início de execução
Leilão de comercialização de eólica (2009)	1.805,7	148,39	Reserva	71	Julho de 2012
Leilões de Fontes Alternativas de Energia Elétrica de 2010	2.047,8	130,86	A-3/Reserva	70	Janeiro de 2013
Leilão de Energia A-3/2011	1.067,7	99,58	A-3	44	Setembro de 2013
Leilão de Energia de Reserva/2011	861,1	99,54	Reserva	34	Julho de 2014
Leilão de Energia A-5/2011	976,5	105,12	A-5	39	Janeiro de 2016

Fonte: Construída com base nos dados da EPE, 2011.



Para o ano de 2012 estão previstos dois leilões A-3 e A-5, ambos para o segundo semestre de 2012. Os projetos contratados têm previsão de início de suprimento, respectivamente, em 01/01/2015 e 01/01/2017, e garantia de venda da energia produzida por 20 anos para a Eletrobras (EPE, 2012).

Na Figura 2.2 é possível verificar uma redução de 60% no preço da energia eólica, desde o início do Proinfa até o leilão A-3, em 2011. Verifica-se, também, que o Brasil possui o menor preço da energia eólica entre os países da América Latina.

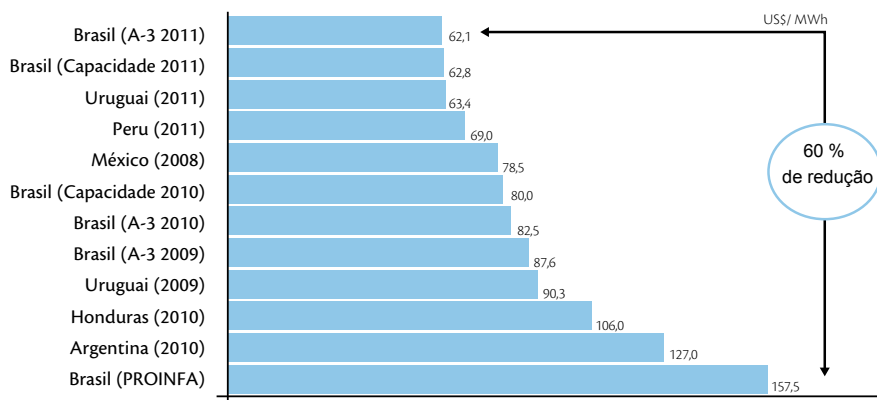


Figura 2.2 – Preço da energia eólica na América Latina

Fonte: EPE, 2012.

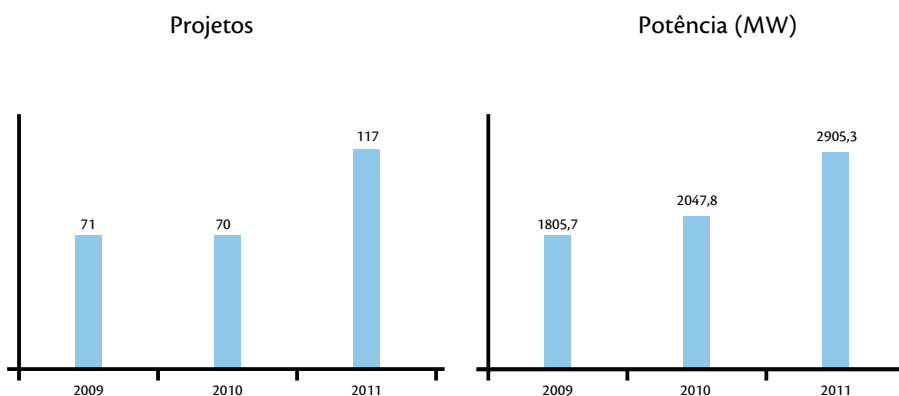


Figura 2.3.a – Nº de projetos nos leilões por ano

Fonte: Construída com base nos dados da EPE, 2011.

Figura 2.3.b – Potência (MW) dos Leilões por ano

Fonte: Construída com base nos dados da EPE, 2011.





Foram cadastrados, para o leilão A-3 (2015), 583 projetos eólicos, somando uma potência de 14.260 MW. Os Estados que mais se destacam neste leilão são: Rio Grande do Sul (168 projetos), Bahia (132 projetos), Ceará (121 projetos) e Rio Grande do Norte (100 projetos). As potências destes quatro Estados somadas correspondem a, aproximadamente, 87,5% de toda a potência inscrita. Para o ano de 2017 (leilão A-5), foram inscritos 508 projetos eólicos, somando uma potência cadastrada de 12.547 MW. Os Estados brasileiros que mais se destacam são: Rio Grande do Sul (159 projetos), seguido da Bahia (146 projetos), do Rio Grande do Norte (83 projetos) e do Ceará (77 projetos) (EPE, 2012). Vale ressaltar que estes dois conjuntos de projetos, ambos de leilões futuros, devem ser validados pela EPE e vão concorrer por menores preços, entre si e com outras fontes, à demanda a ser apresentada para cada leilão. Conclui-se que a oferta de eólica a ser contratada será uma potência bem abaixo do inscrito.

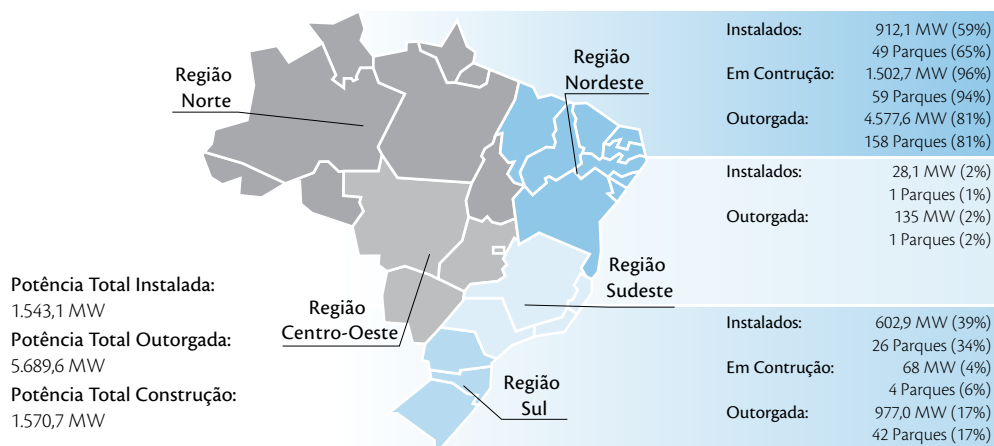


Figura 2.4 – Mapeamento dos parques eólicos no Brasil

Fonte: construído com base nas informações do Big Aneel, 2012.

A Figura 2.4 mostra a divisão da potência de parques eólicos em operação, em construção e outorgados por Região no Brasil. Somando a potência instalada, em construção e outorgada, totaliza uma potência na Região Sudeste de 163,1 MW (do total de 2 parques), na Região Sul de 1.647,9 MW (do total de 72 parques), na Região Nordeste de 6.992,4 MW (do total de 266 parques). O anexo 2 apresenta os 76 parques eólicos que estão atualmente em operação no país. Verifica-se que as capacidades instaladas das Regiões Nordeste e Sul são as mais altas, porém o crescimento maior ocorrerá com grande concentração na Região Nordeste.



Conforme já comentado, atualmente a capacidade instalada no setor eólico brasileiro está em torno de 1,5 GW e estão em construção cerca de 1,5 GW (BIG/Aneel, junho/2012). Com estes valores o Brasil ocupa a 21ª posição mundial na produção de energia elétrica a partir da fonte eólica, mas pode chegar ao final de 2013 à 10ª posição mundial no aproveitamento desta fonte. A partir de 2013, estima-se um acréscimo de cerca de 2 GW por ano. Com isto projeta-se que o Brasil ocupe a 5ª ou 4ª posição em 2016 (AMBIENTE ENERGIA, 2012).

A crise financeira internacional, iniciada em 2008, acarretou, entre outras consequências, uma virtual paralisação dos investimentos em novas usinas eólicas, tanto na América do Norte quanto na Europa. Com poucas encomendas nos principais mercados do Ocidente e com seus estoques cheios, as empresas buscaram alternativas. A China poderia ser uma alternativa para estes fabricantes, pois é o país com maior mercado crescente de energia eólica. O mercado chinês, entretanto, é suprido basicamente por fornecedores locais. Assim, os fabricantes de aerogeradores europeus e norte-americanos passaram a concentrar suas vendas em novos mercados, como a América do Sul.

Neste contexto, o Brasil aparece como um polo de atração de investimentos para estas empresas. Afinal, a economia brasileira está no caminho do crescimento econômico sustentável, com previsão de aumento constante na demanda de eletricidade. Para os próximos dez anos o país necessitará acrescentar 61,5 GW de potência instalada, e a energia eólica deve ficar com uma parte deste mercado.

Essas razões ajudam a entender o grande número de fabricantes interessados no mercado brasileiro e o porquê de eles estarem reduzindo seus preços. Na verdade, isso é parte de uma agressiva estratégia de entrada no mercado brasileiro, inicialmente com a oferta de preços por equipamentos em estoque e, posteriormente, com a instalação de unidades fabris no país (EPE, 2012).

Até 2007, o Brasil tinha apenas uma indústria de aerogeradores, a Wobben Wind Power, subsidiária da alemã Enercon. Como resultado dos últimos leilões, algumas indústrias de aerogeradores decidiram instalar fábricas no Brasil, assim como fábricas de outros componentes (pás, nacelle e equipamentos elétricos).



Atualmente, estão instalados no país os fabricantes Wobben (alemã), IMPSA (argentina), GE (norte americana), Gamesa (espanhola) e WEG/MTOI (joint venture Brasil-Espanha), que, juntas, possuem uma capacidade anual de produção de turbinas eólicas de 2.100 MW. Também estão em construção duas outras fábricas, Alstom (francesa) e Vestas (dinamarquesa).

Além disso, estão em construção, para entrar em operação comercial até o final de 2012, as fábricas da Fuhrländer (alemã) e da Suzlon (indiana), aumentando a capacidade de produção nacional para a faixa de 4.400-4.600 MW por ano. As empresas Siemens (alemã) e Guodian United Power (chinesa) estudam a viabilidade de instalarem plantas no país, o que poderá aumentar ainda mais a produção nacional.

Segundo EPE, ao final de 2012, a capacidade de produção brasileira de aerogeradores deverá ser equivalente ao incremento da demanda verificada nos Estados Unidos em 2010 (5.000 MW) ou à metade do incremento da demanda verificada na Comunidade Europeia nesse mesmo ano (9.000 MW). (EPE, 2012)

Neste cenário de crescimento da participação desta fonte na matriz elétrica nacional, uma infraestrutura de suprimento, fabricantes, formação de mão de obra e conhecimento das tecnologias do setor se fazem necessários.

Existem ainda alguns incentivos que beneficiam esta fonte, mas não são destinados exclusivamente a ela. Dois dos mais importantes são:

- Para projetos menores que 30 MW, existe a redução de 50% das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e distribuição;
- Mecanismo que isenta os parques eólicos do investimento na construção das linhas de conexão à rede de transmissão (ICG). Neste caso, eles são cobrados apenas pelo uso dessa rede, o que significa uma redução no custo do investimento inicial que será pago ao longo da operação dos parques eólicos.

A Tabela 2.2 apresenta as principais fabricantes instalados no Brasil.



Tabela 2.2 – Fabricantes de aerogeradores no Brasil

Fabricante	Modelos utilizados no Brasil	Potência (MW)	Capacidade anual de produção (MW)	Operação	UF	Observações
IMPISA	IWP-100	2	1.000	em operação	PE	
Wobben / Enercon	E-40, E-44, E-48, E-70 e E-82	0,5 a 3	500	em operação	SP, CE, RN	
GE	1,6 MW	1,6	500	em operação	SP	Previsão de fornecimento de 700 turbinas eólicas nas linhas 1,5 e 1,6 MW
Gamesa	G-87, G-90, G-97	4,5	400	em operação	BA	Previsão de que no 1º semestre de 2013, 330 MW divididos em 11 parques estejam sob operação da Gamesa
WEG/MTOI	TWT – 1,65 e TWT – 2,5	1,65	100	em operação	SC	
Suzlon	S95 e S97	2,1	500-600	2012	RS	182 turbinas instaladas, somando 380 MW, mais 350 MW em projetos já contratados e ainda 300 MW em negociação
Alstom	ECO – 100	3	300	em operação	BA	Antes do início de suas operações de fabricação no Brasil, a Alstom já fechou dois contratos para parques eólicos.
Fuhrlander	FL 2500	2,5	200-300	2013	CE	34 turbinas de 2,5 MW instaladas e negociação de 500 MW.
Vestas	V90 e V100 2.0 e 3.0 MW	3	800	Jul/2012	NE	Suas turbinas somam mais de 200 MW instalados.
Siemens	SWT-2.3-108	6	n/d	Em estudo	NE	Foram assinados contratos para instalação de 136 aerogeradores em 12 parques eólicos.

Fonte: EPE 2012

Adicionalmente, destaca-se a recente Resolução Normativa Aneel nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração (menor ou igual a 100 kW) e minigeração (potência maior que 100 kW e menor ou igual a 1 MW) distribuídas, oriundas de fontes hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, aos sistemas de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras, bem como o sistema de compensação de energia elétrica.



## Conclusões

Conforme o exposto no cenário internacional, a China lidera o mercado, tanto em capacidade instalada total, quanto na capacidade instalada no último ano, o que leva a crer que esta liderança será mantida nos próximos anos. Este país também se destaca no mercado fornecedor para a geração eólica, com quatro empresas listadas entre as 10 maiores do segmento. Provavelmente, essas lideranças são reflexos do seu promissor mercado interno em conjunto com uma política com certo grau de protecionismo. Numa análise relativa, com base no percentual da energia eólica na matriz de geração de energia elétrica, EUA e China apresentam uma participação tímida, mas com uma forte perspectiva de continuidade e até aumento dos investimentos nesta fonte. Nos países com políticas direcionadas as energias renováveis estes percentuais são maiores e com tendência de crescimento.

A maioria dos países líderes no setor eólico utiliza-se de instrumentos de incentivos políticos e fiscais com o foco de estimular a tecnologia e o mercado. O Brasil também seguiu por este caminho e, na década passada, criou e implantou o Proinfa, que iniciou a inserção da energia eólica na matriz elétrica nacional. A partir de 2007 a fonte passou a competir nos leilões de compra e venda de energia elétrica no ambiente regulado, e tem despertado o otimismo do governo federal devido aos preços bastante competitivos alcançados nos últimos certames (média de R\$ 100,00/MWh). Entretanto, apesar da visão otimista do governo quanto à competitividade da energia eólica, diante dos bons resultados dos últimos leilões, muitas empresas do segmento acreditam que, sem apoio, a indústria se manterá apenas com tecnologias defasadas e sem utilizar o grande potencial eólico do Brasil. Considera-se essencial o apoio à formação de uma cadeia produtiva nacional consistente, bem como o incentivo ao desenvolvimento tecnológico, a fim de reduzir a dependência tecnológica e promover o desenvolvimento de competências nacionais no setor eólico. Essas são estratégias que podem conduzir o Brasil a uma posição de liderança no mercado mundial de fornecimento de equipamentos eólicos.

Este debate mostra que a política de P&D pode contribuir por meio de investimentos em estudos econômicos e de ciências políticas que busquem melhorias no atual modelo econômico do setor elétrico. O foco dos estudos poderia ser em análise de instrumentos econômicos, assim como outras inovações no modelo, que contribuam para: a continuidade do crescimento



sustentável da cadeia produtiva no longo prazo no Brasil; para a nacionalização de tecnologias estratégicas; e para a geração de mão de obra especializada.

Atualmente, o Brasil apresenta um mercado de geração de energia eólica em crescimento, com potência total instalada de aproximadamente 1,5 GW e com outros 1,5 GW em construção (BIG/Aneel, 2012). Apesar do desafio no que se refere à confiabilidade da geração eólica para o atendimento à curva diária de carga, atenuado pela combinação “vento-água” dada pelas usinas hidroelétricas, o país se encontra numa posição de oportunidade com relação a este mercado, devido a vários fatores. Um deles é o crescimento verificado de sua demanda de energia elétrica de, aproximadamente, 4,5%a.a.<sup>4</sup> e com uma expectativa de crescimento futuro entre 3,5 e 5,1%a.a. até 2030<sup>5</sup>. Outro ponto que favorece este mercado é a diretriz política de manutenção da forte participação das energias renováveis na matriz energética brasileira (em torno de 45%), num cenário futuro de longo prazo<sup>6</sup>. Esse cenário nacional apresenta uma perspectiva muito forte de desenvolvimento dessa fonte na Região Nordeste e forte na Região Sul. Nesse caso, é importante que as ações de investimento de CT&I que necessitem de proximidade com os locais de maior concentração de parques eólicos sejam focadas nessas regiões.

O Brasil possui significativo potencial eólico, estimado em 272 TWh por ano<sup>7</sup> e medido com torres de 50 metros de altura, podendo ser significativamente maior com as novas medições, a uma altura de 80 a 100 metros. Esta é outra área onde as ações de CT&I também podem contribuir para o aumento das pesquisas em métodos de medição e processamento de dados e para o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias, uma vez que a melhoria da qualidade dos dados de ventos implica diretamente em melhores estimativas de geração, dando mais segurança ao investidor na comercialização da energia a ser gerada. Também oferece melhores condições de decisão para a escolha dos equipamentos a serem utilizados, que podem ser mais bem dimensionados às características dos ventos do local escolhido para a implantação do parque eólico.

---

<sup>4</sup> Média dos últimos 10 anos dos dados do BEN (EPE/MME, 2011).

<sup>5</sup> Variação dada pelos diferentes cenários utilizados no PNE-2030 (EPE/MME, 2007).

<sup>6</sup> A expectativa é que nas próximas décadas, após a utilização dos potenciais viáveis, tornem-se cada vez mais reduzidas as opções para as grandes centrais hidroelétricas, dificultando a manutenção desta parcela no que se refere à geração de energia elétrica.

<sup>7</sup> Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (CEPEL, 2001)



O contexto da energia eólica apresentado neste capítulo mostra uma realidade que requer maior atenção ao setor eólico brasileiro, por ser um mercado em expansão, mas que ainda dispõe de pouca tecnologia nacional. Sem dúvida, é uma opção competitiva de energia limpa e renovável, com grande potencial nacional e avançado estágio de maturidade, a qual pode contribuir para a expansão da nossa matriz elétrica, confirmando a vocação brasileira para a utilização de energias renováveis. Desta forma, torna-se fundamental o desenvolvimento de uma política de CT&I com foco no desenvolvimento de tecnologias nacionais, assim como o fomento a uma cadeia produtiva sustentável, com estratégias distintas de curto e longo prazos. No curto prazo, o foco pode ser no atendimento à demanda atual (tais como o foco em capacitação e infraestrutura básica de CT&I) e, no médio e longo prazos uma visão mais estratégica, voltada, por exemplo, para a nacionalização de tecnologia prioritária.

Como forma de auxiliar a formação das recomendações para fomentar o desenvolvimento deste cenário, o próximo capítulo apresenta um panorama inicial do tema no Brasil, com base em breves levantamentos de instituições de pesquisa, empresas e órgãos governamentais.







## CAPÍTULO 3

### UM BREVE PANORAMA NACIONAL

Este panorama descreve, sem exatidão, alguns pilares fundamentais para dar sustentabilidade ao contexto visto no capítulo anterior. Inicia-se com comentários sobre as características gerais da tecnologia de geração de energia eólica e a identificação dos principais temas para investimento em PD&I. Em seguida, busca retratar o segmento eólico no Brasil, apresentando um breve levantamento sobre as áreas temáticas e instituições de pesquisa, bem como dos investimentos realizados nos últimos anos e as instituições de pesquisa que atuam em energia eólica.

### Características técnicas da geração eólica

Existe um padrão dominante de aerogerador (ou turbina eólica), caracterizado por um rotor composto por três pás (ou hélices) que faz girar um eixo perpendicular às pás. Essa configuração dominante é composta por três partes maiores: a) a torre, que é usualmente produzida por aço e concreto; b) o rotor, composto pelo conjunto do cubo e as pás (ou hélices); e, c) a nacelle, constituída pelo gerador e os sistemas de controle, podendo apresentar também uma caixa multiplicadora dependendo do tipo de gerador utilizado. Conforme mostra a figura 3.1, estima-se que os custos totais de um aerogerador estejam distribuídos da seguinte maneira, entre esses três grandes componentes: cerca de 20% relativo à torre, outros 20% relativos ao rotor e finalmente 60% correspondente ao custo da nacelle com todos os seus componentes internos (COSTA, 2009).

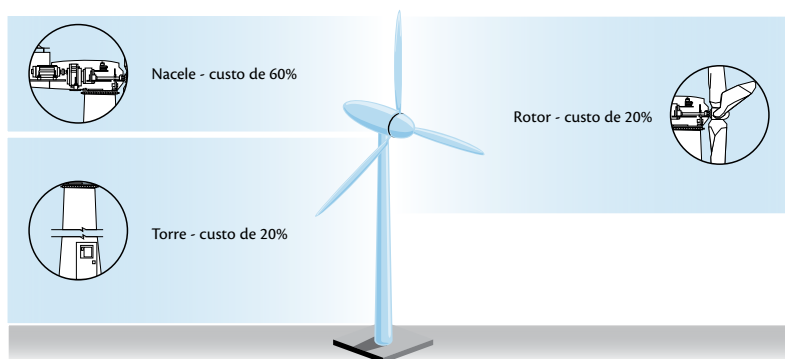


Figura 3.1 – Configuração dominantes dos aerogeradores e seu custo equivalente por produto.

Fonte: COSTA, 2009.



A evolução no setor tem se caracterizado pelo progressivo aumento nas dimensões dos aerogeradores, com a construção de sistemas dotados de torres mais altas e rotores com maior diâmetro. Uma ideia da evolução dos equipamentos pode ser apreendida ao se considerar que os geradores desenvolvidos até meados dos anos 1980 tinham torres com menos de 15 metros de altura e que atualmente esses equipamentos superam cem metros de altura (126m em 2010).

A construção de aerogeradores maiores, capazes de resistir às condições meteorológicas mais adversas, impõe grandes desafios ao processo manufatureiro em empregar materiais leves e resistentes. No caso na produção das pás há a necessidade de um cuidadoso balanceamento do peso para não comprometer a estabilidade de toda estrutura.

O processo de manufatura das pás depende de um conteúdo sofisticado em projeto, e é intensivo em trabalho, nas tarefas de incorporação de várias camadas sucessivas de resina, fibra de vidro e tecidos, bem como no acabamento com polimento e pintura. Cerca de metade da produção de pás é desenvolvida internamente pelas grandes fabricantes de aerogeradores.

A estrutura dos aerogeradores guarda um significativo conjunto de sistemas embarcados de controle. Componentes microeletrônicos e de software são necessários para maximizar os resultados na geração de energia e segurança do equipamento. Sensores que indicam direção e velocidade dos ventos determinam o posicionamento do rotor, que deve estar sempre posicionado frontalmente em oposição à direção do vento (controle *yaw*). Complementarmente, ocorre o ajuste do ângulo de ataque das pás, que se dá regulando a inclinação das pás (*pitch* e *stall*) que giram em torno do próprio eixo para manter a velocidade de rotação dentro dos limites de segurança e geração nominal do aparelho.

As torres são usualmente construídas em aço ou concreto, normalmente transportadas em módulos. A maioria das fabricantes de aerogeradores opta por encomendar essas torres de fornecedores locais. Esse é, certamente, o elo tecnologicamente menos sofisticado da cadeia e que possui a estrutura de oferta menos concentrada e com menores barreiras à importação. A Figura 3.2 mostra de forma simplificada, o que foi comentado nos parágrafos precedentes.

Paralelamente às tecnologias envolvidas na fabricação de aerogeradores, várias outras acabam por se desenvolver, especialmente aquelas ligadas a atividades de suporte à geração de energia eólica. Destacam-se as tecnologias que envolvem métodos e equipamentos para medição de



dados de ventos, bem como sistemas de transmissão, armazenamento e processamento desses dados; equipamentos e sistemas de controle para conexão de centrais eólicas à rede elétrica, bem como para garantia da qualidade da energia injetada; equipamentos para montagem, operação e manutenção de usinas eólicas; e modelos e sistemas de operação do sistema elétrico, a fim de otimizar a inserção da energia eólica, de caráter intermitente.

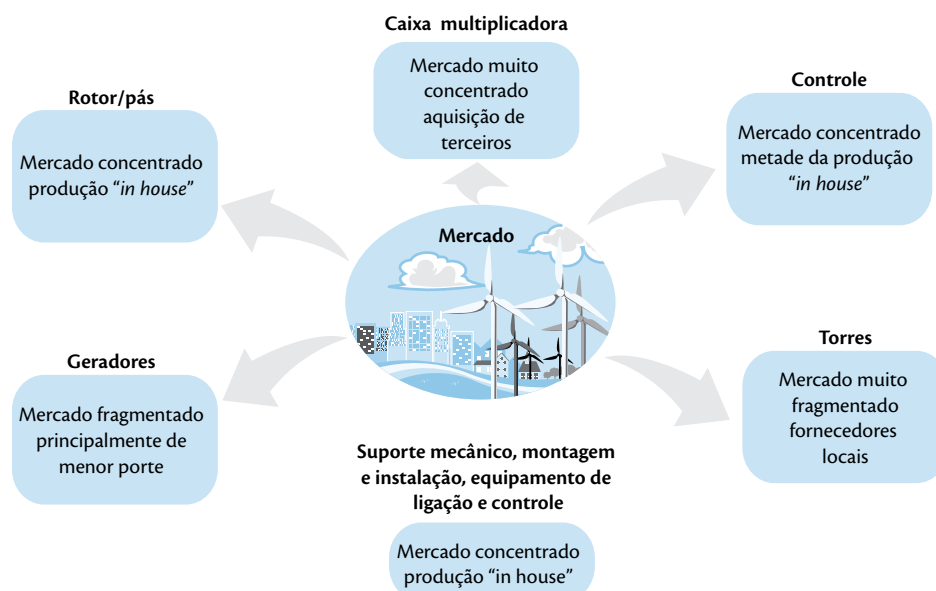


Figura 3.2 – Características e tendências do setor eólico brasileiro.

Fonte: ABDI, 2012

Por fim, a evolução experimentada pela energia eólica também tem estimulado atividades de normatização, certificação e padronização, bem como promovido o aprimoramento de modelos de comercialização de energia, critérios para a avaliação de impactos ambientais e legislação e regulação aplicada à geração eólica.



## Mapeamento das áreas de pesquisa

Considerando sua abrangência, procurou-se, neste trabalho, classificar os temas de pesquisa para o setor eólico brasileiro em nove áreas. São elas:

- tecnologia de aerogeradores;
- recursos eólicos;
- materiais;
- política, economia e análises socioambientais;
- normatização, certificação e padronização;
- planejamento e operação das usinas eólicas;
- conexão e integração a rede elétrica (controle e qualidade da energia.);
- centrais eólicas; e
- engenharia (projeto, manutenção e operação de parques).

As buscas de informações para desenvolver o mapeamento das áreas de pesquisa do setor eólico no Brasil foram realizadas por meio de páginas eletrônicas das principais universidades, da Plataforma Lattes (CNPq) e de publicações científicas.

A Região Sudeste possui laboratórios, grupos e instituições de pesquisa em todas as nove áreas, em 23 centros de pesquisa. Aponta-se que existem vários centros de pesquisa que trabalham com mais de uma área. As Regiões Sul e Nordeste aparecem em segundo lugar com atividades de pesquisa em oito áreas, não apresentando instituições de pesquisa na área de energia eólica com foco em materiais. Há 20 centros de pesquisa na Região Sul e 17 na Região Nordeste. A Norte aparece com apenas uma área de pesquisa (tecnologia de aerogeradores), e a Região Centro-Oeste não apresenta nenhuma instituição com ações dentro das nove áreas. A Figura 3.3 mostra o mapeamento das áreas de pesquisa por Região.

Os próximos itens deste capítulo, instituições de pesquisa e investimentos em pesquisa, são também apresentados e analisados por seu foco nas diferentes áreas temáticas.

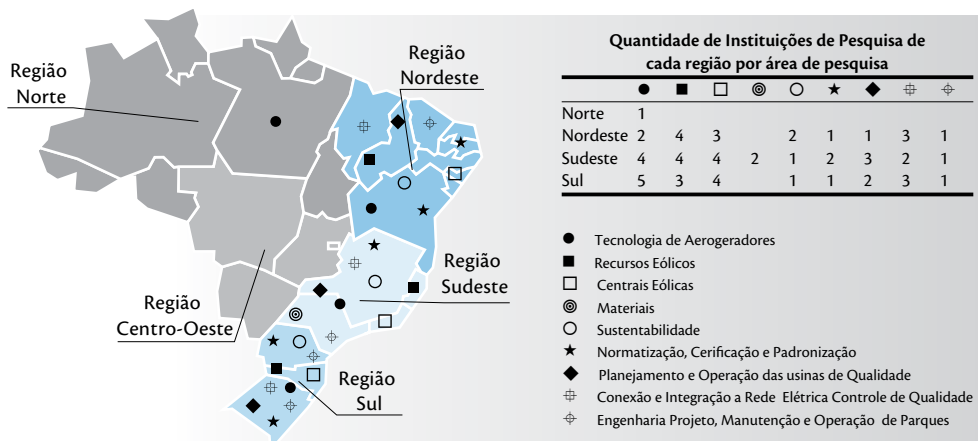


Figura 3.3 – Mapeamento das áreas de pesquisa no Brasil

## Instituições de pesquisa no setor eólico

As informações contidas neste tópico foram obtidas por meio de consulta às páginas eletrônicas das principais universidades brasileiras, identificando os centros de pesquisas e os pesquisadores destas instituições.

A Tabela 3.1 mostra o levantamento do número de instituições de pesquisa e de pesquisadores por área de atuação no Brasil. Vale ressaltar que é possível que uma instituição apresente atuação em mais de uma área de pesquisa. O Anexo 3 apresenta a relação das instituições que atuam em cada uma das áreas de pesquisa.



Tabela 3.1 – Instituições de pesquisa e de pesquisadores por área no Brasil.

ÁREAS	N.I.P*	N.P**
Tecnologia de aerogeradores	14	47
Recursos eólicos	12	31
Centrais eólicas	13	45
Materiais	2	2
Política, economia e análises socioambientais	5	13
Normatização, certificação, padronização	5	17
Planejamento e operação de usinas	6	24
Conexão e integração a rede elétrica: controle de qualidade	8	22
Engenharia: projetos, manutenção e operação de parques.	3	10

\*N.I.P – Número Instituições de pesquisa

\*\*N.P – Número de pesquisadores

A Figura 3.4 apresenta as principais instituições de pesquisas e o número de pesquisadores por Região atuando em temas de pesquisa em energia eólica. A Região Sudeste é a que apresenta o maior número de grupos de pesquisa, com 16 instituições e 26 pesquisadores. No âmbito das unidades federativas, os destaques são o Rio Grande do Sul, com 27 pesquisadores, seguido pelo Rio de Janeiro e pelo Rio Grande do Norte, ambos com 15 pesquisadores. Vale ressaltar que o número de pesquisadores é baseado nos principais membros das instituições de pesquisa, não sendo computados alunos de doutorados, mestrados e graduação<sup>8</sup>.

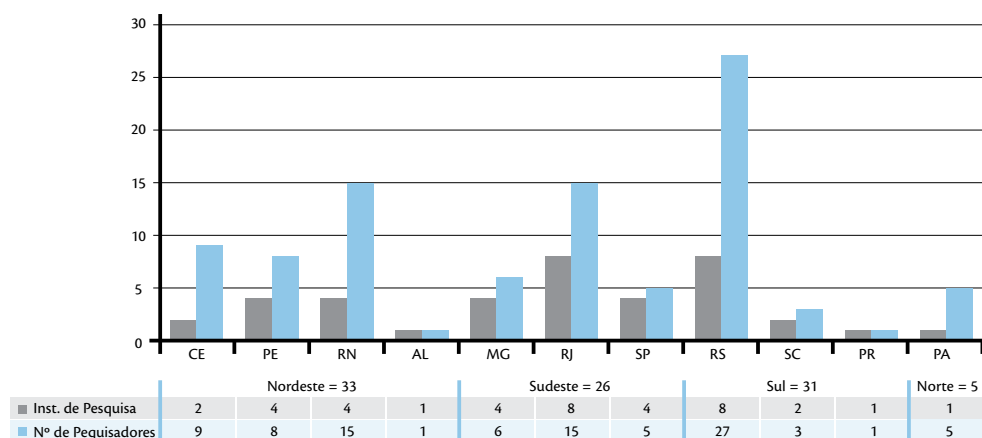


Figura 3.4 – Principais instituições de pesquisa e pesquisadores no Brasil por Região

<sup>8</sup> Esta restrição foi adotada devido à dificuldade de levantar todas as informações em tempo hábil ao estudo.



Há certo equilíbrio entre os números apresentados para a Região Sul, com 11 instituições de pesquisa e 31 pesquisadores, e a Nordeste, também com 11 instituições de pesquisa e 33 pesquisadores nas diversas áreas de pesquisa do setor eólico. A Região Norte possui apenas uma instituição de pesquisa com atuação em energia eólica, que dispõe de cinco pesquisadores. A Figura 3.5 mostra o mapeamento da quantidade de pesquisadores por Região no Brasil.

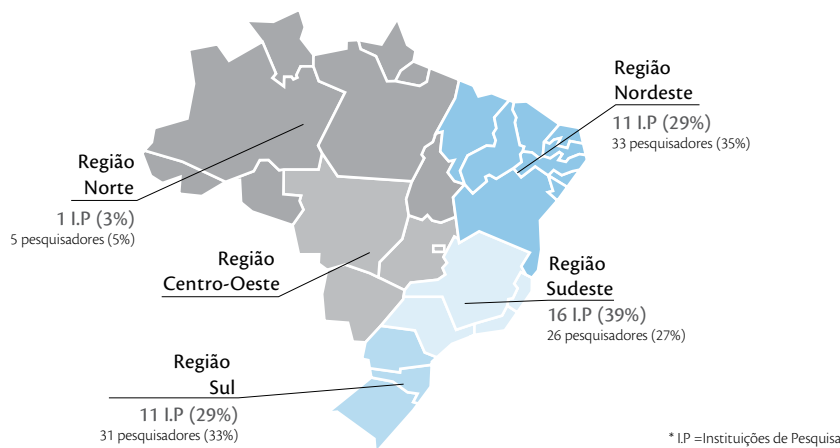


Figura 3.5 – Mapeamento da quantidade de instituições de ensino/ pesquisadores por Região no Brasil.

\*\*N.P – Número de pesquisadores

## Investimentos em pesquisa

Os investimentos realizados em P&D no tema energia eólica no Brasil são oriundos basicamente de duas fontes: 1. do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (P&D/Aneel); e, 2. do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Este último atua por meio de suas duas agências: o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Esses recursos têm sido aplicados em institutos de pesquisa, universidades e empresas brasileiras, os quais têm papel fundamental nas estratégias para o desenvolvimento da infraestrutura e da tecnologia nacionais para o crescimento do setor eólico.



## 1 Programa de P&D regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)

As empresas participantes do programa de P&D regulamentado pela Aneel investiram em pesquisa e desenvolvimento no setor eólico, de 2001 a 2008, cerca de R\$ 5.823.000,00 (cinco milhões oitocentos e vinte e três mil reais) em 16 projetos, e de 2008 até o final de 2011, com a nova regulamentação do programa de P&D, cerca de R\$ 13.141.000,00 (treze milhões cento e quarenta e um mil reais) em seis projetos. O montante investido no tema, na primeira fase do programa, representa aproximadamente 0,3% do total investido pelo programa no mesmo período. Os investimentos no tema energia eólica, na segunda fase, representam aproximadamente 1% do total investido pelo programa no mesmo período, ou 6% dos investimentos do programa em energias renováveis no mesmo período.

A Figura 3.6 mostra os investimentos realizados de 2001 a 2008 no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel. Nota-se que durante os dois primeiros ciclos do programa ocorreram investimentos pouco significativos e os dois ciclos seguintes foram de queda. Em 2005/2006 ocorreu uma recuperação nos investimentos, seguida de uma forte queda. Segundo esta Agência, as quedas parecem ser um reflexo de questões que afetaram o programa de P&D como um todo e não algo específico ao tema eólico.

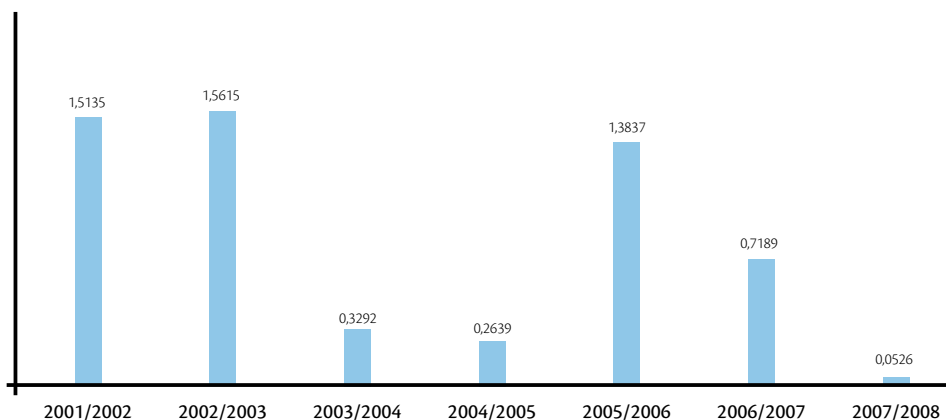


Figura 3.6 – Investimentos em energia eólica por ciclo (em milhões).

Fonte: Aneel, 2011.





O investimento do programa no tema energia eólica, na segunda fase, apresenta um crescimento superior a 400% quando comparado ao investimento médio anual realizado na primeira fase. Isto pode ser um indicador de mudança na percepção das empresas sobre a necessidade de investimentos no setor eólico.

A Figura 3.7 mostra as empresas que mais investiram no tema, no âmbito do Programa de P&D coordenado pela Aneel. O destaque, na primeira fase, é dado às empresas Chesf e Furnas, e, na segunda fase, à CPFL-paulista e à Petrobras. De um modo geral, esses investimentos, apesar de tímidos, mostram uma preocupação das empresas com a diversificação de fontes de geração de energia elétrica. Um destaque deve ser dado à empresa CPFL-paulista, que mais investiu nas duas fases do programa um valor quase três vezes superior ao segundo colocado. Em 2011, a CPFL concluiu a criação da “CPFL Renováveis” e vem dedicando esforços na pesquisa sobre fontes renováveis. Outro destaque deve ser dado à Chesf, que investiu nas duas fases do programa, o que reflete o potencial da região.

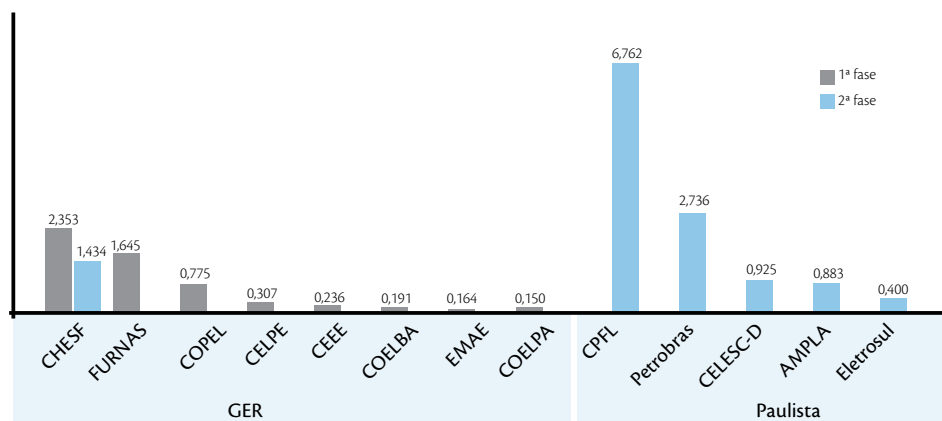


Figura 3.7 – Investimentos no setor eólico (em milhões)

Fonte: Aneel, 2011.

A área temática em energia eólica que mais recebeu investimentos do programa foi conexão e integração à rede elétrica (controle e qualidade da energia elétrica), na qual foram investidos aproximadamente R\$ 10 milhões, correspondendo a 54% do total investido. A área de tecnologia de aerogeradores vem em seguida com pouco mais de R\$ 4 milhões, o que equivale a 22% do total de investimentos. Na Figura 3.8 pode-se observar o valor investido em cada uma das nove áreas de pesquisa identificadas para o setor eólico.

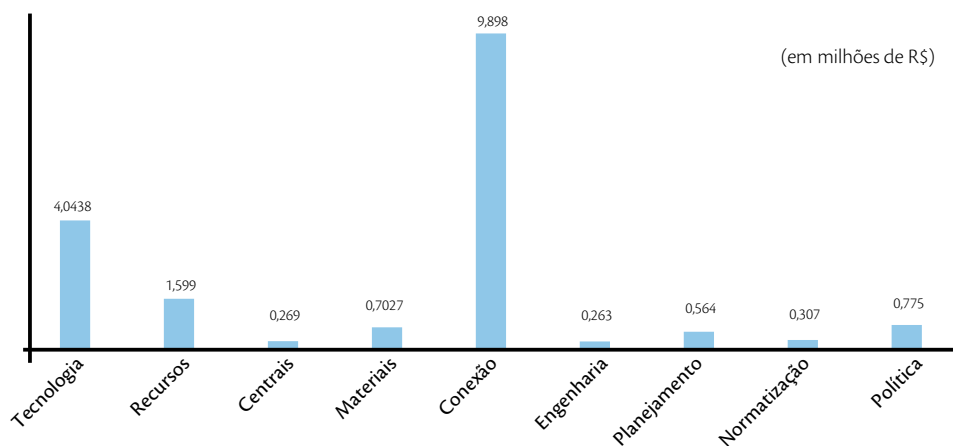


Figura 3.8 – Investimentos das empresas por área de pesquisa em energia eólica (em milhões de reais).

Fonte: Construído com base nos dados da Aneel, 2012

## 2 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

A atuação do CNPq, no apoio a projetos de pesquisa em temas relacionados com o setor eólico, está pautada basicamente no Edital Universal. Por meio desse instrumento, são apoiados pesquisadores em diversas áreas do conhecimento que se relacionam com o tema, tais como engenharia mecânica e engenharia elétrica. Além desse tipo de chamada, também são promovidos editais específicos na área de energia, incluindo a fonte eólica.

Na última década, podem-se destacar dois editais específicos do CNPq que incentivaram o desenvolvimento da energia eólica no Brasil: edital CT-Energ/MME/CNPq nº 03/2003 e edital MCT/CNPq/FNDCT nº 05/2010.

O primeiro teve o objetivo de contratar projetos que apresentassem alternativas de sistemas de geração de energia elétrica em comunidades isoladas da Amazônia Legal. Foram aprovados 20 projetos, entre os quais quatro tinham temática relacionada com energia eólica. Nesses projetos foram investidos aproximadamente R\$ 3,4 milhões em recursos de capital e custeio, além de pouco mais de R\$ 400 mil em bolsas, totalizando um investimento de cerca de R\$ 3,8 milhões. A Tabela 3.2 apresenta os projetos do edital relacionados com o tema.



**Tabela 3.2** – Projetos envolvendo alternativas de sistemas de geração de energia elétrica em comunidades isoladas da Amazônia Legal

<b>Título do projeto (Edital: CT-Energ/MME/CNPq nº 03/2003)</b>	<b>Recursos</b>
Revitalização do sistema híbrido fotovoltaico eólico diesel da Comunidade de Tamaruteua, Município de Marapanim/PA	R\$ 462.307,36
Instalação de uma pequena central eólico-solar para geração de energia elétrica em uma pequena localidade rural	R\$ 280.300,00
Eletrificação da Vila de Sucuriju com Sistema Híbrido de Energia	R\$ 2.309.887,61
Sistema Híbrido de Geração Elétrica Sustentável para a Ilha do Cajual, Alcântara – MA	R\$ 752.631,59
Total	R\$ 3.805.126,56

Fonte: CNPq

O segundo edital teve foco em capacitação laboratorial e formação de recursos humanos em fontes renováveis de energia. Foram apoiadas cinco linhas de pesquisa, entre as quais, a nº 1, energia eólica, destinada a investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação aplicada em:

- a) peças, partes e sistemas aplicados a aerogeradores de grande porte (acima de 500 KW);
- b) sistemas completos de aerogeradores de pequeno porte (abaixo de 100 KW);
- c) conexão à rede de aerogeradores;
- d) previsão de ventos de curto prazo e de escala sazonal;
- e) instrumentação e sistemas de automação e controle.

Nessa linha de pesquisa foram investidos aproximadamente R\$ 3,6 milhões em recursos de capital e custeio, além de cerca de R\$ 931 mil em bolsas, totalizando um investimento de pouco mais de R\$ 4,5 milhões na área de energia eólica. A Tabela, a seguir, apresenta os projetos aprovados no edital relacionados com o tema.



**Tabela 3.3** – Capacitação laboratorial e formação de recursos humanos em fontes renováveis de energia

<b>Título do projeto (Edital MCT/CNPq/FNDCT nº 05/2010)</b>	<b>Recursos</b>
Avaliação do desempenho aerodinâmico e estrutural de rotores eólicos	R\$ 514.476,32
Projeto, construção e testes de um aerogerador de pequeno porte reconfigurável	R\$ 336.457,36
Laboratório para validação experimental de técnicas de controle de geradores eólicos durante faltas no sistema elétrico	R\$ 295.481,12
PILACAS – Piloto de um laboratório em campo aberto para certificação de aerogeradores de pequeno porte	R\$ 490.677,76
Desenvolvimento de pás de alto desempenho para aerogeradores de grande porte	R\$ 477.383,06
Previsão do vento em parques eólicos no nordeste brasileiro	R\$ 565.771,59
Desenvolvimento de Soluções em Sistemas de Geração para Aerogeradores de Pequeno e Grande Porte Conectados a Rede Elétrica	R\$ 512.584,72
Sistema de Emulação e Protótipo de Turbina Eólica de Velocidade Variável	R\$ 388.264,88
Gerenciamento e controle de micro-rede inteligente	R\$ 339.878,80
Previsão de potencial eólico visando operação integrada ótima de unidades geradoras de eletricidade: estudo de caso para o Nordeste do Brasil	R\$ 386.064,88
Implementação de um laboratório de ensino de estações meteorológicas	R\$ 216.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 4.523.040,49</b>

Fonte: CNPq

### 3 Financiadora de Estudos e Projetos (Finep)

A Finep, por meio de investimentos em projetos com recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) (Fundos Setoriais) e do Programa de Subvenção Econômica, aplicou pouco mais de 40 milhões de reais em 35 projetos de PD&I em energia eólica. Estes valores representam, respectivamente, 26% dos investimentos e 24% do número de projetos realizados pela Finep em energias renováveis, de 2002 a 2012.

Destaca-se o Programa de Subvenção Econômica, que tem como objetivo ampliar as atividades de inovação e incrementar a competitividade das empresas e da economia do país. São selecionadas empresas, localizadas no território brasileiro, interessadas no desenvolvimento de novas tecnologias, sendo que os riscos desse desenvolvimento são compartilhados com o poder público. De acordo com a legislação que regulamenta essa modalidade de financiamento, podem ser cobertas despesas de custeio de atividades de inovação, incluindo pessoal, matérias primas, serviços de terceiros, patentes, e ainda despesas de conservação e adaptação de bens imóveis com destinação específica para inovação. Também pode ser ressarcida às empresas parte do valor da remuneração de pesquisadores titulados como mestres ou doutores que venham a ser contratados pelas empresas.



Projetos relacionados à energia eólica foram apoiados em três das cinco chamadas já realizadas pela Finep no âmbito do Programa de Subvenção Econômica (2007, 2008 e 2009). Foram selecionados, principalmente, projetos de desenvolvimento de equipamentos, componentes, peças ou partes aplicados à produção de energia eólica. Apenas um projeto foi apoiado na área de desenvolvimento de processos industriais. Alguns projetos de aerogeradores de pequeno porte também foram apoiados via Subvenção Econômica.

Cabe citar que, antes do início do Programa de Subvenção Econômica, foram apoiados projetos de partes e peças de grandes aerogeradores, bem como aerogeradores de pequeno porte, por meio de editais Finep no âmbito da Rede Brasil de Tecnologia (RBT). Especificamente no caso de pequenas turbinas, várias empresas apoiadas por meio desses editais encontram-se em atuação no mercado.

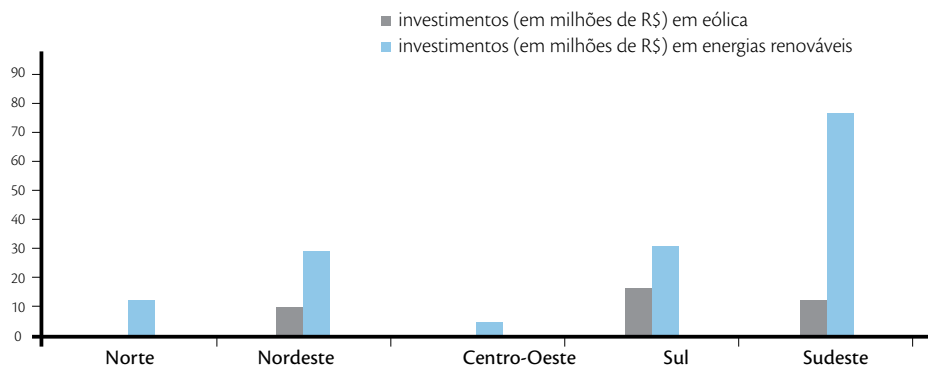


Figura 3.9 – Investimentos (em milhões) da Finep em projetos de PD&I nos últimos 10 anos em cada Região

Fonte: Finep, 2012.

A Figura 3.9 mostra os investimentos, por Região, que ocorreram nos últimos dez anos em energia eólica e em energias renováveis. A concentração de recursos na Região Sul em eólica é, provavelmente, um reflexo da concentração de usinas e empresas nestas Regiões. Todavia, a segunda Região com maior concentração de recursos no tema é a Sudeste, área com menor potencial eólico, mas com maior número de grupos de pesquisa se comparados à Região Nordeste. Esta aparente contradição pode ser decorrente dos investimentos direcionados aos centros de excelência de energia localizada nessa região. Ressalta-se que vários destes centros possuem parcerias no tema com outros grupos de pesquisa nas Regiões Sul e Nordeste.



## Conclusões

Diversos foram os catalisadores que motivaram o desenvolvimento de institutos e laboratórios de pesquisa, no Brasil, em energia eólica. Os principais fatores responsáveis por esse desenvolvimento foram o crescimento dos parques eólicos e alguns poucos incentivos financeiros das agências de fomento. Todavia, o aquecimento do mercado e a pouca disponibilidade de mão de obra fez com que ocorresse uma forte migração dos profissionais da academia para o mercado, desmobilizando os poucos grupos e centros de pesquisa em atuação e trazendo um impacto negativo no setor de produção de novas tecnologias. Este desafio gera a necessidade de investimentos em capacitação e formação de recursos humanos, para prover especialistas, tanto para a universidade quanto para o mercado, e para criar uma massa crítica no tema. Para isto, é preciso tornar a pesquisa nos temas mais atrativa, capacitar pesquisadores sêniores (agentes multiplicadores) e prover a infraestrutura necessárias ao processo.

Como exposto, houve investimentos pouco significativos em pesquisas no setor eólico nos últimos anos. No âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, foram priorizados projetos de pesquisa voltados à conexão e à integração de aerogeradores à rede elétrica. Percebeu-se um significativo aumento dos investimentos no tema energia eólica da primeira para a segunda fase do programa. Entretanto, este montante ainda representa um percentual pouco significativo (1%) dos valores investidos pelo programa como um todo, ou mesmo se comparado apenas aos investimentos do programa em energias renováveis (6%). Em 13 anos, foram apenas 22 projetos, sendo que, nos últimos quatro anos, o programa de P&D investiu em apenas seis. Esses números são muito aquém do desenvolvimento que o tema vem apresentando no país e refletem o pequeno número de especialistas em atuação e a baixa participação de tecnologia nacional nas áreas de maior complexidade ou maior valor agregado na cadeia produtiva da energia eólica.

Pouco significativos também foram os investimentos realizados por meio do CNPq em energia eólica, no mesmo período. Foram lançados apenas dois editais, sendo que o foco do primeiro foi na pesquisa em sistemas híbridos, e o do segundo em capacitação em energias renováveis. Em ambos os casos, os editais tiveram um enfoque abrangente, mas que contemplou algumas linhas temáticas da energia eólica.



A Finep investiu o maior montante de recursos (pouco mais de R\$ 40 milhões, entre 2002 e 2012) no tema. Seu investimento foi basicamente por meio do Programa de Subvenção Econômica<sup>9</sup>, que tem o objetivo de promover o aumento das atividades de inovação e o incremento da competitividade das empresas e da economia do país. Alguns projetos de inovação em partes, peças e componentes para aerogeradores de grande porte, bem como em pequenos aerogeradores, entretanto, já vinham sendo apoiados antes do início desse Programa, por meio de editais Finep no âmbito da Rede Brasil de Tecnologia (RBT). Apesar de esse montante ser significativo em relação ao investido por meio das outras agências, ainda não é representativo se comparado com os valores totais investidos pela Finep em energias renováveis no mesmo período (apenas 25%).

Como citado anteriormente, os investimentos das empresas foram direcionados, principalmente, para a conexão e a integração de aerogeradores à rede elétrica, seguidos dos investimentos em tecnologia de aerogeradores. Por outro lado, foi identificado um número maior de instituições de pesquisa, assim como de pesquisadores, trabalhando na área de tecnologia de aerogeradores. A área de conexão e integração de aerogeradores com a rede elétrica está em quinto lugar em número de instituições de pesquisa e em sexto lugar em número de pesquisadores.

O levantamento identificou um pequeno número de pesquisas na área de materiais. Todavia, as pesquisas nessa área são mais abrangentes, e os resultados podem ser direcionados para várias aplicações, sendo a energia eólica apenas uma delas. Um exemplo são as diversas aplicações de terras raras ou de materiais compósitos. Portanto, como o levantamento focou apenas nas aplicações em energia eólica, esta premissa pode ter mascarado o resultado do levantamento gerando este número reduzido de pesquisa em materiais.

Na área de engenharia, notou-se a carência de pesquisas e de pesquisadores, especialmente no que se refere ao aprimoramento das atividades de elaboração de projetos e de operação e manutenção de parques eólicos.

As Regiões que concentram os maiores números em pesquisas na área de energia eólica são o Nordeste e o Sul, que também apresentam a maior concentração de parques eólicos. Vale ressaltar que, apesar de a Bahia possuir destaque no setor eólico nacional, tanto com relação ao seu potencial eólico, quanto pelas empresas ali instaladas, o estudo não conseguiu identificar pesqui-

<sup>9</sup> Essa modalidade de apoio financeiro consiste na aplicação de recursos públicos não reembolsáveis (que não precisam ser devolvidos) diretamente em empresas, para compartilhar com elas os custos e riscos inerentes a tais atividades (Finep, 2012).



sas registradas na área de energia eólica neste Estado. A Região Sudeste se destaca em pesquisas no setor eólico, porém, não apresenta destaque em relação à potência instalada.

No âmbito desse estudo, não foi possível dissociar aqueles pesquisadores especificamente focados em geração eólica de outros que estão atuando em temáticas mais gerais. Não existe ainda um diagnóstico acurado que mostre a existência de pesquisadores em número suficiente em todas as áreas de pesquisa necessárias ao desenvolvimento do tema.

Alguns centros possuem uma produção científica considerável. Entretanto, não foi possível fazer o levantamento das vocações desses centros, no que se refere ao número de pesquisadores envolvidos, nem do foco de suas áreas de pesquisa. Para um aprimoramento do panorama, portanto, seria oportuno um levantamento e diagnóstico dos laboratórios, assim como a definição de alguns indicadores para identificar a situação das pesquisas dessas instituições no tema, tais como número de publicações em revistas e de patentes.

Com base no panorama apresentado, é importante levar em consideração, no desenho de um plano de CT&I para a energia eólica, o destaque das Regiões Nordeste e Sul, devido a sua proximidade com as empresas fornecedoras e com as próprias usinas eólicas (inclusive as futuras usinas), o que as condiciona a serem priorizadas para o recebimento de investimentos para pesquisa em eólica e para o reforço da infraestrutura de CT&I existente. Quanto aos temas de pesquisa em que a proximidade com os parques eólicos não seja fundamental, estes podem ser desenvolvidos em outras Regiões observadas as competências existentes e o papel estratégico de algumas instituições.

Nesse sentido, o próximo capítulo consolida uma visão de diversos especialistas sobre cada uma das nove áreas de pesquisa identificadas nesse capítulo, e apresenta suas sugestões de ações de PD&I para o fortalecimento da energia eólica no Brasil.





## CAPÍTULO 4

# PROPOSTAS DE AÇÕES DE CT&I EM FOMENTO À ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Os capítulos anteriores tinham como objetivo apresentar um breve contexto e o panorama do segmento de energia eólica no Brasil, além de informações sobre o cenário internacional. Este capítulo apresenta o resultado de uma pesquisa sobre quais linhas temáticas devem ser o foco das ações de CT&I para fomentar a geração de energia eólica no Brasil. Finaliza com as recomendações de ações por dimensão estudada.

### Metodologia

A pesquisa contou com três etapas distintas: 1) levantamento; 2) pesquisa de percepções; e, 3) consolidação. Estas etapas foram realizadas em paralelo aos outros levantamentos apresentados nos capítulos anteriores.

Na primeira etapa, realizou-se um breve levantamento que identificou dois documentos principais para balizar o debate inicial: um plano de ações do MCTI, realizado em 2009, e o estudo “Avaliação das perspectivas de desenvolvimento tecnológico setorial para a indústria de bens de capital em energias renováveis” em elaboração pela ABDI<sup>10</sup>. O primeiro forneceu subsídios para a elaboração da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI), e o segundo tem o objetivo de fomentar a construção de política industrial para o segmento. Foi principalmente a combinação dessas duas propostas de temas em energia eólica, que deu origem a uma primeira lista de temas relevantes deste estudo, com foco em horizontes de curto e médio prazos. Essa lista serviu de base para iniciar o debate da etapa seguinte do estudo.

---

**10** A pesquisa realizada pela ABDI enxerga um cenário de aproximadamente 15 anos. Este estudo foi um importante insumo ao debate realizado para a definição dos grupos temáticos e suas respectivas linhas temáticas. Os resultados da pesquisa da ABDI focaram em preceitos de política industrial focados em desenvolvimento local.



A segunda etapa consistiu em uma pesquisa de percepções, baseada na metodologia de *brains-torm*. Essa fase teve início com a definição de três grupos estratégicos: especialistas pesquisadores; empresas (fornecedoras de equipamentos e as próprias geradoras); e governo. Realizou-se uma reunião com cada grupo distinto, totalizando três reuniões, com o objetivo de levantar as percepções de cada grupo sobre quatro pontos:

1. Definição dos grupos temáticos (áreas que agregam um conjunto de temas de pesquisa);
2. Detalhamento de uma lista de temas para PD&I por grupo temático;
3. Opiniões sobre as oportunidades e desafios que envolvem cada um desses grupos;
4. Seleção dos temas prioritários ou estratégicos por grupo e opiniões sobre recomendações de ações de CT&I para cada grupo.

O resultado dessa etapa foi uma lista de temas relevantes para PD&I em cada um dos oito grupos e a seleção dos temas prioritários. Os temas relevantes são aqueles considerados importantes para o país no que se refere aos desafios e viabilidade. Os temas considerados prioritários são aqueles selecionados na listagem dos temas relevantes como mais estratégicos para o país, seja por desafios atuais do mercado nacional ou por uma visão de futuro no segmento. Apenas para este grupo de temas foi detalhada a sua maturidade tecnológica. Vale ressaltar que a lista de temas não é exaustiva, pois o foco foi identificar temas relevantes que poderiam ser objeto de ações de CT&I e priorizá-los.

A terceira etapa foi consolidar e analisar essas informações, para construir um conjunto de recomendações de ações de CT&I descritas neste capítulo.

## Grupos e temas de PD&I associados à energia eólica

Conforme descrito anteriormente no panorama do setor, foram definidos nove grupos temáticos. Ainda, durante os debates, dois grupos foram agregados: “Engenharia” e “Centrais Eólicas”, definindo assim oito grupos temáticos associados à energia eólica:

1. Tecnologias de aerogeradores;
2. Recursos eólicos;
3. Materiais;
4. Política, economia e análises socioambientais;



5. Conexão e integração à rede;
6. Engenharia e centrais eólicas;
7. Planejamento e operação;
8. Normatização, certificação e padronização.

Para cada um dos oito grupos, foram identificadas as linhas temas para PD&I relevantes e prioritárias, e cada uma delas foi classificada, quando possível, quanto a seu nível de maturidade. A classificação da maturidade foi definida com valores de 1 a 5, segundo Oslo, sendo que o nível 1 indica que a linha tecnológica ainda depende de avanços em pesquisa básica, enquanto que o nível 5 indica que a tecnologia já se encontra em uso disseminado. Esta classificação está indicada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Classificação da maturidade

Nível de Maturidade	Descrição
1	Pesquisa básica
2	Pesquisa aplicada
3	Desenvolvimento experimental
4	Aplicação prática seletiva
5	Uso generalizado

Fonte: Oslo, 2005

A seguir são apresentadas as linhas temáticas identificadas em cada grupo, bem como, quando couber, os resultados da classificação de sua maturidade.

## 1 Tecnologias de aerogeradores

Neste grupo concentram-se os temas relacionados à pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação em concepção de pás, em máquinas elétricas geradoras e em eletrônica de potência para qualidade de energia, ou seja, para adequação da energia elétrica gerada aos padrões da rede elétrica. A lista de temas associados a este grupo é apresentada na Tabela 4.2.

Para o desenvolvimento desse setor, um dos pontos prioritários foi o aumento nas pesquisas sobre rotores apropriados para o regime dos ventos brasileiros (aerodinâmica, rotor e pás). Esse setor necessita de um apoio estrutural, como bolsas de capacitação e parcerias internacionais, para que exista um domínio nacional do conhecimento aerodinâmico e de materiais. A linha te-



mática direcionada às pás foi criada de forma conjunta com o rotor devido ao objetivo similar de adequação ao regime dos ventos brasileiros, apesar de seu estágio de maturidade, de um modo geral, estar mais avançado que o dos rotores no Brasil. Foi considerado fundamental criar estratégias para estimular o aumento no interesse dos fabricantes de equipamentos no PD&I nesta temática para a melhoria da competitividade e o desenvolvimento do setor.

Tabela 4.2 – Tecnologia de aerogeradores

P/R	Tecnologia, análise, modelagem	Maturidade
P	Projeto de rotor apropriado aos ventos brasileiros (apropriado a realidade brasileira) - questão da aerodinâmica - conotação diferente para a realidade brasileira - rotor e pás	1 a 2
P	Conversores (e inversores) para conexão à rede	4 a 5
P	Modelo do aerogerador para qualidade de energia (e.g. foco no equipamento, redução de harmônicos)	2 a 3
P	Projeto de pás apropriado aos ventos brasileiros (inclui aerodinâmica) - junto com rotor	4 a 5
P	Análise estrutural de aerogerador (onshore; offshore em 10 anos) - construção de torres	5
R	Novas tecnologias para caixas de redução (inclui transmissão mecânica, hidrodinâmica)	n.a.
R	Conversores (e inversores para sistemas híbridos)	n.a.
R	Modelos de aeroelástica de aerogeradores (incluindo modelos aerodinâmicos para naceles)	n.a.
R	Modelos de aerogeradores para produção offshore	n.a.
R	Projeto de geradores elétricos	n.a.
R	Eletrônica de potência (com nitreto de gálio) visando conversores	n.a.
R	Desenvolvimento de máquinas com ímãs permanentes	n.a.

P- Prioritário; R- Relevante; n.a.- não avaliado

Apontados como um forte gargalo no tema, os conversores e inversores para conexão à rede elétrica integram outra linha prioritária.

Foram consideradas prioritárias as questões ligadas à qualidade de energia dos aerogeradores, especialmente, à inserção de harmônicos nas redes elétricas. Uma das sugestões nessa linha, para ações de CT&I, consistiu no estímulo a parcerias entre empresas e ICTs para a realização de projetos-piloto que visem à validação de modelos de equipamentos que mitiguem a formação de harmônicos. Ressalta-se que esta linha tema possui uma sobreposição as áreas temáticas 5 e 6, “conexão e integração à rede” e “engenharia e centrais eólicas”. A diferença é que nesta linha as ações possui um foco em PD&I nos equipamentos do aerogerador de forma a promover a melhoria na qualidade da energia.



A última linha considerada prioritária para o desenvolvimento da tecnologia de aerogeradores é a análise estrutural de aerogerador (onshore e construção de torres). Esse setor sofre com a carência por grupos com conhecimento técnico especializado (conhecimento sobre estruturas, vibrações, entre outros) para o setor eólico no Brasil. Foi mencionado que é necessário reduzir a dependência externa e desenvolver competências internas. Um ponto colocado foi que a questão offshore não é vista com grande prioridade, nem no curto, nem no médio prazo. Porém, pode ser uma oportunidade, se casada com outras pesquisas, tais como as plataformas petrolíferas.

Este grupo temático teve um número maior de temas prioritários, assim como de relevantes, devido a sua abrangência e prioridade em relação aos demais, conforme o levantamento de percepções.

Foram ainda considerados relevantes estudos sobre novas tecnologias para caixas de redução; conversores e inversores para sistemas híbridos; modelos de aeroelástica de aerogerador; modelos de aerogeradores para a produção *offshore*, sobre projetos de geradores elétricos; eletrônica de potência; e sobre o desenvolvimento de máquinas com ímãs permanentes.

## 2 Recursos eólicos

O grupo temático de recursos eólicos apresenta temas relacionados ao levantamento do potencial eólico, tais como técnicas e equipamentos de medição de dados de ventos; modelos de previsão; armazenamento de séries históricas e dados meteorológicos; processamento e análise de medições. A lista de temas associados a este grupo está relacionada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Recursos eólicos.

P/R	Tecnologia, análise, modelagem	Maturidade
P	Tecnologia de medição incluindo LIDAR (equipamentos)	2 e 3.
p	Modelos de avaliação, medição, predição e otimização do potencial eólico adequados às necessidades locais (padrão nacional de classe de ventos)	3 a 4
P	Modelos de previsão de ventos (CP= até 6 hr /MP= 6 meses/LP=5anos)	1 a 4
P	Camada limite atmosférica e caracterização da turbulência no Brasil	2 e 3
R	Formação de bancos de dados de recursos eólicos	n.a
R	Fatores climáticos e meteorológicos de influência na geração eólica (e.g. eventos extremos, mudanças climáticas etc.)	n.a
R	Modelos de aerogeradores para produção offshore	n.a

P- Prioritário; R- Relevante; n.a - não avaliado



Informações de boa qualidade e contínuas sobre o recurso eólico são fundamentais para a PD&I em todos os outros sete grupos temáticos. Estas informações são base tanto para desenvolver tecnologias de aerogeradores mais adequadas ao regime de ventos nacionais (grupo temático 1), como também para estudar instrumentos de mercados mais apropriados que garantam o desenvolvimento de tecnologias nacionais (grupo temático 4).

Desta forma, foi identificada, de maneira consensual pelos grupos, a necessidade de que as medições de ventos abranjam períodos maiores de tempo, ou seja, é preciso construir séries históricas consistentes de dados de ventos brasileiros, para se obter modelos mais robustos para a previsibilidade do potencial eólico. Nesse sentido, é essencial uma parceria entre academia, empresas geradoras e centros de meteorologia, a fim de que sejam consolidados os dados de ventos já existentes. Outro ponto de destaque é a necessidade de aumentar e manter as estações de medição. Isto gera um desafio que é a definição de responsabilidade sobre a manutenção destas estações e sobre a gestão dos dados, que requer uma definição de governança e principalmente alocação contínua de recursos.

Ainda sobre esse tema, existe a necessidade de um avanço nas tecnologias de medição e previsões de ventos, na determinação de camada limite atmosférica e na caracterização da turbulência no regime de ventos, a fim de se melhorar a qualidade dos dados coletados. Isto seria facilitado com o uso de equipamentos, já disponíveis no mercado internacional, que conseguem realizar previsões e medições de vento utilizando feixes de raio laser, como é o caso da tecnologia Lidar (Light Detection and Ranging), ou que medem o grau de turbulência atmosférica pelo espalhamento de ondas sonoras como é o caso do Sodar (Sonic Detection and Ranging). Como o domínio dessas tecnologias é detido por poucas empresas, o desenvolvimento de pesquisas nessa área foi considerado uma oportunidade para o Brasil, podendo o Programa de Subvenção Econômica ser o principal instrumento de fomento a essas atividades.

Outro aspecto considerado relevante na área de recursos eólicos é a necessidade de pesquisas para o desenvolvimento de modelos de avaliação, medição, predição e otimização do potencial eólico, adequados às características dos ventos do Brasil. Vislumbra-se, inclusive, a possibilidade de definição de um padrão nacional de classe de ventos, que permitiria um melhor dimensionamento dos parques eólicos brasileiros.

Este grupo temático exige recursos humanos com qualificação nos níveis mais altos de pós-graduação, devido à necessidade de desenvolvimento de pesquisas. A demanda para nível técnico



é menor e direcionada, principalmente, para a área de manutenção e leitura de medições. Mesmo existindo cursos para a formação de mão de obra qualificada, ainda há carência de profissionais, bem como existe dificuldade de retenção de pesquisadores, principalmente alunos de doutorado, nas universidades brasileiras. Foi sugerido o aumento da interação entre academia e indústria, para que haja maior troca de conhecimento e experiência, bem como a parceria com centros meteorológicos, metrológicos e com centros internacionais.

Foi considerada necessária, mas não prioritária, a formação de um banco de dados de recursos eólicos e pesquisas sobre fatores climáticos e meteorológicos que influenciam na geração eólica.

Quanto ao processo de capacitação de mão de obra para as atividades de certificação, considera-se que ainda faltam definições de padrões de ensaios e, por isso, ainda não há condições de se promover capacitação adequada. Portanto, deve-se investir mais em pesquisa para a definição e a modelagem desses padrões, para depois se investir em capacitação. Esses temas são tratados no grupo temático 8 (normatização, certificação e padronização).

Vale mencionar o papel estratégico do Cepel, que vem trabalhando na atualização do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Conforme descrito anteriormente, a nova edição considera máquinas de 2 MW de potência em altitudes entre 80m e 100m. Na versão anterior, foram consideradas máquinas de 650 MW à altitude de 50m.

### 3 Materiais

Neste grupo concentram-se as linhas temáticas para PD&I relativas a novos materiais, compósitos, ímãs permanentes, terras raras aplicadas às turbinas eólicas. A lista de temas associados a este grupo está relacionada na Tabela 4.4.

A percepção dos pesquisados para este grupo temático foi a de que há a necessidade do incremento das pesquisas em ímãs permanentes para máquinas elétricas. Além do avanço tecnológico a ser alcançado, essa se constitui numa excelente oportunidade para o desenvolvimento da exploração de terras raras no Brasil. O país possui uma das maiores reservas mundiais desses minerais, e tem demonstrado interesse em aumentar sua participação no mercado mundial de fornecimento de terras raras, atualmente dominado pela China, país detentor das maiores reservas no mundo. Neste contexto, foi identificado que existe um Grupo Interministerial trabalhando especificamente este tema, para o qual serão dirigidas as sugestões de temas trabalhadas nesse estudo.



Tabela 4.4 – Materiais

P/R	Tecnologia, análise, modelagem	Maturidade
P	Ímãs permanentes para máquinas elétricas	Int (2)
P	Materiais compósitos para aerogeradores	Int (2)
R	Revestimentos especiais para proteção de máquinas e equipamentos (e.g. corrosão, descargas elétricas, etc.)	n.a
R	Materiais de alto desempenho para caixas de redução.	n.a
R	Ligas especiais em parafusos de fixação de torres, nacelles e pás	n.a
R	Supercondutividade em geradores elétricos	n.a

P- Prioritário; R- Relevante; n.a - Não avaliado; int(x) – valor inserido posteriormente à oficina<sup>11</sup>.

Outro tema considerado prioritário para o setor são os materiais para aerogeradores, principalmente aqueles com tecnologia agregada, como os compósitos.

Foram ainda considerados necessários, mas não prioritários, os esforços em pesquisas sobre revestimentos especiais para proteção de máquinas e equipamentos (corrosão, descargas elétricas, entre outras); materiais de alto desempenho para caixas de redução; supercondutividade em geradores elétricos; e ligas especiais para parafusos de fixação de torres, nacelles e pás.

#### 4 Política, economia e análises socioambientais

Este grupo envolve temas que abordam estudos nas áreas de ciências econômicas e sociais, além de estudos ambientais. Entre os temas considerados prioritários, destaca-se uma abrangente linha temática “Análise de instrumentos de mercado e financeiros para a produção de energia eólica”. Essa linha inclui os mais diversos estudos das áreas econômica e social, inclusive sobre modelos para definição de custos, preços, tarifas, métricas, etc.

Para o desenvolvimento desse setor foi considerado prioritário uma definição de critérios para a avaliação de impacto ambiental (ecossistemas, ruídos, entre outros).

A lista de temas associados a este grupo esta relacionada na Tabela 4.5.

<sup>11</sup> O valor foi validado na reunião final com os três grupos.





Tabela 4.5 – Política, economia e análises socioambientais

P/R	Tecnologia, análise, modelagem
P	Definição de critérios para avaliação de impacto ambiental (e.g. ruídos, ecossistemas, etc.)
P	Análise de Instrumentos de mercado e financeiros para produção de energia eólica (e.g. custos, tarifas, preços, normalização de métrica para comparação com outros setores)
R	Legislação e regulação para eólica
R	Estudos de viabilidade e fatores socioeconômicos de influência (inclusão dos riscos)
R	Análise do ciclo de vida da cadeia

P- Prioritário; R- Relevante; n.a - Não avaliado

Essa área temática destacou a necessidade de estudos econômicos para otimizar os atuais modelos de operação, contratação e precificação de energia eólica. Entre os tópicos destacados para serem analisados, podem-se citar metodologias para a formação do preço da energia para os leilões, ou ainda estratégias para impulsionar a nacionalização de partes e componentes estratégicos de aerogeradores, privilegiando o desenvolvimento de tecnologias nacionais. Destacou-se, ainda, a necessidade de pesquisas voltadas para a avaliação dos riscos econômicos da atração de investimentos internacionais para o Brasil, uma vez que a instalação de empresas estrangeiras no país pode inibir o desenvolvimento de empresas nacionais.

Foram considerados necessários, mas não prioritários, o desenvolvimento de metodologias para inclusão de riscos e outros fatores socioeconômicos de influência em estudos de viabilidade, bem como para análise do ciclo de vida da cadeia produtiva da energia eólica. Também foram considerados relevantes estudos voltados à legislação e à regulação voltada para o setor eólico.

## 5 Conexão e integração à rede

Este grupo congrega linhas temáticas de PD&I identificadas como prioritárias e relevantes no que se refere a sistemas de controle para interligação de turbinas e parques eólicos à rede. A lista dessas linhas está relacionada na Tabela 4.6.

De acordo com as percepções dos grupos, foi constatada a importância de ampliar as pesquisas sobre sistemas de controle de geração de energia em parques eólicos conectados à rede. A justificativa é o crescimento da energia eólica como energia de bases nos sistema elétrico brasileiro, produzindo um grande volume de energia elétrica, gerada de forma intermitente e que deve ser injetado nas redes de transmissão ou distribuição com a melhor qualidade de energia possível.



Tabela 4.6 – Conexão e integração à rede

P/R	Tecnologia, análise, modelagem	Maturidade
P	Sistemas de controle de geração de energia em parques eólicos conectados à rede	3 a 5
P	Aerogerador de pequeno porte conectado à rede (já com o sistema de controle integrado) para aplicações em geração distribuída	2
R	Conexão e integração à rede de centrais eólicas offshore	n.a
R	Aerogeradores de pequeno porte para aplicações em sistemas isolados	n.a

P- Prioritário; R- Relevante; n.a - Não avaliado

Vários esforços nesse tema têm sido empreendidos no mundo, sendo que estão à frente deste processo os grupos de trabalho do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Estes têm buscado fazer com que os fabricantes de aerogeradores ofereçam um leque maior de opções de controle de forma a melhorar os requisitos de interconexão com a rede: participar do controle de frequência; participar do controle de tensão por meio da geração de energia reativa pelos aerogeradores; melhorar a modelagem dos harmônicos injetados, principalmente para os aerogeradores com máquinas de indução duplamente excitadas e com máquinas síncronas e a ímã permanente.

Outro tema considerado prioritário, devido aos recentes avanços na regulamentação para o acesso de micro e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica, é o desenvolvimento de aerogeradores de pequeno porte conectados à rede, que disponham de todo sistema de controle já integrado ao equipamento. Associado a essa linha temática e com foco na geração eólica de pequeno porte, o grupo temático 4 (política, economia e análises socioambientais) poderia contribuir com estudos sobre instrumentos econômicos, tais como tarifas diferenciadas, redução em tributos, leilões com incentivos a determinadas tecnologias, dentre outras medidas que conduzam ao desenvolvimento da microgeração eólica de forma sustentável.

Foram consideradas necessárias, mas não prioritárias, pesquisas sobre aerogeradores de pequeno porte para aplicações em sistemas isolados, bem como o desenvolvimento de sistemas de conexão para instalações offshore.

As linhas temas para PD&I identificadas nesse grupo têm grande sinergia com as áreas de geração distribuída e de redes inteligentes. Portanto, as ações de CT&I sugeridas neste tema devem ser tratadas, dentro do possível, conjuntamente a essas duas outras áreas.



## 6 Engenharia e centrais eólicas

Nesse grupo temático são tratados os seguintes assuntos: avaliação e mitigação dos riscos técnicos e operacionais; controle, monitoramento, gestão e avaliação de desempenho de parques eólicos; soluções para sensoriamento, que auxiliem na análise sobre as condições de funcionamento do aerogerador (temperatura, vibrações, aceleração, oscilações, etc.); e a problemática da logística para a instalação de centrais eólicas.

Na discussão sobre modelos de centrais eólicas foram levados em consideração modelos para a otimização da produção de energia elétrica, a agregação de modelos elétricos para integração à rede dos aerogeradores, e sistemas para a gestão de usinas eólicas.

A lista de temas associados a este grupo está relacionada na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Engenharia e centrais eólicas

P/R	Tecnologia, análise, modelagem	Maturidade
P	Modelos de centrais eólicas (e.g. produção de energia, agregação de modelos elétricos, integração à rede dos aerogeradores, etc.) - Gestão de usinas	3 a 4
P	Controle e monitoramento e avaliação de desempenho (e.g comparação com especificações do fabricante)	3 a 4
P	Logística para instalações (e.g. transporte, guindaste, etc.)	-
R	Sensoriamento (e.g. condições marítimas, pás)	n.a
R	Avaliação e mitigação de riscos técnicos e operacionais	n.a
R	Sistemas (e ferramentas) de gestão de parques eólicos	n.a

P- Prioritário; R- Relevante; n.a - Não avaliado

Foi considerado prioritário o aumento de esforços em soluções para a logística de instalação dos parques eólicos, como por exemplo, desenvolvimento de veículos especiais para transporte de partes e peças de aerogeradores, guindastes para montagem de parques eólicos, e técnicas para acesso a regiões de instalação com características especiais (p.ex. dunas). Temas de PD&I que abordem a logística utilizando diferentes modais de transporte foram considerados bastante relevantes, como a organização de uma logística centralizada para materiais pesados, por meio, por exemplo, da reativação das malhas ferroviárias para transportes de grandes peças e da estruturação de um sistema de cabotagem adequado para o transporte de grandes volumes de peças. Também foi mencionada a escassez, no Brasil, de guindastes e equipamentos de instalação de parques eólicos, o que abre oportunidades para inovações e desenvolvimento tecnológico em soluções alternativas.



Outro tema considerado prioritário foi o levantamento de parâmetros, o desenvolvimento de equipamentos e softwares para controle, monitoramento e avaliação de desempenho de aerogeradores e seus componentes. Trata-se de uma questão relevante sob o aspecto de segurança da operação, uma vez que tem sido notado o aceleração dos desgastes por efeitos dinâmicos e pela fadiga de partes importantes das turbinas eólicas, como pás, gerador e caixa de redução, nos aerogeradores utilizados no Brasil.

Foram consideradas necessárias, mas não prioritárias, pesquisas sobre sistemas de sensoriamento em aerogerador, como por exemplo, condições marítimas, sensoriamento de vibrações, oscilações, aceleração das pás, entre outras.

Foi também considerado fundamental o desenvolvimento da modelagem de centrais eólicas, ou seja, de modelos de produção de energia, modelos elétricos, de integração à rede de aerogeradores e para a gestão de usinas eólicas. Com relação a esse tópico, foi sugerido o investimento em parcerias entre os parques eólicos já construídos e a academia, para a realização de projetos pilotos.

Outro tema também considerado relevante foi o desenvolvimento de sistemas e ferramentas de gestão de parques eólicos.

Por último, foi mencionada a falta de mão de obra qualificada em atividades relacionadas às etapas de projeto e implantação de parques eólicos. Como exemplo, foi citada a carência de arqueólogos para a realização de diagnósticos na fase de projeto e implantação de parques eólicos, bem como a falta de instituições para a custódia e pesquisa de materiais arqueológicos.



## 7 Planejamento e operação

Neste grupo foram identificados os seguintes temas associados, descritos na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Planejamento e operação

P/R	TECNOLOGIA, ANÁLISE, MODELAGEM	MATURIDADE
p	Modelos para operação do sistema elétrico (ONS) e para o planejamento da geração de curto/médio/longo prazos	Inovações
P	Modelos de sistemas híbridos de geração de energia (foco na complementaridade)	inovações

P- Prioritário; R- Relevante; n.a - Não avaliado

Foi considerado prioritário o desenvolvimento de modelos adicionais de controle e coordenação da operação do sistema elétrico interligado nacional (SIN), especificamente para utilização pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Além desses, também são considerados importantes novos modelos de planejamento de curto, médio e longos prazos para previsão diária de geração e de carga no SIN quanto para a definição da necessidade de novos investimentos em novas usinas ou novas linhas de transmissão. Também foram considerados prioritários estudos para a identificação e planejamento da necessidade de troca de equipamentos que não estejam mais operando com rendimento adequado. Foi mencionado pelos participantes que, em certas áreas da Região Nordeste, devido à alta taxa de maresia, há a necessidade de constante inspeção dos equipamentos de usinas eólicas (torres, cabos, pás, aerogeradores, etc.). Foi sugerido o estudo de eventuais incentivos fiscais que favoreçam a troca desses equipamentos, espelhando-se no modelo de incentivo da Dinamarca.

Outro tema para o PD&I considerado importante neste grupo foi o desenvolvimento de modelos para a integração de outras fontes de geração aos parques eólicos. Foram mencionados estudos que vêm sendo realizados para a integração de usinas fotovoltaicas aos parques eólicos existentes, focando a complementaridade dessas fontes e o aumento da segurança da operação, uma vez que os sistemas solares poderiam assumir a carga em eventual interrupção dos aerogeradores. Devido ao grande potencial de geração solar que o Brasil possui, mencionou-se que a integração de fontes de geração poderá ser uma opção estratégica para o país, uma vez que se aumenta a capacidade de geração de energia elétrica da usina com investimento reduzido e otimização de área.



## 8 Normatização, certificação e padronização

A lista de temas associados a este grupo está relacionada na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Normatização, certificação e padronização

P/R	Tecnologia, análise, modelagem	Maturidade
P	Ensaio e testes para certificação de aerogeradores	3-5
p	Ensaio e testes para certificação de materiais e componentes (e.g. pás, conversores, níveis de ruído, etc.) – e determinação de novo padrão de ventos	3-5
P	Ensaio de qualidade de energia (específicos para energia eólica)	3-5
R	Etiquetagem de equipamentos eólicos (Inmetro)	n.a

P- Prioritário; R- Relevante; n.a - Não avaliado

Foram considerados prioritários investimentos para a formação de uma infraestrutura de certificação de aerogeradores no país, indo desde a capacitação e o credenciamento de entidades nacionais para realizar a certificação, até a formação de recursos humanos e de laboratórios para ensaios e testes. Cabe mencionar que a certificação de aerogeradores envolve tanto certificação de materiais e componentes, quanto avaliação do desempenho energético das turbinas eólicas e de suas características técnicas (como qualidade de energia, ruído acústico, etc.). Conforme ressaltado pela indústria, a realização desse tipo de certificação no Brasil dará mais segurança e competitividade à inserção da fonte eólica na matriz energética, bem como à indústria nacional de máquinas e equipamentos eólicos.

Além disso, foi considerada importante a adequação das normas e padrões existentes para a realidade brasileira. Atualmente, as máquinas comercializadas no Brasil são certificadas no exterior, e seguem a Norma IEC 61400 (Turbinas Eólicas). Entretanto, dadas as diferentes condições atmosféricas e as características específicas dos ventos brasileiros, turbinas certificadas no exterior têm apresentado parâmetros de operação diferentes dos certificados, uma vez que os ensaios-padrão foram realizados em condições de clima e vento distintas das brasileiras. Assim, a adequação dos padrões e normas às especificidades dos ventos brasileiros permitiria reduzir os riscos e, conseqüentemente, os custos de implantação de parques eólicos no país, além de impulsionar o desenvolvimento de competências nacionais nessa atividade. Ademais, com a padronização do setor, os cursos de capacitação teriam mais facilidade para o ensino, pois os projetos de parques eólicos já poderiam ser desenvolvidos de acordo com as especificidades brasileiras, inclusive as relacionadas à conexão à rede, ao meio ambiente, à segurança no trabalho, entre outras.



Frisou-se bastante a necessidade de investimentos em capacitação e formação de recursos humanos para o setor nas atividades de certificação. Foi sugerida a capacitação de laboratórios de certificação, em especial nas duas Regiões do Brasil que têm maior potencial eólico e maior número de parques eólicos instalados e previstos. A criação, ou mesmo a estruturação, de pelo menos dois grandes laboratórios de certificação, localizados nas Regiões Nordeste e Sul, que já disponibilizassem cursos de aperfeiçoamento e serviços de consultoria para o setor de energia eólica, seria fundamental para atender de forma adequada a demanda atual e futura dessas regiões.

Foi também sugerido o incentivo a outros laboratórios já existentes para ações que podem ser feitas nas regiões dos parques. A diversificação das ações em vários laboratórios facilita a logística no atendimento às demandas da indústria e nos estudos regionais. Por outro lado, a combinação desta estratégia com a concentração de um valor maior de recursos em dois laboratórios de referência, citados anteriormente, otimizariam os recursos em atividades que exigem maiores investimentos.

Também foi considerada importante a articulação com empresas, a exemplo da Índia e da China, onde muitos dos laboratórios de testes e ensaios para certificação de equipamentos eólicos foram construídos com recursos do setor industrial.

Por fim, foi considerada necessária, mas não prioritária, a avaliação da possibilidade de etiquetagem de equipamentos eólicos no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

## Propostas de ações

As recomendações listadas a seguir foram levantadas com base nas reuniões com os três grupos, conforme descrito na metodologia. Para tratá-las, foram identificadas seis dimensões que nortearam o debate das ações, a serem detalhadas na sequência:

1. Capacitação;
2. Regulamentação;
3. Pesquisa;
4. Articulação entre empresas e instituições de ciência e tecnologia (ICTs);
5. Parcerias internacionais;
6. Infraestrutura de CT&I.



No âmbito de cada uma dessas dimensões, foram então identificadas propostas de ações de PD&I que, dentro do possível, baseiam-se nos instrumentos de CT&I conhecidos.

Visando direcionar as recomendações dos oito grupos temáticos, apresentados no item 4.2 deste capítulo, as ações identificadas foram estruturadas, para cada uma das seis dimensões, em uma escala de relevância variando de 1 a 10, sendo 1 menos relevante e 10 de grande relevância no que se refere à necessidade de atenção e investimentos. O resultado da relevância para cada dimensão de ações, por grupos temáticos é mostrado na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Relevância de cada dimensão das ações de PD&I por grupo temático

Grupo Temático/ dimensão	Capacit.	Regulam.	Pesquisa	Artic. Emp./ ICTs	Parcerias Internac.	Infraest. CT&I
Tecnologia de aerogeradores	10	1	7	8	8	9
Recursos eólicos	7	8	10	9	5	10
Materiais	7	7	10	7	8	10
Política, economia e análises socioambientais	8	10	10	9	6	1
Conexão e integração a rede	8	8	10	9	5	9
Engenharia e centrais eólica	10	8	10	10	8	5
Planejamento e operação	7	7	8	9	5	1
Normatização, certificação e padronização	8	10	10	9	5	10

As propostas elencadas a seguir buscam oferecer sugestões de fomento à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação, de acordo com o ponto de vista da academia, da indústria e dos agentes de governo envolvidos com o setor. Apesar de ser um tema com muitas tecnologias maduras, conduzindo à priorização de ações voltadas para a nacionalização de tecnologias e de inovação, há também espaço, em alguns temas, para a pesquisa em estágios iniciais.

O resultado desse trabalho será analisado pelo MCTI e outros órgãos e instituições governamentais atinentes à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação, que poderão levar em conta, além dos gargalos do setor e o estágio de maturidade da tecnologia, também as diretrizes do governo federal para a política energética e industrial, para então definir a formulação de uma política de CT&I. Esse instrumento deverá conter estratégias de implementação de programas e ações derivadas, procurando sempre harmonizar atividades de modo a evitar duplicações de esforços.





A seguir são apresentadas as ações propostas para cada dimensão estratégica, iniciando com ações gerais do tema energia eólica.

## 1 Ações gerais no tema energia eólica

Foram destacadas algumas recomendações de ordem geral, isto é, não específicas de um determinado grupo temático, dado seu caráter transversal. São elas:

- Melhorar a difusão de informações sobre os mecanismos e ferramentas que permitem a atuação conjunta de empresas e instituições de pesquisa em PD&I (p. ex., Programa de Subvenção Econômica; incentivos das Leis de Inovação e de Informática; bolsas para pesquisadores na empresa etc.);
- Viabilizar a criação e disponibilização de novos cursos de pós-graduação (especialização, mestrado e doutorado) com foco nos temas considerados prioritários e relevantes ou inseri-los em cursos existentes;
- Formar profissionais em atividades relacionadas indiretamente ao setor eólico como arqueólogos e biólogos, entre outros demandados em atividades relacionadas ao processo de implantação de usinas eólicas;
- Estruturar uma rede de pesquisa em energia eólica, que teria o objetivo de facilitar o fluxo de informação e estimular trabalhos cooperativos entre os atores envolvidos. Esta proposta está sendo estruturada por um grupo de pesquisadores coordenados pela Abeeólica, e tem como meta cinco produtos principais:
  - Criar e manter um banco de dados atualizado;
  - Produzir uma revista especializada;
  - Manter uma biblioteca virtual;
  - Criar um fórum de discussões;
  - Promover eventos, de forma a aproximar empresas e institutos de pesquisa, além de disseminar informações.

Considerou-se que nem sempre a formação de redes de laboratórios seria a melhor solução, quando se trata de fortalecer um setor. Em alguns casos, seria mais adequado fortalecer alguns laboratórios, em regiões específicas, preferencialmente os que já têm algum volume de pesquisa na área de energia eólica. Esse processo evitaria a pulverização de recursos por meio de editais competitivos.

Devido à amplitude do nosso país e à concentração do potencial eólico em duas Regiões principais, sugeriu-se que, num primeiro momento, a rede invista em um número menor de labo-



ratórios, com foco em pesquisa nos diferentes grupos temáticos. Preferencialmente, estes laboratórios estariam localizados nas Regiões Sul e Nordeste, uma vez que, além do seu elevado potencial, essas Regiões também concentram as empresas produtoras de equipamentos eólicos. Inicialmente, os investimentos poderiam ser focados em um ou dois laboratórios âncoras, que liderariam, então, o processo de ampliação da rede.

Paralelamente a esse processo, também foi sugerida a criação de, pelo menos um laboratório de maior porte, com foco em ensaios e testes para a certificação de aerogeradores e equipamentos e materiais relacionados à energia eólica. Como relatado anteriormente, esse tipo de serviço não é realizado no país e, logo, sua nacionalização proporcionaria redução dos custos nacionais de produção. Entretanto, deve-se estar ciente do alto custo de implantação desse tipo de centro, bem como da necessidade de recursos humanos especializados para sua operação.

## 2 Capacitação

Ação	Foco	Instrumentos
a) Viabilizar a implantação de cursos em nível técnico e especialização para profissionais que venham a atuar nas áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeradores;</li> <li>• Gestão de usinas;</li> <li>• Engenharia e centrais eólicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diretrizes curriculares nacionais para a educação profissional técnica de nível médio (MEC);</li> <li>• Promover interação com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) para implantação de cursos;</li> <li>• Cursos de especialização no país.</li> </ul>
b) Incentivar as instituições de ensino superior à criação de novos cursos de graduação, bem como a inserção de disciplinas relativas ao tema em diversos cursos, tais como engenharias (elétrica; mecânica, civil e produção), Meteorologia, etc., que venham a atender às áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeradores;</li> <li>• Gestão de usinas;</li> <li>• Engenharia e centrais eólicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diretrizes curriculares nacionais para a educação profissional técnica de nível médio (MEC);</li> <li>• Promover interação com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) para implantação de cursos;</li> <li>• Cursos de especialização no país.</li> </ul>
c) Incentivar a adoção de disciplinas em nível de graduação e pós-graduação voltadas para a área temática selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolsas de pós-graduação; e</li> <li>• Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação (MEC).</li> </ul>



Ação	Foco	Instrumentos
d) Fomentar a formação de agentes multiplicadores e profissionais sêniores, por meio da oferta de cursos nos níveis de mestrado e doutorado, bem como a inserção de disciplinas de pós-graduação nos cursos de engenharia, física, economia, planejamento energético, etc., que venham atender às áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeradores;</li> <li>• Recursos eólicos;</li> <li>• Materiais empregados em aerogeradores;</li> <li>• Políticas, economia e análises socioambientais;</li> <li>• Conexão e integração à rede;</li> <li>• Engenharia e centrais elétricas;</li> <li>• Planejamento e operação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oferecimento de bolsas nas modalidades de pesquisador visitante, nacional e estrangeiro; mestrado; doutorado; e pós-doutorado;</li> </ul>
e) Promover a criação de cursos para operadores de laboratórios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• certificação de materiais e equipamentos utilizados pelo setor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolsas para especialistas no exterior;</li> <li>• Diretrizes curriculares nacionais para a educação profissional técnica de nível médio (MEC);</li> <li>• Aumento da integração com o Inmetro e a promoção de ações conjuntas, inclusive de capacitação.</li> </ul>

### 3 Pesquisa

Ação	Foco	Instrumentos
a) Priorizar ações para o apoio das agências de fomento ao desenvolvimento de pesquisas com foco nas linhas prioritárias que se encontrem com baixo grau de maturidade, nas áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeradores;</li> <li>• Recursos eólicos;</li> <li>• Materiais;</li> <li>• Engenharia e centrais elétricas;</li> <li>• Conexão e integração à rede.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chamadas Públicas, a exemplo dos editais do CNPq, Finep, Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs) e chamada de projetos estratégicos Aneel;</li> <li>• Criação de um INCT em energia eólica.</li> </ul>
b) Fomentar a realização de pesquisas com vistas à nacionalização de tecnologias, com maturidade mais avançada, das áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeradores;</li> <li>• Recursos eólicos;</li> <li>• Materiais (ímãs permanentes para máquinas elétricas);</li> <li>• Engenharia e centrais elétricas;</li> <li>• Conexão e integração à rede;</li> <li>• “Normatização, certificação e padronização”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chamadas Públicas, a exemplo da subvenção econômica (Finep), editais de FAPs e de chamada de projetos estratégicos Aneel;</li> <li>• Incentivo ao uso da Lei do Bem e da Lei de Informática para pesquisa na área de Energia Eólica;</li> <li>• Criação de um INCT em energia eólica.</li> </ul>



Ação	Foco	Instrumentos
c) Estabelecer condições para que as agências de fomento possam apoiar o desenvolvimento de pesquisas na área temática de "Política, economia e análise socioambientais", com foco nas linhas prioritárias, com destaque principal nos temas selecionados.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliação de impactos e estudos de viabilidade;*</li><li>• Instrumentos de mercado e financeiros que fomentem melhorias tecnológicas nacionais no setor;</li><li>• Modelos de operação, contratação e precificação para energia eólica que fomentem melhorias tecnológicas nacionais no setor;</li><li>• Modelos de ponderações de fatores de riscos.**</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chamadas Públicas/Programa Rhae, a exemplo de editais da Finep, CNPq, Aneel e FAPs.</li></ul>
d) Promover estudos visando analisar a viabilidade da adoção de sistemas complementares de geração elétrica (sistemas fotovoltaicos inseridos em parques eólicos).	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planejamento e operação.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chamadas públicas/Programa RHAE, a exemplo de editais Finep, CNPq e FAPs e chamadas de projetos estratégicos Aneel.</li></ul>
e) Incentivar a criação de grupos de pesquisa para a realização de estudos para avaliar o impacto da implantação de parques eólicos onshore e offshore.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Normatização, certificação e padronização.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Programa de apoio a núcleos de excelência (Pronex); e</li><li>• Chamadas públicas, a exemplo de editais CNPq, Finep, FAPs e chamadas de projetos estratégicos da Aneel</li></ul>

\*(socioambientais; econômicos regionais; técnicas, etc.)

\*\* (socioeconômicos e ambientais)



## 4 Articulação empresas/ICT's

Ação	Foco	Instrumentos
a) Promover articulação com os órgãos pertinentes, no sentido de estudar e estabelecer mecanismos de desoneração ou subsídios às empresas da cadeia produtiva de energia eólica em contrapartida a investimentos realizados em ICTs, visando ao desenvolvimento do setor nas áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aerogeradores;</li><li>• Conexão e integração à rede.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lei de Informática;</li><li>• Lei do Bem (Lei .11.1196/06);</li><li>• Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS).</li></ul>
b) Utilizar os mecanismos vigentes e seus instrumentos de financiamento para promover a parceria e interação ICT/Empresa em todas as áreas temáticas, com maior destaque nas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aerogeradores;</li><li>• Conexão e integração à rede;</li><li>• Engenharia e centrais eólicas;</li><li>• no desenvolvimento de parâmetros para otimizar a logística de instalações eólicas;*</li><li>• materiais.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chamadas públicas conjuntas, com exigência de participação e contrapartida empresarial, via Finep, CNPq e FAPs;</li><li>• Programa Rhae (Bolsas DTI; Bolsas financiadas pela empresa em contrapartida);</li></ul>
c) Fomentar eventos, que visem à integração da academia com as empresas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Todos os grupos temáticos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chamadas públicas para apoio a eventos (via FAPs e CNPq).</li></ul>
d) Promover o desenvolvimento conjunto de tecnologias por empresas e ICTs nas áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aerogeradores;</li><li>• Materiais compósitos e nanomateriais;</li><li>• Recursos eólicos com desenvolvimento de tecnologias nacionais.**</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Subvenção econômica (Finep);</li><li>• Incentivos das Leis do Bem, da Informática e de Inovação;</li><li>• Introdução do tema no Sistema Nacional de Laboratórios em Nanociências e Nanotecnologias (SisNano);</li><li>• Introdução do tema na Rede de Centros de Inovação Sibratec.</li></ul>
e) Fomentar parcerias entre empresas e ICTs com vistas ao compartilhamento das instalações de centros de meteorologia.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recursos eólicos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Criar um modelo de gestão nos moldes dos INCT's ou Embrapii (Sibratec – centros de inovação/redes temáticas),</li></ul>



Ação	Foco	Instrumentos
f) Criação de um grupo de trabalho envolvendo os principais atores detentores de informações de dados de ventos como Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), entre outros, de modo a melhorar o atual sistema de informações existente (gerenciado pela EPE).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recursos eólicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Articulação entre centros detentores de informação de dados de vento, com apoio das FAP e CNPq para promover estes encontros;</li> <li>Recurso dos fundos setoriais para estudos de apoio.</li> </ul>
g) Incentivar a aproximação das empresas e ICT's, visando à pré-definição do processo de etiquetagem de equipamentos utilizados nos parques eólicos;	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normatização, certificação e padronização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Articulação e apoio ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (Inmetro)</li> </ul>
h) Articular empresas e ICT's, com vistas à especificação do parque tecnológico e aproveitamento de incentivos fiscais para a troca de equipamentos em fase de obsolescência.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planejamento e operação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Linhas de financiamento específicas para modernização de parques eólicos.</li> </ul>

\* (transporte, guindastes e acessos)

\*\* Dotando as empresas, por meio de parcerias com ICTs, de capacidade para absorção das tecnologias Lidar e Sodar

## 5 Parcerias internacionais

Ação	Foco	Instrumentos
a) Promover o intercâmbio com instituições estratégicas internacionais, visando ao compartilhamento de conhecimento para o desenvolvimento das áreas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aerogeradores;</li> <li>Recursos eólicos</li> <li>Materiais;</li> <li>Conexão e integração</li> <li>Engenharia e centrais elétricas</li> <li>Planejamento e operação,*</li> <li>Políticas, economia e análises socioambientais,**</li> <li>Normalização, certificação e padronização.***</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa "Ciência sem Fronteiras";</li> <li>Programa de Áreas Estratégicas e Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (Capes);</li> </ul>
b) Estabelecer um debate estratégico entre países.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aerogeradores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inserção do tema de energia eólica nos entendimentos e acordos internacionais com países detentores de notória especialização no tema.</li> </ul>



Ação	Foco	Instrumentos
c) Estabelecer incentivos ao intercâmbio entre instituições e empresas nacionais e estrangeiras, por meio de cooperação internacional.	• Aerogeradores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de chamadas públicas conjuntas internacionais;</li> <li>• Promover a inserção do tema de energia eólica nos entendimentos e acordos internacionais com países detentores de notória especialização no tema.</li> </ul>
d) Promover no âmbito das agências de cooperação internacionais a temática da energia eólica.	• Aerogeradores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Articulação de representantes de classe e o MCTI com as agências de cooperação internacionais (tais como GIZ, Programa B.BICE - Bureau Brasileiro para Ampliação da Cooperação Internacional com a União Europeia, entre outros).</li> </ul>

\*Com vistas à atualização do modelo nacional

\*\*Visando levantar informação de experiências sobre modelos de comercialização e regulação do setor

\*\*\*Com a finalidade de adaptar e nacionalizar normas internacionais

## 6 Infraestrutura de CT&I

Ação	Foco	Instrumentos
a) Propiciar às ICTs recursos e infraestrutura para o desenvolvimento de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) nas linhas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerogeradores;</li> <li>• Conexão e integração à rede;</li> <li>• Planejamento e operação;</li> <li>• “Normatização, certificação e padronização”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Editais para implantação e modernização de laboratórios, a exemplo dos elaborados pela Finep e CNPq;</li> <li>• Aumento dos investimentos em laboratórios para energia eólica por meio das chamadas de projetos estratégicos Aneel;</li> <li>• Viabilização de encomendas junto aos fundos setoriais para infraestrutura laboratorial.</li> </ul>
b) Promover a implantação de novos laboratórios nas linhas temáticas selecionadas.*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos eólicos, nas linhas prioritárias com destaque à absorção e capacitação nas tecnologias Lidar e Sodar;</li> <li>• Conexão e integração à rede;</li> <li>• Engenharia e centrais elétricas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Editais para implantação de novos laboratórios e modernização dos existentes, a exemplo dos elaborados pela Finep e CNPq;</li> <li>• Aumento dos investimentos em infraestrutura para energia eólica por meio das chamadas de projetos estratégicos Aneel;</li> <li>• Viabilização de encomendas junto aos fundos setoriais para infraestrutura laboratorial.</li> </ul>
c) Disponibilizar infraestrutura básica para desenvolver pesquisas	• políticas, economia e análises socioambientais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Editais vinculados à pesquisa, que incluam investimentos básicos em infraestrutura.</li> </ul>



Ação	Foco	Instrumentos
d) Promover a associação de investimentos na infraestrutura de CT&I com outras políticas integradoras, tais como os modais de transporte (ferrovia; cabotagem; etc.).**	<ul style="list-style-type: none"><li>Engenharia e centrais elétricas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Editais para implantação e modernização de laboratórios, a exemplo dos elaborados pela Finep e CNPq.</li></ul>
e) Promover a criação de laboratórios certificadores/normas com foco nas temáticas selecionadas.	<ul style="list-style-type: none"><li>Aerogeradores, credenciados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro);</li><li>Ensaio de qualidade de energia;</li><li>Medições de ventos em diferentes Regiões do Brasil.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Editais para implantação e modernização de laboratórios, a exemplo dos elaborados pela Finep e CNPq;</li><li>Viabilização de encomendas junto aos fundos setoriais para infraestrutura laboratorial.</li></ul>

\* OBS: No que se refere à área temática "Materiais", promover o aproveitamento de programas que já estão disponibilizando ou desenvolvendo infraestrutura de CT&I, tais como o programa de terras raras, para fomentar também as demandas da cadeia produtiva de energia eólica.

\*\*OBS: promover o aproveitamento de programas, que já estão disponibilizando ou desenvolvendo infraestrutura de CT&I, nas áreas de logísticas e modais de transporte em geral.

## 7 Regulamentação

Ação	Foco	Instrumentos
a) Promover divulgação da Lei de Inovação (repartição da propriedade intelectual entre empresas e ICTs públicas).	<ul style="list-style-type: none"><li>Todos os grupos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Eventos de disseminação de instrumentos de apoio à inovação;</li><li>Reportagens e artigos em publicações do setor energético;</li><li>Fórum de gestores de inovação e transferência de tecnologia e os NITs (Núcleos de Inovação Tecnológica).</li></ul>





Ação	Foco	Instrumentos
b) Promover e nortear discussões e articulação dos organismos competentes, com vistas à realização de estudos com objetivos diferentes para cada foco:	<ul style="list-style-type: none"><li>• “Materiais”: a regulação da exploração e uso de terras raras e o estabelecimento de normas específicas;</li><li>• “Recursos eólicos”: o estabelecimento de regras claras;</li><li>• “Políticas, economia e análises socioambientais”: levar ao conhecimento da Aneel as propostas dos estudos realizados bem como fomentar a atualização da regulamentação vigente, quando se mostrar necessário;</li><li>• “Engenharia e centrais elétricas”: a definição de normas referentes ao controle e monitoramento das peças adquiridas para montagem dos aerogeradores;</li><li>• “Planejamento e operação”: normalização do modelo de sistemas híbridos de geração elétrica;</li><li>• “Normatização, certificação e padronização”: a normatização dos ensaios e testes.”</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Articulação com empresas e poder público para a realização dos estudos.</li></ul>
c) Aprimorar a regulamentação nas áreas temáticas de:	<ul style="list-style-type: none"><li>• “Conexão e integração à rede”, no que se refere à conexão à rede e aproveitamento do sistema já integrado;</li><li>• “Planejamento e operação”, no que se refere ao modelo de operação do sistema elétrico considerando o aumento da participação de energia eólica e outras intermitentes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Articulação com empresas e poder público, com especial destaque a Aneel, ONS, EPE e associações de classe, a exemplo da Abeólica, ABDIB, etc.</li></ul>
d) Promover a regulação:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Na área temática “Engenharia e centrais elétricas”, com foco nos aspectos de segurança, operação e manutenção de centrais eólicas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Articulação com empresas e poder público, com especial destaque a Aneel, ONS, EPE e associações de classe, a exemplo da Abeólica, Abidib etc.</li></ul>



Ação	Foco	Instrumentos
e) Promover a adoção de incentivos fiscais para a troca de equipamentos defasados.	• Planejamento e operação.	• Linhas de financiamento específicas para modernização de parques eólicos (BNDES); • Aprimoramento dos incentivos fiscais existentes ou proposição de novos, a serem identificados.
f) Promover a criação de normatização específica para o setor, bem como a adoção de normatização dos ensaios e testes para:	• Certificação de aerogeradores, materiais e demais componentes da turbina; • Qualidade de energia em parques eólicos; • Etiquetagem de equipamentos utilizados nos parques eólicos;	• Incentivar a criação de grupos de estudos com a finalidade de mitigar a falta de definição e a adequação das normas existentes, com a participação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Inmetro; • Tradução e adequação das normas internacionais (IEC) para uso nacional.

\*(Aerogeradores; Materiais e demais componentes da turbina; Qualidade de energia)



## REFERÊNCIAS

---

- AGÊNCIA AMBIENTE ENERGIA. **Eólica: Brasil pode ser 10º produtor mundial em 2013**. Disponível em: <<http://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2012/04/eolica-brasil-pode-ser-10o-produtor-mundial-em-2013/18428>>
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. Avaliação das perspectivas de desenvolvimento tecnológico para a indústria de bens de capital para energia renovável (PDTS-IBKER), 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - Aneel. Banco de Informações de Geração (BIG). **Capacidade de geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>
- \_\_\_\_\_. **Programa de pesquisa e desenvolvimento**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=75&idPerfil=6>>.
- CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/cceeinterdsm>>.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA - CRESESB. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília, 2001.
- COSTA, R.A.; CASSOTI, B.P. e AZEVEDO, R.L.S. Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. **BNDES Setorial**, n. 29, 2009.
- DUTRA, R. **Proposta de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do PROINFA**. UFRJ/COPPE, 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balço Energético Nacional- BEN (ano Base 2011)**. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Bons ventos no Brasil**, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Desenvolvimento da tecnologia eólica no Brasil**. Rio de Janeiro, Maio 2012.



\_\_\_\_\_. **Informe à imprensa: contratação no leilão de reserva totaliza 1.218,1 MW, através de 41 usinas.** São Paulo, 2011.

\_\_\_\_\_. **Informe à imprensa: leilões de fontes alternativas contratam 89 usinas, com 2.892,2 MW.** São Paulo, 2010.

\_\_\_\_\_. **Informe à imprensa: leilão de energia para 2014 contrata 51 usinas, somando 2.744 MW.** São Paulo, 2011.

\_\_\_\_\_. **Informe à imprensa: leilão de energia para 2016 contrata 1.211,5 MW de 42 projetos de geração.** São Paulo, 2011.

\_\_\_\_\_. **Informe à imprensa: primeiro leilão de energia eólica do país viabiliza a construção de 1.805,7 MW.** São Paulo, 2009.

\_\_\_\_\_. **Leilões.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/leiloes>>.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Energia – PNE 2030.** Rio de Janeiro, 2007.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS - Finep. **Financiadora de Estudos e Projetos.** Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/>>.

GAVINO, N.A. **Energia eólica: uma análise dos incentivos à produção (2002-2009).** UFRJ/ Instituto de Economia, 2011.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC. **Análise do marco regulatório para a geração eólica no Brasil – Relatório de síntese.** São Paulo, 2011.

\_\_\_\_\_. **Global Wind Report 2011.** Global Wind Energy Council, março 2012.

IMPESA WIND. **Impsa downloads.** Disponível em: <<http://www.impesa.com/pt/downloads>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA Wind. **Annual Report 2003.** Boulder, 2004. Disponível em: <[http://www.ieawind.org/AnnualReports\\_PDF/2003.html](http://www.ieawind.org/AnnualReports_PDF/2003.html)>.

\_\_\_\_\_. **Annual Report 2009.** Boulder, 2010. Disponível em: <[http://www.ieawind.org/AnnualReports\\_PDF/2009/2009AR\\_92210.pdf](http://www.ieawind.org/AnnualReports_PDF/2009/2009AR_92210.pdf)>.



LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **Revealing the Hidden Value that the Federal Investment Tax Credit and Treasury Cash Grant Provide To Community Wind Projects.** Berkeley, 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica (Proinfa).** Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa>>.

SUZLON. **Powering a greener tomorrow.** Disponível em: <<http://www.suzlon.com>>.

THE WIND POWER. **Wind Power.** Disponível em: <<http://www.thewindpower.net>>.

TOLMASQUIM, T.M. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro.** Synergia Editora. 2011.

WOBLEN WIND POWER - WWP. **Usinas Eólicas.** Disponível em: <<http://www.wobben.com.br/usinas-eolicas/>>.

WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION (WWEA). **Small wind world report.** Husum, 2012.





## ANEXOS

### Anexo 1 – Capacidade instalada de energia eólica global em MW – Distribuição por Região

Região	País	em 2011	final 2011	%	Ranking
África & Oriente Médio	Egito	550	550	0,23	27
	Marrocos	5	291	0,12	29
	Outros	-	137	0,06	31
	Irã	1	91	0,04	36
	Cabo Verde	22	24	0,01	41
América do Norte	EUA	6.810	46.919	19,74	2
	Canadá	1.267	5.265	2,22	9
	México	50	569	0,24	25
América Latina & Caribe	Brasil	583	1.509	0,63	21
	Chile	33	205	0,09	30
	Costa Rica	13	132	0,06	32
	Argentina	79	130	0,05	35
	Outros	10	128	0,05	34
	Honduras	102	102	0,04	35
	Caribe	-	91	0,04	37
República Dominicana	33	33	0,01	39	
Ásia	China	17.631	62.364	26,24	1
	Índia	3.019	16.084	6,77	5
	Japão	168	2.501	1,05	14
	Taiwan	45	564	0,24	26
	Coreia do Sul	28	407	0,17	28
	Outros	9	79	0,03	38
	Vietnã	29	30	0,01	40



Região	País	em 2011	final 2011	%	Ranking
Europa	Alemanha	2.086	29.060	12,23	3
	Espanha	1.050	21.674	9,12	4
	França	830	6.800	2,86	6
	Itália	950	6.737	2,83	7
	Reino Unido	1.293	6.540	2,75	8
	Portugal	377	4.083	1,72	10
	Dinamarca	178	3.178	1,63	11
	Resto da Europa	966	3.708	1,56	12
	Suécia	763	2.970	1,25	13
	Holanda	68	2.328	0,68	15
	Turquia	470	1.799	0,76	17
	Irlanda	239	1.631	0,69	18
	Grécia	311	1.629	0,69	19
	Polónia	436	1.616	0,68	20
	Áustria	73	1.084	0,46	22
Região do Pacífico	Bélgica	192	1.078	0,45	23
	Austrália	234	2.224	0,94	16
	Nova Zelândia	109	623	0,26	24
	Ilhas do Pacífico	-	12	0,01	42
World Total		40.564	237.672	100%	

Fonte: GWEC, 2011.

## Anexo 2 – Parques eólicos em operação no Brasil.

Usina	Potência FISCALIZADA (kW)	Proprietário
Campo Belo	10.500	Campo Belo Energia Eólica S.A.
Salto	30.000	Salto Energia Eólica S.A.
Amparo	22.500	Amparo Energia Eólica S.A.
Aquibatã	30.000	Aquibatã Energia Eólica S.A.
Bom Jardim	30.000	Bom Jardim Eólica S.A.
Bons Ventos	50.000	Bons Ventos Geradora de Energia S.A.
Taíba Albatroz	16.500	
Canoa Quebrada	57.000	
Parque Eólico Enacel	31.500	





Usina	Potência FISCALIZADA (kW)	Proprietário
Aratuá I	14.400	Brasventos. Aratuá 1 Geradora de Energia S.A.
Vitória	4.500	Cardus Energia Ltda.
Cascata	6.000	Cascata Energia Eólica S.A.
Alhandra	6.300	Cedin do Brasil Ltda.
Eólio - Elétrica de Palmas	2.500	Centrais Eólicas do Paraná Ltda.
Eólica Praias de Parajuru	28.804	Central Eólica Praia de Parajuru S.A.
Praia do Morgado	28.800	Central Eólica Praia do Morgado S.A.
Volta do Rio	42.000	Central Eólica Volta do Rio S.A.
Eólica Água Doce	9.000	Central Nacional de Energia Eólica Ltda.
Parque Eólico do Horizonte	4.800	
Ventos do Brejo A-6	6	Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis – CTGAS-ER
Cruz Alta	30.000	Cruz Alta Energia Eólica S.A.
Parque Eólico Elebrás Cidreira 1	70.000	Elebrás Projetos S.A.
IMT	2,2	Electra Power Geração de Energia Ltda.
RN 15 - Rio do Fogo	49.300	Energias Renováveis do Brasil S.A.
Parque Eólico de Beberibe	25.600	Eólica Beberibe S.A.
Cerro Chato I (Ex. Coxilha Negra V)	30.000	Eólica Cerro Chato I S.A.
Cerro Chato II (Ex. Coxilha Negra VI)	30.000	Eólica Cerro Chato II S.A.
Cerro Chato III (Ex. Coxilha Negra VII)	30.000	Eólica Cerro Chato III S.A.
Praia Formosa	104.400	Eólica Formosa Geração e Comercialização de Energia S.A.
Xavante	4.950	Eólica Gravatá - Geradora de Energia S.A.
Mandacaru	4.950	
Santa Maria	4.950	
Gravatá Fruitrade	4.950	
Eólica Icaraizinho	54.600	Eólica Icaraizinho Geração e Comercialização de Energia S.A.
Mangue Seco 1	26.000	Eólica Mangue Seco - Geradora e Comercializadora de Energia Elétrica S.A.
Mangue Seco 2	26.000	
Mangue Seco 3	26.000	
Mangue Seco 5	26.000	
Eólica Paracuru	23.400	Eólica Paracuru Geração e Comercialização de Energia S.A.
Pedra do Sal	18.000	Eólica Pedra do Sal S.A.
Pirauá	4.950	Eólica Pirauá Geradora de Energia S.A.



<b>Usina</b>	<b>Potência FISCALIZADA (kW)</b>	<b>Proprietário</b>
Gargaú	28.050	Gargaú Energética S.A.
Miassaba II	14.400	Miassaba Geradora Eólica S.A.
Alegria I	51.000	New Energy Options Geração de Energia S.A.
Alegria II	8.250	
Eólica de Bom Jardim	600	Parque Eólico de Santa Catarina Ltda.
Fazenda Rosário	8.000	Parques Eólicos Palmares S.A.
Fazenda Rosário 3	14.000	
Parque Eólico de Palmares	8.000	
Macau	1.800	Petróleo Brasileiro S.A.
Pulpito	30.000	Pulpito Energia Eólica S.A.
Rio do Ouro	30.000	Rio de Ouro Energia Eólica S.A.
Eólica Canoa Quebrada	10.500	Rosa dos Ventos Geração e Comercialização de Energia S.A.
Lagoa do Mato	3.230	
Santo Antônio	3.000	Santo Antônio Energia Eólica S.A.
Foz do Rio Choró	25.200	SIIF Cinco Geração e Comercialização de Energia S.A.
Millennium	10.200	SPE Millennium Central Geradora Eólica S.A.
Presidente	4.500	Vale dos Ventos Geradora Eólica S.A.
Camurim	4.500	
Albatroz	4.500	
Coelhos I	4.500	
Coelhos III	4.500	
Atlântica	4.500	
Caravela	4.500	
Coelhos II	4.500	
Coelhos IV	4.500	
Mataraca	4.500	
Parque Eólico de Osório	50.000	Ventos do Sul Energia S.A.
Parque Eólico Sangradouro	50.000	
Parque Eólico dos Índios	50.000	
Eólica de Prainha	10.000	Wobben Wind Power Industria e Comércio Ltda.
Eólica de Taíba	5.000	
Mucuripe	2.400	



### Anexo 3 – Listas das instituições por área e número de pesquisadores

Nome da Instituição	Sigla	Laboratório	Sigla	N.P*	Estado	Grupo Temático
Universidade Federal de Pernambuco	UFPE	Centro brasileiro de energia eólica	CBEE	1	PE	Tecnologia de Aero geradores; Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade;
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	PUC-RS	Centro de energia eólica	CE-EÓLICA	5	RS	Tecnologia de Aero geradores; Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade; Recursos Eólicos; Centrais Eólicas
Centro de Energias Alternativas e Meio Ambiente	CENEA			1	CE	Recursos Eólicos; Política, Economia e Análise
Universidade do Estado do Rio de Janeiro	UERJ	O centro de fontes renováveis de energia	CFRE	1	RJ	Recursos Eólicos
Centro de Pesquisas em Energia Elétrica	CEPEL	Centro de referência para energias solar e eólica sérgio de salvo brito	CRESESB	1	RJ	Normatização, Certificado e Padromização
Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro	PUC-RJ			3	RJ	Técno logia de Aero geradores
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	PUC-RS	Núcleo de tecnologia de materiais	NUTEMA	9	RS	Técno logia de Aero geradores; Recursos Eólicos; Planejamento e operação das Usinas Eólicas; Centrais Eólicas
Universidade Estadual do Norte Fluminense	UENF			2	RJ	Recursos Eólicos
Centrais Elétricas Brasileiras	Eletrobrás			1	RS	Tecnologia de Aero geradores; Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade; Engenharia, projeto; Planejamento e operação das Usinas Eólicas; Política, Economia e Análise; Normatização, Certificado e Padromização; Centrais Eólicas
Universidade Federal do Abc	UFABC	Laboratório de sistemas elétricos de potência	LABSEP	1	SP	Técno logia de Aero geradores; Engenharia, projeto



Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG			1	MG	Tecnologia de Aerogeradores; Recursos Eólicos
Universidade Federal de Viçosa	UFV	Gerência de especialistas em sistemas elétricos de potência	GESEP	1	MG	Tecnologia de Aerogeradores; Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade; Planejamento e operação das Usinas Eólicas; Centrais Eólicas
Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC	Laboratórios de engenharia de processos de conversão e tecnologia de energia	LEPTEN	2	SC	Recursos Eólicos; Política, Economia e Análise
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial	SENAI-RN	Centro de tecnologias do gás & energias renováveis	CTGAÁS	10	RN	Normatização, Certificado e Padromização
Universidade Federal do Ceará	UFC	Grupo de processamento de energia e controle	GPEC	8	CE	Tecnologia de Aerogeradores; Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade; Engenharia, projeto; Planejamento e operação das Usinas Eólicas; Política, Economia e Análise; Centrais Eólicas
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	UFRN			4	RN	
Universidade Federal Rural do Semi-Arido	UFERSA			1	RN	Recursos Eólicos
Universidade Federal de Pernambuco	UFPE	Laboratório digital de sistema de potência	LDSP	1	PE	Recursos Eólicos
Universidade Federal de Pernambuco	UFPE	Grupo de eletrônica de potência e acionamentos elétricos	GEPAE	4	PE	Tecnologia de Aerogeradores; Centrais Eólicas
Universidade de Pernambuco	UPE	Grupo de pesquisa de energia renovável	GPER	2	PE	Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade; Centrais Eólicas
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	Poli-USP	Núcleo de energias renováveis	NER	1	SP	Política, Economia e Análise
Universidade Federal de Uberlândia	UFU			3	MG	Tecnologia de Aerogeradores; Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade; Planejamento e operação das Usinas Eólicas; Centrais Eólicas



Universidade Federal Fluminense	UFF	Laboratório de energia dos ventos	LEV	5	RJ	Normatização, Certificado e Padromização; Centrais Eólicas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS	Grupo de modelagem e análise de sistemas de potência	GMASP	1	RS	Conexão, e Integração a Rede, Controle de Qualidade; Centrais Eólicas
Universidade Estadual de CAMPINAS	UNICAMP	Faculdade de engenharia mecânica	FEM	1	SP	Materiais
Universidade Estadual do Norte Fluminense	UENF	Laboratório de meteorologia	LAMET	1	RJ	
Universidade Federal do Pampa	UNIPAMPA	laboratório de modelagem e simulação numérica	LMSC	6	RS	Tecnologia de Aerogeradores; Recursos Eólicos; Centrais Eólicas
Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ	Laboratório de mecânica dos fluidos e aerodinâmica	PEM	1	RJ	Materiais
Universidade Federal de Santa Maria	UFSM	Grupo de eletrônica de potencia e controle	GEPOC	2	RS	Tecnologia de Aerogeradores
Universidade Estadual do Oeste do Paraná	UNIOESTE			1	PR	
Universidade Luterana do Brasil	ULBRA			2	RS	Tecnologia de Aerogeradores
Universidade Estadual Paulista	UNESP			2	SP	Planejamento e operação das Usinas Eólicas
Universidade Federal do Pará	UFPA	Grupo de estudos e desenvolvimento de alternativas energéticas	GEDAE	5	PA	Tecnologia de Aerogeradores
Universidade Federal de Alagoas	UFAL	Laboratório de modelagem atmosférica	ICAT	1	AL	Recursos Eólicos
Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC	Grupo de concepção e análise de dispositivos eletromagnéticos	GRUCAD	1	SC	
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	PUC-RS	Laboratório de eletrônica de potência	LEPUC	1	RS	
Universidade Federal de Sao João del- Rei	UFSJ			1	MG	Centrais Eólicas
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca	CEFET-RJ	Laboratório de análises e previsões ambientais	LAPA	1	RJ	Recursos Eólicos

\*N.P - Número de pesquisadores





## LISTA DE TABELAS

---

Tabela A.1 – Relevância de cada dimensão das ações de PD&I por grupo temático	12
Tabela 2.1 – Dados dos leilões de 2009, 2010 e 2011.	29
Tabela 2.2 – Fabricantes de aerogeradores no Brasil	34
Tabela 3.1 – Instituições de pesquisa e de pesquisadores por área no Brasil.	44
Tabela 3.2 – Projetos envolvendo alternativas de sistemas de geração de energia elétrica em comunidades isoladas da Amazônia Legal	49
Tabela 3.3 – Capacitação laboratorial e formação de recursos humanos em fontes renováveis de energia	50
Tabela 4.1 – Classificação da maturidade	57
Tabela 4.2 – Tecnologia de aerogeradores	58
Tabela 4.3 – Recursos eólicos.	59
Tabela 4.4 – Materiais	62
Tabela 4.5 – Política, economia e análises socioambientais	63
Tabela 4.6 – Conexão e integração à rede	64
Tabela 4.7 – Engenharia e centrais eólicas	65
Tabela 4.8 – Planejamento e operação	67
Tabela 4.9 – Normatização, certificação e padronização	68
Tabela 4.10 – Relevância de cada dimensão das ações de PD&I por grupo temático	70







## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 2.1 – (a) 10 países com maiores potências instaladas durante o ano de 2011. (b) Potência acumulada até dezembro de 2011.	21
Figura 2.2 – Preço da energia eólica na América Latina	30
Figura 2.3.a – N° de projetos nos leilões por ano	30
Figura 2.3.b – Potência (MW) dos Leilões por ano	30
Figura 2.4 – Mapeamento dos parques eólicos no Brasil	31
Figura 3.1 – Configuração dominantes dos aerogeradores e seu custo equivalente por produto.	39
Figura 3.2 – Características e tendências do setor eólico brasileiro.	41
Figura 3.3 – Mapeamento das áreas de pesquisa no Brasil	43
Figura 3.4 – Principais instituições de pesquisa e pesquisadores no Brasil por Região	44
Figura 3.5 – Mapeamento da quantidade de instituições de ensino/ pesquisadores por Região no Brasil.	45
Figura 3.6 – Investimentos em energia eólica por ciclo (em milhões).	46
Figura 3.7 – Investimentos no setor eólico (em milhões)	47
Figura 3.8 – Investimentos das empresas por área de pesquisa em energia eólica (em milhões de reais).	48
Figura 3.9 – Investimentos (em milhões) da Finep em projetos de PD&I nos últimos 10 anos em cada Região	51



## Documentos Técnicos disponíveis:

- 01 - 10 – Avaliação do programa de apoio à implantação e modernização de centros vocacionais tecnológicos (CVT)
- 02 - 10 – Energia solar fotovoltaica no Brasil
- 03 - 10 – Modelos institucionais das organizações de pesquisa
- 04 - 10 – Rede de inovação tecnológica para o setor madeireiro da Amazônia Legal
- 05 - 10 – Quadro de atores selecionados no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: Universidades brasileiras
- 06 - 10 – Quadro de atores selecionados no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação
- 07 - 10 – Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025
- 08 - 10 – Biocombustíveis aeronáuticos: Progressos e desafios
- 09 - 10 – Siderurgia no Brasil 2010-2025
- 10 - 11 – Inovações Tecnológicas em Cadeias Produtivas Selecionadas: Oportunidades de negócios para o município de Recife (PE)
- 11 - 11 – Avaliação do impacto da Olimpíada Brasileira de Matemática nas Escolas Públicas (OBMEP)
- 12 - 11 – Eletrônica Orgânica: contexto e proposta de ação para o Brasil
- 13 - 12 – Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**