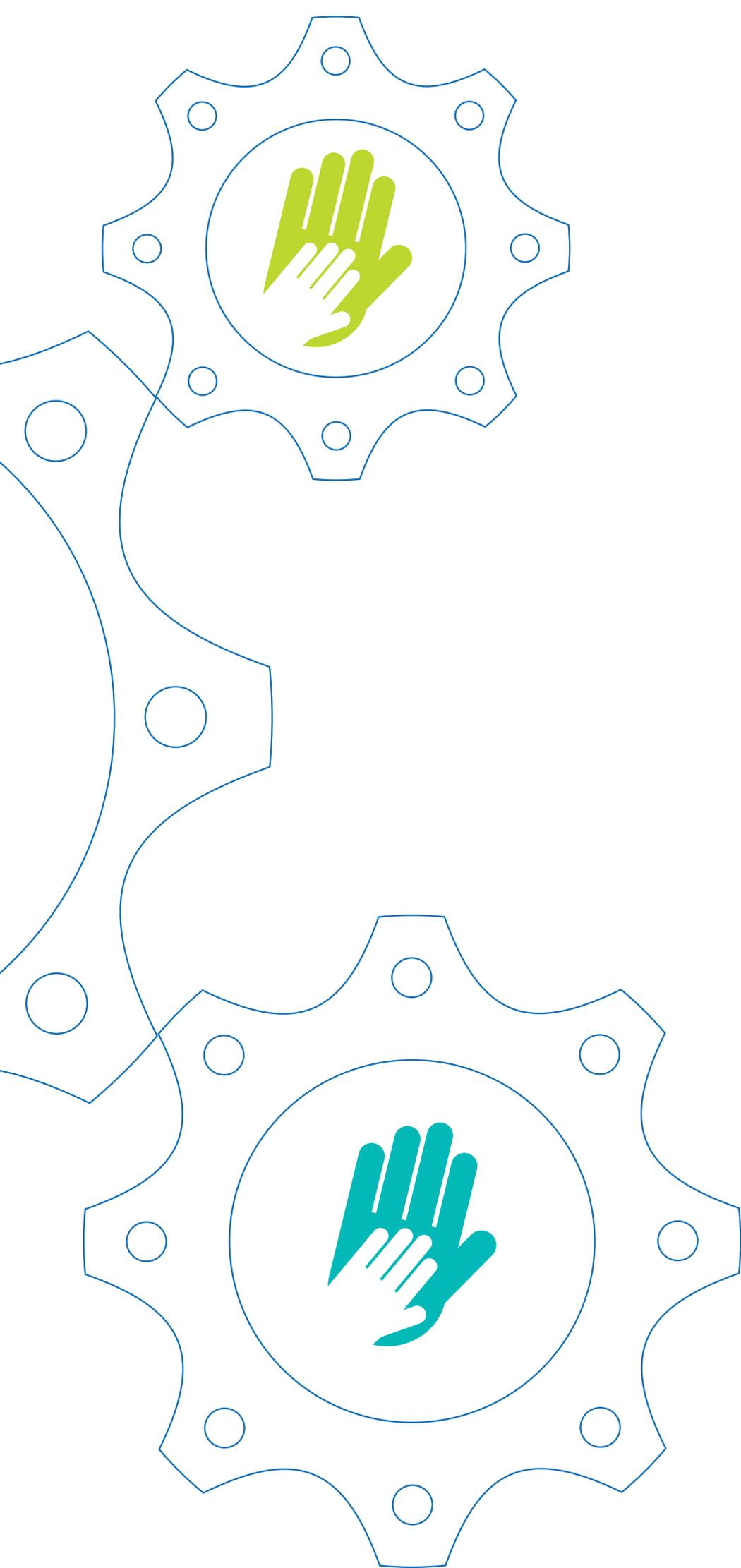




Cadeia de Valor da Energia Eólica no Brasil

Projeto
Plataforma





CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

© 2017 Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae
Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998).

Informações e contatos

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae
Unidade de Atendimento Setorial – Indústria
SGAS 605 – Conjunto A – CEP 70200-904 – Brasília/DF
Telefone: 0 800 570 0800
www.sebrae.com.br

Presidente do Conselho Deliberativo Nacional

Robson Braga de Andrade

Diretor-Presidente

Guilherme Afif Domingos

Diretora Técnica

Heloisa Regina Guimarães de Menezes

Diretor de Administração e Finanças

Vinicius Lages

Unidade de Atendimento Setorial Indústria

Gerente

Kelly Cristina Valadares de Pinho Sanches

Gerente Adjunta

Analuiza de Andrade Lopes

Equipe Técnica

Camila M. A. Gontijo
Eliane Lobato Peixoto Borges

Colaboradores - Sistema Sebrae

Alexandre de Oliveira Ambrosini
Cristina Vieira Araújo
Denis Pedro Nunes
Louise Alves Machado
Rosana Cristóvão Melo

Colaborador - ABEEÓLICA

Sandro Yamamoto

Way Carbon

Autores

Breno Rates
Felipe Bittencourt
Isabela Aroeira

Co-autores

José Arthur Botelho
Julio Carepa
Matheus Brito
Pamela Fernanda Silva
Pedro Morais

Unidade de Desenvolvimento de Produtos e Cultura Empresarial

Gerente

Mirela Malvestiti

Gerente Adjunta

Olívia Castro

Editoração

Lourdes Hungria
Luciana Rodrigues
Jéssica Martins

Revisão Ortográfica

Discovery - Formação Profissional Ltda. - ME

Projeto gráfico

Vanessa Farias Kassabian

Diagramação

Ayrton Cruz
Breno Morozowski

C122

Cadeia de valor da energia eólica no Brasil / Felipe Bittencourt... [et al.]. – Brasília : Sebrae, 2017.

202 p. il., color.

Projeto Plataforma.
Bibliografia.

ISBN

1. Energia eólica. 2. Energia renovável. 3. Cadeia de valor. I. SEBRAE II. Título

CDU – 621.548

FIGURAS

FIGURAS

Figura 1 – % de Energia Renovável por fonte.....	14
Figura 2 – Malha de transmissão de energia elétrica no Brasil.....	28
Figura 3 – Como são realizados leilões de energia	35
Figura 4 – Destaques Brasil no Segmento Eólico.....	39
Figura 5 – Direção predominante dos ventos por mês durante o ano de 2016 no estado do Rio Grande do Norte	41
Figura 6 – Potencial máximo dos estados brasileiros	45
Figura 7 – Potencial <i>Offshore</i> no Brasil.....	46
Figura 8 – Plano de Nacionalização Progressiva	57
Figura 9 – Macro Cadeia de Valor da Energia Eólica	75
Figura 10 – Esquema básico de uma aerogerador (WTG).....	84
Figura 11 – Principais Componentes da Geração Centralizada Energia Eólica.....	94
Figura 12 – Cadeia de Valor da Microgeração de Energia Eólica	98
Figura 13 – Rotor horizontal	103
Figura 14 – Rotos H-Darrieus.....	103
Figura 15 – Mapeamento dos sistemas de mini e microgeração distribuída.....	112
Figura 16 – Parque de geração híbrida eólica e fotovoltaica	133
Figura 17 – Bateria para sistemas de geração distribuída.....	135
Figura 18 – Representação esquemática da projeção do Valor Adicionado da energia eólica na economia brasileira	138
Figura 19 – Representação esquemática da projeção da demanda de energia do PDE 2024	139
Figura 20 – Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração PDE 2024.....	140
Figura 21 – Participação do PIB da energia eólica atual projetada (em valores de 2016)	144
Figura 22 – Pontuação brasileira para cada critério utilizado no Índice de Competitividade Global.....	151
Figura 23 – Fatores mais problemáticos para se fazer negócio no Brasil	152
Figura 24 – Posição competitiva dos 18 países selecionados Classificação geral e por critério avaliado	153
Figura 25 – Forças de Porter.....	161
Figura 26 – Consumo de energia por fonte renovável nos EUA	169
Figura 27 – Capacidade total instalada dos EUA.....	173
Figura 28 – Distribuição de Parques Eólicos e Componentes	177
Figura 29 – Distribuição de Componentes e Subcomponentes	178
Figura 30 – Distribuição de Parques Eólicos e Serviços	179

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Capacidade instalada mundial de energia eólica (2006 – 2016).....	13
Gráfico 2 – <i>Ranking</i> dos principais países em capacidade instalada de energia eólica (MW).....	15
Gráfico 3 – Investimentos (US\$ bilhões) em energia eólica em 2015 segundo REN 21 (2016)	15
Gráfico 4 – Market-share do setor de turbinas eólicas	17
Gráfico 5 – Acréscimo de capacidade eólica instalada por país na Europa(2016)	22
Gráfico 6 – Relação entre o regime de chuvas e a intensidade dos ventos.....	31
Gráfico 7 – Emissões de CO ₂ evitadas por ano (toneladas).....	32
Gráfico 8 – Origem da energia contratada em leilões por estado brasileiro	37

Gráfico 9 – Evolução da Capacidade Instalada (MW).....	38
Gráfico 10 – Investimentos em energia eólica no Brasil (US\$ milhões).....	39
Gráfico 11 – Potência Instalada por Estado.....	49
Gráfico 12 – Preço da Energia Eólica Contratada por Leilão (R\$/MWh).....	51
Gráfico 13 – Custo Marginal de Expansão (CME) – em R\$/MWh.....	52
Gráfico 14 – Presença das tarifas <i>feed-in</i> e dos leilões nos países.....	55
Gráfico 15 – Demanda anual por fabricante no Brasil.....	123
Gráfico 16 – 10 maiores empreendedores do mercado.....	126

TABELAS

Tabela 1 – Extensão das linhas de transmissão do SIN em 2014, por tensão.	28
Tabela 2 – Número de Projetos e potência dos empreendimentos elétricos no Brasil	29
Tabela 3 – Número de Projetos e potência dos empreendimentos em construção no Brasil	30
Tabela 4 – Leilões de Energia Eólica – Resultado consolidado dos leilões por contrato.....	36
Tabela 5 – Capacidade Instalada de Geração Elétrica no Brasil (em GW).....	141

QUADROS

Quadro 1 – Tipologias de leilões energéticos no Brasil.....	35
Quadro 2 – Potencial da energia eólica nos estados que possuem atlas	43
Quadro 3 – Condições de financiamento para projetos de energia eólica.....	61
Quadro 4 – Instituições de apoio	67
Quadro 5 – Instituições de pesquisa	70
Quadro 6 – Agentes Financeiros Regionais FINEP.....	73
Quadro 7 – Componentes e subcomponentes da Nacele.....	85
Quadro 8 – Componentes e subcomponentes das torres.....	86
Quadro 9 – Componentes e subcomponentes do rotor.....	87
Quadro 10 – Materiais e respectivos componentes	91
Quadro 11 – Unidades geradoras de geração eólica distribuída	107
Quadro 12 – Fabricantes e fornecedores: Mini e microgeração	114
Quadro 13 – Forças que afetam a competitividade da fonte eólica: Entre Países	157
Quadro 14 – Forças que afetam a competitividade da fonte eólica: Entre fontes	158
Quadro 15 – Forças que afetam a competitividade da energia eólica: Entre Fornecedores de máquinas e equipamentos	159
Quadro 16 – Forças competitivas de Porter aplicadas na cadeia eólica	162



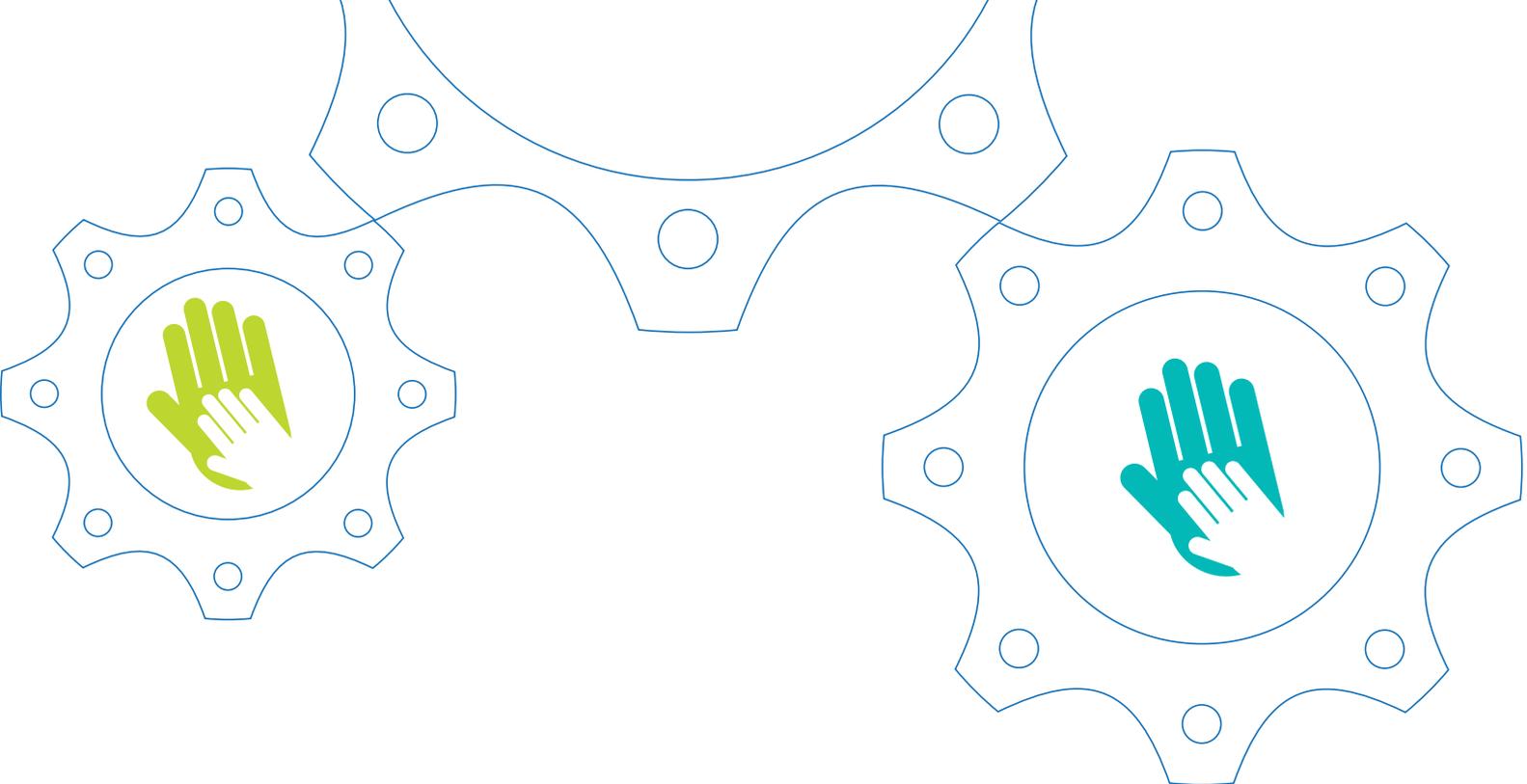
Sumário

1. APRESENTAÇÃO	10
2. ENERGIA EÓLICA NO MUNDO	12
2.1 O Mercado Industrial de Energia Eólica.....	16
3. PANORAMA DE ENERGIA EÓLICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA.....	26
3.1 Energia elétrica no Brasil	27
3.2 Complementariedade entre Sistema Hidrelétrico e Energia Eólica	30
3.3 Energia Eólica e Mudanças Climáticas	31
3.4 Energia Eólica no Brasil.....	33
3.5 Potencial eólico brasileiro.....	40
3.6 Energia Eólica por Regiões do País.....	42
4. LEIS, REGULAMENTAÇÕES E PROGRAMAS DE INCENTIVO À ENERGIA EÓLICA	48
4.1 Preço da Energia Eólica.....	51
5. FINANCIAMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL	54
5.1 Custo de Capital.....	64
6. INSTITUIÇÕES DE APOIO LIGADAS À CADEIA DE VALOR EÓLICA NO BRASIL	66
6.1 Instituições de Pesquisa Ligadas à Cadeia de Valor Eólica no Brasil.....	69
7. CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA.....	74
7.1 Estudos Preliminares	75
7.1.1 Estudos de Ventos	75
7.1.2 Projeto Básico	76
7.1.3 Licenciamento Ambiental	76
7.1.4 Regularização Fundiária.....	77
7.2 Análise de Viabilidade.....	77
7.2.1 Análise de Retorno.....	78
7.2.2 Contratos Fornecedores	79
7.2.3 Créditos de Carbono	79
7.2.4 Due Diligence projetos	80
7.2.5 Seguros.....	80
7.3 Contratos de Comercialização	81
7.3.1 Assessoria Leilões ANEEL.....	81
7.3.2 Gestão de Consumo.....	82
7.3.3 Negociação de energia	82



Sumário

7.4	Fornecimento de Equipamentos.....	83
7.4.1	WTG Wind Turbine Generator (WTG) ou Aero gerador.....	83
7.4.2	BOP Eletromecânico.....	87
7.5	Construção e Comissionamento.....	88
7.5.1	BOP Civil.....	88
7.5.2	Instalação e Comissionamento de Equipamentos.....	88
7.6	Operação Comercial.....	89
7.6.1	Monitoramento da Geração.....	89
7.6.2	Gestão de Empresa.....	89
7.6.3	Serviços de Manutenção.....	90
7.6.4	Fornecimento de Peças.....	90
7.7	Serviços complementares.....	90
8.	CADEIA DE VALOR DE MINI E MICROGERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA	96
8.1	Análise de viabilidade técnica e econômica.....	99
8.1.1	Estudos de Ventos.....	99
8.1.2	Projeto Técnico.....	99
8.1.3	Análise de Custo x Benefício.....	100
8.1.4	Obtenção de Licenças.....	100
8.2	conexão.....	102
8.2.1	Micro/Minigeradores.....	102
8.2.2	BOP Eletromecânico.....	104
8.2.3	Instalação.....	104
8.3	Operação e manutenção.....	105
8.3.1	Monitoramento da Geração.....	105
8.3.2	Serviços de Manutenção.....	106
8.4	Mapeamento dos sistemas de micro e minigeração no Brasil.....	106
8.5	Relação com Pequenos Negócios.....	116
9.	STARTUPS NA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA.....	118
10.	TENDÊNCIAS DE MERCADO E MOVIMENTAÇÕES ESTRATÉGICAS NA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA	122
10.1	Fusões e Aquisições.....	124
10.2	Leilão de Descontratação.....	127
10.3	Exportações.....	129
10.4	Mercado Livre de Energia.....	129
10.5	Novo mercado de O&M.....	130
10.6	Grupo de Trabalho ABDI.....	131
11.	TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS.....	132
12.	DIMENSIONAMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA CADEIA EÓLICA NA ECONOMIA BRASILEIRA – CENÁRIOS E PROJEÇÕES	136
13.	GARGALOS PRODUTIVOS NA CADEIA DE ENERGIA EÓLICA	144



14. GARGALOS PRODUTIVOS E INDICADORES DE COMPETITIVIDADE NO BRASIL.....	148
14.1 Gargalos Produtivos no Brasil	149
14.2 Análise de competitividade na cadeia brasileira e internacional	150
14.3 Competitividade na indústria	152
15. FORÇAS COMPETITIVAS NA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E GAPS DE COMPETITIVIDADE	156
15.1 Forças competitivas de Porter	161
16. POSSÍVEIS E POTENCIAIS COMPLEMENTARIDADES COM OUTRAS CADEIAS BRASILEIRAS	164
17. MELHORES PRÁTICAS PARA INSERÇÃO DE PEQUENOS NEGÓCIOS NA CADEIA – ÊNFASE NOS EUA, CALIFÓRNIA.....	168
17.1 Energia Eólica nos EUA.....	169
17.1.1 20% Wind Energy by 2030	169
17.2 Incentivos a Pequenos Negócios	171
18. MAPEAMENTO DE EMPRESAS DA CADEIA DE GERAÇÃO E LEVANTAMENTO DE POTENCIAIS POLOS	176
19. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS PRINCIPAIS DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA CADEIA DE VALOR NO BRASIL PARA OS PEQUENOS NEGÓCIOS	182
19.1 Desafios.....	183
19.2 Oportunidades	184
20. SINALIZAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS E PRINCIPAIS PARCEIROS PARA ACELERAÇÃO DA INSERÇÃO DE PEQUENOS NEGÓCIOS	188
21. CONCLUSÃO	192
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	195



Apresentação

No âmbito do Projeto Plataforma de Colaboração para a Difusão e Implantação de Iniciativas de Apoio às Micro e Pequenas, fruto de parceria firmada com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI), foram realizados cinco grandes estudos técnicos sobre cadeias de valor estratégicas para a indústria nacional. Uma delas é a da cadeia de valor da Energia Eólica, objeto deste documento.

A energia eólica é uma fonte de energia limpa, que aproveita o movimento dos ventos para gerar energia útil, como a eletricidade. O Brasil é pioneiro na América Latina na instalação de sistemas e utilização desse tipo de energia. Nos próximos anos, a energia eólica deve crescer e se fortalecer, no Brasil e no mundo. O barateamento da tecnologia, a crescente preocupação com o meio ambiente, a abundância do recurso, e a atividade de microgeração a partir de fontes alternativas são alguns dos fatores que contribuirão para a difusão da energia eólica.

Esse prognóstico, contudo, não elimina os desafios, especialmente para os pequenos negócios. É nesse cenário que se insere o Projeto Plataforma. Ao reunir informações sensíveis sobre o segmento, estruturá-las, apontar tendências e traçar projeções, o Projeto contribui para o fortalecimento da rede de apoio necessária ao salto quantitativo e qualitativo que se espera por parte das empresas que compõem a cadeia nos próximos anos.

O Projeto Plataforma se configura em uma das principais ferramentas auxiliares ao planejamento de intervenções em prol dos pequenos negócios, considerando um cenário de crise, em que o diferencial competitivo das micro e pequenas empresas – e também dos microempreendedores – será cada vez mais decisivo.

Esperamos que as próximas páginas sejam inspiradoras e que tragam insumos para a elaboração de planos de ação locais e regionais. Boa leitura.



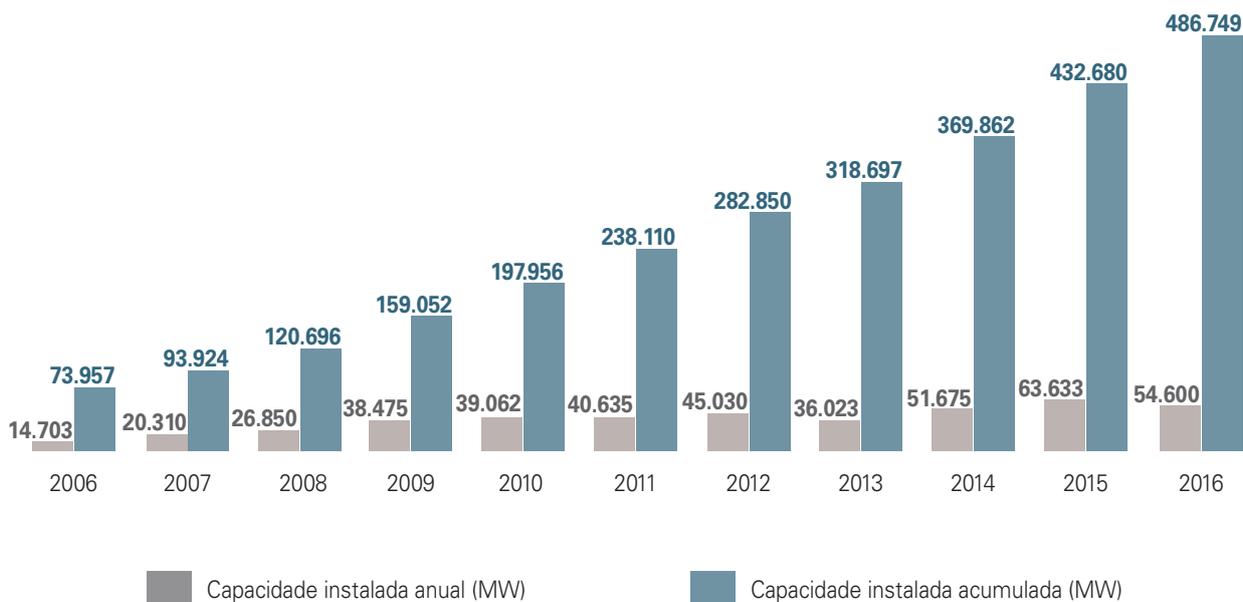
Energia Eólica no Mundo

As energias renováveis vêm conquistando relevância crescente na matriz elétrica mundial nos últimos anos. De um total de 6.180 GW de capacidade instalada no mundo em 2014, 1.712 GW, cerca de 28%, se enquadravam na categoria de energias (WEC, 2016). Essa representatividade vem crescendo e apenas no ano de 2015 foram acrescentados cerca de 147 GW (REN 21, 2016) resultando na geração de mais de 8 milhões de empregos em todo o mundo, entre postos diretos e indiretos (IRENA, 2016a).

Merece destaque nesse cenário o segmento de energia eólica. Responsável por 43% do incremento de capacidade instalada em energias renováveis em 2015, a fonte bateu recorde em investimentos e acréscimo de capacidade pelo segundo ano consecutivo (REN 21, 2016). Do total de US\$ 286 bilhões investidos em energias renováveis em 2015, a fonte eólica capturou US\$ 109 bilhões, que representam 38% do total¹.

Fechando o ano de 2016 com um incremento mundial de 54.600 MW em capacidade instalada, notou-se um crescimento de 13% em relação ao total acumulado em 2015, um percentual baixo se comparado ao crescimento do ano de 2015 (17%), mas significativo se comparado ao tímido ritmo de crescimento da economia mundial no mesmo período (2,3%) (GWEC, 2015, 2016; WORLD BANK, 2017).

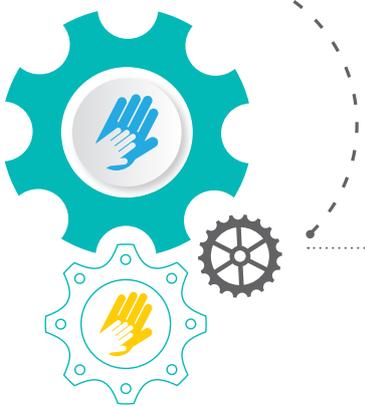
GRÁFICO 1 – CAPACIDADE INSTALADA MUNDIAL DE ENERGIA EÓLICA (2006 – 2016)



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em GWEC (2017)

A indústria global de energia eólica já está presente em mais de 80 países e chegou ao final do ano de 2016 com uma capacidade instalada correspondente a 486,7 GW (GWEC, 2017). O avanço do segmento se deu de maneira tão intensa nos últimos anos que mais da metade de toda capacidade instalada no mundo ocorreu nos últimos 5 anos (REN 21, 2016) e para tanto empregou 1,1 milhão de pessoas ao longo de sua cadeia produtiva, se consolidando como quarto setor em energia renovável

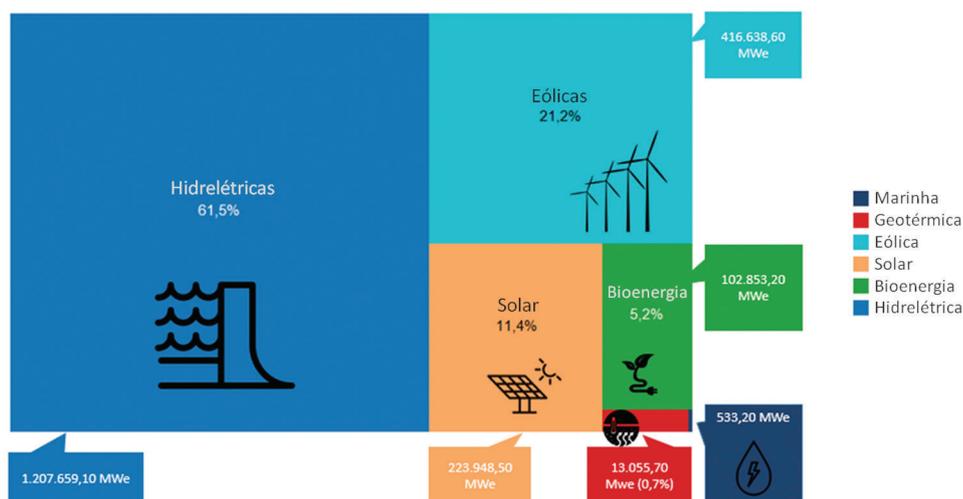
¹ Os setores de energia eólica e solar capturaram juntos 96,4% de toda renda mundial investida em energias renováveis em 2015 (REN 21, 2016).



que mais gerou postos de trabalho em 2015, perdendo apenas para o setor solar (2,7 milhões), hidrelétrico (1,3 milhões) e de biocombustíveis (1,7 milhões) (IRENA, 2016b). Do total de energias renováveis produzidas hoje, 21% correspondem à geração eólica, fazendo com que esta se torne a segunda fonte renovável mais expressiva no mundo (Figura 1).

De todos os países que possuem empreendimentos eólicos, apenas 9 superam uma capacidade de 10.000 MW². O Brasil se juntou a esse grupo em 2016, ano em que alcançou o patamar de 10.500 MW, ultrapassando a Itália e tomando o nono lugar no *ranking* mundial de capacidade instalada (GWEC, 2017).

FIGURA 1 – % DE ENERGIA RENOVÁVEL POR FONTE



Fonte: International Renewable Energy Agency, IRENA (2016) – Tradução livre realizada pelo autor

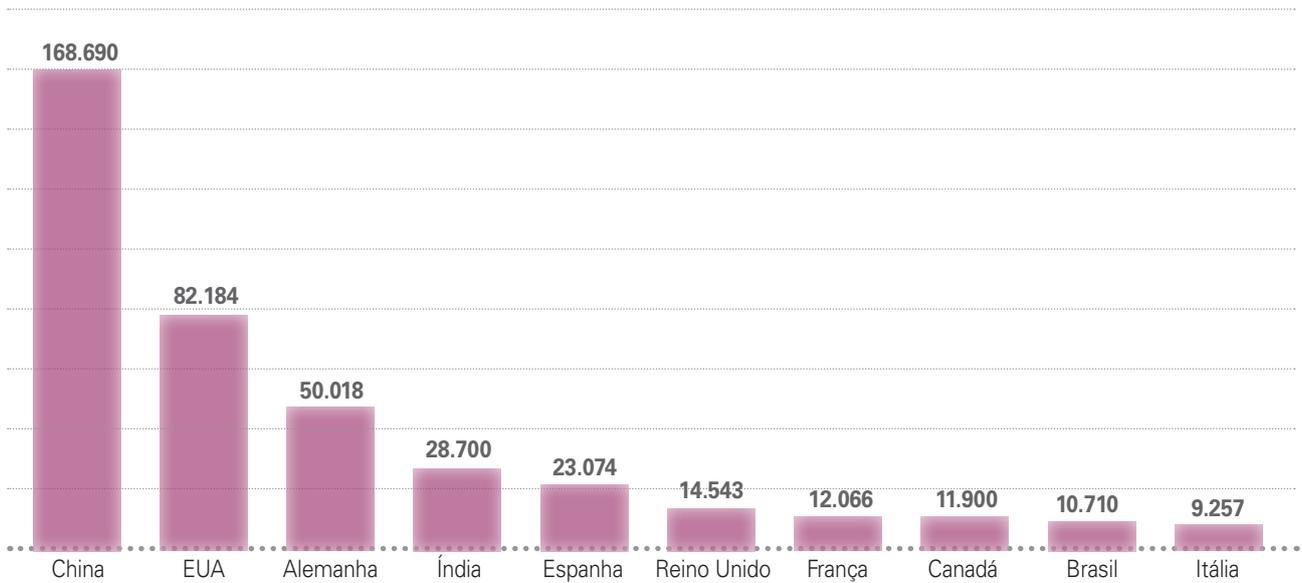
A liderança mundial é hoje do continente asiático, responsável por 42% de toda capacidade instalada mundial os resultados da Ásia são alavancados principalmente pela China (GWEC, 2017). A maior potência mundial em termos de geração de energia eólica, por sua vez, são os Estados Unidos, responsáveis por 190,9TWh³ (REN 21, 2016).

O gráfico abaixo apresenta o *ranking* dos maiores investidores em energia eólica no ano de 2015, assim como, os líderes mundiais em capacidade instalada.

² China, Estado Unidos, Alemanha, Índia, Espanha, Reino Unido, Canadá, França e Brasil.

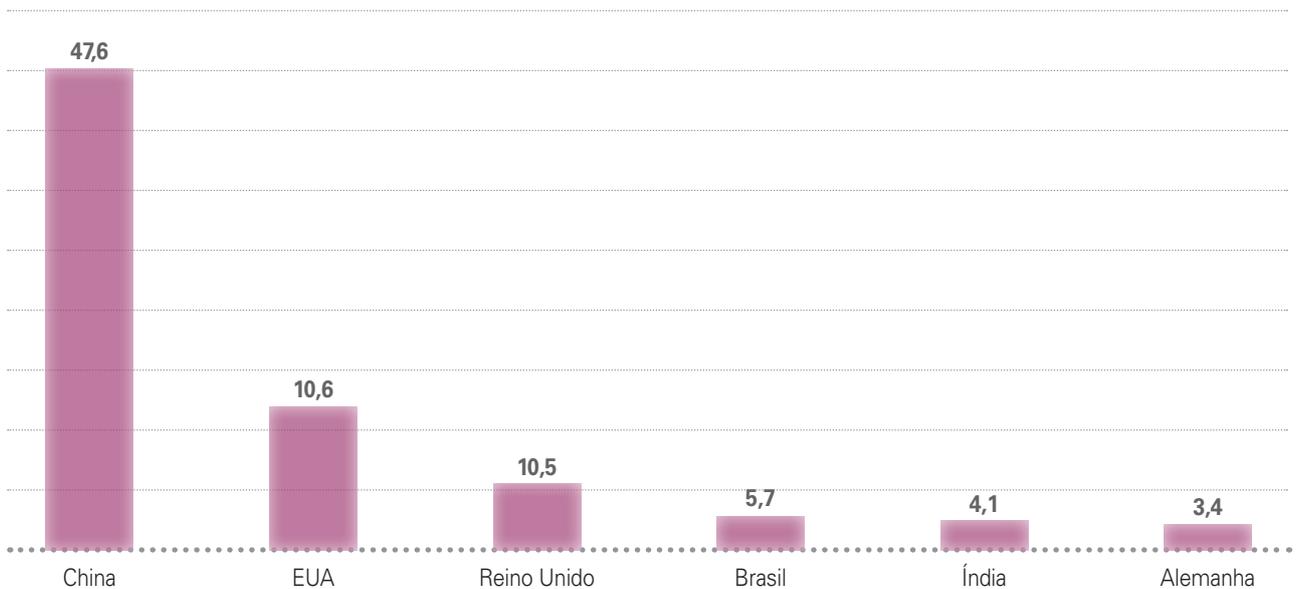
³ A geração de energia é resultante da multiplicação entre capacidade instalada, fator de capacidade e horas de produção.

GRÁFICO 2 – RANKING DOS PRINCIPAIS PAÍSES EM CAPACIDADE INSTALADA DE ENERGIA EÓLICA (MW)

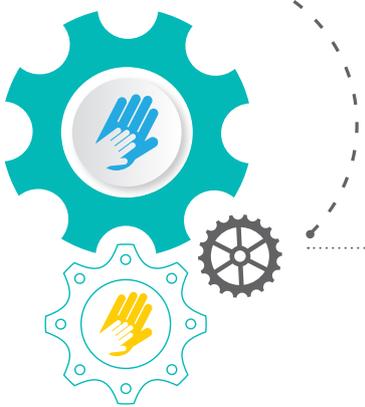


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados GWEC (2017)

GRÁFICO 3 – INVESTIMENTOS (US\$ BILHÕES) EM ENERGIA EÓLICA EM 2015 SEGUNDO REN 21 (2016)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados REN 21 (2016)



2.1 O Mercado Industrial de Energia Eólica

Acerca das empresas que compõem o mercado de energia eólica, destaca-se o ganho de importância de companhias chinesas sobre a representatividade mundial. A Goldwind se tornou líder de mercado em 2015 ultrapassando a dinamarquesa Vestas e ficando com fatia de 12,64% de mercado (Gráfico 4). Em 2016, a empresa anunciou o fornecimento de turbinas para o estado de Wyoming, nos Estados Unidos, num total de capacidade de 1.870MW, do qual será o único fornecedor. Tal iniciativa foi anunciada como intenção da empresa chinesa de sustentar não apenas o suprimento da gigante capacidade doméstica, mas de também dominar o mercado mundial por meio da inserção no continente americano.

A participação da empresa não se restringiu apenas ao norte do continente americano, estando presente também na América Latina. No Chile a empresa forneceu turbinas para dois projetos, 80MW no norte do país que serão entregues em 2017 e 87MW que já foram entregues para um projeto no sul do país. Ambos os empreendimentos foram fomentados pelo governo chileno para o cumprimento das metas de energia sustentável anunciados pelo país.

Se somadas todas as cinco principais empresas chinesas (Goldwind 12,6%, United Power 4,9%, Mingyang 4,1%, Envision 4% e CSIC 3,4%) a China engloba 30% do Market-share do setor de energia eólica mundial (REN 21, 2016).

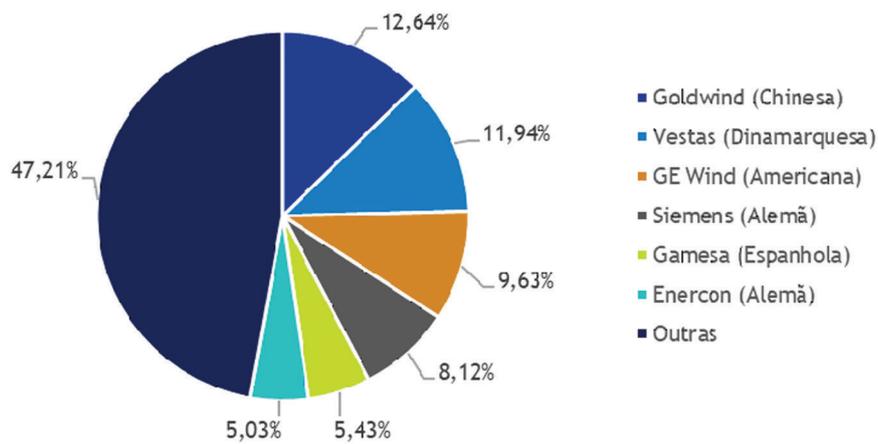
Na segunda colocação mundial, a dinamarquesa Vestas apropriou-se de 11,9% do Market-share do setor em 2015. Fornecendo turbinas para 75 países, a Vestas é responsável por 75.184MW de toda capacidade instalada no mundo, estando presente de maneira mais significativa nas instalações dos Estados Unidos (16.067MW), Alemanha (11.136MW) e China (4.942MW).

A americana GE subiu uma posição no *ranking* mundial, resultado que pode ser atribuído pela aquisição da francesa Alstom. A empresa entrou no ano de 2016 com uma fatia de 9,63% de mercado (REN 21, 2016).

A quarta colocada, Siemens, tem tido grande representatividade dentro do cenário *offshore* europeu. Mais da metade dos investimentos do continente em 2016 foram direcionados a empreendimentos *offshore*, dos 1.567MW instalados no ano, a Siemens foi responsável por mais de 96%. Do total acumulado em todos os anos (12.631MW), é responsável por 68% da capacidade instalada sobre as águas (WindEurope, 2016).

Inserir-se nesse contexto a fusão entre a Siemens, grande especializada em tecnologia *offshore*, com a quinta colocada no *ranking* do market-share mundial, a espanhola Gamesa, que a partir de então se especializa sobre a produção voltada para os projetos *onshore*. Anunciada em 2016, a fusão entre as duas grandes empresas sobre os negócios eólicos faz com que juntas essas empresas sejam responsáveis por 13,5% do mercado mundial no setor, superando a liderança da chinesa Goldwind.

GRÁFICO 4 – MARKET-SHARE DO SETOR DE TURBINAS EÓLICAS

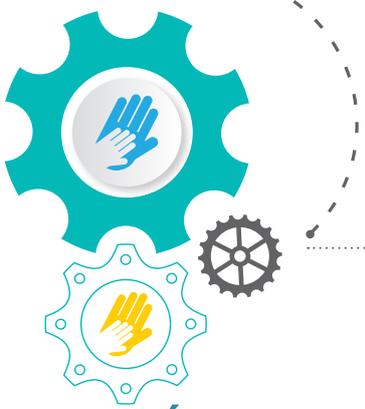


Fonte: Elaborado pelo autor baseado em REN 21, (2016)

Com o aumento da competitividade internacional no setor, notou-se melhorias constantes de tecnologia, os parques eólicos ganharam em fator de capacidade e tornam os preços da geração eólica ainda mais competitivos. Em alguns países, como Brasil e México, o preço dessa energia já compete diretamente com a dos combustíveis fósseis.

O preço pelo qual a energia chega ao consumidor pode variar entre regiões em decorrência de aspectos particulares que caracterizam a qualidade do vento para geração de energia de maneira eficiente, contudo, de maneira geral nota-se um aumento no nível de financiamentos e inovação, viabilizando uma economia de escala e tornando a energia eólica cada vez mais atrativa mundialmente (REN 21, 2016).

A seguir, são detalhadas informações do setor eólico das principais potências mundiais por continente, fornecendo panoramas regionais do setor e sobre o mercado de energia eólica.



ÁSIA

LÍDERES DO CONTINENTE:



CAPACIDADE INSTALADA: 203.643 MW

PARTICIPAÇÃO MUNDIAL: 42%

A China assumiu a liderança mundial em energia eólica em 2009, e desde então bate recordes em capacidade instalada, sendo responsável por mais de 30% da capacidade mundial. Em 2015 teve como incremento anual um total de 30.800MW, o maior número anual já visto. Em 2016 seguiu como país líder em novas instalações, acrescentando 23.328MW de capacidade, estando com um incremento quase três vezes superior ao segundo colocado, Estados Unidos (8.203MW) (GWEC, 2017). Com quase a totalidade de investimentos nacionais (99%), a China emprega cerca de 507.000 pessoas na cadeia eólica e possui como principais *players*⁴ empresas nacionais, com a liderança da Goldwind, responsável por 7.749MW e 25% do mercado doméstico (BLOOMBERG, 2016; GWEC, 2015)

Fechando o ano de 2016 com 168.690MW de capacidade instalada, a China ainda explora, relativamente, pouco dos seus recursos eólicos e naturais (GWEC, 2017). Com um potencial estimado em 4.899.000MW *onshore*, e 217.000MW *offshore*, a China também é responsável por 20% de todo potencial global de geração de energias renováveis (IRENA, 2014; WANG *et al.*, 2016).

Apesar do grande potencial de geração proveniente de fontes limpas, a China utiliza o carvão como principal componente de sua matriz elétrica, somando mais de 30% da sua energia. A segunda fonte principal é o petróleo, seguido da energia eólica, que compunha, em 2015, 3,3% da geração nacional (WANG *et al.*, 2016).

A geração de energia limpa tem ganhado espaço nos últimos anos no país. De acordo com o 13º Plano Quinquenal chinês, espera-se uma instalação acumulada mínima de 210.000MW em energia eólica até 2020, e de audaciosos 500.000MW até 2030 (WANG *et al.*, 2016).

Com tamanha capacidade de geração eólica, a China é o principal país que empurra os resultados asiáticos. A vice-liderança do continente fica com a Índia, somando 1.750 turbinas e 48.000 empregos, o país possui uma capacidade instalada de 28.700MW, dos quais a Gamesa foi a principal fornecedora

4 Os 5 principais *players* chineses (Goldwind, Guodian United, Envision, Mingyang e CSIC) são responsáveis por cerca de 2GW de capacidade instalada e possuem 58% do total de mercado.

(GWEC, 2016, 2017; IRENA, 2016). Com 89% de investimentos domésticos (BLOOMBERG, 2016), a Índia foi o quinto país que mais investiu em energia eólica em 2015.

O potencial indiano para geração de energia dos ventos foi estimado em 302.000MW a 100 metros de altura e espera-se que mais de 30% desse potencial seja explorado nos próximos dez anos. Na COP21, a Índia se propôs a compor 40% da sua capacidade instalada sobre fontes de energia não fósseis até 2030⁵. Nesse contexto, o governo indiano já anunciou planos de alcançar a marca de 60.000MW até 2022 e 100.000MW até 2030 em capacidade de energia proveniente dos ventos (WINDERGY, 2017).

Vistas em conjunto, China e Índia são responsáveis por 97% de toda capacidade asiática hoje. A terceira maior potência eólica do continente é o Japão, responsável por 3.234MW em capacidade instalada, o país emprega cerca de 5.000 pessoas no setor de energia eólica e representa 2% da capacidade instalada total do continente (GWEC, 2015, 2016)

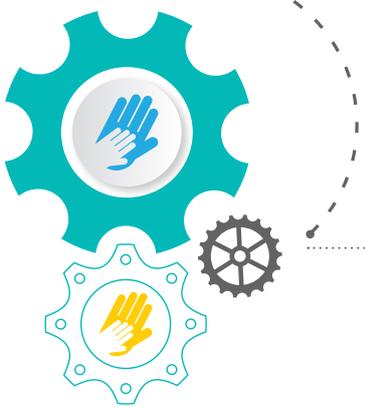
Com um potencial estimado em 144.000MW *onshore* e 608.000MW *offshore* (BLOOMBERG, 2016) o Japão apresenta ventos mais propícios à geração de energia eólica no norte do país, justamente a região que enfrenta maior dificuldade de ligação com a rede (ITA 2016). Tendo investido cerca de \$36,2 bilhões em energias renováveis em 2015, menos de 12% foram direcionados ao setor de energia eólica, sendo a energia solar de pequeno porte responsável pela captura da maior parcela dos investimentos japoneses (REN21 2016). Essa porcentagem relativamente pequena do investimento se reflete na baixa participação da energia dos ventos na matriz elétrica japonesa, representando apenas 0,5% do total (GWEC, 2016).

Desde o acidente na usina nuclear de Fukushima em 2011, o Japão passou a incentivar a produção de energias renováveis por meio de um programa FIT (*feed-in-tariffs*), onde 100% da energia gerada por fontes “verdes” (acima de 10Kw) deveria ser comprada pelos serviços públicos locais por 20 anos. Nesse contexto, a ênfase japonesa se direcionou para empreendimentos solares. Para enfrentar limitações por falta de terras disponíveis o Japão incentivou projetos como usinas solares flutuantes. Entretanto, na medida em que se considera o potencial *offshore* para geração de energia eólica (608.000MW) essa parece se mostrar uma nova possibilidade para geração de energias limpas no país, principalmente para viabilizar o cumprimento da meta de 22-24% de energia renovável até 2030.

A Coreia do Sul, com capacidade instalada de 1.031MW até o final de 2016, tem dado foco sobre a energia eólica *offshore*. Na COP21 o país se dispôs a reduzir os níveis atuais de emissões em cerca de 37%, para cumprir tal objetivo o país tem dado incentivos à pesquisa e projetos ligados à geração eólica.

De maneira menos representativa no continente, outros países que possuem capacidade instalada para geração de energia eólica são: Taiwan (682MW), Paquistão (591MW), Tailândia (223MW), Filipinas (216MW) e Bangladesh, Mongólia, Sri Lanka, Vietnam, que em conjunto, são responsáveis por 276MW (GWEC, 2017).

5 O país também tem demonstrado interesse em investimentos voltados à geração de energia por meio de parques híbridos, onde as energias solar e eólica se complementariam.



EUROPA

LÍDERES DO CONTINENTE:



CAPACIDADE INSTALADA: 161.330MW

PARTICIPAÇÃO MUNDIAL: 33%

Partindo para a análise do continente europeu, vanguarda em tecnologia e implantação de empreendimentos eólicos, a região possui hoje 86% de sua energia gerada por fontes renováveis. A energia eólica superou em 2016 a geração por carvão e passou a compor a segunda principal fonte de energia da região, perdendo apenas para o gás natural (WINDEUROPE, 2016).

Apesar de as instalações terem apresentado uma retração no ritmo de crescimento de 2015 para 2016 (queda de 3%) nota-se que o nível de investimentos não seguiu a mesma tendência, apresentando um aumento de 5%⁶ no mesmo período e fazendo com que, do total de capacidade instalado na Europa em 2016, 51% fossem empreendimentos eólicos (87% *onshore* e 13% *offshore*) (WINDEUROPE, 2016).

Hoje estão instalados na Europa 161.330MW, dos quais a Alemanha é responsável por 31% (GWEC, 2017). Detentora de cerca de 50GW em capacidade instalada e somando 1.624 turbinas em território nacional, o país ocupa a terceira posição entre as maiores potências eólicas mundiais, tanto em termos de capacidade quanto de investimento⁷ (BWE 2016). Com 150.000 postos de trabalho envolvidos ao longo da cadeia, cerca de 86% correspondem à produção *onshore* (GWEC, 2015). O potencial eólico do país é estimado em cerca de 1.188GW e no ano de 2016 recebeu investimentos da ordem de 5.328 milhões de euros (DEWI 2013 e WINDPOWER2017).

Apesar da liderança europeia sobre instalações *onshore*, a Alemanha ocupa a segunda posição do continente quando vista dentro do contexto *offshore* de capacidade instalada, ficando atrás do Reino Unido (5.061MW), o país somou em 2015 um total de 3.292MW em capacidade instalada sobre as águas (EWEA 2016).

6 A Europa fechou o ano de 2016 com €12.7 bilhões em investimento no setor de energia eólica, desse total mais de 50% foram direcionados à empreendimentos *offshore*. Ou seja, apesar do aumento em capacidade instalada ter sido muito superior para empreendimentos *onshore* foi a geração *offshore* quem mais recebeu atenção dos investidores em 2016.

7 Apesar de a Alemanha ter ocupado a terceira posição no *ranking* mundial de investimentos em energia eólica no ano de 2015, sabe-se que esse cenário mudou ao longo do ano de 2016, onde o Reino Unido superou os investimentos alemães.

A Espanha é o segundo principal mercado europeu de energia eólica, responsável por 14% da capacidade europeia e o 5º país do mundo com maior capacidade instalada, 23.074MW, gerando 22.468 postos de trabalho até 2016 (AEE 2017). Além disso, no ano de 2016, 19,3% do total de energia eólica consumida no país foi proveniente dos ventos (AEE 2017). Em conjunto, Alemanha e Espanha são responsáveis por 48% da capacidade instalada europeia.

Como país de origem da quinta⁸ maior empresa do setor eólico, Gamesa⁹, a Espanha apresentou um crescimento tímido de 2015 para 2016, tanto em capacidade instalada quanto em investimentos no país. O resultado disso foi a exportação de 100% da produção nacional de turbinas em 2015 (REN 21, 2016). Nesse contexto, a posição da Espanha como quinto lugar no *ranking* mundial de capacidade instalada pode vir a se alterar nos próximos anos, principalmente ao se considerar os maciços investimentos realizados pelo terceiro colocado no *ranking* europeu, o Reino Unido.

O Reino Unido fica com o terceiro lugar no continente, responsável por 9% da capacidade instalada europeia (14.543MW), a região foi o principal agente de investimentos em energia eólica em 2016, sendo responsável por 44% de todo o investimento europeu no setor¹⁰ (WINDEUROPE, 2016).

O Reino Unido tem dado grande importância ao desenvolvimento de empreendimentos eólicos *offshore*, tanto para geração de empregos quanto para a redução das emissões provenientes do setor energético. O Governo havia estipulado abertamente a meta de queda no preço da energia *offshore* britânica em 30% até 2020. Como consequência dos grandes investimentos direcionados ao setor essa meta já foi alcançada em 2016, ano em que o preço da energia diminuiu para £97 por MWh (ou cerca de US\$ 118), uma queda de 32% em relação ao valor de 2012 (Norris, 2017).

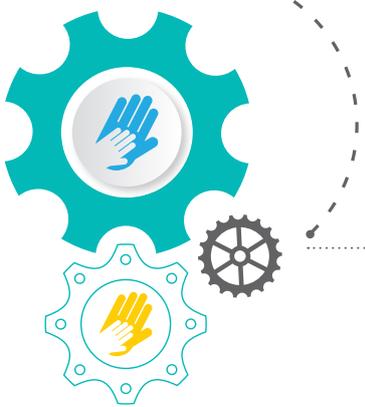
O continente europeu ocupa a segunda posição no *ranking* mundial de capacidade instalada, mas na medida em que se considera o número de países onde a energia eólica é representativa em termos de capacidade instalada o continente é líder, com 10 países ultrapassando a marca de 5GW instalados e a presença de grandes potências eólicas. Além disso, é importante ressaltar que a Lituânia é o país da Europa com a maior capacidade instalada em relação à demanda por energia (16%, seguido pela Irlanda, 13%).

Entre os países europeus com capacidade instalada em geração eólica estão: França (12.066MW), Itália (9.257MW), Suécia (6.520MW), Turquia (6.081MW), Polônia (5.782MW), Portugal (5.316MW), Dinamarca (5.228MW), Países Baixos (4.328MW) Romênia (3.028MW), Irlanda (2.830MW), Áustria (2.632MW) e Bélgica (2.386MW). O conjunto de países Bulgária, Chipre, Croácia, República Tcheca, Estônia, Finlândia, Ilhas Faroé, Macedônia, Hungria, Islândia, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Romênia, Rússia, Suíça, Eslováquia, Eslovênia e Ucrânia, juntos,

8 Passa para primeira posição se vista em conjunto com a Siemens, dada a fusão dos negócios em energia eólica que aconteceu em 2016.

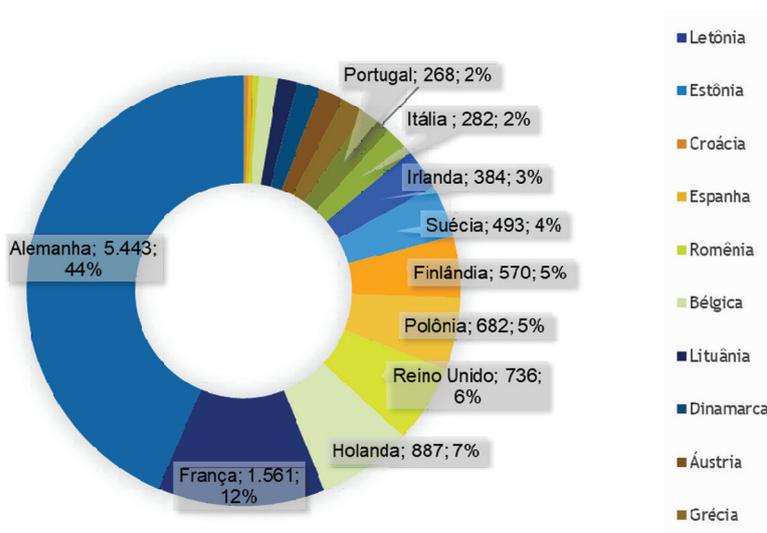
9 Presente em 45 países com mais de 30.000MW em capacidade instalada (AEE 2017).

10 € 12.684 bilhões (WINDEUROPE 2016)



totalizam 8.241GW (GWEC, 2017). O Gráfico 5 sintetiza as capacidades instaladas por país, até informações sobre a liderança em potência de turbinas.

GRÁFICO 5 – ACRÉSCIMO DE CAPACIDADE EÓLICA INSTALADA POR PAÍS NA EUROPA(2016)



Fonte: WindEurope (2016)

OCEANIA

LÍDERES DO CONTINENTE:



CAPACIDADE INSTALADA: 4.963MW

PARTICIPAÇÃO MUNDIAL: 1%

A Oceania possui cerca de 5GW (GWEC, 2017), dos quais grande parcela se encontra na Austrália.

A Austrália é responsável por 70% da capacidade instalada em energia eólica na Oceania. O país acrescentou 400MW em 2015 e 140MW em 2016, mostrando um crescimento menos acelerado

no setor, tendência que foi observada mundialmente no mesmo período. Até o final de 2016 o país possuía 4.327MW em capacidade instalada, fazendo com que 5% do consumo nacional de energia elétrica fosse proveniente da energia dos ventos (GWEC, 2017). Das 2.062 turbinas que compõe os 76 parques eólicos do país, os principais agentes do mercado são a Vestas, Senvion e GE (GWEC, 2015).

Segundo estudos realizados pela SKM em 2012, a cada 50MW construídos na Austrália seriam gerados 238 postos de trabalho diretamente em todo país. Os impactos da construção de parques eólicos a nível regional seriam da ordem de US\$25.000 por empregado, movimentando a economia local de maneira significativa. A contabilização total de empregos gerados pelo setor ao longo do ano de 2015, conforme o estudo de mercado realizado pelo *Global Wind Energy Council* (GWEC) somou 2.200 postos de trabalho.

O potencial total estimado para a Austrália é de 4.187 MW, valor correspondente a 5% de demanda por energia do país. Contudo, a Agência Nacional de Energias Renováveis do Governo Australiano (ARENA), não tem conferido grande ênfase à geração eólica como alternativa renovável. Dos 61 projetos¹¹ concluídos até 2016 que haviam recebido incentivos do órgão nenhum era voltado à geração de energia por meio dos ventos exclusivamente, apesar da existência de projetos híbridos, onde a geração era combinada entre solar e eólica.

A Nova Zelândia ocupa a segunda posição do continente, com 19 parques eólicos o país soma uma capacidade instalada de 623MW, os quais não sofreram incrementos desde 2013 (GWEC, 2017).

Fechando o *ranking* do continente destaca-se a Nova Caledônia, com apenas 37,6MW em capacidade instalada (IRENA, 2016).

ÁFRICA E ORIENTE MÉDIO

LÍDERES DO CONTINENTE:

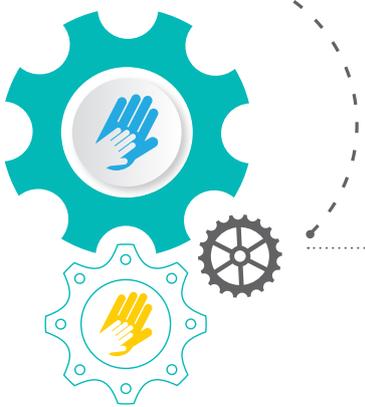


CAPACIDADE INSTALADA: 3.906 MW

PARTICIPAÇÃO MUNDIAL: 0,8%

O continente africano possui a menor capacidade instalada do globo, totalizando cerca de 4GW representa menos de 1% do total mundial (GWEC, 2017). A África do Sul é o país responsável por

¹¹ As fontes exploradas foram de Bioenergia, Geotérmica, Hidrelétricas e Energia Solar.



35% do total instalado, gerando 3.600 empregos, o país saiu da marca de 1.053MW acumulados em 2015, para alcançar 1.471MW em 2016 (GWEC, 2017; IRENA, 2016a). O nível de investimentos no setor eólico no país subiu 309% de 2014 para 2015, chegando a um total de \$4,5 bilhões (BLOOMBERG, 2016; UNEP, 2016) dos quais 46% correspondem a investimentos estrangeiros (BLOOMBERG, 2016).

O Egito é o segundo maior mercado da região, em 2015 o país era responsável por uma capacidade instalada de 610MW (IRENA, 2016a). Em 2016 o país ultrapassou o Marrocos, chegando a um total de 810MW (GWEC, 2017). As novas instalações do país têm como objetivo atingir a marca de 7,2GW de capacidade eólica até o ano de 2020 (REN 21, 2016).

Marrocos fecha o *ranking* das principais potências eólicas do continente africano e Oriente Médio, com um total de 787MW instalados até 2015 o país não acrescentou novos empreendimentos em 2016, se mantendo no mesmo patamar de capacidade e perdendo a segunda colocação da região para o Egito (IRENA 2015). Apesar disso, espera-se que novos empreendimentos entrem em operação entre 2017 e 2020, onde se destaca o preço competitivo da energia eólica, com valores entre 25 e 30 dólares por MW (REN 21, 2016).

Os demais países da região que possuem empreendimentos eólicos são: Etiópia (324MW), Tunísia (245MW) e Jordão (119MW). O conjunto de países Argélia, Cabo Verde, Irão, Israel, Quênia, Líbia e Nigéria possuem no total 150MW em capacidade instalada (GWEC, 2017).

AMÉRICA

LÍDERES DO CONTINENTE:



CAPACIDADE INSTALADA: 102.907 MW

PARTICIPAÇÃO MUNDIAL: 23%

A liderança do continente americano é dos Estados Unidos. Com mais de 30% da capacidade energética advinda dos ventos o país acrescentou à sua capacidade um total de 8.598MW em 2015, e segue com tendências crescentes de investimento (GWEC, 2016). Nos últimos seis anos o custo da energia eólica caiu 66% no país, queda resultante do avanço da tecnologia e manufatura doméstica.

O país é matriz de uma das principais empresas do mercado eólico, a GE, responsável por 10% do Market-share mundial, a empresa é fornecedora de países com mercados representativos, como Austrália, Canadá, França e Brasil (GWEC, 2015) .

Como vice-líder em investimentos e capacidade instalada em energia eólica no mundo, os Estados Unidos possuem hoje 82.184MW, empregando cerca de 88.000 pessoas ao longo da cadeia produtiva do setor (GWEC, 2015)

Outro ponto sobre o qual o país norte-americano se destaca sobre a temática de energia eólica, corresponde à atenção dada para a educação. O país possui 483 cursos voltados para área (Programas de doutorado, mestrado, graduação, desenvolvimento e formação profissional), o que totaliza 22% do total mundial¹², concentrando uma grande capacidade de geração de capital humano especializada no setor (IRENA, 2016).

A segunda maior potência em energia eólica do continente americano é o Canadá. O país terminou o ano de 2016 com uma capacidade instalada de 11.898MW, o suficiente para alimentar 3 milhões de casas, ou 6% da demanda por eletricidade do país. No ano de 2016 o país completou 21 projetos, sobre os quais foram instalados 702MW somando um investimento de cerca de US\$1,5 bilhões. O Canadá ocupa a sétima posição no *ranking* mundial em representatividade de capacidade instalada (CANWEA, 2016).

O Brasil ocupa hoje a nona posição mundial no cenário de energia eólica e a terceira posição dentro do mercado americano, alcançando uma capacidade instalada de 10.740GW em 2016. Visto como uma das principais apostas mundiais para o setor estima-se hoje que o potencial brasileiro gire em torno de 500GW (GWEC, 2016), potencial este que será detalhado na seção a seguir.

Em se tratando do continente americano ainda deve-se atentar para países com capacidade instalada representativa como o México (3.527MW), Chile (1.424MW) e Uruguai (1.210MW), que juntos representam 6% da capacidade total do continente. De maneira menos significativa a energia eólica ainda pode ser observada na Argentina (279MW), Costa Rica (298MW), Panamá (270MW), Peru (241MW) e Honduras (176MW).

12 O segundo lugar fica com a Europa (44,6%), mais especificamente com o Reino Unido, que sozinho concentra 15,8% do total mundial.



Panorama de energia eólica na matriz elétrica brasileira

3.1 Energia elétrica no Brasil

O setor elétrico brasileiro, primordialmente constituído por um monopólio estatal desde sua criação, passou, a partir de 1990, por um processo de reformulação institucional e regulamentar. A criação do Programa Nacional de Desestatização (PND), instituído pela lei Nº 8.031/90, encerrou o monopólio estatal que vigorava até então e permitiu a privatização de concessionárias. O atual modelo do setor elétrico do Brasil começou a ser desenvolver em 1993, através da lei Nº 8.631/93 inicialmente com o estabelecimento de tarifas diferenciadas. Em 1995, através da lei Nº 8.987/95, foram estabelecidas regras referentes a necessidade de licitação e critérios de concessão para as empresas envolvidas na geração, transmissão e distribuição de energia no país (Carneiro e Cerqueira, 2016).

Mais recentemente, com a criação de novas regras, entre elas as leis Nº 10.847/04 e Nº 10.848/04, foram instituídas as regras de comercialização de energia elétrica no país, bem como o estabelecimento de dois ambientes de compra de energia, o ambiente de contratação regulada (ACR) e ambiente de contratação livre (ACL). Assim, permitiu-se que as concessionárias, permissionários e autorizados possam negociar energia livremente entre si, dentro de determinadas condições estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia, que regula e fiscaliza a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes estabelecidas pelo governo federal. É com a ANEEL que os empreendedores que atuam no setor prestam contas e dialogam ao longo de todo o processo necessário para implementação de uma unidade geradora de energia elétrica.

O mercado de compra e venda de energia no Brasil é administrado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que tem como atributo gerir os processos de comercialização de energia elétrica, registrar e administrar os contratos firmados entre os geradores, comercializadores, distribuidores e consumidores (ANEEL, 2003). A CCEE conduz as negociações desse mercado de compra e venda de energia em dois ambientes para a negociação de contratos regulados. O primeiro deles é o Ambiente de Contratação Regulada, onde a comercialização acontece entre as distribuidoras (CEMIG, CELG, ENERSUL, etc.) e as geradoras reguladas. Nesse ambiente, toda a energia é negociada através de leilões públicos, na modalidade “menor tarifa” onde o preço da energia é estabelecido por ofertas dos interessados, partindo de um preço teto determinado pelo Ministério de Minas e Energia. O outro ambiente existente é o Ambiente de Contratação Livre, onde comercializam entre si agentes de geração e consumidores livres. Qualquer consumidor conectado ao sistema cuja demanda seja superior a 3 MW é considerado livre (ANEEL, 2003).

A energia comercializada no ambiente regulado é conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), que integra os 4 subsistemas do país (Sul, Sudeste /Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte). O SIN possui mais de 125.600 km de linhas de transmissão, sendo a maior parte em linhas de 230 kV (Tabela 1).

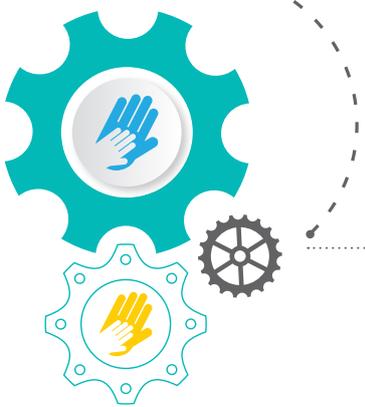


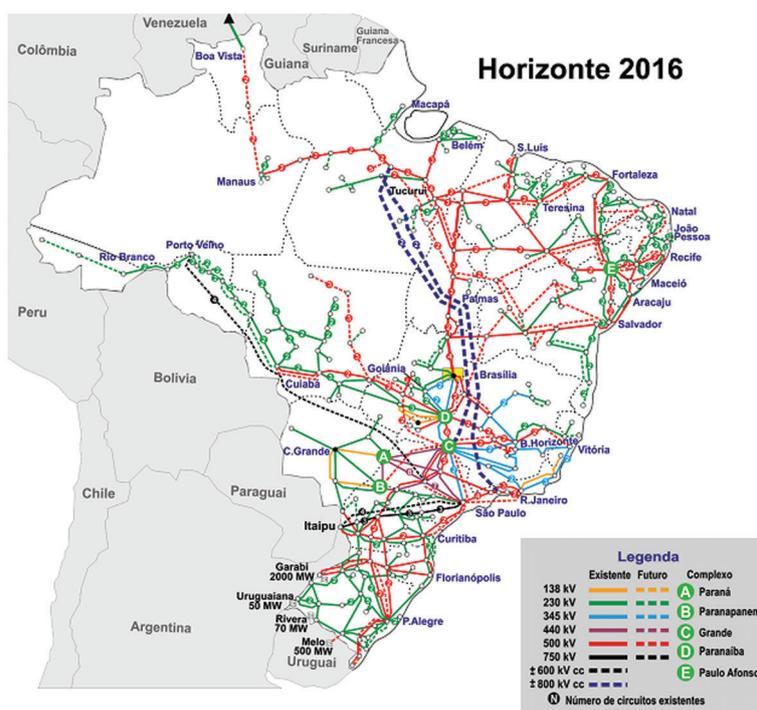
TABELA 1 – EXTENSÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DO SIN EM 2014, PORTENSÃO.

Tensão (kV)	230	345	440	500	600 CC	750	SIN
Extensão (km)	52.449,8	10.303,2	6.728,2	40.659,4	12.816,0	2.683,0	125.639,6

Fonte: (ONS, 2015)

A figura a seguir apresenta a malha de transmissão de energia elétrica no Brasil no ano de 2016. As linhas contínuas representam as linhas já existentes e as linhas descontínuas apresentam as linhas planejadas.

FIGURA 2 – MALHA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL



Fonte: ONS (2015)

No que tange a geração de eletricidade, a matriz brasileira é majoritariamente composta por fontes renováveis e sua diversificação vem aumentando ao longo dos anos. Conforme dados do Banco de Informação de Geração (BIG) da ANEEL¹³ (Tabela 2), o Brasil conta atualmente, com uma capacidade instalada em operação superior a 151.000 MW de energia elétrica, provenientes de 4.676 empreendimentos.

13 Dados são atualizados diariamente no site da ANEEL. Valores citados correspondem à consulta realizada em 20/03/2017: Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>.

TABELA 2 – NÚMERO DE PROJETOS E POTÊNCIA DOS EMPREENDIMENTOS ELÉTRICOS NO BRASIL

Empreendimentos em Operação					
Tipo	# projetos	Potência Outorgada (MW)	%	Potência Fiscalizada (MW)	%
Central Geradora Hidrelétrica					
Eólica	420	10.286	6,36%	10.535	6,94%
Pequena Central Hidrelétrica	437	4.970	3,07%	4.958	3,27%
Solar	44	27.761	0,02%	23.761	0,02%
Usina Hidrelétrica	219	101.138	62,52%	92.605	61,03%
Termelétrica	2.950	42.842	26,48%	41.111	27,09%
Termonuclear	2	1.990	1,23%	1.990	1,31%
Total	4.676	161.771	100%	151.740	100%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do BIG-ANEEL (2017)

¹ A Potência Outorgada se refere à considerada no Ato de Outorga.

² A Potência Fiscalizada é aquela considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

De toda a potência operacional considerada pela ANEEL para monitoramento da energia gerada (a potência fiscalizada) a energia eólica responde por 10.535 MW, instalados em 420 empreendimentos, o que representa cerca de 7% da capacidade instalada atual. Além dos empreendimentos em operação, a ANEEL divulga os dados referentes aos projetos outorgados (que já foram autorizados a produzir energia) que se encontram na fase de construção e aqueles cuja construção ainda não foi iniciada, conforme tabela abaixo.

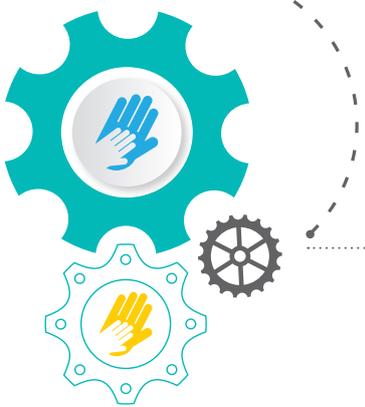


TABELA 3 – NÚMERO DE PROJETOS E POTÊNCIA DOS EMPREENDIMENTOS EM CONSTRUÇÃO NO BRASIL

TIPO	Em Construção			Construção não iniciada		
	# projetos	Potência Outorgada (MW)	%	# projetos	Potência Outorgada (MW)	%
Central Geradora Hidrelétrica	2	1	0,01%	43	37	0,24%
Eólica	152	3.579	39,01%	181	4.155	26,86%
Pequena Central Hidrelétrica	28	373	4,07%	122	1.587	10,26%
Solar	21	616	6,71%	90	2.364	15,28%
Usina Hidrelétrica	6	1.922	20,95%	8	732	4,73%
Termelétrica	27	1.333	14,52%	138	6.597	42,64%
Termonuclear	1	1.350	14,72%	0	-	-
Total	237	9.174	100%	583	15.472	100%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do BIG-ANEEL (2017)

Estão em construção atualmente 237 empreendimentos de geração de energia que acrescentarão 9.174 MW de capacidade instalada no sistema brasileiro, dos quais 3.579 MW são de fonte eólica. Além disso, já foram outorgados empreendimentos que totalizam a capacidade de 15.472 MW, ainda não iniciados, dos quais 4.155 MW serão provenientes da fonte eólica. Quando todos esses projetos eólicos estiverem em funcionamento, a capacidade instalada passará dos atuais 10.535 MW para 18.272 MW, o que significa um aumento da participação para cerca de 10% da matriz elétrica nacional¹⁴.

3.2 Complementariedade entre Sistema Hidrelétrico e Energia Eólica

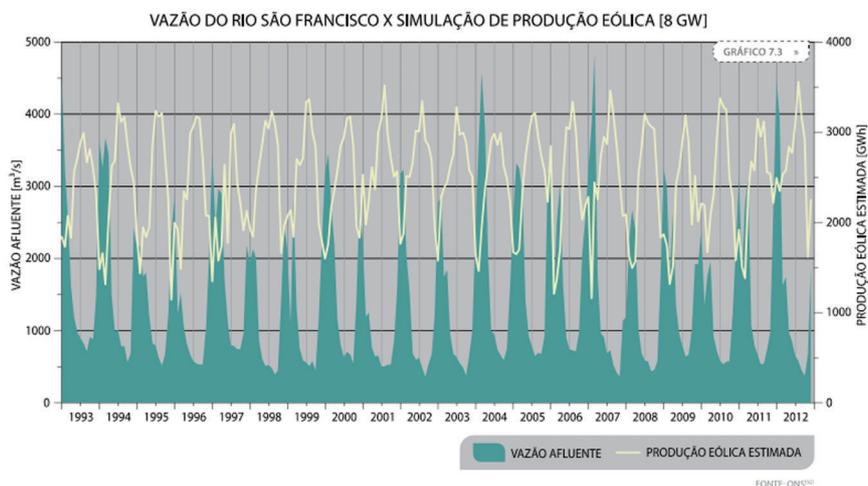
A maior parte da geração de energia no Brasil hoje é proveniente de hidrelétricas de grande porte, e por isso, nosso sistema é fortemente vulnerável ao regime de chuvas. Crises hídricas, como a verificada em 2014, demonstram a dependência brasileira de variáveis climáticas que são limitadas em previsibilidade e controle. Nesse contexto, insere-se a complementariedade da geração de

14 Cabe destacar que capacidade instalada não significa energia gerada, uma vez que a geração efetiva de energia deve considerar ainda o fator de capacidade de cada unidade geradora. para maiores detalhes ver seção 3.1.

energia por fonte eólica com a hidroeletricidade e a consequente oportunidade de aumento da segurança energética do sistema brasileiro.

Os períodos de seca são justamente aqueles onde ocorrem a maior intensidade de ventos, logo, é o período onde a geração eólica atinge seu pico. O gráfico a seguir ilustra tal fenômeno no âmbito do cenário nordestino.

GRÁFICO 6 – RELAÇÃO ENTRE O REGIME DE CHUVAS E A INTENSIDADE DOS VENTOS

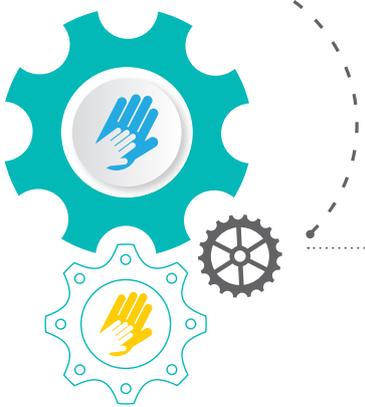


Fonte: Atlas de Energia Eólica da Bahia (Back *et al.*, 2013)

Portanto, tendo em vista a correlação inversa natural entre os regimes de chuvas e de ventos, a ampliação da capacidade de geração da energia eólica apresenta complementariedade e oferece segurança adicional ao sistema de geração vigente no Brasil.

3.3 Energia Eólica e Mudanças Climáticas

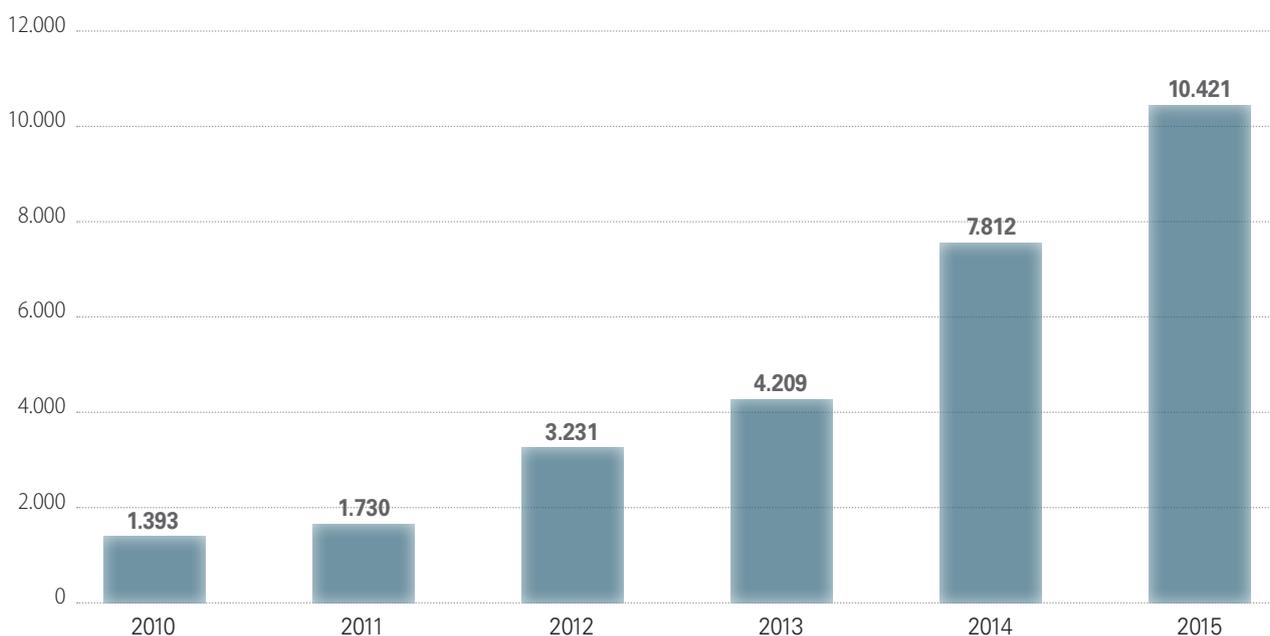
Os temas referentes às mudanças climáticas ganharam espaço no cenário de discussões internacionais, principalmente a partir de 1992 por meio da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, mais conhecida pelo acrônimo em Inglês UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). O ganho de importância dessa temática se deu como resultado do aumento da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE), que tem atingido níveis cada vez mais preocupantes. Segundo estimativas feitas por cientistas do Painel Intergovernamental



sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) irena a temperatura média do planeta poderia apresentar um aumento da escala de 1,8°C a 4°C até 2100 em relação ao período pré-industrial. As consequências diretas disso estão intimamente associadas a cenários de maior vulnerabilidade a eventos extremos, como secas e enchentes, gerando impactos negativos tanto para populações urbanas, quanto para setores econômicos (Motta *et al.*, 2011).

O Brasil tem apresentado vontade política em participar ativamente da governança ambiental global no que diz respeito as mudanças climáticas. Em 2010 o país se propôs voluntariamente a reduzir de 36,1% a 38,9% as suas emissões de GEE no acordo de Copenhagen e na Conferência das Partes (COP 16) em Cancun. A proposta é dada pela redução dos níveis de emissão esperados numa projeção até o ano 2020. Só no ano de 2015 foram evitadas 10,42 milhões de toneladas de CO₂, valor equivalente à emissão de cerca de 7 milhões de automóveis (ABEEOLICA, 2015).

GRÁFICO 7 – EMISSÕES DE CO₂ EVITADAS POR ANO (TONELADAS)



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados cedidos pela ABEEólica e IRENA (2016)

A adoção do Acordo de Paris na 21ª Conferência das Partes (COP 21) da UNFCCC, realizada em 2015, e sua entrada em vigor em novembro de 2016 representaram marcos na história da política internacional. O Acordo, cujo objetivo é fortalecer a resposta global aos desafios impostos pela

mudança do clima, estabelece a audaciosa meta de limitar o aumento da temperatura média do planeta a um patamar bem inferior a 2°C em relação a níveis pré-industriais, com a indicação de esforços para que o limite de 1,5°C não seja ultrapassado.

O Acordo de Paris estabelece as bases para a cooperação internacional, a partir de 2020, por meio da adoção de compromissos nacionais – as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs – Nationally Determined Contributions) e pela adoção de um processo sistemático de incremento da ambição desses compromissos.

A contribuição brasileira, apresentada à Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) em setembro de 2015, inclui a redução de 37% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) brasileiras até 2025 (equivalente a 1.346 milhões de toneladas equivalentes de carbono – tCO₂e), além de uma indicação de redução de 43% das emissões nacionais até 2030 (equivalente a 1.208 milhões tCO₂e), com base nos níveis registrados em 2005.

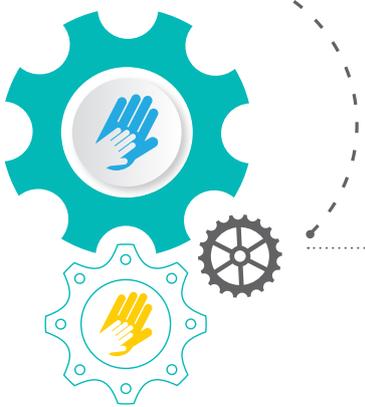
A meta da NDC corresponde a um esforço para o conjunto da economia brasileira. Apresenta, porém, indicações de compromissos para os seguintes setores: florestal e mudança de uso da terra; agrícola; de energia; industrial; e de transportes.

As medidas apresentadas pela NDC para o setor de energia são ambiciosas e desafiadoras. Especificamente para o setor de energia, a NDC indica o alcance de uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz elétrica em 2030, através de medidas que incluem a expansão da energia eólica na matriz.

3.4 Energia Eólica no Brasil

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a instalar um aerogerador, ainda na década de 1990. Apesar disso, a energia eólica não recebia destaque naquele período, tanto pelo preço pouco competitivo quanto pela falta de incentivos por meio de políticas públicas (Simas e Pacca, 2013).

A partir dos anos 2000 esse contexto mudou. Tendo como motivação a crise energética de 2001 houve a criação do Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA), o qual propunha a contratação de cerca de 1.000 MW em capacidade instalada para complementação da geração hidrelétrica. Em 2002 essa iniciativa foi substituída, dando origem ao Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), o qual tinha como objetivo aumentar a participação da energia elétrica proveniente das fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Interligado Nacional (SIN).



Instituído pela Lei nº 10.438/2002, o PROINFA funcionava como fomento público para geração de energias renováveis com a combinação de dois tipos de incentivos principais, um incentivo via preço, com tarifas *feed-in*¹⁵ e por meio do sistema de quotas, contratando energia via leilões.

Para garantir o suprimento de eletricidade ao mercado regulado pelo critério de menor preço, após a reforma do setor elétrico brasileiro, em 2004, instituiu-se a contratação de eletricidade através de leilões de energia. Leilões de fontes alternativas (LFA) e leilões de reserva (LER) têm sido promovidos com o intuito de aumentar a participação de fontes alternativas na matriz elétrica do país.

Os leilões de aquisição de energia são caracterizados pela solicitação pública de uma quantidade determinada de energia. O licitante vencedor é aquele que, atendendo aos princípios de segurança no abastecimento, oferece o menor preço por unidade de energia. Como consequência disso, estabelece-se um ambiente de energia mais limpa e mais barata. Caso os leilões definam previamente a fonte de energia que será contratada, tal sistema pode ser definido como sistema de quota mínima dessa fonte, funcionando como fomento a determinado tipo de geração e se configurando como uma forma de incentivo público.

Os leilões são hoje a principal forma de contratação de energia no Brasil. Tomando como base as diretrizes energéticas estipuladas pelo MME, a ANEEL anuncia os leilões e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) discrimina os geradores aptos a participarem do processo. A partir daí a CCEE realiza o processo de seleção e contratação do projeto ofertado por menor preço. Um esquema simplificado de funcionamento dos leilões de contratação de energia, da maneira como funcionam hoje no Brasil, é apresentado pela Figura 3.

Os leilões referentes às contratações reguladas de energia nova trabalham com a entrega mais comumente em um período de três ou cinco anos, que é indicado pela letra "A" seguida pelo prazo de construção aplicável (A-3 ou A-5), entretanto, existem outros quatro prazos para entrega da energia combinada, conforme expõe o Quadro 1.

15 Um sistema de tarifas *feed-in* garante a compra total da energia gerada sobre um período longo de tempo a um preço especialmente definido para aquela fonte, geralmente subsidiado, também fixado. No Brasil, em 2004, foram estabelecidos prazos de 20 anos sobre um sistema de bandas de preço, com um valor mínimo de R\$180,18 e máximo de R\$204,36 / MWh (em valores de 2004, que levados a preços de dezembro de 2016 correspondem a R\$358,69 e R\$406,83).

FIGURA 3 – COMO SÃO REALIZADOS LEILÕES DE ENERGIA

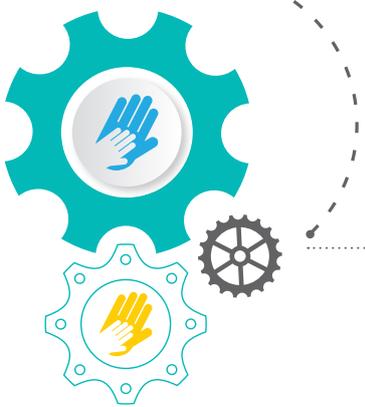


Fonte: ANEEL(2017). Disponível em: <https://goo.gl/Y7QgA1>

QUADRO 1 – TIPOLOGIAS DE LEILÕES ENERGÉTICOS NO BRASIL

Leilão	Objeto	Vigência
A-1	Energia Existente	de 5 a 15 anos, contados do ano seguinte ao da realização do leilão
A-3	Energia de novos empreendimentos	de 15 a 30 anos, contados do início do suprimento
A-5	Energia de novos empreendimentos	de 15 a 30 anos, contados do início do suprimento
Entre A-5 e A-3	Energia de fontes alternativas	de 10 a 30 anos, contados do início do suprimento
Ajuste	Energia Existente	até 2 anos
Energia Existente	Energia Existente	Mínimo de 8 anos, para início de suprimento em 2005, 2006 e 2007. Mínimo de 5 anos, para início de suprimento em 2008 e 2009

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados de Carneiro e Cerqueira (2016).



A participação da geração de energia eólica em leilões de energia começou em 2007, no 1º Leilão de Fontes Alternativas (LFA), porém, sem que houvesse nenhuma contratação resultante desse certame. Um segundo leilão foi realizado em 2009, o 2º Leilão de Energia de Reserva (LER), por meio do qual houve a comercialização exclusiva da fonte eólica (Lage e Processi, 2013) para o qual foram habilitados 339 empreendimentos, totalizando 10.005 MW, dos quais foram contratados 753 MW médios¹⁶ provenientes de 71 empreendimentos com potência total de 1.806 MW (Tolmasquim, 2016).

Desde então a energia eólica vem ganhando importância dentro do sistema de leilões para contratação de energia. Essa representatividade é evidenciada na atual configuração da matriz elétrica brasileira, onde a participação da geração por meio dos ventos saiu de menos de 0,25% em 2007 para 7%¹⁷ da potência em 2016 e deve alcançar 10% após a conclusão de todos os projetos já contratados, se tornando a terceira principal fonte de energia do país.

A tabela abaixo contempla as contratações de energia eólica via leilões realizados no Brasil de 2009 a 2015, enquanto o Gráfico 8 apresenta como a energia contratada por leilões se distribui entre os estados brasileiros.

TABELA 4 – LEILÕES DE ENERGIA EÓLICA – RESULTADO CONSOLIDADO DOS LEILÕES POR CONTRATO

Leilão	Ano de Realização do Leilão	Ano de Entrega da Energia	Potência (MW)
02º LER	2009	2012	1.805,70
02º LFA	2010	2013	1.520,00
03º LER	2010	2013	5.28,20
03º LFA	2015	2017	90,00
04º LER	2011	2014	861,10
05º LER	2013	2015	1.505,20
06º LER	2014	2017	769,10
08º LER	2015	2018	548,00
12º LEN	2011	2014	1.067,60
13º LEN	2011	2016	976,50

16 O valor médio da energia comercializada foi de R\$ 148,39/MWh em valores correspondentes à data do leilão (2009), equivalentes a R\$ 235,01 / MWh em dez/16.

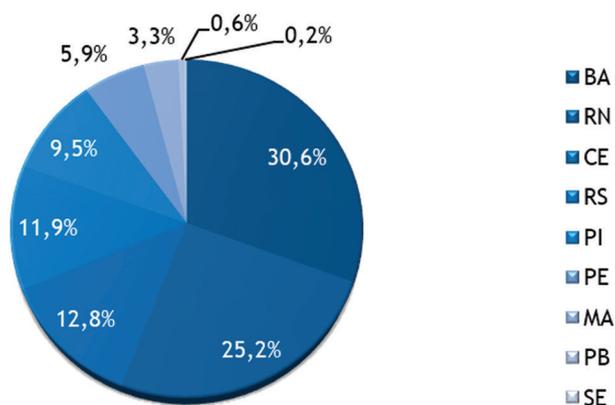
17 Dados Mensais: dezembro de 2016 (ABEEólica).

3. PANORAMA DE ENERGIA EÓLICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Leilão	Ano de Realização do Leilão	Ano de Entrega da Energia	Potência (MW)
15ºLEN	2012	2017	281,90
17ºLEN	2013	2016	868,00
18ºLEN	2013	2018	2.337,80
19ºLEN	2014	2017	551,00
20ºLEN	2014	2019	925,95
22ºLEN	2015	2018	538,80
Total			15.174,85 MW

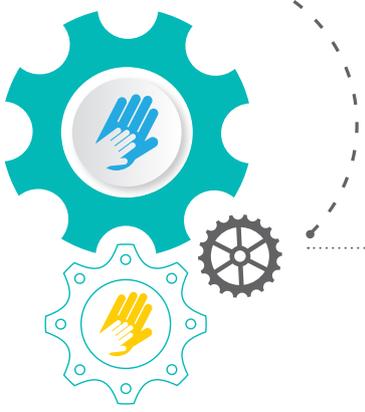
Fonte: EPE, (2017)

GRÁFICO 8 – ORIGEM DA ENERGIA CONTRATADA EM LEILÕES POR ESTADO BRASILEIRO



Fonte: Elaborado pelo autor com dados de TOLMASQUIM (2016)

O ritmo de novas contratações eólicas via leilões, contudo, não foi mantido no último ano. Estavam previstos dois leilões de energia de reserva (LER) para o ano de 2016, porém apenas um aconteceu e foram contratadas apenas as fontes PCH e CGH. A razão que levou ao cancelamento do segundo leilão de 2016, segundo a ANEEL, foi a queda na demanda por energia no país, que em grande medida se justifica pela desaceleração da economia.

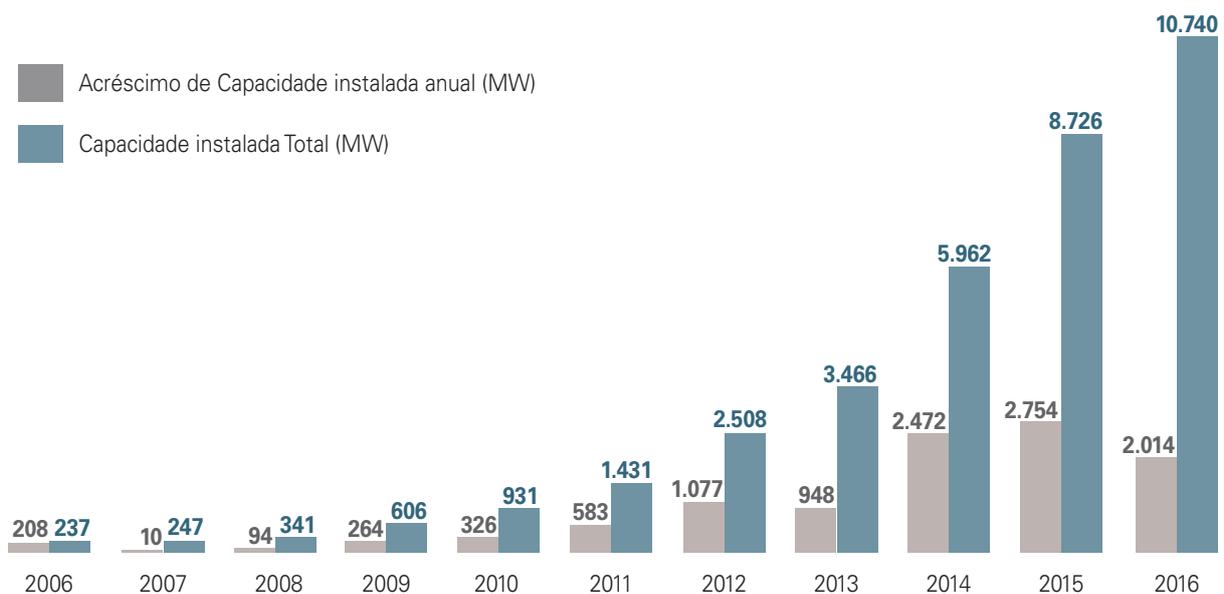


Visto que em 2016 não foi adquirida energia eólica através do Leilão A-3, em 2019 somente os empreendimentos eólicos contratados pelo A-5 de 2014 serão acrescentados no sistema. Para os anos subsequentes ainda não há qualquer contratação.

Em 2016, o Brasil atingiu um total de 10,5 GW em capacidade instalada divididos em 420 parques eólicos em funcionamento (BIG ANEEL). No que diz respeito ao total de energia gerada no ano de 2016, destaca-se novamente um cenário de crescimento com relação ao ano anterior: foram gerados 33,15TWh de energia eólica, valor 52% superior ao ano de 2015 (ABEEÓLICA, 2016).

O gráfico seguinte ilustra o crescimento da capacidade instalada brasileira, destacando as novas capacidades instaladas em cada ano.

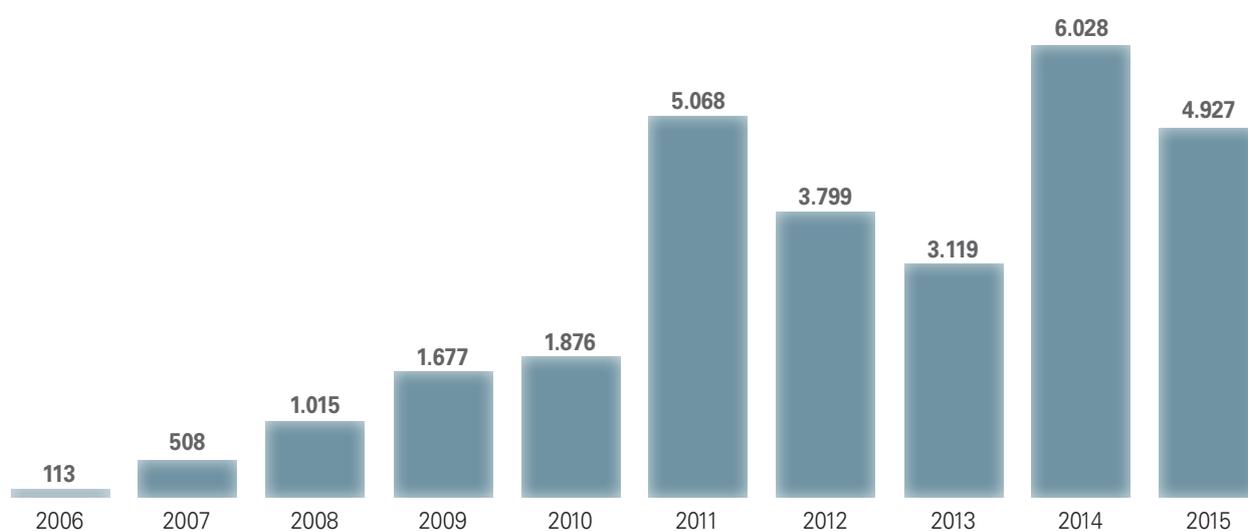
GRÁFICO 9 – EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA (MW)



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados mensais JAN/2017, ABEEÓLICA.

De aproximadamente US\$ 80 bilhões investidos em energias renováveis no Brasil desde 2006 até o ano de 2015, cerca 35% haviam sido direcionados para o segmento eólico, com um investimento acumulado de 1998 a 2015 somando US\$28 bilhões (ABEEOLICA, 2015).

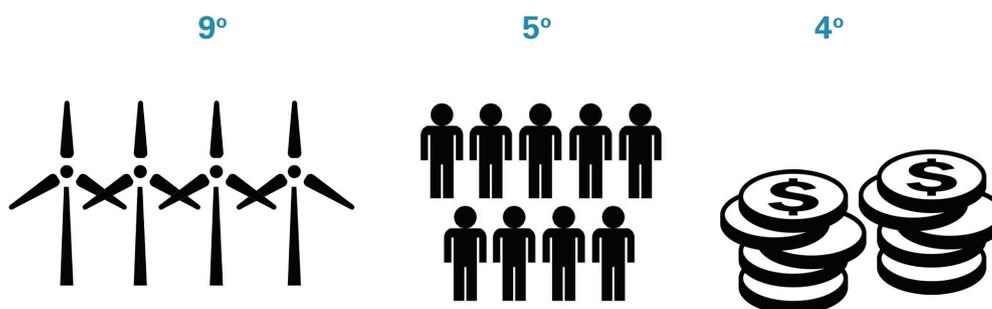
GRÁFICO 10 – INVESTIMENTOS EM ENERGIA EÓLICA NO BRASIL (US\$ MILHÕES)



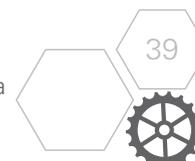
Fonte: Boletim Anual ABEEólica 2015 (2016)

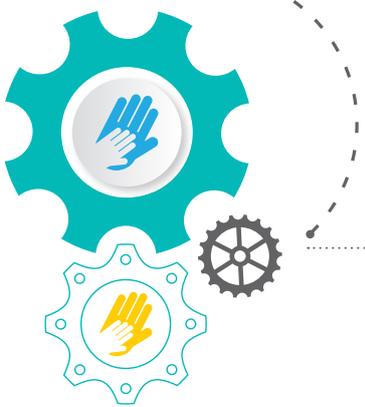
Dentro do cenário internacional, o Brasil também é destaque no segmento, ocupando a nona posição mundial em termos de capacidade instalada, a quinta em geração de empregos e o quarto posto no que diz respeito ao nível de investimento.

FIGURA 4 – DESTAQUES BRASIL NO SEGMENTO EÓLICO



Fonte: Elaborado pelo autor com base em: Boletim Anual ABEEólica 2015 (2016) e GWEC (2016)





A energia eólica no Brasil foi responsável pela geração de 130.00 postos de trabalho ao longo de sua cadeia produtiva, sendo estimada a geração de 15 postos de trabalho por MW instalado entre empregos diretos e indiretos (ABEEOLICA, 2016).

De maneira mais abrangente, observando a geração de empregos no segmento de energias renováveis, o Brasil alcançou a segunda posição mundial, com a geração de 918.000 postos de trabalho, 11% do total mundial em 2015. O segmento renovável líder em geração de empregos no Brasil foi o de biocombustíveis, somando 821.000 empregos, no mesmo ano. Os segmentos de energia solar e eólica ocuparam o segundo lugar, ambos com a geração de 41.000 postos de trabalho em 2015 (IRENA, 2016a).

3.5 Potencial eólico brasileiro

Nos anos de 1979 e 1988 foram realizadas as primeiras publicações referentes ao estudo de viabilidade de geração de energia eólica em terras brasileiras. Tais estudos já indicavam potencialidades, mas subestimavam grandemente o potencial brasileiro, visto que analisavam a qualidade dos ventos para geração de energia elétrica a apenas 10 metros de altura.

Em 2002 foi publicado o “Atlas do Potencial Eólico Brasileiro”, pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB – CEPEL), por meio do qual foi constatado um potencial eólico-elétrico de 143.000 MW dentro de todo território nacional. Levando em consideração torres de 50 metros de altura, esse estudo incorporou a influência de condicionantes geográficos, como o relevo e a rugosidade induzida por classes de vegetação e uso do solo.

Nas últimas duas décadas, a tecnologia envolvida no processo de geração eólica se desenvolveu de forma significativa, por meio de pesquisas e inovações. As turbinas, que antes se limitavam a 50 metros de altura, hoje chegam a mais de 100 metros e a consequência direta disso foi a ampliação da energia gerada por cada turbina eólica. Esse benefício foi potencializado tanto pela altura superior e, consequentemente, maior velocidade dos ventos, quanto pela ampliação das potências das turbinas que passaram de cerca 1.000 MW para 3.000 MW ou mais.

Nesse novo cenário eólico-elétrico, onde a tecnologia e a altura das torres conferiram maior capacidade aos parques, o potencial brasileiro foi recalculado. Segundo estimativas da consultoria DEWI, o potencial do Brasil alcança 500.000 MW, mais de três vezes o valor estimado no Atlas Eólico Brasileiro.

Além do destaque em potencial, atenta-se para a particularidade do fator de capacidade brasileiro, que em grande medida está associado à regularidade e constância dos ventos observados no país.

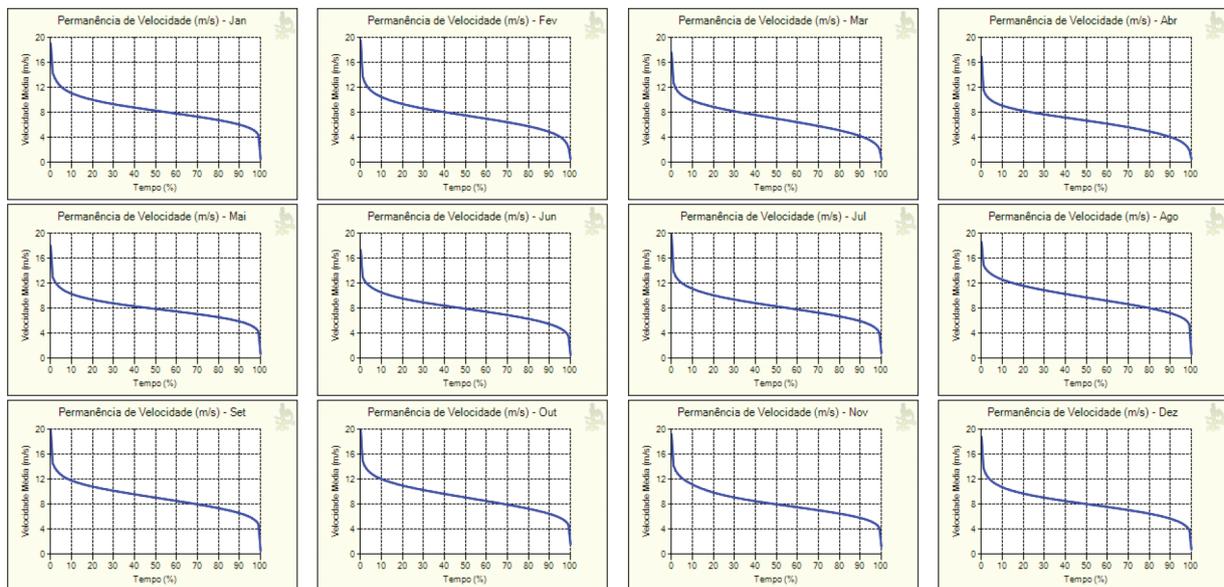
3. PANORAMA DE ENERGIA EÓLICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

O fator de capacidade corresponde à relação entre o total de energia gerada em GWh ao longo de um ano e a potência instalada das máquinas. Em 2014, o Brasil já era líder mundial em fator de capacidade (38%), ficando à frente de grandes potências eólica mundiais como Estados Unidos (31%), Alemanha (24%) e China (16%) (MME, 2016)¹⁸.

Hoje, o fator de capacidade brasileiro ultrapassa a marca de 40% (ABEEOLICA, 2016). O Nordeste é responsável pelos parques mais eficientes, onde o fator de capacidade alcança marcas superiores a 80%¹⁹.

Utilizando como exemplo o estado do Rio Grande do Norte, conforme apresentado nas figuras abaixo é possível mostrar que a predominância do vento nas direções 120° e 150°, ou seja, unidirecional, foi bastante alta, proporcionando melhor aproveitamento dos ventos.

FIGURA 5 – DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS POR MÊS DURANTE O ANO DE 2016 NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

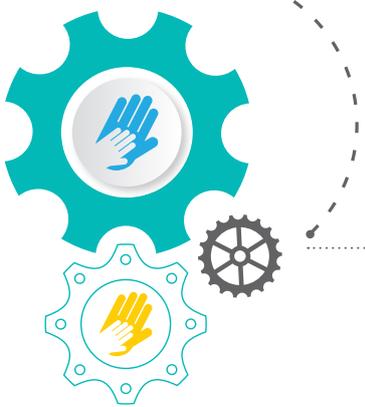


Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – Acompanhamento das medições anemométricas (<https://sistemas.epe.gov.br/AMADVP/>, acessado em 10/04/2017)

18 Disponível em <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica++ano+ref++2015+%283%29.pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2>>

19 Em 12 de outubro de 2016, segundo dados do Operador Nacional de Sistemas (ONS), houve registro de parques do Nordeste que alcançaram o patamar de 84% em fator de capacidade.





Além disso, no gráfico de permanência de velocidade, é possível verificar que durante os meses com permanência de vento a maiores velocidades em 2016 para o estado, de agosto a outubro, o vento ficou de 70% a 80% do mês com velocidade acima de 8 m/s. Tais índices fazem com que o fator de capacidade seja muito alto.

Entre os países que se aproximam hoje do fator de capacidade brasileiro pode-se destacar os Estados Unidos, alcançando a marca de 40% em 2016 (EIA, 2016), o país já possui parques mais modernos onde o fator de capacidade chega a marca de 48% (McElroy *et al.*, 2017). A Alemanha, apesar da grande representatividade em capacidade instalada, possui pouco mais da metade do fator de capacidade brasileiro (23%) (Hirth, 2015), valor similar àquele apresentado pela China (McElroy *et al.*, 2017).

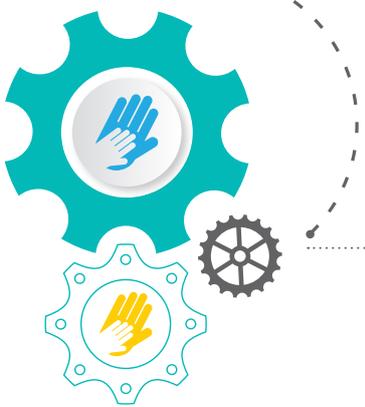
Esses números demonstram a riqueza brasileira no que diz respeito à capacidade de geração de energia dos ventos, que supera a grande maioria dos países do globo, incluindo parte das grandes referências eólicas mundiais.

3.6 Energia Eólica por Regiões do País

Dos 26 estados brasileiros, 11 possuem Atlas sobre o potencial para geração de energia eólica, sendo o Ceará o estado pioneiro, com seu atlas produzido em 2000. O Quadro 2, disposta abaixo, sintetiza algumas informações provenientes dos atlas estaduais correspondentes a empreendimentos do tipo *onshore* (turbinas instaladas em terra). São sumarizados os potenciais eólicos levando em consideração medições em três alturas (50, 75 e 100 metros) sob regimes de vento com velocidades superiores a 7m/s. A potência, assim como o número de usinas, correspondem ao total previsto pela ANEEL para os empreendimentos regionais em operação e implantação em cada estado.

QUADRO 2 – POTENCIAL DA ENERGIA EÓLICA NOS ESTADOS QUE POSSUEM ATLAS

Região	Estado	Potencial (MW)			Potência Contratada (MW)**	Nº de Usinas**	Principais Áreas Potenciais
		50m	75m	100m			
Nordeste	Alagoas	173	336	649	0	0	Dunas de Piaçabuçu; Carneiros, Senador Rui Palmeira e Girau do Ponciano; Serras de água Branca e Mata Grande
Nordeste	Bahia	-	30.600*	70.100	5.135,80	223	Sobradinho, Sento Sé e Casa Nova. Região das Serras Azul e do Açuruá. Morro do Chapéu. Serra do Estreito. Serra do Espinhaço Novo Horizonte, Piatã, Ibitiara e Brotas de Macaúba.
Nordeste	Rio Grande do Norte	9.562	19.431	27.080	4.873,50	181	Nordeste do estado, Litoral Norte-Noroeste e Serras Centrais
Nordeste	Ceará	-	24.900	-	2.508,30	104	-
Nordeste	Pernambuco	-	-	-	878,60	38	-
Sudeste	São Paulo	9	15	564	0,22	1	-
Sudeste	Rio de Janeiro	746	1.524	2.813	28	1	Litoral Norte Fluminense. Cabo Frio e Búzios, Região dos Lagos. Região Serrana, polígono Piraí-Vassouras-Petrópolis



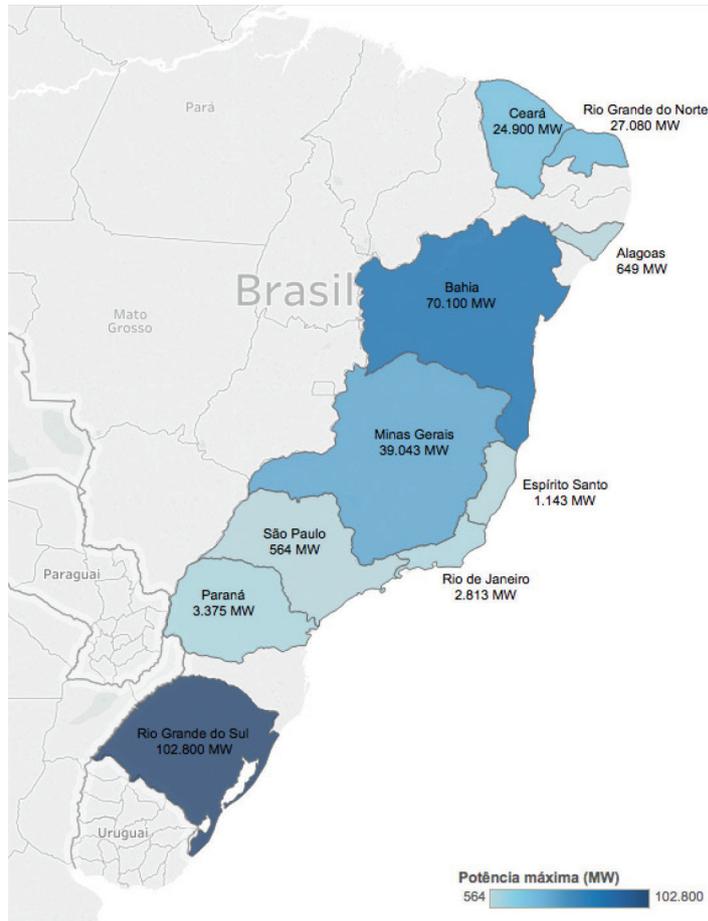
Região	Estado	Potencial (MW)			Potência Contratada (MW)**	Nº de Usinas**	Principais Áreas Potenciais
		50m	75m	100m			
Sudeste	Minas Gerais	10.570	24.742	39.043	1,56	1	Janaúba e Grão Mogol. Montes Claros. Curvelo, Diamantina e Sete Lagoas. Triângulo Mineiro
Sudeste	Espírito Santo	129	448	1.143	0	0	Litoral de Linhares e Litoral Sul (Municípios: Presidente Kennedy e Marataízes)
Sul	Paraná	312	1.363	3.375	2,5	1	Cascável e Mraingá. São Jeônimo da Serra. Campos de Castro/Tibagi. Planalto de Palmas. Campos de Guarapuava. Serra do Quiriri
Sul	Rio Grande do Sul	15.840	54.430	102.800	2.092,60	94	Coxilha de Santana, Escudo Rio-Grandense, Planalto das Missões, Serra Gaúcha, Litoral Sul e a Costa ao longo da Lagoa dos Patos

* Medições ocorreram a 80m de altura.

** A contagem corresponde ao total de empreendimentos em operação e implantação segundo informações de 2016 da ANEEL.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos Atlas Eólicos estaduais e ANEEL (2016).

FIGURA 6 – POTENCIAL MÁXIMO DOS ESTADOS BRASILEIROS



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos Atlas Eólicos estaduais e ANEEL (2016).

A geração de energia *offshore* (onde as turbinas são instaladas sobre a água), está ganhando espaço no exterior tendo a Inglaterra em destaque como grande potência. Apesar da tendência internacional, o Brasil ainda não explorou seu potencial elétrico *offshore*, mas alguns estados do país já realizaram levantamentos sobre seus potenciais: Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul (Figura 7).

Dos estados brasileiros onde existem informações referentes aos atlas, pode-se dizer que o Rio Grande do Sul é o estado de maior potencial *onshore*, enquanto a Bahia é líder em potencial *offshore*.

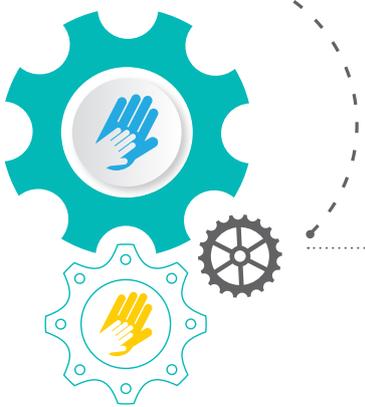
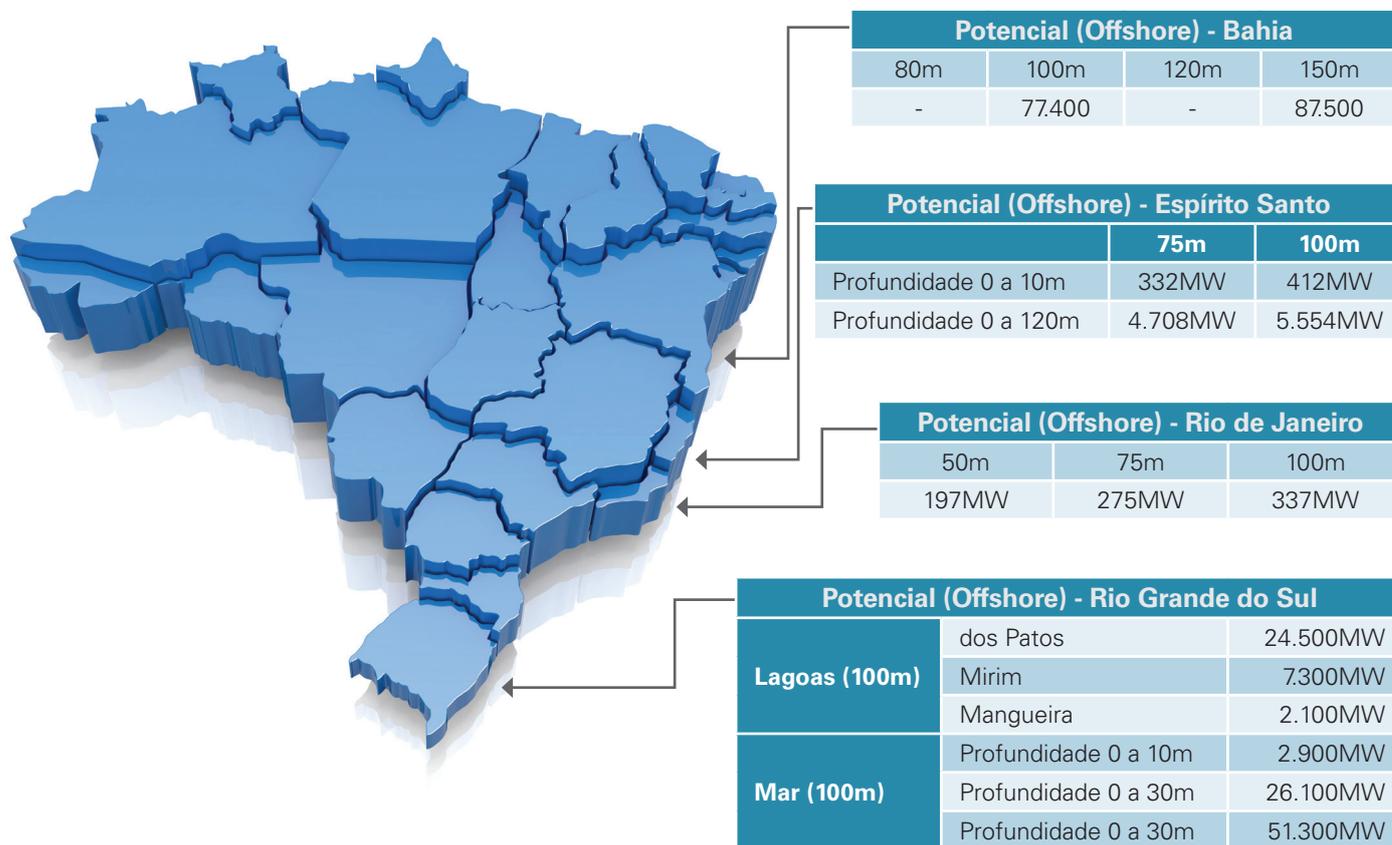


FIGURA 7 – POTENCIAL OFFSHORE NO BRASIL

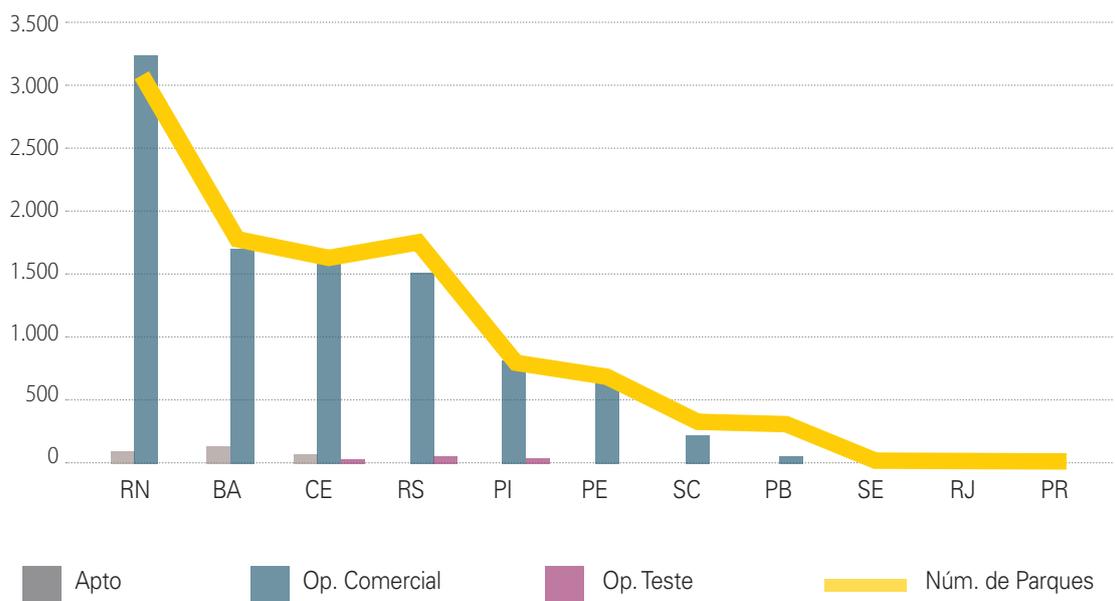


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos Atlas Eólicos Estaduais

Apesar de o estado do Rio Grande do Sul apresentar o maior potencial para geração de energia *onshore* do Brasil, ele ocupa a quarta posição nacional entre os estados que possuem maior potência instalada (Gráfico 11). O Rio Grande do Norte lidera o *ranking* de potência instalada, somando 3.311,6 MW e a vice-liderança fica com a Bahia, somando 1.750MW, seguida de perto pelo Ceará que hoje possui 1.630 MW em potência instalada.

3. PANORAMA DE ENERGIA EÓLICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

GRÁFICO 11 – POTÊNCIA INSTALADA POR ESTADO



Fonte: Elaborado pelo autor com base em: Dados Mensais JAN/2017, ABEEólica



4

Leis, Regulamentações e Programas de Incentivo à Energia Eólica

Compete ao Ministério de Minas e Energia por meio da ANEEL regulamentar as políticas e diretrizes do Governo Federal para a utilização e exploração dos serviços de energia elétrica pelos agentes do setor, pelos consumidores cativos e livres, pelos produtores independentes e pelos autoprodutores. Cabe à Agência, ainda, definir padrões de qualidade do atendimento e de segurança compatíveis com as necessidades regionais, com foco na viabilidade técnica, econômica e ambiental das ações. Por meio desses esforços, busca-se promover o uso eficaz e eficiente de energia elétrica e proporcionar condições para a livre competição no mercado de energia elétrica.

Três modalidades de regulação são praticadas na Agência: A regulação técnica de padrões de serviço, que sinaliza as diretrizes para atividades de geração, transmissão e distribuição. A regulação econômica, que conduz a gestão dos recursos tarifários e as práticas do mercado de energia. A regulação dos projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética, que regulamentam o percentual de investimento mínimo exigido, incentivando a busca constante por inovações necessárias para enfrentar os desafios tecnológicos do setor elétrico.

Serão apresentados os principais mecanismos de regulação relevantes para o desenvolvimento e implantação dos parques eólicos e sua cadeia de valor.

LEGISLAÇÃO TÉCNICA

A obtenção de outorgas e registros de geração são procedimentos legais necessários à implantação de empreendimentos geradores de energia que exigem apresentação de documentação técnica e legal por parte do empreendedor e análise e aprovação por parte da Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração, secretaria da ANEEL responsável.

Resolução Normativa ANEEL nº 391/09 conforme alterada pela REN 675/15 – Estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas eólicas, os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida e dá outras providências.

Além da regulamentação direcionada à utilização e exploração dos serviços de energia elétrica existem as diretrizes legais da Política Nacional de Meio Ambiente relativas ao licenciamento ambiental dos empreendimentos eólicos, de competência do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo destinado a licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental (Lei complementar nº 140/11).

Resolução CONAMA nº 462/2014 – Estabelece Procedimentos para Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Geração de Energia a partir de Fonte Eólica em Superfície Terrestre (legislação Federal).



Resolução CONAMA nº 237/97, arts. 2º e 3º – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (legislação Federal).

Instrução Normativa Nº 001/2015 – Estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe.

O processo de habilitação técnica dos empreendimentos de geração para fins de participação nos leilões de energia para comercialização no ambiente regulado, que é de competência da EPE, envolve análises do licenciamento ambiental, do acesso à rede elétrica, da viabilidade técnica e orçamentária dos projetos, incluindo avaliação de possíveis interferências entre parques, assim como avaliação do montante de energia passível de comercialização.

Para além do sistema de funcionamento via leilões e o incentivo público brasileiro por meio do PROINFA, podem ser destacados outros importantes componentes pelos quais a energia eólica foi impactada positivamente no Brasil, abaixo destacamos alguns dos principais fatores (Tolmasquim, 2016):

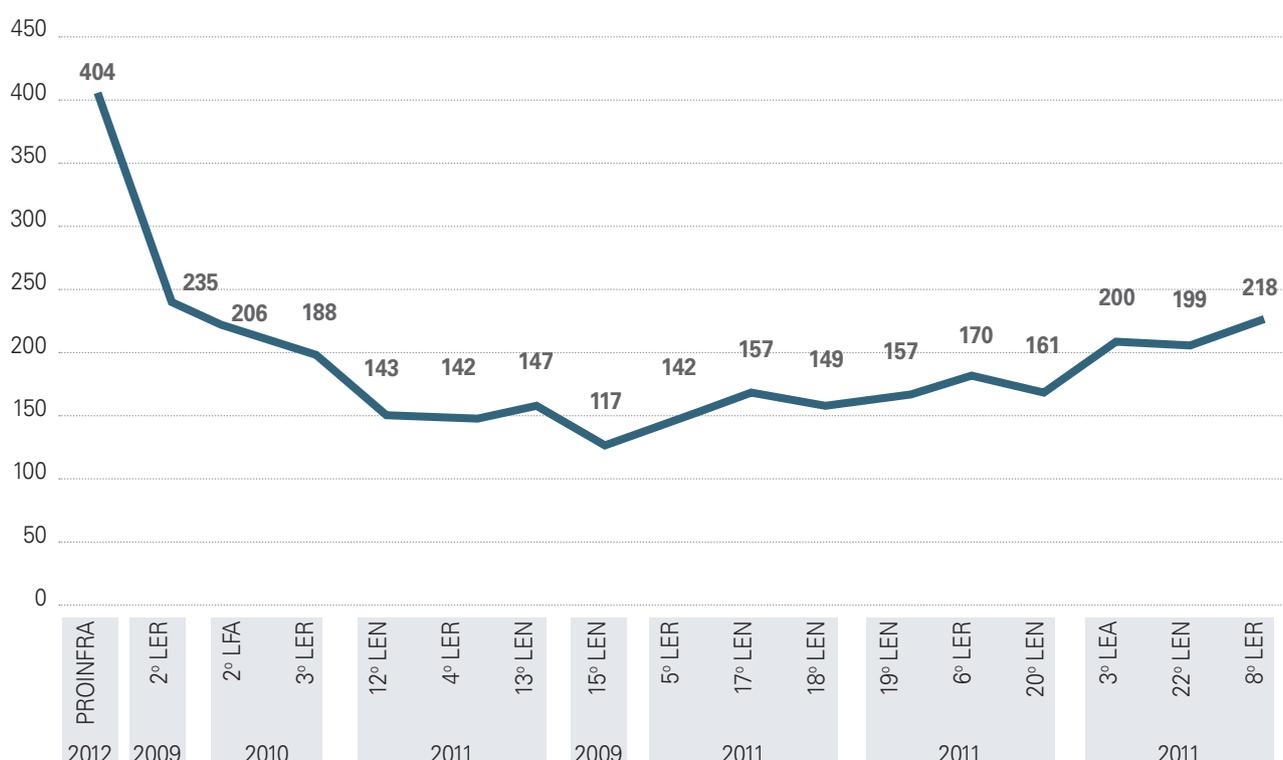
- Alguns leilões tiveram como critério a contratação específica de empreendimentos eólicos, fomentando o setor pelo lado da oferta;
- Desoneração tributária proveniente do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI);
- Isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia eólica;
- A possibilidade de aderir ao regime de tributação com lucro presumido para apuração do Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL);
- Desconto na Tarifa de Uso da Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD);
- Adoção de um sistema de bandas que garantia a receita dentro de um limite de geração entre -10% e +30% da energia contratada;
- Boas condições de financiamento do BNDES.

Em consequência do apoio continuado que a fonte de energia recebeu, sua viabilidade foi alcançada no país. Os incentivos, em conjunto com demais fatores exógenos tiveram impacto direto no custo da energia eólica, conforme detalhado na seção seguinte.

4.1 Preço da Energia Eólica

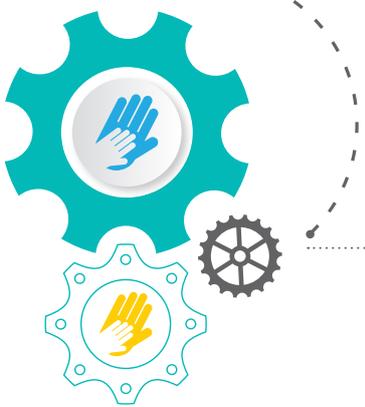
Além do ambiente de incentivos ao segmento de energia eólica, algumas condições externas favoreceram o desenvolvimento da energia eólica, dentre os quais cabe mencionar o barateamento dos equipamentos em função de sobreoferta de alguns componentes no mercado internacional e o desenvolvimento tecnológico que aumentou a eficiência dos aerogeradores, reduzindo o custo de implementação dos parques. Assim, a energia advinda dos ventos apresentou quedas significativas ao longo dos anos. Cabe ressaltar a exceção aplicável ao ano de 2015 quando a valorização expressiva do dólar (começou o ano em R\$ 2,63 e encerrou a R\$ 3,87²⁰) e piora do cenário de crédito oneraram substantivamente os projetos eólicos contratados naquele período.

GRÁFICO 12 – PREÇO DA ENERGIA EÓLICA CONTRATADA POR LEILÃO (R\$/MWH)



Fonte: Tolmasquim (2016). (Nota: Valores correspondentes ao nível de preços de Dez/2016)

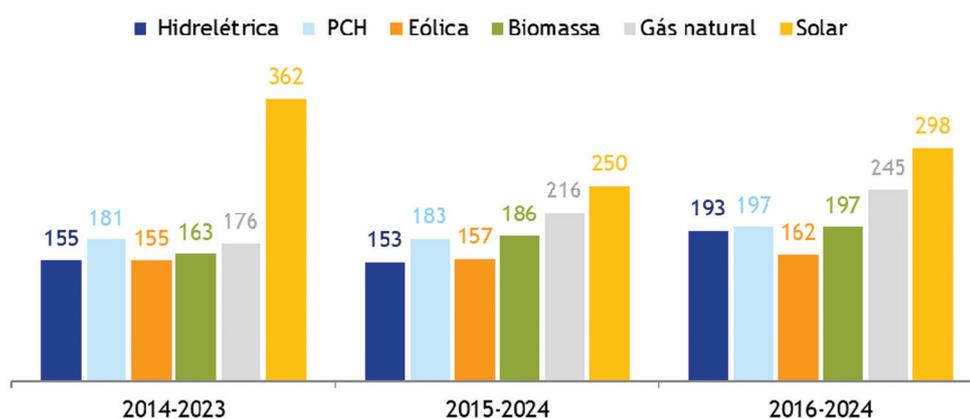
20 Informações obtidas no Ipeadata, disponíveis em: <http://ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=38389>.



Análises da Abeeólica afirmam que a queda observada nos preços da energia até 2012, pode ser explicada pela evolução tecnológica e melhor aproveitamento de área, além da competição natural no setor de infraestrutura. A partir de 2013, os valores da energia começam a subir, devido a implementação de tecnologias mais caras, ampliação dos índices de nacionalização do FINAME e o reestabelecimento de melhores taxas de retornos para este tipo de projeto. Em 2015, a taxa de câmbio e custo Brasil, juntamente com a ampliação do índice de nacionalização para até 80% contribuem para aumento ainda mais expressivo nos custos de energia eólica.

Desde outubro de 2011 é publicado pela EPE o Custo Marginal de Expansão (CME) do sistema elétrico brasileiro, através do qual é estimado o custo futuro para viabilizar a implantação de novos projetos de geração de energia considerando o volume de cada fonte que será adicionada no sistema conforme a projeção decenal da EPE. As últimas 3 edições do CME, publicadas em 2014, 2015 e 2016 projetando os custos de expansão para o horizonte definido nos planos decenais 2023 e 2024, revelam que a energia eólica é a fonte que apresenta maior estabilidade nos preços de expansão e, segundo a estimativa mais recente, que terá o menor custo por MWh adicionado em relação às demais fontes de energia. Todos os custos são estimados.

GRÁFICO 13 – CUSTO MARGINAL DE EXPANSÃO (CME) – EM R\$/MWH



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da EPE (2016b).

Ao longo dos anos 2000, portanto, o setor de energia eólica se desvencilhou dos principais obstáculos que limitavam sua atratividade e partiu de um cenário desfavorável para um novo contexto, onde as vantagens ligadas à geração de energia dos ventos se mostram cada vez

mais promissoras. Entre os elementos que favorecem o cenário eólico no Brasil, destacam-se as vantagens naturais da geografia brasileira, que conferem um grande potencial para geração de energia eólica, além da complementariedade com o sistema energético já estabelecido no país. Adicionalmente, cabe ressaltar o ganho de representatividade das discussões e acordos internacionais referentes às mudanças climáticas, onde a redução das emissões de gases de efeito estufa passa a ter maior protagonismo nas agendas nacionais.

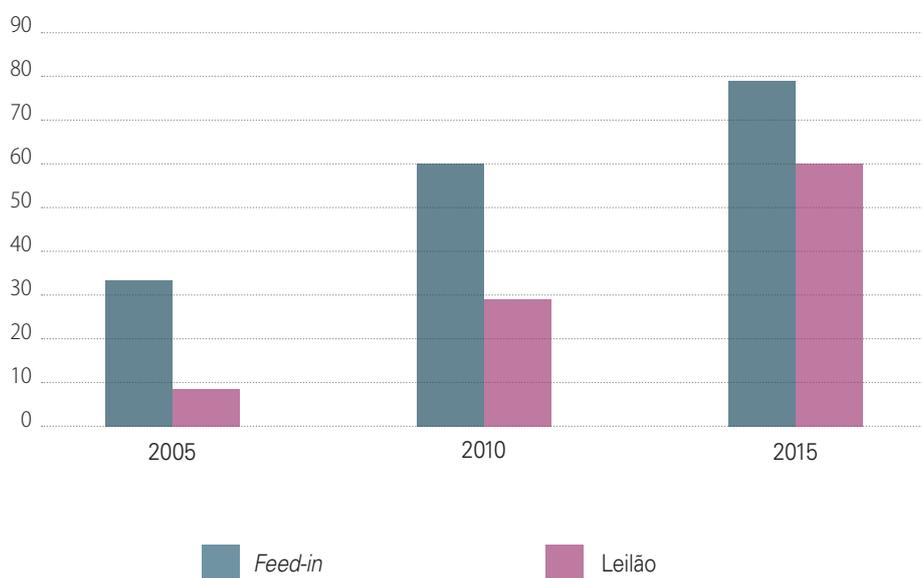


Financiamento da Energia Eólica no Brasil

O ganho de importância da energia eólica no cenário nacional alcançou a tendência de crescimento atual graças a incentivos similares àqueles observados internacionalmente, onde políticas públicas vinculadas a instituições de incentivo viabilizaram os investimentos em fontes renováveis de energia. A Europa, por exemplo, pôde se destacar nesse contexto por meio de iniciativas ligadas ao European Parliament e Council of the European Union em 2001 e 2009 por meio dos quais ofereceu a combinação de vários mecanismos complementares de incentivo, entre eles, o corte de impostos para energias renováveis, taxas de carbono, tarifas *feed-in*²¹ e sistemas de quotas.

As tarifas *feed-in* se constituíram internacionalmente como mecanismo predominante, estando presente em todos os líderes mundiais em capacidade instalada de energia eólica. Como solução alternativa, os leilões vêm aumentando sua participação (Gráfico 14).

GRÁFICO 14 – PRESENÇA DAS TARIFAS FEED-IN E DOS LEILÕES NOS PAÍSES

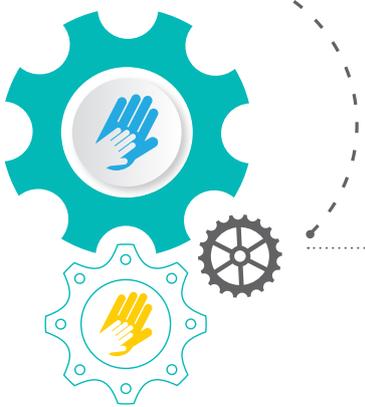


Fonte: Tolmasquim (2016)

A primeira tentativa de fomento ao setor eólico no Brasil ocorreu após a crise energética de 2001, onde foi observado um descompasso entre a oferta e demanda de energia no país. No mesmo ano instaurou-se o PROEÓLICA, visando a contratação específica de projetos eólicos. Tendo em vista o insucesso de tal iniciativa, foi criado um projeto mais abrangente em 2002 com propósitos similares ao do projeto anterior, visando a diversificação e maior segurança da matriz elétrica nacional, o PROINFA, em 2002.

O PROINFA, além de estabelecer a política de tarifas *feed-in* também promoveu subsídios cruzados, com a redução em 50% das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão (TUST) e de

21 Um sistema de tarifas *feed-in* garante a compra total da energia gerada sobre um período longo de tempo a um preço especialmente definido para aquela fonte, geralmente subsidiado, também fixado. No Brasil, em 2004, foram estabelecidos prazos de 20 anos sobre um sistema de bandas de preço, com um valor mínimo de R\$180,18 e máximo de R\$204,36 / MWh (em valores de 2004, que levados a preços de dezembro de 2016 correspondem a R\$358,69 e R\$406,83).



distribuição (TUSD) para a geração de energia eólica. Insere-se nesse contexto a importância que as instituições financeiras tiveram para estimular os investidores dentro de um mercado extremamente incipiente no Brasil no início dos anos 2000.

Dando sequência à adoção do PROINFA, foram instituídas outras políticas de fomento do setor eólico no Brasil através do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), proporcionando financiamento a custos subsidiados. Dos 10.535 MW de capacidade instalada no Brasil até o início de 2017, o BNDES contribuiu para o financiamento de com 9.700 MW (98 projetos²²), totalizando um montante de R\$22,5 bilhões desembolsados de um total de R\$ 31 bilhões em financiamentos aprovados, segundo informações do próprio banco. O investimento total dos projetos com recursos aprovados pelo BNDES é de R\$ 42,4 bilhões, que indica uma composição média de 73% de recursos do banco e 27% de recursos dos próprios acionistas²³.

A expansão das usinas eólicas no Brasil teve início com a importação de equipamentos e, posteriormente, com o estabelecimento de uma cadeia produtiva nacional. O BNDES teve papel importante no incentivo à indústria nacional do setor, trazendo como condição de financiamento que 60% da produção fosse de conteúdo local desde o começo do apoio aos projetos eólicos no início dos anos 2000. Tal nacionalização contou com um programa progressivo de longo prazo (Plano de Nacionalização Progressiva – PNP), no âmbito do Financiamento de Máquinas e Equipamentos (FINAME), permitindo que empresas se instalassem no Brasil enquanto os atendimentos a requisitos de percentuais de conteúdo local previstos pelos programas de financiamento eram aumentados.

Em função dessa política de conteúdo nacional, fabricantes de aerogeradores, pás e componentes foram atraídos ao Brasil em um ritmo de expansão acelerada. Inicialmente, o conteúdo local era medido pelo peso dos produtos empregados. Ao final de 2012, foi estipulada uma metodologia específica para credenciamento e apuração do conteúdo local para aerogeradores²⁴ através da qual metas físicas foram impostas com o objetivo de fomentar a produção de uma gama de componentes de maior valor agregado. A nova metodologia permitiu a correção de distorções e levou à produção nacional de conteúdo com valor tecnológico mais significativo, gerando a transferência de tecnologia e geração de empregos qualificados que se pretendia (Tolmasquim, 2016).

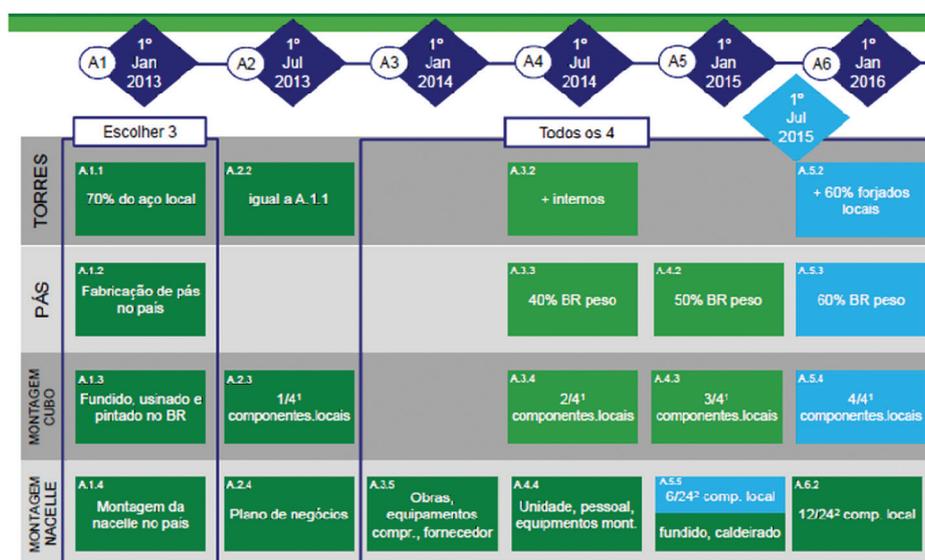
Atualmente, o Plano Nacionalização Progressiva apresenta o seguinte critério de apuração:

22 Vale ressaltar que os projetos normalmente incluem vários empreendimentos agregados, daí o fato de o BNDES apoiar uma capacidade instalada tão expressiva em um número aparentemente baixo, se comparado ao total de empreendimentos existentes no Brasil.

23 Esses valores não representam a estrutura individual de cada projeto, apenas a média de todos os financiamentos realizados pelo banco. No volume de recursos próprios estimados não são consideradas outras fontes de recurso como debêntures de infraestrutura. A estrutura de capital individual pode variar, mas dado o volume de recursos provenientes de outras fontes, não há variações importantes no quadro geral.

24 As regras específicas podem ser encontradas no site do BNDES através do link: <https://goo.gl/XzW82t>.

FIGURA 8 – PLANO DE NACIONALIZAÇÃO PROGRESSIVA

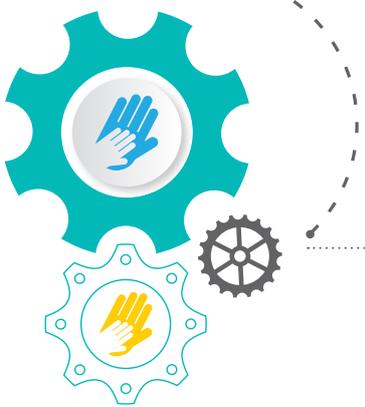


Fonte: Cedido e desenvolvido pelo BNDES

O BNDES tem protagonizado o financiamento do setor elétrico no Brasil, concedendo mais de 50% do volume total investido no setor. Em 2015, apesar de uma queda de 28% do valor total dos desembolsos do BNDES em relação a 2014, os projetos de energia elétrica receberam R\$ 21,9 bilhões, volume 15% superior em relação ao ano anterior. Segundo o Banco, o salto mais relevante nos financiamentos na área de energia foi dado pelos projetos eólicos, que tiveram uma expansão de 85%, com os desembolsos saltando de R\$ 3,3 bilhões para R\$ 6,1 bilhões (CEBDS, 2016). As condições atuais do BNDES para financiamento de geração elétrica estão apresentadas no Quadro 3.

Os recursos utilizados pelo BNDES são, em sua grande maioria, originários do Tesouro Nacional, porém, outras fontes de financiamento também contribuem para que os projetos sejam apoiados pelo banco. Uma parceria firmada com o BID no final de 2016, por exemplo, garante até US\$ 2,4 bilhões para o Programa de Financiamento para Energia Sustentável, através da qual será possível direcionar mais recursos para a ampliação da participação das energias alternativas na matriz elétrica brasileira.

Uma importante fonte complementar de recursos são as debêntures de infraestrutura, que foram instituídas em 2011 através da Lei 12.431. Esse instrumento foi concebido visando a ampliação dos recursos disponíveis para projetos avaliados como prioritários para o desenvolvimento da infraestrutura nacional. Através da utilização das debêntures incentivadas, investidores pessoa física



e investidores estrangeiros passaram a contar com isenção de Imposto de Renda sobre o rendimento desses papéis. Ainda que não tenha alcançado a larga escala noticiada quando de sua criação, algumas operações com debêntures foram viabilizadas gerando um volume de recursos captado superior a R\$ 700 milhões de investidores privados com intuito de participar do financiamento de longo prazo dos projetos.

O Banco do Nordeste do Brasil (BNB) é outra fonte importante no que tange ao financiamento dos projetos eólicos. Embora a atuação do banco seja restrita à região Nordeste, tendo em vista o elevado potencial da região e a significativa parcela de projetos já instalados nos estados atendidos pelo banco, existem condições para que um volume significativo de projetos seja apoiado pela instituição. Com suas atividades iniciadas em 2005, ainda com projetos do PROINFA, o BNB apoiou 39 projetos presentes na região nordeste, destinando um volume total de recursos superior a R\$ 3 bilhões. Após o ano de 2013 sua atuação em energia foi limitada por determinação do governo federal, contudo, a partir do ano de 2016 essa fonte voltou a ficar acessível para o apoio de novos projetos.

Outra fonte que busca apresentar alternativa para o BNDES é o FI-FGTS, que já financiou projetos como Eólicas São Clemente e Energimp e lançou, em janeiro de 2017, um edital para o financiamento de até 15 projetos de diversas áreas de infraestrutura, para os quais poderão ser destinados até R\$ 7 bilhões no total (sendo que cada projeto pode receber de R\$ 100 milhões a R\$ 1 bilhão), porém, o montante aportado pelo FI-FGTS não poderá ser superior a 50% do financiamento total, o que indica que a fonte sempre será acompanhada por outra com participação igual ou superior.

Como forma de atração de recursos estrangeiros, alguns países adotaram um modelo de vinculação das receitas advindas de contratos de longo prazo de energias renováveis (eólica e fotovoltaica) ao dólar americano. Através desse mecanismo, empreendedores interessados em tomar recursos para seus projetos não precisam assumir riscos cambiais em adição aos riscos já existentes nas operações. Podemos destacar México, África do Sul e Índia e, na América do Sul, Chile, Argentina e Uruguai como alguns dos países que adotaram esse modelo. Tendo em vista que o Brasil não utilizou a indexação dos contratos e que os custos para reduzir o risco cambial nas transações financeiras encarecem significativamente as operações²⁵, projetos com fontes estrangeiras possuem competitividade muito comprometida quando comparados com as fontes nacionais e, portanto, acabam por ter sua adoção muito dificultada.

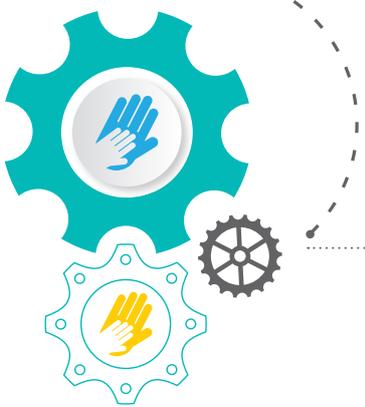
Além da possibilidade de obter dívida para o financiamento dos projetos, existe o componente de capital próprio, que também pode ser originário do exterior e que enfrenta o mesmo desafio no quesito câmbio. Entretanto, o risco cambial é tomado por empresas estrangeiras que decidem investir no Brasil, grupos que podem ter interesse em assumir ou desconsiderar tais riscos em suas

25 Estimativas sugerem um sobrecusto de 10 a 15% ao ano, em média, e mesmo assim não é economicamente viável que sejam criados instrumentos de hedge cambial por toda a duração do contrato de fornecimento, conferindo ainda algum risco cambial à operação.

decisões de investimento. Conforme estimativas apresentadas no Climatescope 2016, as energias renováveis no Brasil atraíram cerca de 23% de recursos estrangeiros, sendo os 77% restantes compostos por capital nacional. Essa atratividade ainda é muito baixa se comparada a alguns países latino americanos que possuem indexação de contratos em moeda estrangeira e que contam com volume muito mais expressivo de financiamento externo como Chile (90%) e México (98%).

Um exemplo de participação de capital estrangeiro em projetos eólicos é o da ENEL Greenpower. A empresa italiana investiu recursos no Brasil e utilizou, além de recursos próprios, capital estrangeiro fornecido pela IFC (International Finance Corporation), agência de financiamento do Banco Mundial. Contudo, para um grupo internacional que possui parcela expressiva de suas receitas em moeda estrangeira, mitigar o risco de utilizar crédito no exterior em moeda diferente da proporcionada pelo projeto é muito menor que para uma empresa brasileira que tem toda a sua receita em Reais e não dispõe dos mesmos mecanismos de compensação do risco assumido. Sendo assim, a utilização em larga escala dessas fontes de recursos não é de fácil implementação.

Embora a maioria dos projetos utilize de forma sistemática o capital de terceiros, é possível que sejam utilizados apenas recursos próprios. Porém, o modelo mais usualmente encontrado é o que utiliza uma combinação de recursos dos empreendedores, equity, e dívida. As fontes de financiamento atualmente em vigor são listadas a seguir e oferecem as seguintes condições para o apoio de novos projetos:



QUADRO 3 – CONDIÇÕES DE FINANCIAMENTO PARA PROJETOS DE ENERGIA EÓLICA

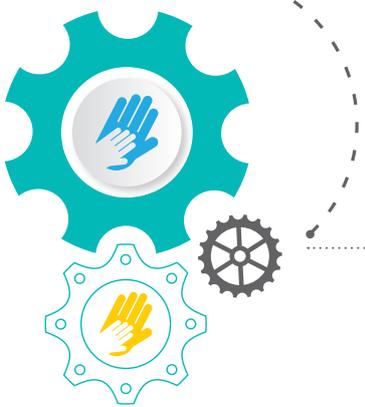
Instituição	Linha de Financiamento	Requisitos	Prazo Liberação dos Recursos	Garantias
BNDES	FINEM – Infraestrutura	Projetos no Brasil com fornecedores que cumpram regras de conteúdo local	Em média 14 meses após a solicitação inicial de recursos	- Garantias reais apresentadas (penhor das ações da SPE, cessão fiduciária de recebíveis, contas vinculadas ao projeto e direitos emergentes da concessão); - Garantias financeiras apresentadas até o completion financeiro do projeto (cumprimento do 1º ano de Índice de Cobertura do Serviço da Dívida)
BNB	FNE Infraestrutura ou FNE Verde	Projetos no Nordeste, com fornecedores que cumpram regras de conteúdo local e a preservação, conservação, controle e/ou recuperação do meio ambiente	Em média 12 meses após a solicitação inicial de recursos	- Garantias reais (penhor das ações da SPE e dos equipamentos, cessão fiduciária de recebíveis, contas vinculadas ao projeto e direitos emergentes da concessão); - Garantias financeiras apresentadas até o completion financeiro do projeto
Caixa Econômica Federal	FI-FGTS – Debêntures não-conversíveis	Atuação em uma das seguintes áreas: a) Rodovias b) Portos c) Hidrovias d) Ferrovias e) Energia f) Saneamento g) Aeroporto	Conforme solicitado por cada projeto, a partir de sua necessidade de recursos	- Garantias reais apresentadas pelo empreendedor (penhor das ações da SPE, cessão fiduciária de recebíveis, contas vinculadas ao projeto e direitos emergentes da concessão); - Garantias financeiras apresentadas até o completion financeiro do projeto (cumprimento do 1º ano de Índice de Cobertura do Serviço da Dívida)
Debêntures de Infraestrutura	Debêntures incentivadas	Investimento em infraestrutura	Varia de acordo com a operação. Leva 6 meses em média	- Garantias reais apresentadas pelo empreendedor (penhor das ações da SPE, cessão fiduciária de recebíveis, contas vinculadas ao projeto e direitos emergentes da concessão); - Usualmente emitida próximo do final da construção ou após conclusão, o que facilita a dispensa das garantias financeiras

Fonte: Elaborado pelo autor

26 A Linha de Investimento Social de Empresas (ISE) permite que empreendedores interessados em realizar ações sociais tenham acesso a recursos em condições facilitadas. É possível obter um crédito adicional hoje obtido a TJLP + 1,2% + Spread adicional para até 80% dos investimentos sociais previstos. Antes da revisão das condições oferecidas pelo

Custo	Prazo Amortização	Contrapartidas Sociais
<p>TJLP + Spread básico + Spread operação 7,5%¹ + 1,5%² + até 3,5%³</p> <p>¹ Definida pelo governo conforme intenção de promoção ao crédito</p> <p>² Valor atualmente adotado pelo BNDES para energia eólica</p> <p>³ Depende do resultado da análise de crédito conduzida pelo banco</p>	16 anos	Não há contrapartidas explícitas. São avaliados os méritos socioeconômicos da operação frente o direcionamento das políticas de crédito. É praxe a utilização da Linha Investimento Social de Empresas (ISE) ²⁶
<p>Faturamento acima de R\$ 90 milhões: 10,59% a.a. (pagamentos nas datas previstas estão sujeitos a um bônus de adimplência de 15%)</p> <p>Faturamento inferior a R\$ 90 milhões: 9% a.a. (sujeito ao bônus de adimplência de 15%). Condições vigentes até 31.03.17</p>	até 20 anos	Não há contrapartidas explícitas definidas. Condições definidas caso a caso
Condições propostas pelo empreendedor, conforme possibilidade de pagamento do projeto	Proposto pelo empreendedor	Critérios de seleção levarão em conta região do investimento e geração de empregos por R\$ milhão investido, atribuindo nota maior aos investimentos localizados no Norte ou Nordeste e àqueles que gerarem maior número de empregos
Definição caso a caso. É comum a aplicação de um spread sobre os títulos públicos de prazos equivalentes (ex: 2% a 3% + taxa NTN-IPCA)	De 5 a 10 anos normalmente	Não há contrapartidas explícitas definidas

BNDES, essa linha disponibilizava recursos ao custo de TJLP sem spreads adicionais e permitia o financiamento de 100% dos projetos sociais. Desde a mudança nas regras não houve novas contratações de financiamento para eólica para que seja avaliado o impacto na mudança da política de créditos sobre a demanda pelos investimentos sociais.



Barreiras ao Financiamento de Energias Renováveis no Brasil

O estudo “Barreiras ao Financiamento de Energias Renováveis no Brasil” (CEBDS, 2016), uma iniciativa do CEBDS, teve como objetivo apresentar os principais entraves que dificultam o acesso do setor empresarial ao financiamento à energia renovável e quais as soluções e os instrumentos que podem ser implantados ou desenvolvidos para superação desses desafios. As barreiras foram classificadas em dois grandes grupos: Barreiras ao financiamento para geração centralizada e barreiras ao financiamento para geração distribuída:

a) Barreiras ao financiamento para geração centralizada (Utility scale)

Crédito subsidiado e crédito privado:

Como alternativa ao mercado de capitais, o crédito do BNDES apresenta menores taxas, porém requer conteúdo nacional, enquanto a indústria nacional de equipamentos ainda não se desenvolveu;

- As taxas subsidiadas não refletem o real custo da operação, portanto representam um elevado custo fiscal;
- Sub-aproveitamento da inteligência e expertise das instituições financeiras privadas em modelar projetos, combinar instrumentos de crédito, formatar empréstimos-ponte.

Captação externa: taxa de juros menor, mas custo de cobertura do risco cambial bastante elevado (estimativa de 10-15%), devido à volatilidade do câmbio e ao longo prazo dos contratos.

Expertise das instituições financeiras: projetos pequenos para serem analisados como Project Finance, enquanto outras áreas estão acostumadas com operações padronizadas.

Alta percepção de risco, que aumenta o retorno requerido pelos investidores:

- Algumas tecnologias e processos são relativamente novos no Brasil: energia solar e novas tecnologias como armazenamento de energia e geração geotérmica. As fontes biomassa, PCHs e eólicas já possuem um *track record*;
- Alguns dos atores não possuem histórico de crédito de longo prazo.

Existem riscos efetivos nos procedimentos de conexão e de distribuição da energia gerada.

b) Barreiras ao financiamento para geração distribuída

Informação:

- O produto é complexo, precisa de projeções de longo prazo sobre custos e benefícios para justificar implementação;
- Para micro e mini-geração, o modelo de expansão é por indicação, portanto lento.

Investimento:

- Alto custo inicial (residencial: R\$ 12.000 a R\$ 100.000 – comércio e indústria: R\$ 600.000 a R\$ 6 milhões – usinas: R\$20 milhões a R\$120 milhões);
- Descasamento entre custo inicial e benefícios de longo prazo.

Falta de produtos financeiros e modelos de negócio apropriados:

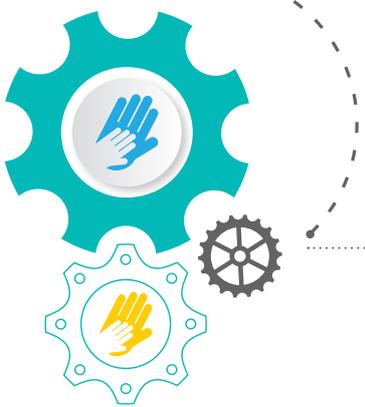
- Poucas linhas de financiamento específicas;
- Dificuldade em definir a garantia física do empréstimo;
- Pouco conhecimento e utilização no Brasil de instrumentos alternativos: e.g.: securitização de carteiras de projetos de Geração Distribuída, que já ocorre nos EUA.

Analisando especificamente os aspectos financeiros acerca do potencial de participação dos pequenos negócios, é possível afirmar que as condições existentes apresentam um limitador para a participação direta de pequenos negócios na cadeia. Dentre os motivos, cabe mencionar:

Considerando a dimensão dos investimentos realizados na cadeia eólica centralizada, é inviável a participação de pequenos negócios como empreendedores tanto pela necessidade de recursos quanto pelas garantias financeiras robustas solicitadas desses agentes;

Já como fornecedores de componentes-chave na execução do empreendimento, existem as restrições de que sejam contratadas empresas de primeira linha, com experiência comprovada no setor e que, portanto, precisam ter superado o estágio de amadurecimento do negócio há mais tempo, dificultando, inclusive, o surgimento de novos entrantes.

Essas restrições findam por relegar empresas de pequeno porte ao fornecimento de serviços pontuais ou subcomponentes que não constituem uma parcela significativa do capital empregado.



5.1 Custo de Capital

O custo de capital representa o custo de oportunidade dos recursos dedicados para determinado fim. Em sua composição existem o capital de terceiros (dívida obtida junto às fontes de financiamento) e o capital próprio (recursos do empreendedor, também denominado equity). A partir da proporção entre as diferentes fontes de recursos é calculado o Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC ou WACC da sigla em inglês que significa Weighted Average Cost of Capital).

Para que um projeto crie valor para seu acionista é necessário que o retorno proporcionado por ele seja superior ao custo médio ponderado do capital empregado em sua execução. O custo do capital de terceiros é dado pelas fontes de recursos disponíveis e são relativamente uniformes para cada fonte de investimento, não havendo, de modo geral, grandes variações entre projetos distintos, dado que as características gerais são semelhantes²⁷.

No que tange ao custo do capital próprio, essa é uma premissa de cada investidor e pode variar consideravelmente de acordo com o perfil do empreendedor, sua disposição em aceitar riscos, alternativas de investimentos disponíveis, dentre outros. Das inúmeras abordagens utilizadas para a estimação desse parâmetro, neste trabalho foram compilados os custos de capital apresentados nos Documentos de Projeto (PDD na sigla em inglês que significa Project Design Document) que fizeram seu cadastro para comercialização de créditos de carbono no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O custo de capital próprio indicado nos PDD's é de 16,4%.

Em função da subjetividade que representa a informação de custo de capital, um dado adicional apresentado é das taxas de retorno estimadas nos projetos. É importante ressaltar que a taxa interna de retorno (TIR) projetada indica qual é a expectativa de rentabilidade do capital aplicado na viabilização do projeto. Na prática, muitos investidores analisam a TIR esperada do projeto à luz de outras alternativas de investimento disponíveis e tendo em vista sua disponibilidade de recursos e disposição para assumir riscos. A taxa média de retorno encontrada considerando-se os projetos que realizaram solicitações no âmbito do MDL, incluindo o impacto da comercialização dos créditos de carbono, foi de 8,6% real para o acionista²⁸.

Em evento da ABRACONEE, o Banco JPMorgan apresentou as taxas de retorno estimadas para projetos de energia eólica vencedores de leilões realizados entre 2009 e 2013. Conforme estimativas da instituição, o retorno médio para o período foi de 9% para o acionista, ou seja, após o pagamento das dívidas. Ambas as fontes sugerem uma taxa de retorno próxima, mas é importante ressaltar que o apetite dos investidores está sujeito à disponibilidade de recursos dos mesmos e sua disposição

27 Existem particularidades inerentes a cada projeto referentes aos aspectos técnicos, tarifas e experiência de empreendedores e fornecedores envolvidos. Contudo, os aspectos gerais apresentam similaridades.

28 Como referência, títulos do tesouro atrelados à inflação (Tesouro IPCA+) com vencimento em 2035 remuneram 5,19% ao ano em termos reais. Consulta realizada em 23/03/17.

em aceitar os riscos representados pela implantação de um projeto eólico, variáveis que podem flutuar ao longo do tempo e impactar esse resultado.

As instituições que buscam apoiar o desenvolvimento de Pequenos Negócios ou da cadeia de valor da energia eólica possuem atuação vasta e podem contribuir de forma expressiva para ampliar a inclusão das pequenas empresas neste segmento. Segue um quadro com a apresentação das principais instituições nacionais e um descritivo de sua atuação.

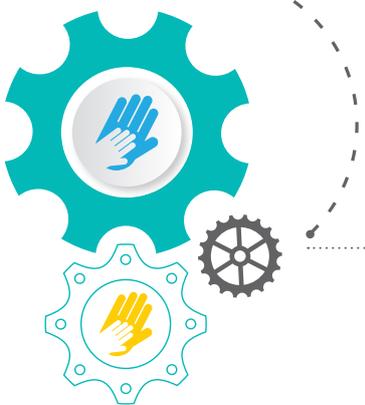


6

Instituições de Apoio Ligadas à Cadeia de Valor Eólica no Brasil

QUADRO 4 – INSTITUIÇÕES DE APOIO

Instituição de Apoio	Abrangência	Atuação
SEBRAE	Nacional	<p>O SEBRAE é uma entidade privada que promove a competitividade e o desenvolvimento sustentável dos empreendimentos de micro e pequeno porte, aqueles com faturamento bruto anual de até R\$ 3,6 milhões, além de estimular o empreendedorismo.</p> <p>Há mais de 40 anos, atua com foco no fortalecimento do empreendedorismo e dos pequenos negócios, bem como na aceleração do processo de formalização da economia por meio de parcerias com os setores público e privado, programas de capacitação, acesso ao crédito e à inovação, estímulo ao associativismo, promoção de negócios, por meio de feiras e rodadas de negócios, dentre outras iniciativas.</p> <p>As soluções desenvolvidas pelo SEBRAE atendem desde o empreendedor que pretende abrir seu primeiro negócio até pequenas empresas que já estão consolidadas e buscam um novo posicionamento no mercado.</p> <p>Para garantir o atendimento aos pequenos negócios, o SEBRAE atua em todo o território nacional. Além da sede nacional, em Brasília, a instituição conta com pontos de atendimento nas 27 unidades da Federação. O SEBRAE Nacional é responsável pelo direcionamento estratégico do sistema, definindo diretrizes e prioridades de atuação. As unidades estaduais desenvolvem ações de acordo com a realidade regional e as diretrizes nacionais” (SEBRAE, 2017b).</p> <p>O SEBRAE selecionou a Cadeia de Energia como um dos macrosssegmentos de sua atuação, tendo destacado entre suas prioridades a inclusão de pequenos negócios na cadeia de energia solar fotovoltaica. A Frente de Economia Verde do Projeto Plataforma, uma parceria entre o SEBRAE, o BID e a Organização dos Estados Iberoamericanos (OEI), é um exemplo de sua atuação em energia solar fotovoltaica. Através dela, o SEBRAE busca mobilizar agentes da cadeia empresarial e institucional de energia solar fotovoltaica para que possam traçar, de forma articulada, programas estratégicos, com a proposição de políticas públicas e corporativas, projetos e ações, para fomentar e consolidar a inserção, de forma competitiva e sustentável, de pequenos negócios da indústria, comércio e serviços na cadeia de energia solar fotovoltaica. Cabe destacar que o Sebrae, por meio do seu Programa Nacional de Encadeamento Produtivo – PNEP, pode implementar projetos, em parceria com grandes empresas, para melhorar a competitividade de pequenos negócios de sua cadeia de valor, contribuindo para o aumento da capacidade de competir de todos os envolvidos.</p>
ABEEÓLICA	Nacional	<p>A Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) engloba empresas de toda cadeia produtiva visando contribuir com o desenvolvimento do setor de energia eólica no Brasil.</p> <p>Por meio da relação permanente com os principais órgão governamentais associados, a ABEEólica contribui com o setor por meio da realização de eventos para discussão e negócios, por meio de suporte técnico e regulatório.</p>



Instituição de Apoio	Abrangência	Atuação
ABDI	Nacional	A Agência Nacional de Desenvolvimento Industrial (ABDI) atua como entidade de apoio técnico sistemático para a articulação e gerenciamento das políticas industriais no Brasil. Hoje são observadas cerca de 28 ações ligadas à Associação, entre elas a “Produção Sustentável”, engloba a ideia de práticas de produção limpa e sustentável no que concerne a produção industrial brasileira. Por meio da oferta de estudos conjunturais, estratégicos e tecnológicos a ABDI, contribui de maneira significativa para o setor por meio de estudos como o “Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil” em 2014.
ABIMAQ	Nacional	A Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) reúne empresários, órgãos do governo e outras entidades de classe que atendem em conjunto determinados segmentos econômicos. A ABIMAQ desenvolve ações específicas de cunho institucional e mercadológico de energia eólica, de maneira que objetiva-se uma maior integração entre os associados que compõem a cadeia produtiva para ganho de competitividade e importância da indústria nacional no setor. A associação engloba empresas como Gamesa e Vestas e realiza feiras setoriais.
CNI	Nacional	A Confederação Nacional da Indústria (CNI) é o órgão máximo do sistema sindical patronal da indústria brasileira. Por meio do diálogo permanente com os sindicatos industriais, as associações setoriais, fóruns e conselhos, a CNI é considerada uma importante instituição de apoio à cadeia de energia eólica. Entre as atuações de impacto da CNI sobre o setor de energia eólica, destaca-se, por exemplo, a defesa na Conferência das Partes sobre Mudanças Climáticas (COP) a diversificação da matriz elétrica nacional por meio da produção e consumo de energias renováveis. Além da publicação de documentos técnico-informativos referentes ao setor e a administração de outras instituições que geram impacto sobre o setor (como o SENAI e IEL).
SENAI	Nacional	O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) além de estimular a inovação da indústria por meio de consultoria e incentivos atua também, com foco na capacitação profissional. Por meio da oferta de cursos profissionalizantes que vão desde a iniciação profissional até a pós-graduação em tecnologia, o SENAI incentiva a cadeia de energia eólica por meio da ampliação da oferta de capital humano para indústria nacional.
Instituto Ideal	América Latina	O Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) atua hoje no Brasil para a promoção das energias renováveis. Por meio da produção de conteúdo e disseminação do conhecimento sobre o setor, a Instituição é considerada um importante ponto de impacto sobre a cadeia eólica.

Instituição de Apoio	Abrangência	Atuação
IBICT	Nacional	E O Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), atua com o enriquecimento dos repositórios virtuais de conteúdo no Brasil por meio da absorção e personalização de novas tecnologias e conteúdo, viabilizando sua distribuição e preservação entre o órgão interessados. O IBICT compõe, portanto, uma importante instituição de apoio à coleta e geração de conteúdos setoriais.
APEX	Nacional	A Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos atua tanto sobre a captação de investimentos quanto para a viabilização da exportação de produtos gerados em território nacional. Espera-se com isso o desenvolvimento da competitividade.
ABStartups	Nacional	A Associação Brasileira de <i>Startups</i> (ABStartups), é uma organização sem fins lucrativos de representação as <i>startups</i> brasileiras. Ela busca promover o ecossistema brasileiro de <i>startups</i> nacionalmente e internacionalmente, fornecendo informações de mercado e ativando os agentes relevantes para aumentar a competitividade das <i>startups</i> brasileiras. É principal fonte de informações sobre o ecossistema de <i>startups</i> brasileiro, tendo hoje o maior banco de dados de <i>startups</i> do país. Representa as <i>startups</i> brasileiras, fomentando a discussão de políticas públicas para <i>startups</i> .

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisas no site das instituições

6.1 Instituições de Pesquisa Ligadas à Cadeia de Valor Eólica no Brasil

Em linha com o expressivo desenvolvimento alcançado pela energia eólica no país, as instituições de ensino e pesquisa passaram a oferecer programas e cursos com o objetivo de acompanhar a produção de conhecimento e formação de profissionais para atuar na área. Em seguida são citadas as principais instituições de ensino e pesquisa e destacados alguns projetos desenvolvidos pelas instituições.



QUADRO 5 – INSTITUIÇÕES DE PESQUISA

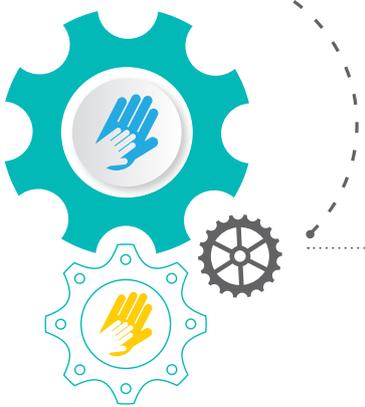
Instituição	Cursos e Projetos
Universidade Federal do Ceará (UFC)	Curso de graduação Engenharia de Energias Renováveis Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica com linha de pesquisa em energia eólica Laboratório de Aerodinâmica e Mecânica dos Fluidos (LAERO) com pesquisa na área de tecnologia para aerogeradores Laboratório de Energia Eólica do Departamento de Engenharia Elétrica da UFC
Pontifícia Universidade Católica – RS (PUCRS)	Núcleo Tecnológico de Energia e Meio Ambiente (NUTEMA) Centro de Energia Eólica (CE-EÓLICA PUCRS)
Universidade de São Paulo (USP)	Instituto de Energia e Ambiente (IEE – USP): PPGE (Pós-Graduação em Energia) e PROCAM (Pós-Graduação em Ciência Ambiental). Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade Projeto: Avaliação do ciclo de vida de projetos eólicos
Universidade Salvador (UNIFACS)	Especialização em Energias Renováveis Mestrado em Energia
Fundação Getúlio Vargas (FGV)	Pesquisas, publicações e workshops voltados para o tema ‘energia eólica’.
Centro de Treinamento e Estudos em Energia (CTEE)	Curso: Negócios em Energia Renovável – Análise de Viabilidade
Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB)	Publicação de coletâneas com pesquisas relevantes na área de energia solar e eólica. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=&cid=6 http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=&cid=7
Centro Brasileiro de Energia e Mudanças Climáticas (CBEM)	Levantamento e Análise da Regulação do Setor Elétrico Brasileiro relativa à geração com Fonte Eólica, incluindo uma análise da Portaria no 147, de 30/03/2009
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL)	Elaboração do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro em 2001
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	Laboratório de Mecânica dos Fluidos e Aerodinâmica (LABMFA) do curso de Engenharia Mecânica com pesquisa na área eólica. Programa de Planejamento Energético (PPE) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE – UFRJ) Mestrado e Doutorado em Planejamento Energético com linha de pesquisa na área de fontes alternativas.

6. INSTITUIÇÕES DE APOIO LIGADAS À CADEIA DE VALOR EÓLICA NO BRASIL

Instituição	Cursos e Projetos
Instituto Ideal	Realização de palestras e seminários como o 7º Seminário Energia + Limpa, em 2014. No qual se reúnem especialistas nacionais e internacionais em sessões de debate sobre fontes alternativas. O seminário Energia + Limpa ocorre normalmente entre os meses de abril e maio, e é aberto ao público
Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (CERNE – RN)	Curso: Desenvolvimento de projetos eólicos
Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER)	Lista de Cursos: http://www.ctgas.com.br/images/programacao_cursos/Portiflio_cursos_v1.pdf Obs: Cursos em parceria com o SENAI – CE
Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC)	Curso de Segurança em Instalações Elétricas em Parques Eólicos (SENAI – CE)
Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo de Frontin (ASTEF)	Curso de Operação e Manutenção de Parques Eólicos
Instituto Brasileiro de Educação Continuada (Inbec)	Curso de extensão: Eficiência Energética, Energia Eólica e Energia Solar Fotovoltaica.
Grupo Neoenergia	Projeto Aulas de Energia: conscientizar os alunos das universidades e das escolas públicas e particulares do Rio Grande do Norte sobre a importância da geração e uso da energia (em especial das energias renováveis – como a eólica).
Universidade Federal de Itajubá (MG) – (UNIFEI)	GEER – Grupo de estudos em energias renováveis.
Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção (ABENDI)	Inspeção de Fabricação e Manutenção do Setor Eólico – pás eólicas, torres e estruturas.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisas no site das instituições

Além das instituições de pesquisa, é importante analisar a origem dos recursos destinados à energia eólica. Regido com base na Lei nº 9.991 de 2000 e suas alterações, o programa de P&D da ANEEL é regulamentado pelas Resoluções Normativas nº 316 de 2008 e nº 504 de 2012 e normas correlatas e tem os objetivos de “promover a cultura da inovação, estimulando a pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico brasileiro, criando novos equipamentos e aprimorando a prestação de serviços que contribuam para a segurança do fornecimento de energia elétrica, a modicidade tarifária, a diminuição do impacto ambiental do setor e da dependência tecnológica do país,” segundo definido pela própria agência em seu site.



A ANEEL é responsável pelas diretrizes e pela fiscalização da aplicação dos recursos. Porém, salvo pelo lançamento esporádico de alguns editais com temas de pesquisa a serem explorados, sua atuação é apenas indireta, de maneira que a utilização dos recursos fica a cargo das próprias empresas às quais cabe financiar diretamente os projetos.

As empresas de geração (fontes térmica e hídrica), transmissão e distribuição do setor elétrico brasileiro devem destinar, em média, 0,4% de suas receitas para P&D em energia. Segundo estimativas da agência, isso representaria um volume anual de cerca de R\$400 milhões. Entretanto, esse número pode alcançar valores ainda mais expressivos uma vez que foram protocolados projetos que propunham aplicar mais de R\$ 8 bilhões entre dezembro de 2008 e fevereiro de 2017. Desse total, conforme consultado no banco de dados das pesquisas financiadas pela ANEEL, é possível identificar mais de R\$ 370 milhões destinados à energia eólica entre dezembro de 2009 e dezembro de 2016. Esse número representa um volume relativamente baixo, uma vez que alcança menos de 5% do saldo total de uma fonte que tem ampliado sua participação na matriz elétrica de forma tão acelerada.

Além dos projetos submetidos à ANEEL, as empresas atuantes na cadeia, com especial destaque para os aerogeradores e seus principais componentes, destinam recursos para o aprimoramento tecnológico de seus produtos, porém não há como estimar o volume aplicado no Brasil para essa finalidade.

Outra importante fonte de financiamento para projetos de energia eólica advém dos recursos públicos usualmente aplicados por universidades e centros de pesquisa e desenvolvimento. Instituições de fomento à produção científica e tecnológica como a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) são outras fontes de destaque na disponibilidade de recursos para o financiamento de projetos. Porém, as pesquisas destinadas ao tema de energia eólica precisam enfrentar processos de concorrência com várias outras linhas, uma vez que iniciativas que visam ampliar o desenvolvimento de fontes renováveis são apenas pontuais nessas instituições.

Dentre as iniciativas de maior acessibilidade, especialmente no contexto de projetos de inovação e desenvolvimento de produtos cabe ressaltar a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), que possui o programa INOVACRED, cujo objetivo é oferecer financiamento para o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços, ou para o aprimoramento dos que já existem. Além disso, o programa também se destina à projetos de inovação em marketing ou inovação organizacional, de forma a aumentar a competitividade das empresas.

Em condições normais, a linha de operação direta com a FINEP demanda faturamento anual de R\$ 90 milhões e investimento mínimo de R\$ 10 milhões. Porém, para projetos julgados como inovação crítica, a financiadora pode tratar diretamente. Entre os itens que podem ser financiados se encontram obras civis e instalações; equipamentos nacionais; equipamentos Importados; softwares; matérias primas e material de consumo, entre outros.

6. INSTITUIÇÕES DE APOIO LIGADAS À CADEIA DE VALOR EÓLICA NO BRASIL

Para os casos de projetos que não representem inovação crítica ou não atendam aos requisitos mínimos de faturamento e investimento podem acessar os agentes financeiros regionais que fazem a análise e avaliam o mérito de obtenção dos recursos da FINEP. Segue a lista dessas instituições.

QUADRO 6 – AGENTES FINANCEIROS REGIONAIS FINEP

Estado	Instituição
Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Maranhão, Rondônia, Roraima	Banco da Amazônia S. A. – BASA
Alagoas	Agência de Fomento de Alagoas S. A. – DESENVOLVE ALAGOAS
Bahia	Agência de Fomento do Estado da Bahia S. A. – DESENBÁHIA
Espírito Santo	Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo S. A. – BANDES
Goiás	Agência de Fomento de Goiás S. A. – GOIÁS FOMENTO
Mato Grosso	Agência de Fomento do Estado de Mato Grosso S. A. – MT FOMENTO
	Banco da Amazônia S. A. – BASA
Minas Gerais	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais S. A. – BDMG
Paraná	Agência de Fomento do Paraná S. A. – FOMENTO PARANÁ
	Banco de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE
Pernambuco	Agência de Fomento do Estado de Pernambuco S. A. – AGEFEPE
Rio de Janeiro	Agência de Fomento do Estado do Rio de Janeiro S. A. – AGERIO
Rio Grande do Norte	Agência de Fomento do Rio Grande do Norte S. A. – AGN
Rio Grande do Sul	Badesul Desenvolvimento S. A. – Agência de Fomento RS – BADESUL
	Banco do Estado do Rio Grande do Sul S. A. – BANRISUL
	Banco de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE
Santa Catarina	Agência de Fomento do Estado de Santa Catarina S. A. – BADESC
	Banco de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE
São Paulo	Agência de Fomento do Estado de São Paulo S. A. – DESENVOLVE SP
Tocantins	Agência de Fomento do Tocantins S. A. – FOMENTO TOCANTINS
	Banco da Amazônia S. A. – BASA

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados FINEP (2017)



Cadeia de valor da energia eólica

O fluxograma abaixo apresenta a visão geral dos processos envolvidos na implantação de projetos de geração de energia eólica. Empreendimentos de larga escala, tendo em vista a dimensão dos investimentos envolvidos e o grau de complexidade técnica, usualmente passam por todas as etapas apresentadas. Os processos a seguir são aplicáveis para projetos de diferentes finalidades, seja a integração à cadeia centralizada através da comercialização via leilões, contratos firmados diretamente entre produtor e consumidor (ACL) ou para autoprodução em plantas de elevada capacidade instalada (como foi o caso do projeto realizado pela Honda Energy, pertencente à montadora de automóveis Honda). Assim, são indicados os componentes que permitem a viabilização e consequente geração de valor alcançada na Cadeia da Energia Eólica, que será detalhada nas seções subsequentes.

FIGURA 9 – MACRO CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA



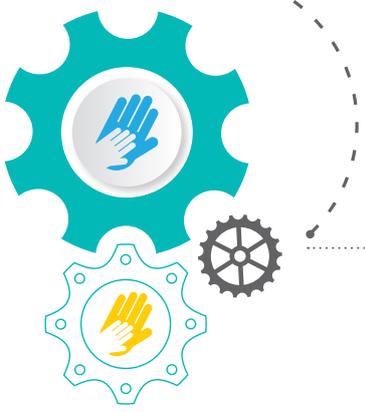
Fonte: Elaborado pelo autor

7.1 Estudos Preliminares

Estudos Preliminares compõem as etapas iniciais de um processo de avaliação de potencialidades para implantação de parques eólicos. É através desses estudos que são auferidos disponibilidade de ventos, viabilidade de utilização das áreas prospectadas e o cumprimento de requisitos técnicos mínimos anteriores à realização do investimento.

7.1.1 Estudos de Ventos

Os estudos de ventos constituem etapa elementar na avaliação do potencial eólico. Existem diversas avaliações de potencial eólico como o 'Atlas do Potencial Eólico Brasileiro', atlas eólicos estaduais e estudos independentes diversos que sugerem regiões de maior incidência de ventos. Entretanto é indispensável que sejam colocadas torres de medição da constância e velocidade da movimentação do ar para identificação das áreas mais adequadas para implantação de aproveitamentos eólico-elétricos. Esses estudos são necessários para a habilitação dos projetos tanto para autoprodução, quanto para posterior venda da energia nos mercados livre e regulado, além de serem requisitos para a obtenção de financiamento para sua implantação. As exigências da ANEEL, apresentadas por meio da Resolução Normativa 391/2009 são de dados de pelo menos 3 (três) anos, referentes às leituras de velocidade e direção do vento, histogramas, frequências de ocorrência e curva de duração, incluindo localização das torres de medição. Para realização dos estudos são necessárias máquinas e equipamentos de medição, software de análise de dados, serviços de avaliação das áreas para colocação das torres de medição, coleta e tratamento dos dados produzidos.



ESTUDO DE VENTOS



SERVIÇOS

Instrumentação das áreas
Coleta/Tratamento de Dados



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Instrumentos de Medição dos Ventos

7.1.2 Projeto Básico

Caracterizado o regime de ventos da região de interesse, pode ser iniciada a elaboração dos estudos de projeto básico do parque eólico. O projeto tem como intuito avaliar a melhor disposição das estruturas dos aerogeradores, dimensionando assim a planta do parque eólico e realizando os estudos de engenharia pertinentes ao dimensionamento da potência instalada e da geração de energia da usina. Especificações técnicas dos equipamentos, como altura das torres, diâmetro do rotor, potência nominal das turbinas e projetos construtivos preliminares (vias de acesso, fundações para torres, edificações, etc.) também são resultados dos estudos de projeto básico. Esta etapa consiste unicamente de prestação de serviços, que incluem levantamentos topográficos, sondagens, análise energética e layout das unidades geradoras.

PROJETO BÁSICO



SERVIÇOS

Levantamentos Topográficos
Sondagens
Layout da planta do parque
Análise energética

7.1.3 Licenciamento Ambiental

As usinas eólicas são submetidas aos processos de licenciamento ambiental por meio da legislação ambiental CONAMA, Resolução nº 462/2014, e em diversas ocasiões aos processos simplificados de licenciamento, uma vez que são empreendimentos de baixo impacto.

Nos casos em que os parques eólicos estão localizados em regiões de formações como dunas e mangues, mata atlântica, zonas costeiras, zonas de amortecimento de umidade, áreas usadas por aves migratórias e áreas em que vivem espécies ameaçadas de extinção ou de endemismo restrito, considera-se que o empreendimento é de alto risco e que, portanto, é exigida a elaboração dos estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA). Nos estudos são levantados os impactos relativos a ruído, mudança de paisagem, supressão vegetal, patrimônio histórico e cultural, uso e ocupação do solo e interferências socioeconômicas na região a fim de se dimensionar e determinar estratégias para minimizar e/ou mitigar esses impactos.

A apresentação e aprovação desses estudos possibilita a obtenção da Licença Prévia, da Licença de Instalação e da Licença de Operação do empreendimento. Esta etapa consiste unicamente de prestação de serviços, que incluem coletas de dados de fauna e flora, pesquisas acerca do impacto na população e coletas de dados de patrimônio histórico para elaboração e protocolo da documentação junto aos órgãos ambientais competentes.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL



SERVIÇOS

Coleta de Dados Fauna/Flora
Pesquisas de aceite da população
Identificação Patrimônio Histórico

7.1.4 Regularização Fundiária

As terras utilizadas para implantação dos parques eólicos são objetos de negociação direta entre empreendedores e os proprietários dos terrenos. É preciso realizar um levantamento dos terrenos e a demarcação das áreas atingidas. Entre os empreendedores e os proprietários são firmados contratos de arrendamento dos terrenos com remuneração baseada em uma porcentagem do faturamento do parque. Esta etapa consiste unicamente de prestação de serviços, que incluem mensuração e demarcação das áreas, negociação com proprietários, elaboração e protocolo da documentação junto aos cartórios e órgãos competentes.

REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA



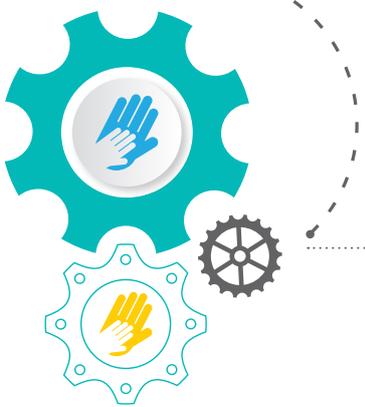
SERVIÇOS

Negociação com proprietários
Consultoria Jurídica e Cartorial

7.2 Análise de Viabilidade

Na fase de Análise de Viabilidade são realizadas as abordagens dos itens que tangem às questões de viabilidade econômica dos novos empreendimentos eólicos. Verificar o atendimento à Taxa Interna de Retorno (TIR) almejada, conhecer os valores e condições dos fornecedores, avaliar a comercialização de créditos de carbono, identificar as oportunidades comerciais do projeto e dimensionar os custos de cobertura de riscos do empreendimento. São essas análises que norteiam a tomada de decisão dos empreendedores. Nessa avaliação é importante que seja considerado o objetivo do projeto,





conforme o tipo de comercialização prevista (ACR ou ACL) ou o atendimento de demanda própria para que sejam adequadamente considerados custo associados, horizonte de contratos, encargos, etc. Nessa etapa todos os elos da cadeia consistem de prestação de serviços.

7.2.1 Análise de Retorno

Nesta etapa são realizadas as análises financeiras a fim de atestar a viabilidade econômico-financeira do empreendimento como negócio. O faturamento do parque, baseado na estimativa de produção de energia e na receita com a venda da energia gerada, é confrontado com todo o investimento realizado para implantação da usina, incluindo gastos com compra de equipamentos, obras civis, instalações eletromecânicas e demais custos associados. Para realizar esse tipo de análise o empreendedor precisa definir qual a maneira de comercialização da energia. No ambiente de contratação regulado, a venda é feita através de leilões realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, por delegação da ANEEL. O preço teto da energia é estipulado pela ANEEL e os compradores interessados (concessionárias/distribuidoras de energia) fazem suas propostas buscando as melhores condições de compra.

Os negócios realizados nesse ambiente são formalizados por meio de contratos registrados por intermédio da CCEE. Outra possibilidade é a comercialização da energia no ambiente de contratação livre, onde os geradores e os compradores (consumidores livres e especiais) têm liberdade para negociar a compra de energia, estabelecendo volumes, preços e prazos de suprimento diretamente. De forma simplista, o preço de venda da energia tem que ser suficiente para que o faturamento anual seja suficiente para remunerar todos os custos e despesas do empreendimento eólico, possibilite o pagamento de seus credores e ofereça um retorno ao acionista que compense o custo de oportunidade do capital empregado no projeto ao longo de sua vida útil (ou contratual), em torno de 20 anos, com um tempo de construção médio de 2 anos (EPE, 2016). É importante que seja conduzida nessa etapa uma avaliação dos riscos associados ao projeto, uma vez que a materialização de algum evento não previsto pode alterar significativamente o retorno projetado pelo investidor.

ANÁLISE DE RETORNO



SERVIÇOS

Avaliação de riscos
Equacionamento financeiro

7.2.2 Contratos Fornecedores

Para a contratação de fornecedores de serviços e equipamentos, o empreendedor elabora o termo de referência de fornecimento, onde especifica as características desejadas dos equipamentos

e vai ao mercado consultar os diferentes fornecedores buscando melhores preços e prazos que atendam às necessidades estabelecidas. O empreendedor fecha pré-contrato com o fornecedor da Nacele (turbina) e este por sua vez acerta com os fornecedores dos demais componentes e subcomponentes. Em etapa posterior, mediante sucesso na comercialização da energia nos preços estimados, os contratos são assinados em definitivo.

CONTRATOS FORNECEDORES



SERVIÇOS

Elaboração Termo de Referência
Seleção de fornecedores
Elaboração de Contratos

7.2.3 Créditos de Carbono

Desde a assinatura do Protocolo de Kyoto, onde as nações se comprometeram a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, instituiu-se um mercado de cotas de emissão de carbono, os créditos de carbono. Os governos calculam quanto, em emissões, precisam diminuir e repassam essa informação às indústrias do país, estabelecendo uma cota para cada uma. Essas empresas podem adotar medidas de eficiência energética para atingir suas metas ou ir ao mercado e comprar créditos de carbono (cada crédito de carbono equivale a uma tonelada de dióxido de carbono). Daí a compensação: já que a empresa não vai conseguir reduzir suas emissões, ela compra esse “bônus” de terceiros.

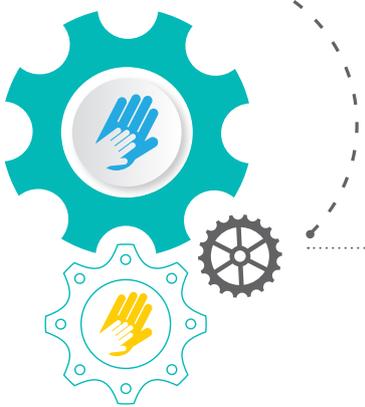
Para que uma empresa tenha direito a vender créditos de carbono, precisa cumprir dois requisitos: contribuir para o desenvolvimento sustentável e adicionar alguma vantagem ao ambiente, seja pela absorção de dióxido de carbono (por exemplo, com o plantio de árvores), seja por evitar o lançamento de gases do efeito estufa na atmosfera. A quantidade de CO₂ que ela retirar ou deixar de despejar na atmosfera pode ser convertida em créditos de carbono. Do total desses créditos disponíveis para venda no mercado mundial, 15% vêm do Brasil. Como as usinas Eólicas não são emissoras de CO₂, elas são elegíveis para obtenção dos créditos de carbono e sua futura comercialização, o que pode proporcionar um aumento no fluxo caixa das empresas.

CRÉDITOS DE CARBONO



SERVIÇOS

Inventário de emissões de gases de efeito estufa
Registro de projeto e emissão de créditos de carbono
Comercialização dos créditos



7.2.4 Due Diligence projetos

A prestação dos serviços de due diligence de projetos se faz necessária apenas nas ocasiões nas quais o desenvolvedor dos estudos preliminares dos parques, incluindo pré-contratos firmados, não é o mesmo agente responsável pela implementação dos projetos. Tal situação pode ocorrer tendo em vista a grande vocação de determinados agentes na identificação das oportunidades ótimas de investimento sem que esse agente tenha interesse e/ou condições de implantar os parques, por motivos diversos.

O serviço de due diligence consiste na verificação de contratos, pré-contratos e estudos existentes para que os futuros detentores da autorização para geração de energia se assegurem do cumprimento das condições estabelecidas em todos os instrumentos vigentes.

Existem ocasiões nas quais o serviço de due diligence é prestado após a entrada em operação dos parques e o início da geração de energia. Nessas situações, dentre os serviços de verificação necessários está inclusa a avaliação dos elementos do contrato de comercialização de energia.

DUE DILIGENCE PROJETOS



SERVIÇOS

Análise do Mercado

Revisão de documentação e projeto

7.2.5 Seguros

Os empreendimentos negociam com grandes seguradoras soluções de proteção para os parques eólicos. Além do seguro das estruturas físicas do parque, máquinas, equipamentos e construções, existe uma modalidade de seguro que permite às empresas que têm sua operação diretamente impactadas por variações climáticas administrarem riscos de interrupção da geração por falta de vento. Os riscos a serem segurados são avaliados caso a caso com cada cliente, o que permite definir índices, gatilhos e prazos de cobertura customizados em comum acordo. As seguradoras também atuam nos demais níveis da cadeia, assegurando os fornecedores, fabricantes de equipamentos, montadores e transportadoras.

SEGUROS



SERVIÇOS

Estudo Patrimonial

Análise de propostas

7.3 Contratos de Comercialização

Conforme a finalidade do projeto desenvolvido pode existir ou não a assinatura de contratos de comercialização da energia, que consiste de uma atividade aplicável a produtores de energia e consumidores. No caso de ACL, as partes estabelecem os termos para compra e venda direta.

O Contrato de Compra de Energia Incentivada (CCEI) tem como objeto a compra e venda de energia elétrica entre agentes de geração de energia elétrica a partir de fontes incentivadas e comercializadores ou consumidores especiais. É a principal forma de venda de energia eólica no mercado livre. Trata-se da venda de energia para consumidores com demanda entre 500kW e 3MW. Fontes incentivadas são empreendimentos de geração de energia renovável com potência instalada não superior a 30 MW, incluindo, além das centrais geradoras eólicas, termelétricas a biomassa e usinas de fonte solar, além de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

Em se tratando de leilão, o instrumento de comercialização será firmado junto às distribuidoras pelos vencedores do leilão. Nesse momento são apresentadas todas as tratativas necessárias para atender aos interesses de ambos os lados da cadeia. Conectar vendedores e compradores livres, identificar as necessidades dos consumidores especiais e facilitar os trâmites necessários à venda regulada de energia são as atividades que englobam essa fase, majoritariamente de prestação de serviços.

7.3.1 Assessoria Leilões ANEEL

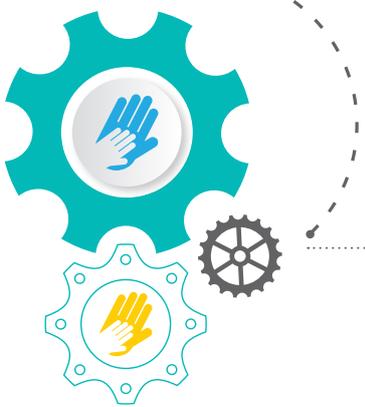
Quando o empreendedor se encontra apto a inscrever seu parque eólico nos leilões da ANEEL, ou seja, o projeto já passou pelos processos técnicos e legais de aprovação junto à ANEEL e as licenças ambientais estão em dia e canceladas pelo órgão responsável (varia de estado para estado), empresas especializadas nos trâmites de comercialização da energia e elaboração de contratos podem ser contratadas para apoiar o empreendedor nessa etapa, assim como assessorias financeiras, serviços bancários e jurídicos para habilitação dos projetos junto à ANEEL. Os dados dos projetos habilitados tecnicamente, na hipótese de a energia vir a ser objeto de contratação, são utilizados na composição dos contratos de compra e venda de energia e nos documentos que constituirão os atos de autorização do Poder Concedente (EPE, 2016).

ASSESSORIA LEILÃO ANEEL



SERVIÇOS

Cadastramento Empreendimentos
Tramites legais pós venda



7.3.2 Gestão de Consumo

Para empresas com consumo superior a 3MW e que ainda estão situadas no Ambiente de Contratação Regulada, ou seja, que recebem energia do sistema interligado por meio das distribuidoras, uma alternativa que permite a redução de custos com energia sem que precisem se tornar produtores independentes é a transição para o ACL. Para tal é interessante desenvolver um estudo do consumo de energia e uma projeção de cenários para cada ambiente de contratação buscando alternativas viáveis de realizar a transição. Além da prestação dos serviços para a aquisição direta da energia, podem ser utilizados máquinas e equipamentos específicos com o intuito de monitorar o consumo para o dimensionamento dos contratos a serem firmados.

Mais recentemente, com as novas possibilidades de geração doméstica de energia (microgeração) consumidores com menores demandas também podem se aprofundar nas questões relativas à gestão de consumo procurando identificar a viabilidade da utilização de tecnologias de geração distribuída, aquisição de equipamentos de geração e assim se tornarem produtores de energia. O tema microgeração será explorado em maior profundidade na seção 8.

GESTÃO DE CONSUMO



SERVIÇOS

Levantamento de padrões de consumo
Análise de geração distribuída



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Smart metering (redes inteligentes)

7.3.3 Negociação de energia

Etapa de negociação entre os potenciais consumidores do mercado livre de energia (consumidores com demanda superior a 3MW) e as geradoras, detentoras de projetos de parques eólicos que ainda não foram implementados. Esse formato de negociação ocorre dentro do Ambiente de Contratação Livre (ACL), onde empresas negociam seus contratos diretamente com os geradores de energia, evitando a intermediação das distribuidoras. Essa negociação direta permite a obtenção de preços bem mais competitivos dado que não estão sujeitos a um intermediador que possui múltiplas atribuições e necessidade de remuneração de seus próprios investimentos. A negociação da energia pode ocorrer ao longo de qualquer etapa da cadeia, inclusive após a conclusão do investimento e da entrada em operação comercial, de maneira que a etapa apresentada aqui seria deslocada no fluxograma. A etapa equivalente no âmbito do ACR corresponde à participação no leilão ANEEL.

NEGOCIAÇÃO DE ENERGIA



SERVIÇOS

Adesão Contratual à CCEE
Negociação de Energia no ACL
Transição no padrão de medição



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Sistemas de medição para faturamento

7.4 Fornecimento de Equipamentos

A etapa de Fornecimento de Equipamentos é uma etapa de grande relevância, representando até 80%²⁹ dos investimentos de implantação dos parques eólicos. É nesse estágio que as máquinas assumem o protagonismo da cadeia. Com maior valor agregado e desenvolvimento tecnológico associado, os aerogeradores são os grandes impulsionadores da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. Fabricantes de componentes, subcomponentes, subcomponentes primários e peças interagem com as montadoras para integrar os equipamentos de geração de energia.

7.4.1 WTG Wind Turbine Generator (WTG) ou Aerogerador

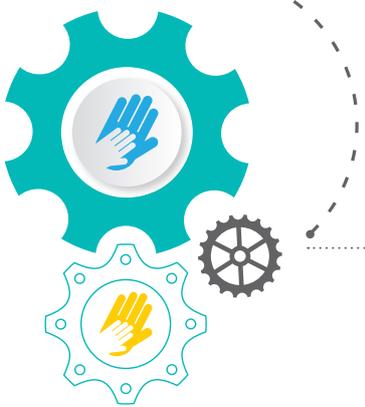
O principal item da cadeia de valor é o aerogerador. Além de ser o elemento responsável pela transformação da energia, representa, em média, 60% do investimento do parque eólico. Trata-se de uma máquina complexa, de grande porte, com capacidades variando, atualmente, entre 1,5 e 3 MW (no caso dos parques *onshore*, os únicos presentes no Brasil).

Composto por vários componentes e subcomponentes, o WTG é o elo da cadeia que envolve maior número de agentes. Os aerogeradores possuem três elementos principais, que são o rotor, o eixo e o gerador. Vários elementos secundários variam de acordo com o tipo e projeto do aerogerador, como pode ser visto na figura 16. Sucintamente, o rotor é o conjunto das pás e cubo do aerogerador responsável por capturar a energia no vento; o eixo é o elo que transfere a energia captada no rotor para o gerador; e o gerador é o responsável pela conversão de energia mecânica em elétrica.

Existem dois tipos básicos de rotores, os de eixo vertical e os de eixo horizontal, sendo a maioria das turbinas eólicas de eixo horizontal, com três pás que rodam em torno de um eixo horizontal que deve permanecer alinhado com a direção do vento. O rotor com três pás é mais comum devido ao compromisso entre a eficiência aerodinâmica, custo, velocidade de rotação, peso, estabilidade e ruído (EPE, 2016).

Um fabricante de aerogeradores normalmente trabalha com dois ou três fornecedores para cada componente essencial, de modo a não depender de um único fornecedor. São comuns contratos de longo prazo ou são estruturados acordos de forma a garantir um fornecimento contínuo e de alta qualidade (GODOY, 2008). No caso de fabricantes multinacionais, é comum a seleção de fornecedores com base na cadeia de fornecimento global da empresa. Atualmente a seleção de fornecedores para parques no Brasil está sendo influenciada pelas regras de concessão de financiamento, que privilegiam uma base de fornecedores locais.

29 Dados apurados nos PDD de empreendimentos cadastrados no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para comercialização de créditos de carbono.



WTG (WIND TURBINE GENERATOR)



SERVIÇOS

Logística de entrega
Integração dos subcomponentes

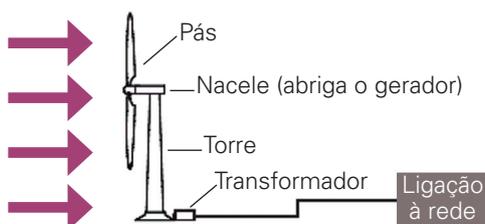


MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Nacele
Rotor
TORRE
Subcomponentes

Segue abaixo uma ilustração dos componentes básicos de um aerogerador de eixo horizontal cuja descrição será apresentada em seguida.

FIGURA 10 – ESQUEMA BÁSICO DE UMA AEROGERADOR (WTG)



Fonte: Lage e Processi (2013)

Nacele: A nacele é a carcaça montada sobre a torre que contém uma série de componentes e subcomponentes tais como: eixo, gerador, caixa multiplicadora (quando usada), transformador, sistema de Yaw, etc. O eixo principal, construído em aço ou liga metálica de alta resistência, é o responsável pelo acionamento do gerador, transferindo a energia mecânica da turbina. O gerador transforma a energia mecânica de rotação em energia elétrica e pode ser de diferentes tipos, conforme visto anteriormente. Muitas tecnologias de gerador necessitam do uso de conversores de frequência, para controle da onda de saída, constituindo-se de um retificador e um inversor. O transformador é o equipamento que eleva a tensão de geração ao valor da rede elétrica à qual o aerogerador está conectado. O transformador pode ser instalado no interior da nacele, no interior da torre ou mesmo externamente, acoplado à torre ou no chão. O Sistema de Yaw tem a função de alinhar a turbina com o vento. Este sistema compreende um motor elétrico que gira a nacele sobre a torre com auxílio de um rolamento – rolamento do Yaw – e também engrenagens para o ajuste da velocidade de giro. A caixa multiplicadora, quando existente, localiza-se entre o rotor e o gerador, de forma a adaptar a baixa rotação do rotor à velocidade de rotação mais elevada do gerador. É um item que necessita de manutenção intensiva e que representa, portanto, uma fonte de possíveis falhas. Exige o uso de um sistema hidráulico com bombas, trocadores de calor e sistemas de comando para lubrificação e refrigeração. No caso de aerogeradores sem caixa de engrenagem, o gerador utilizado é o de polos salientes (ou multipolos) com o estator em forma de anel.

QUADRO 7 – COMPONENTES E SUBCOMPONENTES DA NACELE

Componente	Subcomponentes	Subcomponentes primários
Nacele	Elementos estruturais Talha Carenagem da nacele Acessórios Eixo principal Rolamento Yaw Sistema de Yaw Conversor/Inversor Transformador Sistema de freios Sistema de travamento do rotor Painel de proteção elétrica Cabos/barramento Unidade hidráulica Sistema de refrigeração da nacele Slip Ring	Quadro principal (main frame) Quadro traseiro (rear frame) Bastidor Parafusos estruturais Resina epóxi ou poliéster Tecido de fibra de vidro Luzes de sinalização Anemômetro (medidor de velocidade do vento) Sensor de direção do vento Outros sensores Para-raios Rolamentos do eixo principal Sistema de lubrificação Sistema de acionamento do Yaw (motorreductor) Painel de controle do Yaw
Aerogerador com caixa	Gerador Caixa Multiplicadora	Habitáculo Engrenagens planetárias Rolamentos Mangueiras Sistema de torque Sistema de lubrificação Sistema de resfriamento
Aerogerador sem caixa	Gerador – Estator	Elementos estruturais do estator Resina de impregnação Núcleo magnético Bobinas Elementos estruturais do rotor Tampa do rotor

Fonte: ABDI (2014)



Torres: As torres são as estruturas responsáveis pela sustentação e posicionamento do conjunto rotor-nacele a uma altura conveniente ao seu funcionamento. As torres podem ser do tipo cônica ou treliçada e construídas a partir de diferentes materiais, podendo ser de aço laminado, concreto protendido ou aço galvanizado. Nos parques eólicos instalados no Brasil são mais comuns as torres cônicas de aço e as híbridas de aço e concreto. Recentemente as torres totalmente de concreto vêm ganhando espaço no mercado brasileiro e novos fabricantes estão atualmente desenvolvendo protótipos no país. Além dos componentes estruturais, que correspondem a cerca de 90% do custo de material, fazem parte das torres uma série de componentes internos, tais como: escadas, elevadores, plataformas, suportes, guard-rails, etc. (ABDI, 2014).

QUADRO 8 – COMPONENTES E SUBCOMPONENTES DAS TORRES

Componente	Subcomponentes	Subcomponentes primários
Estrutura torre de aço	Chapas de aço laminado Flanges Fixadores (parafusos ou elementos de conexão) Portas Escotilhas Revestimentos (pintura)	
Estrutura torre de concreto	Concreto (pré-moldados) Moldes Insertos metálicos Cabos de aço de protensão Revestimentos (pintura) Produtos de montagem dos pré-moldados (adesivos)	Cimento, areia, brita, água, aditivos plastificantes
Elementos internos	Escadas Elevador Plataformas Suportes (brackets) e acessórios Sistemas de proteção contra quedas Guard-rails Passa-cabos (pipe-rack ou eletrodutos) Cabos Iluminação	Etiquetas de identificação Cabo, fixador, trava-queda, correia, corda Cerca, porta da cerca

Fonte: ABDI (2014)

Rotor: O rotor compreende basicamente as pás – três por aerogerador (tipo comercial de grande porte mais comum) – e o cubo onde são fixadas. As pás são os elementos que interagem diretamente com o vento. São perfis aerodinâmicos de 30 a 70 metros de comprimento fabricados em material compósito – resina epóxi ou poliéster reforçada com fibra de vidro e/ou carbono – e representam cerca de 22% do custo do aerogerador. Outro componente da pá é a raiz de inserção. Trata-se de um item crítico, fabricado separadamente, mas que depois é integrado à pá. Este item é ligado ao cubo do rotor de turbina utilizando-se fixadores de metal (T-bolt) colados ou fixados mecanicamente na raiz. As pás são fixadas em uma estrutura metálica à frente do aerogerador (à frente da nacele) denominada cubo. O cubo é uma peça única de ferro fundido, de alta precisão de fundição e usinagem, construída com liga de alta resistência. Seu custo é de aproximadamente 1,4% do custo do aerogerador (ABDI, 2014).

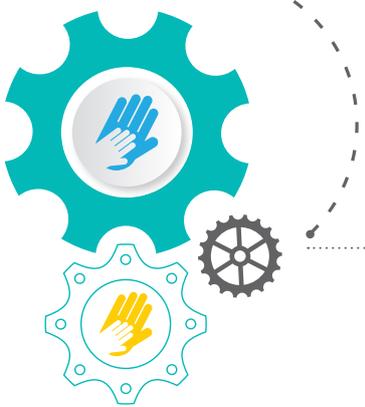
QUADRO 9 – COMPONENTES E SUBCOMPONENTES DO ROTOR

Componente	Subcomponentes	Subcomponentes primários
Pás	Estrutura da pá (casco externo, mastro interno ou alma e raiz de inserção)	Resina epóxi ou poliéster Tecido de fibra de vidro Tecido de fibra de carbono Espuma de PVC Madeira Balsa Massa e revestimento de proteção
	Fixadores (parafusos T-bolt) e porcas (Barrel Nut) Sistemas acessórios	Sistema antirraios Sistema antigelo
Cubo	Carcaça do cubo (fundido e usinado) Carenagem do cubo	Resina epóxi ou poliéster Tecido de fibra de vidro
	Rolamento do passo (pitch)	Anel Base
	Sistema do passo (pitch)	Acionamento do passo / motorreductor Painel de controle do passo
	Extensores Sistema de lubrificação	Bloco hidráulico para controle do passo Cilindros do passo

Fonte: ABDI (2014)

7.4.2 BOP Eletromecânico

BOP é a sigla de Balance of Plant e reúne todos os componentes e sistemas auxiliares necessários à entrega de energia. Montagem das demais conexões necessárias para o funcionamento pleno do



parque, equipamentos elétricos, transformadores, transmissão interna, subestação de elevação, cabamentos, inversores, automação dos processos, etc.

BOP ELETROMECCÂNICO



SERVIÇOS

Interligação dos aerogeradores
Conexão com subestação



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Equipamentos elétricos
Cabos de média e alta tensão

7.5 Construção e Comissionamento

A etapa de Construção compreende as atividades de engenharia responsáveis por erguer o parque. São várias as obras e implantações necessárias para entrega da usina para a equipe de operação. Infraestrutura de base como vias de acesso internas e externas, construção civil, concretagem das bases dos aerogeradores, obras elétricas, e a montagem in loco dos aerogeradores são alguns exemplos. Essa etapa é considerada o pico de demanda da cadeia, envolvendo grande número de profissionais e diferentes tipos de equipamentos e maquinário.

7.5.1 BOP Civil

Para implantação dos parques eólicos é necessário realizar um pacote de atividades prévias à instalação dos aerogeradores. Criação de infraestrutura de acesso que viabilize a chegada dos equipamentos de grande porte à área dos parques (alargamento de vias, asfaltamento, pontes, adequação de raio das curvas, etc.), fundações em concreto para suporte das torres, construção de infraestrutura de operação dos parques (escritório de comando, alojamentos, armazém de equipamentos, etc.). Esta etapa pode envolver maior ou menor complexidade, a depender da localização e dificuldade de acesso dos locais de instalação.

BOP CIVIL



SERVIÇOS

Obras Viárias
Obras de fundações
Obras de edificações



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Máquinas construção Civil
Veículos especiais

7.5.2 Instalação e Comissionamento de Equipamentos

Montagem das estruturas do aerogerador, torres, nacele, rotor, pás, transformador, realização de testes e conexão à rede para que possa ter início a operação comercial do empreendimento.

INSTALAÇÕES E COMISSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS



SERVIÇOS

Elevação e Montagem
Testes de funcionamento e start-up
(comissionamento)



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Máquinas construção civil
Veículos especiais

7.6 Operação Comercial

A operação comercial das usinas tem início e, em complemento deve ser iniciada a rotina de manutenção das usinas de energia eólica. Esses procedimentos visam o melhor funcionamento da estrutura, com a maior entrega de energia possível, buscando eficiência energética máxima e perdas mínimas.

7.6.1 Monitoramento da Geração

Após a implantação do parque e comissionamento o empreendedor (produtor de energia) passa a monitorar a geração de energia visando o cumprimento dos contratos e a analisar o desempenho da produção visando à identificação de possíveis falhas.

MONITORAMENTO DA GERAÇÃO



SERVIÇOS

Monitoramento remoto da geração
Análise e desempenho da produção
Diagnóstico de falhas

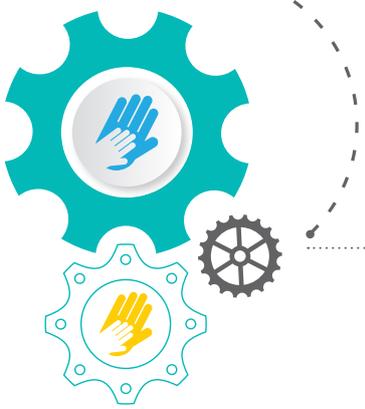


MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Infraestrutura de dados

7.6.2 Gestão de Empresa

Os parques eólicos são empresas com demandas gerenciais comuns a todos os negócios. Existem vários processos internos essenciais ao bom funcionamento da empresa como emissão de faturas, elaboração de demonstrações financeiras, gerenciamento de prestadores de serviços, gestão de funcionários, etc. A estrutura mais comumente adotada é a de criação de diferentes CNPJ para cada parque eólico de até 30MW de potência, constituindo Sociedades de Propósito Específico (SPE).



Tendo em vista os custos associados e os benefícios trazidos pela escala de execução, complexos eólicos podem assumir tamanhos tão variados quanto 50MW ou 300MW, de maneira que usualmente demandam um volume considerável de trabalho para a manutenção de sua regularidade operacional. Empresas com estruturas mais robustas tendem a incorporar as tarefas adicionais em suas respectivas áreas de gestão, porém os grupos de menor porte precisam estruturar tais áreas visando a operação específica das SPE detentoras dos parques.

GESTÃO DE EMPRESA



SERVIÇOS

Gestão de recursos humanos
Gestão de contratos
Treinamento e capacitação
Administrativo/Financeiro

7.6.3 Serviços de Manutenção

Os produtores de energia geralmente terceirizam as atividades de operação e manutenção do parque eólico (controle da produção de energia e planos de manutenção preventiva). Essas atividades são contratadas principalmente dos fornecedores dos aerogeradores na forma de serviço de pós-venda de longo prazo, normalmente negociados no ato da aquisição dos equipamentos. O constante acompanhamento do desempenho mecânico dos componentes e subcomponentes é muito importante para manter o parque gerando a energia em linha com o volume comercializado, evitando perdas decorrentes de multas contratuais resultantes de desligamentos não previstos e gastos excessivos com grandes manobras de manutenção. Da mesma forma, os sistemas elétricos do parque, compreendendo desde as subestações unitárias até as conexões com as redes de transmissão e distribuição de energia, requerem serviços de manutenção para garantir que não existam perdas inesperadas entre geração e disponibilização na rede.

SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO



SERVIÇOS

Inspeção preventiva
Manutenção corretiva
Limpeza e tratamento das superfícies

7.6.4 Fornecimento de Peças

Durante o funcionamento e operação dos parques eólicos muitos subcomponentes (primários) e peças de menor valor agregado são necessários para realização dos procedimentos de manutenção

periódica. Parafusos, fixadores, engrenagens, cabos, para-raios, escotilhas, flanges, tintas, lubrificantes, luzes de sinalização e etc. são utilizados de maneira recorrente. No momento da fabricação dos aerogeradores esses itens são contratados pelas montadoras/fornecedoras em larga escala com fornecedores específicos para cada subcomponente primário. Adicionalmente, algum componente ou subcomponente de maior importância pode sofrer danos ou avarias inesperadas demandando reposição. Nesses casos é necessário acessar os fornecedores para adquirir novos equipamentos. Dependendo do componente a ser substituído o fornecimento da peça pode ter alto valor agregado e demandar operações logísticas de alta complexidade.

FORNECIMENTO DE PEÇAS



SERVIÇOS

Reposição de componentes
Peças sobressalentes

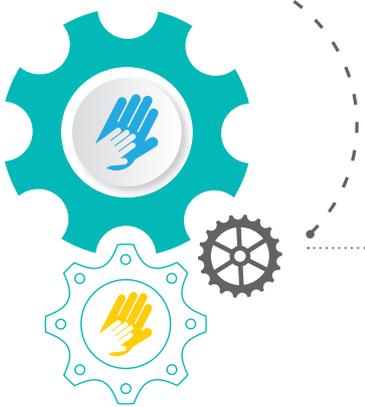
7.7 Serviços complementares

Na base da cadeia de valor estão presentes os Serviços Complementares, que são indispensáveis para o fluxo de integração entre os elos da cadeia, mas não necessariamente são serviços exclusivos do segmento de energia eólica.

Fornecimento de matéria prima: Um grande número de materiais é usado na fabricação de aerogeradores. Os materiais considerados mais importantes são: aço, fibra de vidro, resinas (para compósitos e adesivos), materiais para o núcleo da pá, ímãs permanentes e cobre.

QUADRO 10 – MATERIAIS E RESPECTIVOS COMPONENTES

Material	Utilização	Observações
Aço laminado (caldeirados)	Torre de aço, rotor e estator, estrutura da nacelle, maquinário (sistema hidráulico, de controle, de lubrificação...)	Cerca de 98% de uma torre cônica de aço é aço (aprox. 89% do aerogerador em peso é aço, para o caso dos aerogeradores com torres de aço).
Concreto	Torre de concreto, bloco da fundação (base do aerogerador)	Composição do concreto: cimento, areia, brita, água e aditivos plastificantes. Em aerogeradores com torre de aço, cerca de 1,3% em peso do total é concreto (fundações). Uma torre de concreto tem massa de aprox. 850 ton.



Material	Utilização	Observações
Aço forjado	Coroas dos rolamentos do rotor (sistema de passo) e do sistema de Yaw, eixo principal, flanges da torre	
Alumínio	Cubo do rotor, internos da torre, caixa de engrenagem, transformador, carenagens, cabos	Aprox. 0,8% em peso do aerogerador.
Ferro fundido (cast iron)	Cubo do rotor, caixa de engrenagem, gerador, mancais, eixo	É o material da carcaça do cubo.
GFRP (plástico reforçado com fibra de vidro – compósito)	Pás, carenagem (habitáculo) da nacela, carenagem do cubo	Ver fibra de vidro e resina. O fabricante do componente faz a infusão da fibra com resina. Cerca de 95% em peso da pá é material compósito e adesivos. Representa aprox. 5,8% em peso do aerogerador.
CFRP (plástico reforçado com fibra de carbono – compósito)	Pás	Ver fibra de carbono e resina. O fabricante do componente faz a infusão da fibra com resina.
Fibra de vidro	Pás, carenagem (habitáculo) da nacela, carenagem do cubo	Insumo para o compósito GFRP, 70 a 75% em peso da pá.
Fibra de carbono	Pás	Insumo para o compósito CFRP.
Resina (Epóxi ou Poliéster)	Pás, carenagem (habitáculo) da nacela, carenagem do cubo	Insumo para o compósito.
Madeira balsa	Pás	Cerca de 5% em peso da pá e 0,4% do aerogerador.
Adesivos	Pás	Cerca de 15% em peso da pá e 1,1% do aerogerador.
Aço silício	Núcleo magnético	Gerador do tipo EESG
Imãs permanentes (terras raras)	Gerador	Gerador do tipo PMSG
Cobre	Gerador, estator, transformador, maquinários da nacela, caixa de engrenagem, cabos	Aprox. 1,6% em peso do aerogerador.

Fonte: ABDI (2014)

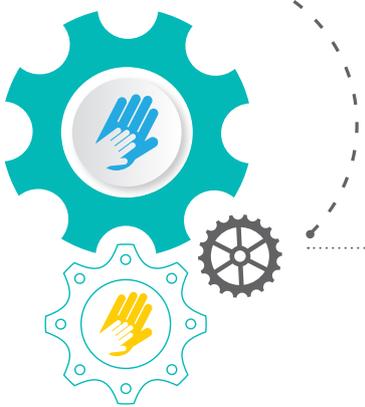
Transporte e Logística: Empresas de transporte, movimentação e montagem são responsáveis respectivamente pelo transporte dos componentes até o parque e movimentação (horizontal e vertical) dos componentes.

Pesquisa e Desenvolvimento: Realização de estudos e pesquisas buscando desenvolvimento do mercado, das abordagens tecnológicas, das soluções industriais para novos materiais e técnicas. Segundo pesquisa realizada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2012), os valores investidos em P&D no tema energia eólica, no Brasil, são baixos quando comparados às reais necessidades e ao desenvolvimento que essa fonte vem apresentando no país. Conforme apresentado no Quadro 5, existem inúmeros grupos de pesquisa concentrados nos estados das regiões Nordeste e Sul, regiões com maior potencial eólico e maior número de parques instalados. Além das próprias empresas fornecedoras, instituições envolvidas em P&D&I no país incluem principalmente universidades e seus laboratórios, algumas fundações e institutos de pesquisa e, em menor número, laboratórios privados. Tendo em vista a obrigatoriedade de aplicação de recursos em P&D por parte de transmissoras, distribuidoras e geradoras de energia das fontes hídrica e térmica, uma parcela expressiva desses recursos acaba ficando sob o controle de grandes empresas que detém números significativos de concessões como Eletrobrás, AES, Cemig, Copel, etc.

Tendo em vista a estrutura produtiva existente no Brasil, torna-se relevante entender os impactos que o segmento eólico tem exercido na economia do país. Segundo levantamento do Relatório Anual de 2015 da ABEEólica considerando desde 1998, o ano 0 do segmento eólico no Brasil, acumulou-se mais de R\$ 50 bilhões em investimentos em toda a cadeia produtiva e estima-se uma geração de 130 mil empregos diretos. Para ilustrar o potencial que a atividade representa, projeta-se que a cada MW eólico instalado no país, 15 novos postos de trabalho são gerados entre empregos diretos e indiretos.

É possível identificar neste momento a possibilidade de explorar a inserção de Pequenos Negócios na prestação de inúmeros serviços na cadeia de valor da energia eólica. Merecem destaque as oportunidades que demandam uma rede de profissionais com maior capilaridade em função do acesso às diferentes áreas de operação dos parques em operação, em construção ou ainda em prospecção. Cabe ressaltar os serviços existentes na etapa de 'Estudos Preliminares', que envolve interação extensa com comunidades locais, especialmente as regularizações fundiária e ambiental.

Analogamente, serviços de projetos básicos e manutenção também são dependentes de profissionais que precisam se deslocar até as áreas de estudo ou parques para realização de suas tarefas. Uma estrutura descentralizada pode se beneficiar de menor tempo e custo de deslocamento, aumentando a eficiência operacional dos empreendimentos.



Por fim, a estrutura operacional dos projetos eólicos envolve um grande número de empresas constituídas exclusivamente para a criação dos parques eólicos (são as Sociedades de Propósito Específico ou SPE). Inicialmente por questões regulatórias que estabeleciam um limite de 30 MW para isenção na TUST e TUSD, mas também em função da possibilidade de otimização tributária na opção da apuração de impostos pelo regime de lucro presumido, existem muitas pessoas jurídicas atuando na gestão de parques eólicos. Quando essa operação não está integrada a empresas de grande porte que atuam no setor, um volume considerável de oportunidades surge para a prestação dos serviços de gestão de contratos, administrativo, pessoal, etc. nessas novas empresas, podendo sua implantação ocorrer próxima dos parques de geração ou não, uma vez que a grande maioria dos serviços prestados pode ser realizada de forma remota.

Todas as oportunidades identificadas demandam, em maior ou menor grau, a capacitação técnica de mão de obra para a prestação de serviços especializados. Essa necessidade é ainda mais premente nos serviços de maior complexidade operacional como manutenção e projeto básico. Portanto, é necessário o desenvolvimento de programas de capacitação técnica, gerencial e financeira para que pequenos negócios possam atuar nesse segmento e explorar tais oportunidades.

Conforme identificação da ampla presença de componentes nacionais ao longo da cadeia de valor podemos concluir que a política de conteúdo nacional logrou êxito em viabilizar a instalação no Brasil de uma estrutura produtiva local para o atendimento às demandas de energia eólica. Contudo, é importante ressaltar que essa presença não é válida para a totalidade dos fornecedores ou dos equipamentos utilizados no país. A regra de conteúdo local imposta pelo BNDES como condição para obtenção dos recursos subsidiados do banco teve papel fundamental nesse contexto e criou uma estrutura de fornecimento em condições de atender larga escala de investimentos. Entretanto, o desenvolvimento adicional dessa cadeia enfrenta hoje um risco resultante da falta de novas contratações de energia em volumes significativos, tal qual ocorreu até o ano de 2015. A inexistência de contratação de energia eólica no ano de 2016, devido ao cancelamento por parte da ANEEL, do leilão de energias renováveis levantou uma série de questionamentos quanto da efetiva continuidade do processo continuado de incentivo dessa cadeia que movimenta um número considerável de agentes e, considerando o potencial brasileiro expressivo, ainda tem condições de movimentar ainda mais agentes caso seja mantida a política de incentivos de forma consistente.

FIGURA 11 – PRINCIPAIS COMPONENTES DA GERAÇÃO CENTRALIZADA ENERGIA EÓLICA



Fonte: Elaborado pelo autor



Cadeia de valor de mini e microgeração de energia eólica

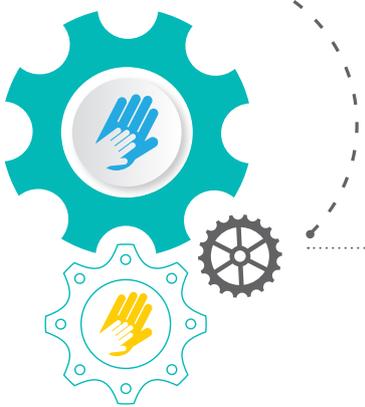
Desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, tornou-se mais acessível ao consumidor brasileiro a geração de sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, podendo inclusive fornecer o excedente da produção para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e sustentabilidade.

Esse formato de produção de energia “domiciliar” é conhecido como Geração Distribuída e cada vez mais vem se tornando uma realidade no setor elétrico. A geração distribuída é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis (principalmente eólica e fotovoltaica) ou mesmo utilizando combustíveis fósseis, localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica e conectadas à rede de distribuição por meio de instalações nas unidades consumidoras.

Quando tratamos de micro e minigeradores de fonte eólica, a definição aceita pela regulamentação brasileira é a de que são sistemas de geração elétrica a partir da força dos ventos com potência suficiente para produzir eletricidade para o abastecimento de pequenos consumidores, como casas, comércio ou, até mesmo, um galpão de uma indústria. Microgeradores são sistemas com potência igual ou de até 75 kW, e minigeradores, acima de 75 kW e até 5000 kW, segundo a Resolução Normativa da ANEEL.

De forma geral, a presença de pequenos geradores próximos às cargas pode proporcionar diversos benefícios para o sistema elétrico, dentre os quais se destacam a postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão; o baixo impacto ambiental; a melhoria do nível de tensão da rede no período de carga pesada e a diversificação da matriz elétrica. É importante destacar que as unidades consumidoras que aderirem ao sistema de geração distribuída, ou seja, que se tornarem minigeradores de energia, serão contemplados pelo Sistema de Compensação de Energia. Esse sistema existe para garantir que em momentos de pouco vento e, conseqüentemente, baixa (ou nenhuma) geração de energia o proprietário do imóvel não fique desabastecido de energia elétrica. Ou seja, o imóvel continua conectado à rede elétrica convencional, que lhe fornecerá energia quando não houver vento. Da mesma forma, se o minigerador gerar eletricidade quando não há ninguém em casa para consumi-la, por exemplo, ela será automaticamente injetada na rede e o proprietário recebe uma compensação, em kWh, de sua distribuidora por essa energia. Em outras palavras, o consumidor que se torna minigerador pagará, a cada mês, somente o valor da diferença entre a energia consumida da rede pública e o que foi gerado e injetado por ele na rede. Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. O prazo de validade dos créditos é de 60 meses e eles podem ser usados também para abater o consumo de outras unidades consumidoras do mesmo titular situadas em local diferente, desde que situada na área de atendimento da mesma distribuidora onde a energia produzida for entregue. Esse tipo de utilização dos créditos é chamado de “autoconsumo remoto”.

Tendo em vista as vantagens identificadas na geração distribuída e o surgimento de toda uma cadeia produtiva, com fabricantes de equipamentos e prestadores de serviços, focada nesse formato de geração, a ANEEL vem tentando estimular cada vez mais consumidores a adotarem a geração distribuída. Com o objetivo de reduzir o tempo para a conexão da micro e minigeração, compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento, aumentar o público alvo e melhorar a comunicação com o consumidor/gerador, a Agência em parceria com



o Instituto Ideal criou uma cartilha on-line (<http://institutoideal.org/guiaeolica/>) onde apresenta os procedimentos e as etapas necessárias para se tornar um micro ou minigerador de energia eólica.

Para apresentar os principais serviços utilizados no desenvolvimento, instalação, operação e manutenção dos sistemas de micro e minigeração será apresentada a Cadeia de Valor destas atividades com as análises pertinentes. Nesse momento é importante esclarecer que, apesar de compartilharem o mesmo conceito de funcionamento mecânico, as cadeias da geração de pequeno porte e grande porte são bastante independentes. Os aerogeradores utilizados na microgeração são equipamentos com peculiaridades distintas das grandes turbinas eólicas e, por conta disso, a cadeia produtiva possui uma estruturação diferente. Apesar de serem equipamentos mais simples, devido às dimensões menores, e potências nominais mais baixas, o fato de serem fabricados em uma única composição, com gerador, pás e nacele produzidos pelo mesmo fabricante, as dificuldades do grande número de processos produtivos torna a atuação desses fornecedores complexa e desafiadora. Por esse motivo, os agentes da cadeia de microgeração não conseguem interagir em nenhum nível na cadeia de grandes empreendimentos eólicos. Isso significa que o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e fornecedores de máquinas e equipamentos, capacitação e treinamento dos prestadores de serviço que atuam na microgeração aproveitam muito pouco do background e do know-how existentes na cadeia produtiva de grande porte. Se fizermos uma comparação com a situação da energia solar fotovoltaica, o que se percebe é justamente o contrário, as cadeias de valor para pequeno e grande porte são bastante coincidentes. Na fonte solar, não só os conceitos são os mesmos como os equipamento e infraestrutura utilizados em ambas as aplicações também o são, o que diferencia um grande parque de geração fotovoltaica de um pequeno produtor doméstico é o número de painéis utilizados na implantação do sistema, ou seja, o mesmo fabricante que fornece para a micro e minigeração fornece para geração de grande porte.

Tendo em vista as singularidades da micro e minigeração, serão detalhados os elos da cadeia de valor que descrevem a atuação dos *players* responsáveis pelo fornecimento de bens e serviços.

FIGURA 12 – CADEIA DE VALOR DA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA



Fonte: Elaborado pelo autor

8.1 Análise de viabilidade técnica e econômica

Na fase de análise de viabilidade técnica e econômica são realizados os estudos que responderão às perguntas se é viável e válida a instalação da turbina eólica. Tendo em vista que projetos de micro e minigeração têm características bem menos complexas que projetos de grande escala, a etapa de análises envolve menos componentes e menor profundidade, embora ainda seja necessária.

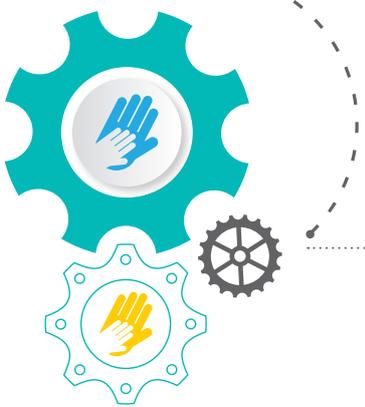
8.1.1 Estudos de Ventos

Sistemas eólicos de pequeno porte estão mais próximos do solo do que grandes aerogeradores. Por isso, o terreno e o entorno da edificação deverão ser analisados antes da definição do local exato de instalação. Desse modo, será possível identificar obstáculos que possam influenciar o comportamento dos ventos. Em geral, a velocidade do vento aumenta com a altura e depende do que está construído nos arredores. Nas alturas mais baixas, ela é afetada pela fricção do vento com a superfície terrestre. Bosques ou áreas urbanas densas, por exemplo, podem abrandar muito o vento, enquanto áreas abertas, como lagoas, praticamente não interferem na qualidade do vento. Por isso aerogeradores são normalmente instalados em torres elevadas ou no topo de edificações, mantendo-se distantes de outros edifícios, árvores e eventuais obstáculos. A etapa de Estudo de ventos inclui tanto o fornecimento de máquinas e equipamentos quanto a prestação de serviços para avaliação do potencial eólico-elétrico. Na prática essa etapa representa um custo muito alto e acaba sendo substituída pela avaliação com base na experiência dos instaladores e cálculos de caracterização aproximados a partir de dados levantados em estações meteorológicas, aeroportos e informações dos atlas eólicos.



8.1.2 Projeto Técnico

Conhecido o vento e seu comportamento no local de interesse, inicia-se a etapa de dimensionamento e seleção dos equipamentos mais indicados para a situação e a escolha do posicionamento que proporcione melhor eficiência. O desempenho de um gerador eólico de pequeno porte deve levar em conta tanto a intensidade e a regularidade dos ventos quanto a continuidade da direção. Para garantir um bom aproveitamento do vento, é importante manter distâncias mínimas entre o gerador



eólico e eventuais obstáculos no entorno. Uma regra geral é que o microgerador seja instalado a uma altura de pelo menos 10 metros a mais que o obstáculo mais alto dentro de um raio de 150 metros. Obstáculos de mesma altura ou mais altos que o microgerador localizados a partir de um raio de 150 metros terão pouca influência na geração de energia. O profissional deverá verificar se existe uma corrente de ar livre – pelo menos na direção principal do vento – e uma saída de ar atrás do aerogerador. Caso não haja, ele terá de analisar se é possível aumentar a torre, para que o obstáculo não atrapalhe, ou, ainda, afastá-la do local. É muito importante observar as seguintes premissas para o correto dimensionamento do sistema: velocidade mínima de vento para funcionamento do microgerador, velocidade de vento em que o microgerador eólico alcança a potência nominal, velocidade máxima de vento em que o microgerador eólico força o desligamento. Quando considerada a instalação do microgerador sobre um telhado, é necessária a realização de uma análise estrutural para garantir que ele fique firme e bem fixado à superfície. Também não se pode negligenciar a emissão de ruídos, uma vez que o próprio edifício poderá atuar como uma caixa de ressonância, aumentando a percepção dos ruídos emitidos.

PROJETO TÉCNICO



SERVIÇOS

Estudos Energéticos

Estudos de Posicionamento e Fixação



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Software dimensionamento energético

8.1.3 Análise de Custo x Benefício

Nessa etapa é feita uma análise dos possíveis ganhos financeiros que a instalação do sistema de minigeração trará ao consumidor tendo em vista seu custo de implementação. A iniciativa de instalação de micro ou minigeração distribuída deve partir do consumidor, a ANEEL não estabelece o custo dos geradores nem eventuais condições de financiamento. Dessa forma, compete ao consumidor realizar a análise da relação de custo x benefício para instalação dos geradores. Os preços da eletricidade variam de estado para estado e devem ser confrontados ao custo para instalar sistemas eólicos de pequeno porte, que podem ser conhecidos mediante consultas aos principais fornecedores do mercado. Com a nova regulação da ANEEL (RN 482/2012), que permite a injeção de energia na rede em troca de créditos em kWh na conta de luz, a análise deve levar em conta tanto o consumo quanto a geração estimada de energia. Através do Sistema de Compensação de Energia, toda a energia produzida é entregue à rede da distribuidora local, gerando um volume de créditos correspondente. À medida que o consumidor utiliza a energia (na unidade produtora ou em outras que possuam mesmo CPF ou CNPJ que a produtora), seus créditos vão sendo consumidos. Ao final do mês são avaliados consumo e geração totais para que seja feito o pagamento da diferença por parte do consumidor ou que sejam gerados créditos para meses subsequentes. O

limite máximo de redução da conta é até o custo de disponibilidade da rede, de maneira que não existem benefícios financeiros à geração sistemática de energia acima do montante consumido, uma vez que tais créditos não poderão ser aproveitados nem comercializados. Portanto, deve-se escolher um microgerador eólico que atenda à necessidade energética da edificação em questão (e das demais pertencentes ao mesmo proprietário da unidade geradora) na medida mais precisa o quanto possível. Primeiramente, o instalador verificará o quanto de eletricidade a casa, escritório ou indústria consome em determinado período, para calcular qual deve ser a capacidade de seu sistema eólico e, em seguida, avaliar a economia gerada para o volume de consumo estimado, tendo em vista o custo de instalação e de manutenção previstas do sistema.

Dada a complexidade relativamente inferior das análises realizadas para aplicação em pequena escala, espera-se que esta etapa consista apenas de serviços, partindo de informações de consumo padronizadas ou análises dos volumes historicamente verificados para as unidades.

ANÁLISE DE CUSTO X BENEFÍCIO



SERVIÇOS

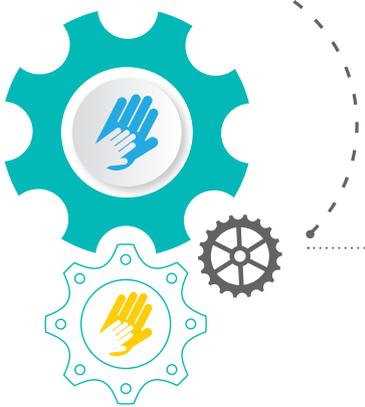
Monitoramento de Consumo
Equacionamento Financeiro

8.1.4 Obtenção de Licenças

Para se tornar um gerador do sistema de geração distribuída é preciso seguir alguns procedimentos legais junto às distribuidoras de energia locais. Para que a central geradora seja caracterizada como micro ou minigeração distribuída, são obrigatórias as etapas de solicitação e de parecer de acesso. A solicitação de acesso é o requerimento formulado pelo acessante (consumidor), e que, uma vez entregue à acessada (distribuidora), implica a prioridade de atendimento, seguindo ordem cronológica dos protocolos existentes. Em resposta à solicitação de acesso, a distribuidora deverá emitir o parecer de acesso, que é um documento formal obrigatório apresentado pela acessada, sem ônus para o acessante, em que são informadas as condições de acesso e os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante com os respectivos prazos. Uma dessas condições técnicas exigidas é a homologação do inversor de corrente (subcomponente eletromecânico) que atualmente é um serviço deficiente na cadeia de valor. Todo esse tramite está descrito no documento Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição³⁰.

Esta é uma etapa em que ocorre apenas a prestação de serviços para regularização do sistema, que podem ser prestados pela mesma empresa que oferece as máquinas e equipamentos para geração

30 http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo3_Revisao_6%20-%20LIMPO.pdf



da energia, por uma empresa diferente ou pelo próprio acessante que se julgar apto a lidar com as informações envolvidas.

OBTENÇÃO DE LICENÇAS



SERVIÇOS

Elaboração de documentação
Homologação de equipamentos
Aprovação de acesso

8.2 Conexão

É ao longo da etapa de conexão que ocorre a aquisição dos aerogeradores, que serão instalados e que demandam a instalação do sistema eletromecânico complementar.

8.2.1 Micro/Minigeradores

O principal item da cadeia de valor é o aerogerador, além de ser o elemento responsável pela transformação da energia, representa, em média, 80% do investimento do sistema de geração distribuída. Os aerogeradores de pequeno porte são equipamentos menos complexos que os aerogeradores dos parques eólicos e têm menor porte, com capacidade variando de 350W a 6KW. Os minigeradores são mais integrados e, ao contrário dos grandes equipamentos, os componentes são fabricados em uma única composição sendo o fabricante responsável pelo desenvolvimento de toda a tecnologia envolvida, geradores, nacelles e pás. Isso torna o papel desses fornecedores mais desafiador em termos de processo de fabricação. Em alguns casos, dependendo das interferências e obstáculos da região, são utilizados mastros/torres para ganho de altitude e melhor aproveitamento dos ventos. Todos os micro e minigeradores eólicos possuem um rotor, que pode ser composto de duas, três ou mais pás. Ele é o responsável por capturar e transmitir a força mecânica dos ventos para o gerador propriamente dito.

MICRO/MINIGERADORES



SERVIÇOS

Transporte e entrega de equipamento



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Mastro/Torres
Gerador eólico pequeno porte

As principais tecnologias de aerogeradores de pequeno porte são com eixo horizontal ou vertical. As de eixo horizontal geralmente possuem eficiência maior e são mais comuns no mercado. Porém, sistemas eólicos com eixo vertical têm a vantagem de serem menos barulhentos e de integrarem-se melhor com as edificações.

FIGURA 13: ROTOR HORIZONTAL



Rotor Horizontal: São os modelos mais eficientes entre todos os tipos de micro/minigeradores eólicos quando operam em condições de ventos sem muitas mudanças de direção; Sem sistemas de controle de pás ou eixo interno, pode ser mais ruidoso que outros tipos; Inadequado para locais com ventos turbulentos.

Fonte: deegreen.it/impianti-eolici-in-italia-56758.html, acessado em 09/06/2017

Rotor Savonius: São modelos com rotor em eixo vertical que possuem duas pás onduladas, em formato de "S"; Começam a gerar energia com ventos a baixa velocidade; Suportam melhor ventos mais turbulentos; São muito silenciosos; Ideais para áreas urbanas. Possuem baixa potência nominal.

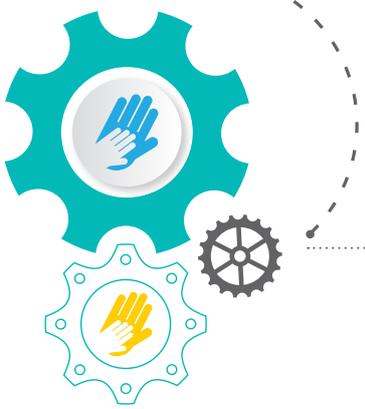
Rotor Darrieus: São modelos com rotor em eixo vertical e pás arqueadas; Apresentam níveis de potência nominal maiores; Aplicáveis a áreas urbanas; Modelos ruidosos; Necessitam de sistemas de aceleração inicial; Mais caro que outros modelos.

FIGURA 14: ROTOS H-DARRIEUS



Rotor H-Darrieus: São modelos com rotor em eixo vertical e pás verticais posicionadas em paralelo; Mais eficiente que o tipo Darrieus; Não necessitam de sistemas de aceleração; Muito silenciosos.

Fonte: wikiwand.com/es/Aerogenerador, acessado em 09/06/2017



8.2.2 BOP Eletromecânico

Além do aerogerador de pequeno porte, é necessária a aquisição de um Inversor de corrente. A energia produzida pelas turbinas eólicas é entregue pelo gerador em corrente contínua, ao contrário da energia entregue pelas distribuidoras na rede elétrica convencional que é em corrente alternada. Por esse motivo é exigido pelas concessionárias de energia que seja feita a conversão da corrente antes da conexão à rede pública. Essa necessidade de conversão faz com que o inversor se torne um elemento indispensável aos sistemas de micro e minigeração e, no entanto existe uma carência muito grande de fabricantes desse equipamento direcionada à aerogeradores, no Brasil. Depois de algumas empresas brasileiras que se aventuraram na fabricação deste subcomponente abandonarem o mercado a única opção é adquiri-lo no mercado externo e os produtos chineses se apresentam como mais viáveis, sendo escolhidos pelos compradores na maioria das vezes.

Também são necessárias algumas adaptações nas instalações existentes para que seja possível a conexão do novo ponto de acesso de energia. Os custos com a adequação no sistema de medição de energia gerada e consumida deverão ser arcados pela distribuidora, sem cobrança de qualquer taxa para o proprietário de um microgerador. A ANEEL exige que seja utilizado um medidor bidirecional, o qual mede tanto o que foi gerado quanto o que foi consumido, ou dois medidores unidirecionais, um para medir a energia injetada na rede e outro pra medir a energia consumida. Depois de instalado(s) o(s) medidor(es), a distribuidora é quem fica responsável pela operação e manutenção dos mesmos, incluindo os custos associados, bem como a realização e total custeio dos estudos para integração do sistema à rede.

BOP ELETROMECAÂNICO



SERVIÇOS

Ativação ponto de conexão



MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Inversor de Corrente

Cabos

Medidores bidirecionais

8.2.3 Instalação

Composta de montagem, posicionamento e fixação do minigerador eólico deve ser realizada com muito critério, pois o bom funcionamento do sistema está diretamente relacionado a essa etapa. Tanto a instalação quanto os testes de *startup* acontecem nesse momento. Após a realização dos primeiros testes é preciso solicitar uma vistoria por parte da distribuidora que aprova definitivamente o ponto de conexão e dá início ao sistema de compensação de energia.



8.3 Operação e Manutenção

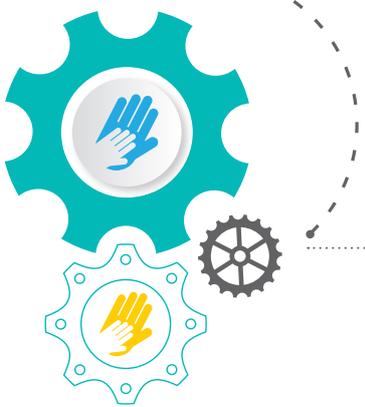
Depois de instalado e conectado, o sistema de geração distribuída passa a operar com autonomia e o proprietário deve manter um monitoramento da geração afim de confirmar as previsões energéticas do projeto realizado e monitorar a economia proporcionada.

8.3.1 Monitoramento da Geração

Pode ser feito através da leitura do medidor bidirecional, que é o instrumento registrador tanto da energia elétrica consumida quanto da injetada na rede. Outra opção é a leitura da fatura detalhada enviada pela distribuidora. Pela resolução normativa ANEEL é preciso constar na fatura os seguintes dados: informação da participação da unidade consumidora no sistema de compensação de energia elétrica; saldo anterior de créditos em kWh; energia elétrica ativa consumida, por posto tarifário; energia elétrica ativa injetada, por posto tarifário; histórico de energia elétrica ativa consumida e injetada nos últimos 12 ciclos de faturamento; total de créditos utilizados no ciclo de faturamento, discriminados por unidade consumidora; total de créditos expirados no ciclo de faturamento; saldo atualizado de créditos; próxima parcela do saldo atualizado de créditos a expirar e o ciclo de faturamento em que ocorrerá.

O serviço de monitoramento de geração pode ser feito em profundidade maior ou menor, dependendo do interesse do proprietário do sistema. É possível que o monitoramento seja feito diretamente pelo proprietário, com ou sem a instalação de máquinas e equipamentos próprios para tal monitoramento, ou que sejam realizados por uma empresa terceirizada especializada na prestação desses serviços.

É importante destacar que por mais eficiente que seja o modelo de aerogerador escolhido, a conversão de energia está relacionada à presença de correntes de ventos que tenham velocidade suficiente para iniciar o funcionamento do gerador, além de regularidade. É preciso entender que existem incertezas com relação a esse parâmetro, e a produtividade dos sistemas eólicos variam dependendo das condições climáticas e de região para região.



MONITORAMENTO GERAÇÃO



SERVIÇOS

Leitura dos equipamentos
Acompanhamento da fatura
Identificação de falhas

8.3.2 Serviços de Manutenção

Minigeradores eólicos, quando de boa procedência, necessitam de pouca manutenção ao longo do tempo, devido ao seu funcionamento simples e praticamente autônomo. Porém verificar periodicamente o sistema, avaliando se existem vibrações visíveis, ruídos, alguma alteração no padrão de funcionamento ou algum tipo de avaria nas pás é importante. Uma vez identificados quaisquer desses problemas, a manutenção corretiva deve ser realizada com agilidade para que não seja comprometido o funcionamento do aerogerador. As empresas que fabricam/ fornecem os aerogeradores oferecem garantias de funcionamento e serviços de manutenção como atividades de pós-venda, que incluem troca de peças, fornecimento de componentes e subcomponentes.

SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO



SERVIÇOS

Vistoria Periódica
Correção de Falhas
Manutenção Estrutural

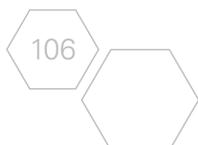


MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS

Componente Subcomponentes e Peças
Medidores de Ruídos

Para facilitar a atuação dos consumidores interessados na geração distribuída e dos fornecedores e prestadores de serviço desse segmento, a ANEEL criou o Caderno Temático de Micro e Minigeração Distribuída³¹ que visa tirar dúvidas e apontar as diretrizes para viabilização dos sistemas.

31 <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>



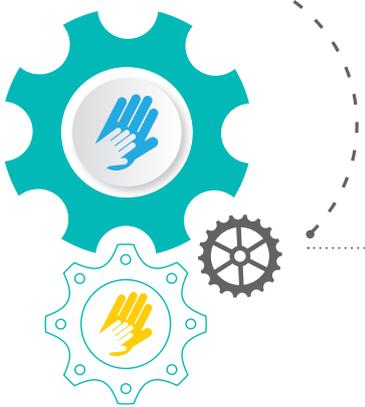
8.4 Mapeamento dos sistemas de micro e minigeração no Brasil

É importante ressaltar que a geração distribuída se aplica para outras fontes renováveis e que a fonte mais utilizada pelos consumidores/geradores hoje, no Brasil, é a solar com 8.255 adesões, seguida da eólica com 49 instalações, o que representa uma potência instalada de todas as fontes que soma 74,346 MW, capacidade suficiente para abastecer 60 mil residências.

São identificados dois fatores de maior relevância que contribuem para que a fonte solar apresente números mais elevados de micro e mini geração. O primeiro diz respeito à viabilidade técnica (facilidade de locação dos equipamentos), uma vez que os painéis solares podem ser instalados em praticamente qualquer telhado ou área externa, com a única exigência de estarem expostos ao sol. Em contrapartida, os minigeradores eólicos exigem uma condição mais específica, demandando ventos com determinadas velocidades mínimas e regularidade suficiente. Em regiões urbanas, devido à presença de grandes edificações, os obstáculos para as correntes de ar são muitos, diminuindo as possibilidades de aproveitamento dos sistemas eólicos. O segundo fator está relacionado ao custo de implementação dos sistemas e, conseqüentemente, o tempo de retorno dos investimentos. O preço médio para instalação da minigeração eólica é 40% superior ao preço de instalação de sistemas solares de geração. Isso acontece principalmente pelo fato de os fabricantes de aerogeradores não conseguirem o mesmo ganho de escala que os fabricantes de placas fotovoltaicas. Os fabricantes fotovoltaicos que atendem o mercado de minigeração são os mesmo que atendem os grandes parques de geração solar, o que confere a esses fabricantes um nicho de mercado muito maior. Já para os micro e mini aerogeradores, os fabricantes de pequeno porte se limitam ao mercado de micro e mini geração.

A ANEEL mantém um cadastro³² de todas essas unidades consumidoras com geração distribuída, o que possibilita o mapeamento dos sistemas de micro e minigeração eólicas instaladas no Brasil, esse cadastro está disponível no site da Agência e os consumidores com geração distribuída com fonte eólica estão identificados na tabela e mapa seguintes.

32 http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_fonte_detalhe.asp?Tipo=7

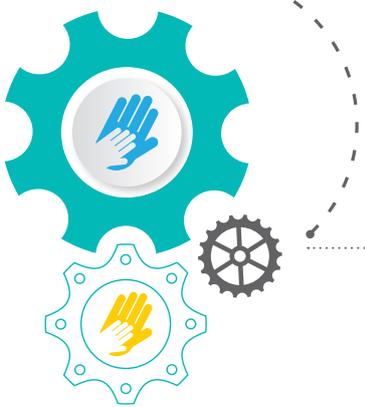


QUADRO 11 – UNIDADES GERADORAS DE GERAÇÃO EÓLICA DISTRIBUÍDA

Distribuidora	Código da GD	Classe	Modalidade	Município	UF	Data Conexão	Potência Instalada
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.965	Residencial	Geração na própria UC	Eusébio	CE	28/08/13	1,7
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.964	Residencial	Geração na própria UC	Eusébio	CE	28/08/13	1,7
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.948	Residencial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	11/09/13	1,7
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.565	Comercial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	16/09/13	3,3
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.657	Industrial	Geração na própria UC	Aquiraz	CE	08/10/13	5
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.968	Residencial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	09/12/13	3,5
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.935	Residencial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	10/12/13	3,5
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.339	Industrial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	16/01/14	1,7
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	GD.RN.000.005.636	Comercial	Geração na própria UC	Tibau	RN	16/01/14	3,3
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	GD.RN.000.005.638	Residencial	Geração na própria UC	Goianinha	RN	06/02/14	16,5
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.936	Residencial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	26/02/14	1,1

8. CADEIA DE VALOR DE MINI E MICROGERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

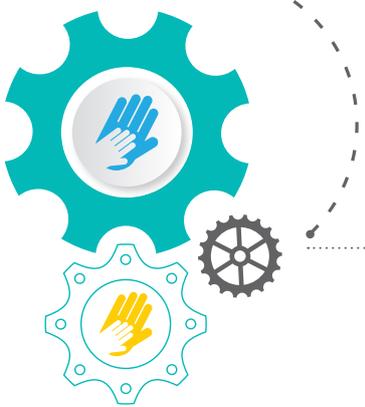
Distribuidora	Código da GD	Classe	Modalidade	Município	UF	Data Conexão	Potência Instalada
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	GD.RN.000.005.640	Comercial	Geração na própria UC	Mossoró	RN	21/03/14	3,3
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	GD.RN.000.005.641	Comercial	Geração na própria UC	Mossoró	RN	21/03/14	3,3
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.954	Residencial	Geração na própria UC	Aquiraz	CE	06/04/14	1,7
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.653	Residencial	Geração na própria UC	Aquiraz	CE	09/05/14	3,5
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.005.970	Residencial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	12/05/14	3,5
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.619	Residencial	Geração na própria UC	Caucaia	CE	25/09/14	6,6
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.649	Poder Público	Geração na própria UC	Eusébio	CE	20/10/14	3,5
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.655	Rural	Geração na própria UC	Quixeré	CE	06/01/15	3,5
Copel Distribuição S.A	GD.PR.000.002.941	Comercial	Geração na própria UC	Curitiba	PR	09/02/15	1
RGE Sul Distribuidora de Energia S.A..	GD.RS.000.000.138	Comercial	Geração na própria UC	Santana do Livramento	RS	23/02/15	10
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A	GD.SP000.001.344	Comercial	Geração na própria UC	Cotia	SP	27/02/15	4



Distribuidora	Código da GD	Classe	Modalidade	Município	UF	Data Conexão	Potência Instalada
Celesc Distribuição S.A.	GD.SC.000.000.135	Comercial	Geração na própria UC	Florianópolis	SC	17/03/15	2,4
Energisa Borborema – Distribuidora de Energia S.A.	GD.PB.000.004.780	Comercial	Geração na própria UC	Lagoa Seca	PB	28/04/15	2,4
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.004.299	Comercial	Geração na própria UC	Eusébio	CE	12/05/15	3,3
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.004.341	Residencial	Geração na própria UC	Maracanaú	CE	14/05/15	1,1
Companhia Energética de Pernambuco	GD.PE.000.001.457	Residencial	Geração na própria UC	Ipojuca	PE	09/06/15	2,4
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.004.367	Residencial	Geração na própria UC	Aquiraz	CE	18/06/15	1,7
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.004.375	Residencial	Geração na própria UC	Trairi	CE	30/06/15	1,4
Companhia Paulista de Força e Luz	GD.SP.000.002.742	Rural	Geração na própria UC	Itatiba	SP	08/07/15	2,4
Companhia Energética de Pernambuco	GD.PE.000.001.462	Residencial	Geração na própria UC	Bezerros	PE	24/07/15	3,3
RGE Sul Distribuidora de Energia S.A..	GD.RS.000.000.190	Residencial	Geração na própria UC	Santana do Livramento	RS	04/08/15	2,4
RGE Sul Distribuidora de Energia S.A..	GD.RS.000.000.220	Residencial	Geração na própria UC	Santana do Livramento	RS	04/08/15	2,4
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	GD.RN.000.006.544	Comercial	Geração na própria UC	Currais Novos	RN	03/09/15	3,5

8. CADEIA DE VALOR DE MINI E MICROGERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

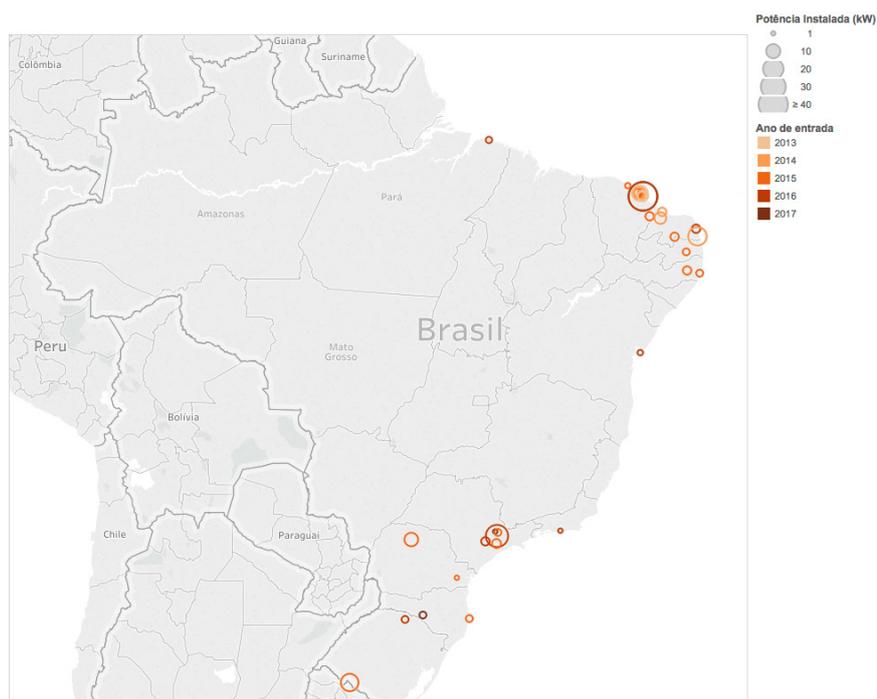
Distribuidora	Código da GD	Classe	Modalidade	Município	UF	Data Conexão	Potência Instalada
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.242	Residencial	Geração na própria UC	Fortaleza	CE	10/09/15	1,1
Copel Distribuição S.A	GD.PR.000.003.175	Comercial	Geração na própria UC	Maringá	PR	30/09/15	6
Copel Distribuição S.A	GD.PR.000.005.267	Comercial	Geração na própria UC	Maringá	PR	08/10/15	3
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.006.245	Industrial	Geração na própria UC	Caucaia	CE	06/11/15	3,3
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	GD.RN.000.004.107	Residencial	Geração na própria UC	Lagoa Nova	RN	22/02/16	3,5
Light Serviços de Eletricidade S.A.	GD.RJ.000.002.053	Poder Público	Geração na própria UC	Rio de Janeiro	RJ	25/04/16	1
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	GD.BA.000.002.510	Comercial	Geração na própria UC	Salvador	BA	09/05/16	1,5
Rio Grande Energia S.A.	GD.RS.000.005.248	Residencial	Geração na própria UC	Erechim	RS	06/06/16	2,4
Companhia Piratininga de Força e Luz	GD.SP.000.001.405	Industrial	Geração na própria UC	Jundiaí	SP	05/07/16	24
Centrais Elétricas do Pará S.A.	GD.PA.000.004.429	Comercial	Geração na própria UC	Salinópolis	PA	17/11/16	2
Companhia Piratininga de Força e Luz	GD.SP.000.003.230	Rural	Geração na própria UC	Araçoiaba da Serra	SP	28/11/16	3
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.008.230	Comercial	Geração na própria UC	Aquiraz	CE	22/12/16	5000



Distribuidora	Código da GD	Classe	Modalidade	Município	UF	Data Conexão	Potência Instalada
Companhia Energética do Ceará	GD.CE.000.008.232	Comercial	Geração na própria UC	Aquiraz	CE	02/01/17	5000
Companhia Paulista de Força e Luz	GD.SP.000.008.606	Residencial	Geração na própria UC	Valinhos	SP	03/02/17	1
Celesc Distribuição S.A.	GD.SC.000.008.519	Comercial	Geração na própria UC	Campos Novos	SC	16/02/17	2,4

Fonte: ANEEL (2017b)

FIGURA 15 – MAPEAMENTO DOS SISTEMAS DE MINI E MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da ANEEL (2017b)

Como podemos notar, a geração distribuída de fonte eólica (cinética dos ventos) apresenta um total de 10.169,8 kW de potência instalada e pode ser encontrada em 11 estados brasileiros, com grande destaque para o Ceará com 23 das 49 instalações. Esses números podem ser considerados satisfatórios tendo em vista que a possibilidade de gerar sua própria energia ainda é uma novidade para a sociedade brasileira e ainda existem incertezas e ceticismo de parcela da população.

É preciso destacar que se tem conhecimento de um sub-registro por parte da ANEEL com relação a esses números, existem na realidade mais do que 49 sistemas *on-grid* instalados no país. Isso acontece porque compete às distribuidoras a responsabilidade pela coleta e envio à ANEEL das informações para registro de microgeração e minigeração distribuída. A Agência apenas coordena o preenchimento desse banco de dados com as informações enviadas pelas distribuidoras de energia de cada estado e nem sempre as informações são repassadas da maneira correta, dificultando a fidelidade dos registros.

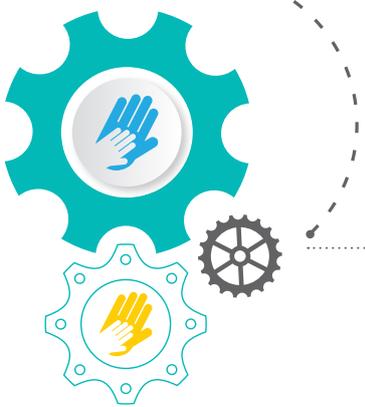
A geração distribuída é um dos temas mais discutidos no âmbito do planejamento energético no mundo e é apontada como elemento de destaque no futuro da produção de energia elétrica, já alcançando valores representativos de potência instalada. De acordo com o Wind Bulletin publicado pelo World Wind Energy Association em 2016, esse valor atingiu 830 MW acumulados por aproximadamente 950.000 aerogeradores instalados em todo o mundo. Em países de mercados mais maduros como China, 41% da capacidade global, Estados Unidos, 30% da capacidade global e o Reino Unido com 15% da capacidade instalado do mundo, a geração distribuída é tida como importante complemento à expansão de parques centralizados e de grande porte, oferecendo menores desafios à expansão da rede de transmissão (WWEA, 2016).

No Brasil, as expectativas de longo prazo também são de crescimento para esse segmento e a Agência Nacional de Energia Elétrica estima que o mercado vá continuar a crescer, alcançando 1,2 milhão de unidades produzindo eletricidade por meio da geração distribuída até 2024.

Além da possibilidade de ser um gerador conectado ao Sistema Interligado Nacional, como foi apresentado até agora, é possível gerar energia eólica isoladamente, ou seja, não conectada à rede pública. Indivíduos ou empresas situados em regiões não abastecidas pelas distribuidoras de energia, ou seja, em regiões afastadas e não contempladas por linhas de transmissão, tem na micro e mini geração uma opção para obter eletricidade.

Mapear esses sistemas isolados (chamados tecnicamente de OffGrid) de micro e minigeração eólicos independentes instalados no Brasil não é tão fácil quanto mapear os micro e mini geradores conectados, pois essa concepção de geração não envolve as distribuidoras ou qualquer órgão governamental durante o processo de instalação. Todas as etapas são de interesse exclusivo do microgerador, não sendo necessários procedimentos legais junto às distribuidoras de energia locais como solicitação e parecer de acesso. Portanto, qualquer registro existente desses sistemas é de posse das empresas que prestam os serviços de dimensionamento, fornecimento e instalação dos aerogeradores.

Hoje no Brasil existe um rol ainda pequeno de empresas atuantes nesse segmento. Fabricantes, fornecedores de peças e de serviços ainda estão se abrindo para esse mercado, que deve se expandir muito nos próximos anos. A fim de identificar os *players* já presentes na cadeia nacional segue uma lista das empresas existentes identificadas no âmbito desse estudo.



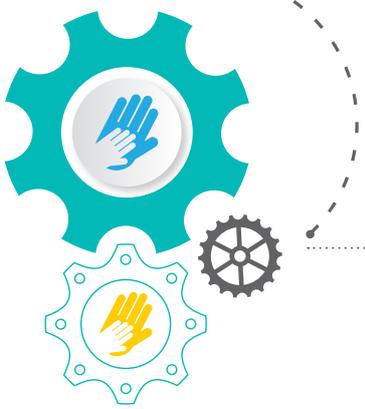
QUADRO 12 – FABRICANTES E FORNECEDORES: MINI E MICROGERAÇÃO

Empresa	Atuação	Localização	Site	Observação
Enersud	Fabricação de micro/mini aerogeradores	Maricá – RJ	www.enersud.com.br/	Desenvolveu o primeiro aerogerador (eixo vertical) de pequeno porte com tecnologia 100% brasileira
Bioserve	Análise de viabilidade técnica e econômica instalação, operação e manutenção de micro/mini aerogeradores	Esteio – RS	www.bioserve.com.br/	Empresa utiliza equipamentos fabricados pela Enersud Atua nos estados da região Sul e país estrangeiros
Eletrovento	Venda de equipamento Instalação Manutenção	Mairinque – SP	www.eletrovento.com.br/	Presta pacotes de serviços ou os serviços separadamente Utiliza aerogeradores importados, fabricados pela Hummer, empresa chinesa
Canoas	Fabricação de aerogeradores de médio e pequeno porte Instalação Análise de viabilidade	Franca – SP	www.canoaseolica.com.br	Fabrica dois modelos de aerogerador com potências de 5kW e 24kW com tecnologia nacional
In-Vento	Fabricação de mini aerogerador	Maringá – PR	www.zmbombas.com/ zminvento.wordpress.com/	A In-vento é a empresa do grupo ZM Bombas voltada exclusivamente para a fabricação de miniaerogerador. Possui um único modelo, de eixo horizontal, desenvolvido e fabricado totalmente no Brasil. Potência de 3kW
Legado Energias Renováveis	Projeto Técnico Análise de retorno Obtenção de licenças Instalação	Maringá – PR	www.legadoenergias.com/	É uma empresa associada a In-vento, dedicada à instalação dos equipamentos fabricados.
Transfortech	Importação e comercialização de miniaerogeradores	Maracanaú – CE	www.transfortech.com.br/	

8. CADEIA DE VALOR DE MINI E MICROGERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Empresa	Atuação	Localização	Site	Observação
Wind Power	Soluções em geração de energia Comercialização de Micro/ Mini geradores Instalação de Micro/ Mini geradores	Fortaleza – CE	www.windpowerenergiaeolica.com/index.php	Representa no Brasil e utiliza em seus projetos micro aerogeradores fabricados pela americana Southwest Winpower
Energia Pura	Importadora e comercializadora de micro e mini geradores Instalação de Micro/Mini geradores	Parati – RJ	www.energiapura.com/	Utiliza micro/mini aerogeradores importados de diferentes fabricantes, as americanas Air e southwest e a holandesa Wes
THS Machine	Fabricante de gerador eólico de pequenos porte	São Carlos – SP		Empresa que atua na fabricação de inúmeros equipamentos e máquinas para diversos segmentos, mini e micro aerogeradores são um dos produtos. Fabricam dois modelos 500W 5000W
Green Energy	Comercialização de micro e mini geradores Projeto técnico Instalação Serviços de manutenção	Paracambi – RJ	www.greenenergy.ind.br/pt/index.html	Utiliza aerogeradores importados, fabricados pela Hummer, empresa chinesa
WindService	Comercialização de micro e mini geradores Projeto técnico Instalação	Recife – PE	windservice.com.br/	Utiliza aerogeradores importados, fabricados nos estados unidos pela empresa Xzeres wind
Fugiwara	Importação e comercialização de miniaerogeradores	São Paulo – SP	www.fugiwara.com/	É uma empresa de importação de tecnologia japonesa. O aerogerador Airdolphin é um dos seus produtos
Obenlux	Projeto técnico Análise de viabilidade Instalação	São Paulo – SP	http://www.obenlux.com.br/	Utiliza aerogeradores importados de eixo vertical a horizontal com potências de 5kW a 50kW.

Fonte: Elaborado pelo autor



8.5 Relação com Pequenos Negócios

Apesar das perspectivas otimistas no longo prazo para micro e mini geração, é importante que sejam apresentadas algumas dificuldades enfrentadas pelos agentes da cadeia. Uma parcela significativa desses desafios é resultante da pequena escala de utilização das soluções de minigeração eólica no Brasil e do pequeno número de participantes na cadeia de fornecimento. Dentre as principais consequências, podemos destacar:

Poucas alternativas no fornecimento de subcomponentes:

As poucas empresas que atuam com a fabricação dos aerogeradores de pequeno porte precisam executar diretamente grande parte dos componentes e subcomponentes. Essa complexa cadeia produtiva inviabiliza a especialização, dessas empresas, na fabricação dos elementos com escala produtiva maior. Caso existissem mais fornecedores disponíveis no mercado, seria possível a terceirização de processos produtivos que hoje são realizados por um mesmo agente, o que poderia favorecer a maior eficiência.

A maior concorrência, por si só, tem condições de viabilizar intensidade em pesquisas visando o aumento da eficiência e a consequente redução dos custos dessa solução.

Um exemplo dessa restrição enfrentada é encontrado na fabricação de inversores de corrente. Esse componente, que é de crucial importância à geração eólica não possui fornecedor operando no Brasil. Os próprios fabricantes de aerogeradores fabricam, também, seus inversores ou é preciso importar esse componente. Em ambos os casos, quem acessa a rede deve apresentar certificados atestando que os inversores foram ensaiados e aprovados conforme normas técnicas brasileiras ou normas internacionais, ou o número de registro da concessão do Inmetro para o modelo e a tensão nominal de conexão constantes na solicitação de acesso, de forma a atender aos requisitos de segurança e qualidade.

Dificuldade na homologação de Inversores de Corrente

Por ser um componente que envolve quesitos de segurança técnica à rede elétrica e riscos de choque elétrico aos usuários, os inversores precisam ser fabricados conforme regulamentação internacional. Caso isso não se verifique é preciso submeter o equipamento à homologação de conformidade para verificação da confiabilidade do produto. Essa homologação deve ser feita junto aos fabricantes por instituição competente. O Inmetro, e os laboratórios associados, que são os organismos de certificação Brasileiros, já certificam alguns equipamentos que compõe a cadeia produtiva de microgeração fotovoltaica, mas os equipamentos eólicos ainda encontram muitas dificuldades para serem avaliados e aprovados.

Capacitação de Instaladores

A capacitação dos instaladores para o bom funcionamento dos sistemas eólicos é fundamental. Mesmo que esteja em uma região de bons ventos, se o sistema for instalado de maneira equivocada, a geração de energia pode ser prejudicada. O número de empresas capacitadas para realizar essa atividade sem o suporte direto dos fabricantes ainda é muito baixo, o que dificulta a disseminação da micro e mini geração em regiões afastadas das regiões onde os fabricantes estão localizados.

As carências e fragilidades identificadas sugerem inúmeras oportunidades de inserção de pequenos negócios na cadeia. Se adequadamente exploradas, essas novas frentes podem alavancar o segmento e contribuir ainda mais para as oportunidades já existentes como as listadas a seguir.

Geração direcionada a Torres de Telecomunicação

As empresas de telecomunicação foram identificadas como um consumidor de microgeração eólica de grande potencial. Para entregar um serviço de qualidade à seus clientes, é necessária a instalação de torres replicadoras de sinal (telefonia e internet) em vários pontos dentro e fora das grandes cidades. De um modo geral as torres precisam ser instaladas em regiões sem grandes obstáculos que bloqueiem o fluxo do sinal, uma exigência coincidente as necessidades dos aerogerados. Além disso, o serviço de telecomunicação, por lei, não pode ser dependente da rede pública de eletricidade uma vez que seus serviços não podem ser interrompidos com a justificativa de queda energia. Na grande maioria dos casos as empresas optam pela utilização de geradores à diesel, mas existem condições para a utilização de aerogeradores, ou mesmo sistemas híbridos que utilizem o diesel como *backup*, e alguns agentes já estão atentos a isso.

Geração direcionada à Bombeamento de Água

Outra oportunidade identificada como potencial para utilização dos micro aerogeradores é a utilização da energia gerada para irrigação em regiões com vocação rural. O aerogerador é instalado nas áreas de cultivo, em torres ou mastros que o posicionem em altitude ótima. Toda a energia produzida pela turbina eólica é direcionada ao funcionamento das bombas que realizarão a dispersão da água sobre a cultura.



Startups na Cadeia de valor da energia eólica

Muitas mudanças vêm ocorrendo no setor elétrico nos últimos anos, todas as etapas envolvidas no processo de produção de energia estão em busca de inovação e eficiência. Geração, distribuição e comercialização são os principais precursores das mudanças conduzidas, na maioria das vezes, por empreendedores em busca de oportunidades e novas soluções para o mercado de energia. Recentemente alguns programas de aceleração para *startups*, dedicados ao setor elétrico, vêm acontecendo e identificando grande potencial desse modelo de negócio na cadeia do setor. Esses programas visam o fomento à criação de projetos inovadores relacionados à energia limpa, eficiência energética, mobilidade elétrica, digitalização, serviços de apoio ao cliente e internet das coisas. Estas empresas são conhecidas como *clean techs*.

Os programas mais importantes, com atuação no Brasil, são listados a seguir.

EDP OPEN INNOVATION, desafio lançado pela empresa portuguesa EDP com o objetivo de apoiar o empreendedorismo tecnológico com foco no tema energia. Empreendedores interessados devem inscrever seus projetos e as 15 equipes com as melhores propostas vão para Lisboa, em Portugal, com tudo pago, participar de uma capacitação para desenvolver seus projetos. O vencedor é premiado com € 50 mil.

FREE ELECTRONS GLOBAL ACCELERATOR, resultado da parceria entre oito companhias internacionais: AusNet Services, Dubai Electricity and Water Authority (DEWA), ESB (Electricity Supply Board), EDP (Energias de Portugal), Innogy, Origin Energy, Singapore Power (SP) e Tokyo Electric Power Company (TEPCO). Com o objetivo de recrutar novas *startups* brasileiras e impulsionar a próxima geração de projetos do setor elétrico, trata-se de uma iniciativa global, que visa o fomento e a geração de novas ideias relacionadas ao mercado de energia. A iniciativa conta ainda com o apoio das aceleradoras New Energy Nexus e da Swissnex San Francisco.

AES BRASIL INOVAÇÃO, uma plataforma de cocriação e inovação da companhia AES Brasil, que pretende acelerar e investir em *startups* que tenham projetos dentro das áreas de visibilidade do grupo. Com esse projeto, a AES, pretende se tornar um agente de transformação do setor de energia no Brasil. Para fomentar o projeto a AES usa nesse programa a verba destinada à Pesquisa e Inovação da Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica.

PROGRAMA COPPE DE INOVAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro coordena este programa para estabelecer acordos de colaboração com empresas de energia elétrica do Rio de Janeiro. O programa vai incluir iniciativas de pesquisa básica até o desenvolvimento de produtos e estimular empresas de pequeno e médio porte e *startups* a desenvolver tecnologias e produtos para atuar no segmento de energia elétrica. Um conselho consultivo formado pelas empresas investidoras e pela universidade vai prospectar os projetos de pesquisa que serão desenvolvidos.

ENERGY START, lançada pela Enel³³ Brasil. A iniciativa é focada em empresas iniciantes e também em estágio mais avançado. As áreas de interesse da aceleradora incluem temas como Internet das Coisas, armazenamento de energia, distribuição, eficiência energética e infraestrutura. Além de mentorias, workshops e treinamentos, as *startups* podem conseguir parcerias com a Enel e também se aproximar de investidores.

33 <http://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/09/enel-busca-startups-para-serem-aceleradas/>, em abril/2017



O **PROGRAMA MINING LAB**³⁴ é uma realização da Votorantim Metais com apoio da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) e da aceleradora de *startups* Techmall, que busca conhecer, selecionar e desenvolver novos projetos e ideias que contribuam com soluções inovadoras de Nanotecnologia e Energias Renováveis.

Estes programas são amplos e recebem inscrições de empreendedores atuantes em diversos nichos do setor elétrico. Quando filtrados os temas, a fim de identificar as *startups* voltadas para o segmento eólico, encontramos uma iniciativa já se desenvolvendo no ambiente de aceleração.

A Delfos Predictive Maintenance, *startup* de Fortaleza, foi a ganhadora³⁵ do edição 2016 do EDP Open Innovation. Formada pelos engenheiros Adão Muniz e Samuel Lima em conjunto com o administrador Guilherme Studart, todos formados pela Universidade Federal do Ceará (UFC), a *startup* vencedora se destacou com uma proposta de sistema para previsão de falhas em equipamentos geradores de energia eólica. O grupo criou um modelo de cruzamento de dados capaz de antecipar o desgaste dos componentes dos aerogeradores e aconselhar para a necessidade de manutenção preventiva do maquinário. Uma medida que pode aumentar o tempo de vida dos parques de geração de energia a partir do vento no Brasil. Por serem, em sua maioria, produzidos na Europa ou nos Estados Unidos, os aerogeradores são fabricados para operarem sob condições climáticas muito mais amenas do que as que existem no País, explica Samuel Lima, diretor executivo do projeto. Por conta disso, quando são instalados por aqui, acabam sofrendo com uma depreciação acelerada. O projeto da Delfos aumenta a vida útil dos aparelhos e amplia a performance de geração nos parques, reduzindo os custos com a substituição dos aparelhos.

Foram mapeadas ainda, outras duas *startups* que possuem projetos voltados para energia eólica, porém, ainda em busca de viabilização financeira para o desenvolvimento do negócio.

A Zettawatt, *startup*³⁶ do Rio de Janeiro desenvolve um conceito de geração eólica denominado Green Storm. O projeto ficou entre os 80 finalistas no 8º Concurso Acelera Start-up, da FIESP, e também já despertou o interesse da Embraer. O objetivo do projeto Green Storm é a geração de energia eólica em aeroportos, aproveitando o ar deslocado pelas aeronaves no momento da decolagem. O projeto piloto concebido pela empresa, prevê a instalação de oito aerogeradores, de 20 kW cada (160 kW no total) em uma pista de voo. Com essa potência instalada, seria possível gerar até 322 MWh por mês. A ZettaWatt, busca parceiros para tornar o projeto realidade. O projeto piloto, de 160 kW, demandaria investimento de R\$ 700 mil. A depender do modelo de negócios adotado pelo aeroporto, seria possível pagar o investimento em até um ano. As possibilidades são a venda de energia para distribuidoras, com o valor de referência em R\$ 200/MWh, que renderiam uma receita de R\$ 4 milhões por ano; ou o enquadramento do projeto no sistema de compensação de energia para a geração distribuída, o que geraria economia para o aeroporto na conta de luz. De acordo com o representante da companhia,

34 <http://www.mininglab.com.br/>, em abril/2017

35 <http://www.edp.com.br/edp-comercializacao/noticias/Paginas/2016/11/Startup-de-Fortaleza-%C3%A9-a-grande-vencedora-do-EDP-Open-Innovation.aspx>, em abril/2017

36 <http://www.zettawatt.com.br/projetos/green-storm/>, em abril/2017

Michel Singer, a empresa está em contato com a Infraero e o consórcio do aeroporto Galeão, no Rio de Janeiro. A companhia estima que para um aeroporto do porte do Galeão, poderiam ser instalados quatro conjuntos de aerogeradores, que somariam uma 640 kW de capacidade, gerariam 22.475 MWh ao ano e demandariam investimentos de R\$ 2,8 milhões. Caso o aeroporto optasse por vender a energia, teria uma receita de R\$ 4,495 milhões.

A PowerFlow, *startup* de Araraquara estuda um produto inovador para a geração eólica, trata-se de um gerador híbrido que combina geração eólica com biocombustíveis e torna o gerador eólico capaz de produzir energia de forma constante, aproveitando a complementaridade das duas fontes de produção, fazendo com que o mesmo seja hábil para geração distribuída. De acordo com Pedro Pereira, um dos desenvolvedores, a PowerFlow ainda está em busca de financiamento para construção e validação de um protótipo, já que se trata de um bem de capital e precisa ter sua tecnologia validada.

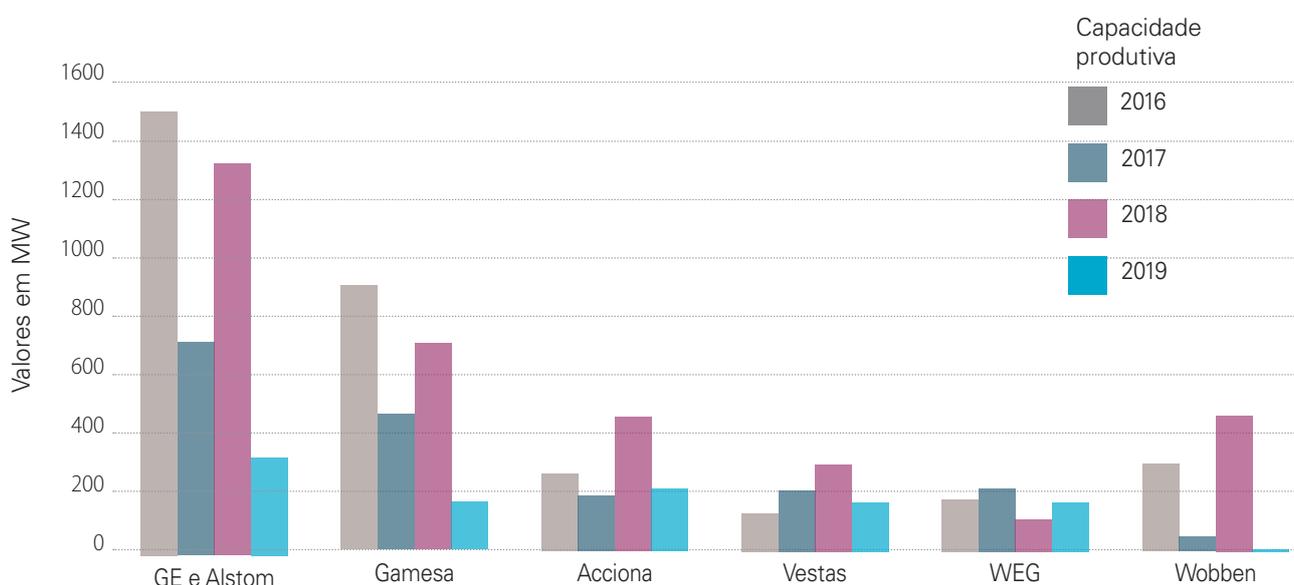
As *startups* representam um caminho para inovação e modernização tecnológicas e de mercado, esse movimento já é observado nos setores financeiros, de vendas e entretenimento e agora estão vislumbrando oportunidades para o setor elétrico. Quanto maiores às possibilidades de concretização dos projetos (linhas de crédito/investimento) maior a atratividade do setor. O segmento eólico, em particular, envolve desenvolvimento de bens de alto valor agregado e que demandam investimentos a longo prazo. Protótipos e validação de conceitos teóricos fazem parte do processo de amadurecimento dos projetos.



Tendências de mercado e movimentações estratégicas na cadeia de valor da energia eólica

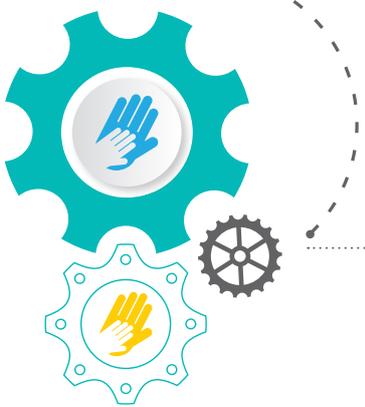
O mercado eólico brasileiro está passando por uma nova transformação. Depois de quase uma década de grandes acontecimentos no cenário de geração eólica de energia no Brasil, onde desde 2009 houve uma expansão de mais de 1000% da capacidade instalada de geração, o mercado agora apresenta uma nova realidade. As perspectivas ainda são de expansão no longo prazo, mas devido à pouca demanda nos leilões de 2015, à inexistência de leilões em 2016 e às incertezas com relação a leilões em 2017, o mercado pode apresentar um desaquecimento nos próximos anos. De acordo com a ABEEólica, o volume mínimo de negociações para manter a sustentabilidade da cadeia produtiva seria, na média, de 500 MW/ano por fabricante. Como hoje são seis fabricantes produzindo no Brasil, seriam necessários 3GW de potência de demanda anual para manter a estrutura produtiva atualmente instalada no mercado. Quando se observa a demanda anual praticada, apenas as duas líderes de mercado atingem esse patamar e as demais fabricantes encontram-se com a capacidade nominal subcontratada, de acordo com levantamento realizado pela BENF, apresentado pela revista Brasil Energia (Brasil Energia, 2016a).

GRÁFICO 15 – DEMANDA ANUAL POR FABRICANTE NO BRASIL



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Brasil Energia (2017b)

Esse momento desafiador apresenta oportunidades para o aprimoramento da cadeia produtiva com o intuito de melhorar a produtividade e diminuir os custos da energia. Sabe-se que a tecnologia de geração de eletricidade a partir dos ventos é recente e que ainda há uma significativa margem para crescimento da capacidade instalada. Contudo, já é possível destacar, ao longo dos últimos anos, um grande salto tecnológico que proporcionou barateamento dos custos de produção, o que tornou a energia eólica ainda mais competitiva. No item 11 do presente documento, estão descritas as inovações relativas ao aumento da dimensão dos componentes (pás e torres) e ao aumento da potência nominal dos aerogeradores, que corroboram essa análise. Além desses fatores, também há um refinamento contínuo dos projetos e dos processos produtivos, visando a redução do custo de material e das cargas estruturais no aerogerador, para sua maior eficiência, confiabilidade e durabilidade.



Ainda analisando o cenário de baixas contratações nos leilões dos últimos anos, estima-se que não haveria demanda para todos os fabricantes de aerogeradores e demais subcomponentes, de modo que sobreviveriam apenas aqueles que conseguissem se manter mais competitivos ou que tenham maior nível de reserva financeira. Esse ambiente se mostra favorável às fusões e aquisições no mercado interno e à entrada de empresas e fundos de investimento estrangeiros. Algumas movimentações nesse sentido já vêm acontecendo e as que apresentam maior relevância estão listadas abaixo³⁷.

10.1 Fusões e Aquisições

A aquisição da unidade de energia e *grid* da fabricante de aerogeradores francesa Alstom pela GE em 2015, transformou a norte-americana na maior vendedora de turbinas eólicas do Brasil, ambas com fábricas instaladas no país. Os negócios combinados representam 6.579 MW, considerando tanto aerogeradores já em operação quanto pedidos para parques em construção. O montante representa 36,41% do total de 18.067 MW de fonte eólica negociados no Brasil até hoje. No âmbito internacional, o grupo foi alçado a papel de destaque na disputa em novos mercados como é o caso das turbinas eólicas *offshore*, até então dominado pela Siemens, onde a nova composição permitirá a existência de um *player* em condições equivalentes de disputa.

Além disso a GE adquiriu a empresa dinamarquesa LM Wind Power, fabricante de pás para aerogeradores. Segundo a GE, a aquisição vai trazer o design e a fabricação de pás para turbinas eólicas para seu negócio de energias renováveis, melhorando a capacidade de produção da companhia. A operação ainda depende da aprovação dos órgãos regulatórios competentes, entretanto a GE espera uma conclusão ainda no primeiro semestre de 2017, apresentando efeitos nos resultados da companhia em 2018.

A aquisição global do controle da Gamesa pela Siemens no final de 2016 posiciona a companhia alemã como a segunda maior fornecedora dos equipamentos no Brasil. A fusão entre as empresas corresponderia a 19,45% dos pedidos de aerogeradores fechados no país, o mesmo que 3.515 MW – incluindo parques em operação e em construção já contratados. A compra da companhia espanhola representa um grande salto para a Siemens no mercado brasileiro. A empresa alemã que, sem cumprir as exigências de conteúdo local do BNDES, não está apta a fornecer aerogeradores com financiamento do banco desde 2012, forneceu apenas 2,63%, ou 476 MW, do total de 18.067 MW da fonte contratados no Brasil. Já a Gamesa vem fortalecendo sua presença no país, com pedidos que somam 3.039 MW. A operação já foi liberada incondicionalmente pelas autoridades antitruste europeias e deve ser finalizada ainda no primeiro semestre de 2017. O negócio é visto

³⁷ Todas as informações de fusões e aquisições foram retiradas de reportagens veiculadas na revista Brasil Energia-Set/2016-Nº430 e revista Cenários Energia Eólica 2016/2017

como complementar para as empresas tanto em termos geográficos quanto de produtos: enquanto a Gamesa tem forte atuação em mercados emergentes como a Ásia e América do Sul, a Siemens tem uma posição mais consolidada em mercados como Europa e América do Norte. Além disso, a Siemens tem focado, nos últimos anos, em desenvolver turbinas para eólicas *offshore*, enquanto a Gamesa tem mais produtos voltados para o *onshore*.

Além das negociações internacionais com reflexos diretos no mercado brasileiro, também há espaço a ser ocupado na cadeia nacional. Desde que a companhia argentina Impsa pediu recuperação judicial, em 2014, a fábrica de turbinas da companhia, que ainda tem pedidos em aberto de 780 MW, é cortejada por investidores. No ano passado a chinesa Goldwind estava próxima de fechar a compra do negócio, que no laudo de avaliação apresentado com o plano de recuperação judicial, em dezembro de 2014, tinha um patrimônio líquido negativo de R\$ 180 milhões. Entretanto, a chinesa recuou do negócio e a Impsa segue buscando um comprador para seus ativos, localizados em Pernambuco. Enquanto a fabricante argentina não é negociada, existe um *gap* de fornecimento dos equipamentos no mercado. Os clientes da Impsa tentaram junto à Aneel, sem sucesso, a prorrogação dos prazos de entrada em operação de seus parques para tentar salvar os projetos. O mais provável é que sejam cancelados. Mas se não representam uma oportunidade inicial para as fábricas preencherem sua capacidade, esses parques 'descobertos' devem abrir espaço para uma contratação maior da fonte em futuros leilões.

Com relação ao mercado investidor, tendo em vista a realidade imposta aos agentes do segmento, uma tendência observada entre os empreendedores é a venda de ativos. Para alguns agentes, essa movimentação é componente do fluxo natural de seus negócios que pressupõe o desenvolvimento de projetos para sua comercialização posterior, porém, pressionados pela falta de liquidez, existe uma pressão adicional para a recuperação de solidez financeira. Como o mercado perdeu liquidez, o que torna mais difícil o acesso ao dinheiro, algumas empresas estão levantando o caixa vendendo ativos ou fechando parcerias. Com as companhias tradicionais pressionadas pela conjuntura econômica e comprometidas com grandes investimentos nos próximos anos, já que a entrega dos parques negociados em leilões A-3 e A-5 de 2013, 2014, 2015 estão se aproximando, nota-se um aumento do número de ativos, construídos ou em desenvolvimento, à venda no mercado eólico brasileiro. Muitos investidores têm interesse pelos projetos em desenvolvimento, ainda sem contratos de compra e venda de energia. O mercado brasileiro está bem servido deste tipo de ativo, uma vez que muitos empreendedores e empresas investiram na elaboração de novos projetos tendo em vista o leilão que estava programado para Dez/2016, que acabou não acontecendo. Além disso, o mercado ainda é bastante pulverizado, com projetos distribuídos por mais de 60 investidores e empreendedores, com os quatro maiores *players* detendo 28% de participação. O maior empreendedor, a CPFL Renováveis, tem somente 11,42% do total de projetos, sinal de que há bastante espaço para consolidação. No gráfico abaixo (Gráfico 16) são apresentados os 10 maiores empreendedores do mercado e seu percentual de participação na potência instalada do país.

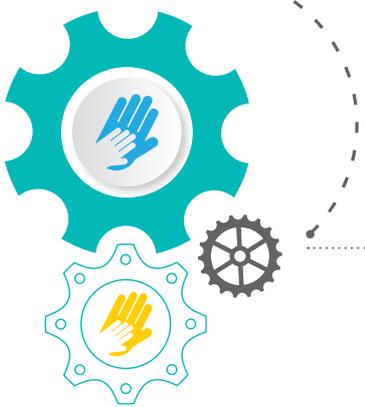
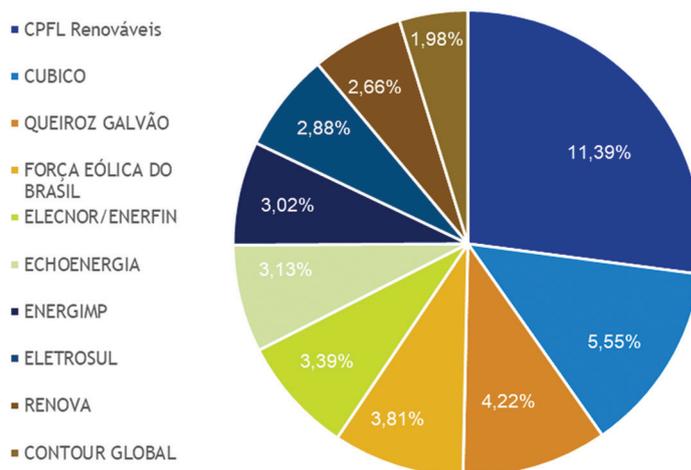


GRÁFICO 16 – 10 MAIORES EMPREENDEDORES DO MERCADO



Fonte: Elaboração própria com dados ABEEólica e Aneel

Com escritório inaugurado no Brasil em abril de 2016, a empresa EDF de origem francesa é um exemplo dessa movimentação do mercado em busca de consolidação de parcerias e aquisições de ativos. A companhia ingressou no setor ao adquirir uma participação mínima de 80% no potencial eólico de 800 MW que a Sowitec desenvolveu na Bahia, incluindo a parcela já negociada em leilão (182,6 MW no total). Os planos da empresa são de ainda realizar novas aquisições. Embora a companhia não tenha objetivos definidos, a empresa trabalha com uma expectativa de expansão de 1 GW a 2 GW nos próximos cinco a sete anos, segundo diretor-geral da EDF EN no Brasil em entrevista a revista Brasil Energia (Brasil Energia, 2016a)³⁸.

As negociações não se limitam a projetos em desenvolvimento. No ano passado, foi representativa a venda de 392 MW operacionais da Casa dos Ventos, por R\$ 2 bilhões, para o fundo de investimentos Cubico, sociedade originalmente constituída por banco Santander, Ontario Teachers' Pension Plan e Public Sector Pension Investment (dois fundos de pensão canadenses). A companhia, a exemplo da EDF, também chega no Brasil – e em outros mercados emergentes – com forte apetite. Apesar de ter chegado ao país adquirindo, da Casa dos Ventos, e assumindo, do Santander, ativos operacionais, a empresa pretende expandir seu portfólio no Brasil entrando em leilões. Para isto, deve comprar

38 <http://brasilenergia.editorabrasilenergia.com/news/renovaveis/eolica/2016/02/o-novo-mercado-eolico-450249.html> acessado em abril/2017

projetos já desenvolvidos de outras companhias³⁹. Em novembro de 2016 a participação do Banco Santander foi adquirida pelos outros dois sócios do fundo.

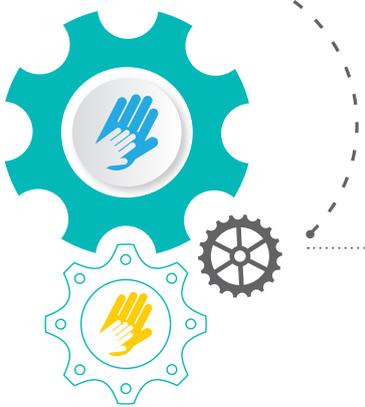
Em 18/04/2017, a Renova assinou o contrato de venda do Complexo Eólico Alto Sertão II com a AES Tietê Energia. As usinas situadas na região de Caetitê, na Bahia, possuem capacidade instalada de 386 megawatts. O complexo de 15 parques eólicos já se encontra em fase operacional e fornece energia para atender os contratos referentes a vendas de 181,6 MW médios no mercado regulado. O recurso oriundo da transação será investido na conclusão da obra do Alto Sertão III e na redução do passivo com credores. A venda do ativo está totalmente alinhada com o direcionamento estratégico da companhia, que objetiva o reequilíbrio de sua estrutura de capital e a sustentabilidade do negócio no longo prazo. A transação ainda está sujeita a aprovação dos órgãos competentes.

A Bioenergy é outro exemplo de empresa brasileira que vendeu projetos em desenvolvimento, no ano passado, para a Omega, que tem como acionistas fundos de investimentos, incluindo o norte-americano Warburg Pincus. A Omega foi a maior vendedora de energia eólica no ano de 2015, tendo negociado 243 MW. Deste volume, 221 MW, localizados no Maranhão, foram adquiridos da Bioenergy. A Bioenergy precisa levantar caixa porque enfrenta dificuldades para entregar seus parques, que somam 360 MW, contratados entre 2011 e 2012 por tarifas em torno de R\$ 110/MWh (em valores da época). A companhia conseguiu a revogação amigável das concessões junto à Aneel, mas ainda que suavize as penalidades previstas em contrato, precisará arcar com custos resultantes desse processo, eventuais multas e suspensão de garantias.

10.2 Leilão de Descontratação

A dificuldade em entregar parques já negociados em contrato não é uma exclusividade da Bioenergy, outros empreendedores também estão nessa situação e por motivos diferentes. Algumas companhias, como é o caso de Furnas e Energimp, tinham contrato de fornecimento de aerogeradores com a Impsa, fabricante argentina que entrou em processo de recuperação judicial e fechou seus negócios no Brasil, criando uma dificuldade significativa para solucionar o problema de fornecimento das máquinas. Outras empresas enfrentam dificuldades para o equacionamento financeiro dos projetos, pois elaboraram plano de negócio para sua participação em leilões em um cenário com parâmetros totalmente diferentes dos encontrados quando da implementação dos projetos, com especial destaque para o mercado de crédito muito mais restritivo e o encarecimento das moedas estrangeiras, que compõem parcela do custo dos aerogeradores. Em outros casos, a dificuldade é em cumprir o cronograma devido aos reflexos da crise econômica. Parques que já deveriam estar em fase de teste ainda nem iniciaram a construção.

39 <http://brasilenergia.editorabrasilenergia.com/news/renovaveis/eolica/2016/02/o-novo-mercado-eolico-450249.html> acessado em abril/2017



Essas empresas, com dificuldade de executar seus empreendimentos eólicos, têm a possibilidade de aliviar esses compromissos em um leilão de desconstrução de energia, recém aprovado pela Aneel. Esse leilão, que será o primeiro nesse formato, faz parte de um conjunto de ações, propostas pelo Ministério de Minas e Energia, para reorganizar o segmento. Essas ações estruturantes devem reposicionar o setor elétrico para lidar com uma realidade para a qual não estava preparado: a de uma economia sem crescimento. O setor elétrico brasileiro foi desenhado com um modelo que considera um país em crescimento. As regras do setor não tinham uma resposta para a crise econômica. Assim, as projeções indicavam nos últimos anos a necessidade de contratação de energia mesmo com uma desaceleração da economia. Nos últimos quatro anos, a economia decresceu 7%, enquanto os modelos previam um crescimento de demanda de energia da ordem de 5% ao ano⁴⁰. Além disso, existem as contratações de reserva que representam uma sobra estratégica de energia no sistema para momentos de pico da demanda ou déficit na produção de energia, por exemplo, devido a extensos períodos de seca que comprometem a geração hidroelétrica (principal fonte da matriz brasileira, como já apresentado). No contexto atual, onde os níveis de consumo estão baixos devido à desacelerada atividade industrial, ofertas dessa reserva estratégica de energia devem efetivamente assegurar o setor elétrico, no entanto, assim como os casos anteriores há projetos desta natureza que também não estão sendo implantados conforme deveriam. Os superávits acumulados acabam por desestimular novos investimentos, porém, o risco de não manutenção do nível de investimento e da oferta suficiente de energia reside em, mediante a retomada do crescimento econômico e dos níveis de consumo de eletricidade, pode haver dificuldade de abastecimento e risco de necessidade de racionamento ou “apagão”.

Conforme o decreto⁴¹ que autoriza a realização do leilão de desconstrução, as empresas interessadas em cancelar seus projetos de energia de reserva deverão apresentar propostas de desconstrução, segundo parâmetros a serem definidos pelo Ministério de Minas e Energia, que deverá avaliar a vantagem de cancelar as usinas. O critério para aceite de saída das usinas do certame será uma combinação do preço original negociado nos respectivos leilões, dando prioridade de desconstrução aos projetos que venderam energia mais cara, associado ao pagamento de uma taxa de desistência (prêmio). Os empreendimentos que forem escolhidos como os elegíveis à desconstrução terão a rescisão automática de seus contratos, ou redução de montantes contratados, sem aplicação da multa rescisória prevista inicialmente nos contratos da CCEE. Os projetos também terão liberadas as garantias financeiras que depositaram referentes a essas usinas e terão as outorgas extintas pela Aneel. As empresas que desconstruam projetos no certame ficarão inelegíveis para participar dos próximos dois leilões de energia de reserva que venham a ser realizados. O decreto também aponta que os recursos arrecadados com o pagamento do prêmio no leilão serão direcionados para a Conta de Energia de Reserva (Coner), um fundo setorial administrado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). A intenção do ministério, de acordo com declaração do secretário executivo do MME, Paulo Pedrosa, é finalizar esse processo de “organização” do setor ainda no ano de 2017, para então retomar as análises de leilões futuros.

40 <http://brasilenergia.editorabrasilenergia.com/daily/bec-online/eletrica/2017/02/leilao-de-descontratacao-de-energia-de-reserva-em-abril-473364.html> acessado em abril/2017

41 Decreto Nº 9019, de 30 de Março de 2017

10.3 Exportações

Enquanto ainda não existem perspectivas reais de novos leilões para o setor eólico, uma tendência que se apresenta para os fabricantes brasileiros é a possibilidade de expandir a atuação e diversificar consumidores através da exportação para os mercados em ascensão na América Latina. Conforme mencionado anteriormente no capítulo 3 do Documento Técnico 1, o Brasil foi um grande precursor da energia eólica no continente e com isso estabeleceu uma cadeia produtiva, ao longo dos últimos anos, madura o suficiente para atender a demanda de países como Argentina, Chile e Uruguai que vem, cada vez mais, investindo em energia renovável. Como os fabricantes instalados no país se encontram com demandas inferiores a sua capacidade produtiva existem condições operacionais da indústria eólica brasileira cobrir essa lacuna produtiva com demandas vindas dos países vizinhos. O fato de os países da América Latina ainda estarem constituindo os seus parques industriais voltados para o segmento eólico aumenta as possibilidades dos fabricantes brasileiros entrarem no mercado com produtos importados.

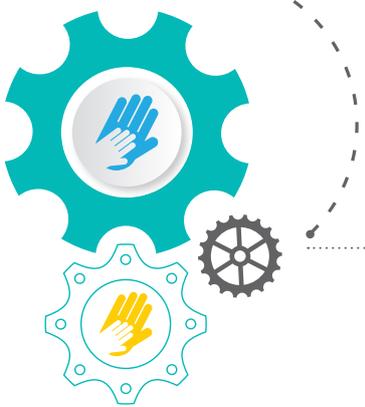
Sabe-se que esses países estão iniciando políticas de abrangência de conteúdo local, assim como foi feito no Brasil pelo BNDES, mas esse processo de substituição de importações se dá por etapas e as oportunidades para os próximos anos ainda são muitas.

10.4 Mercado Livre de Energia

Outra alternativa para além dos leilões é o mercado livre de energia ou Ambiente de Contratação Livre (ACL). Nesse ambiente de contratação, em que o consumidor escolhe livremente seu fornecedor de energia, pode-se obter uma redução significativa nas contas de eletricidade, em comparação com os valores pagos no mercado cativo, em que a energia é contratada via distribuidoras. A demanda por esse tipo de contratação vem crescendo consideravelmente nos últimos 2 anos, o que motivou a criação de uma cartilha⁴² 'Mercado Livre de Energia Elétrica – Um guia básico para consumidores potencialmente livres e especiais' elaborado pela Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia.

Para se compreender o potencial do mercado livre é importante entender quem pode fazer parte desse ambiente. Os consumidores livres são aqueles que possuem uma demanda de contratação de no mínimo 3 MW/mês e podem contratar energia proveniente de qualquer fonte de geração. Existe ainda a categoria de consumidores livres especiais, que possuem demanda contratada igual ou maior que 0,5 MW e menor que 3 MW, e que necessariamente precisam contratar energia de fontes alternativas (eólica/solar/biomassa/PCH). Em busca de redução de custo com energia elétrica,

42 http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraaceel_Cartilha_MercadoLivre_V9.pdf, acessado em abril, 2017



um insumo primordial para suas atividades, já são 2.303 empresas optantes pela migração para o mercado livre. Em 2016, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica registrou um aumento de 25 vezes no número de pedidos aprovados de adesão de consumidores quando comparado com 2015 (93 no total). O movimento foi impulsionado principalmente pela adesão dos consumidores especiais, empresas com demanda entre 0,5 MW e 3MW e que, quando estabelecidas no mercado livre, são obrigadas a adquirir energia de fontes incentivadas especiais, como eólica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa ou solar. Com 2.102 empresas associadas à CCEE no ano passado, o segmento de consumidores especiais representou 91% das adesões no mercado livre. Um conjunto de fatores como o aumento da tarifa no mercado regulado e a simplificação dos mecanismos de medição do consumo foram primordiais para que as empresas tomassem a decisão de migrar para o mercado livre.

Existem ainda 1.121 processos de adesão abertos para migrar do ACR para o ACL, sendo 1.044 de consumidores especiais (potenciais consumidores de energia eólica) e 77 de consumidores livres. Em decorrência do grande número de adesões, o mercado livre ampliou sua representatividade no consumo total de energia no Sistema Interligado Nacional – SIN. Em outubro de 2015, o ACL representava 23,3% do consumo no país, índice que teve aumento de 3,8 pontos percentuais. Atualmente, as empresas do mercado livre representam cerca de 27% do consumo, os setores com maior elevação foram os de comércio (124,9%), serviços (85,6%) e telecomunicações (79,1%). Esses números ainda podem ficar mais atrativos visto que existe um projeto de lei⁴³ tramitando no Senado Federal que prevê a expansão do mercado livre de energia por meio da adoção da portabilidade para todos, ou seja, a possibilidade de que todos os consumidores escolham seu próprio fornecedor de energia, independentemente do montante contratado. Apesar dessa atratividade do ACL as condições de financiamento são mais difíceis do que no mercado regulado e os contratos não costumam ser tão longos. Ao passo que no ACR os contratos são assinados para um horizonte de 20 a 30 anos, no ACL, de acordo com o último boletim InfoMercado Semanal⁴⁴ Dinâmico da CCEE, 30,6% dos contratos possuem entre quatro e seis anos; 8,5% possuem contratos entre seis e oito anos; 10,7% dos contratos possuem vigência entre oito e dez anos; 1,2% entre 10 e 12 anos; e 22,5% acima de 12 anos.

10.5 Novo mercado de O&M

Outra consideração importante a ser feita a respeito das tendências de mercado do segmento eólico, nessa nova formação que se configura, está ligada ao fato de que, nesse momento, existem quase tantos parques instalados em operação quanto parques previstos para os próximos 9 anos. O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) prevê que, em 2025, estejam em operação 25,1 GW da

43 Projeto de Lei 232/2016, acessado em abril 2017

44 Consultado na semana do dia 15/04/2017, acessado em abril 2017

fonte eólica, dos quais 18 GW já estão contratados e 11 GW se encontram em instalados. Com esse grande volume de parques em operação, cria-se um foco de oportunidades para novos serviços no mercado, o de operação e manutenção. As máquinas utilizadas nos parques já conectados à rede no Brasil ainda são jovens e praticamente todas as vendas desses equipamentos são acompanhadas de um contrato de operação e manutenção das fabricantes que, em geral, duram dez anos (Brasil Energia, 2016b). Na medida em que esses contratos iniciais começarem a vencer, uma grande lacuna de prestação de serviço se abrirá no mercado nacional. Os custos de O&M representam entre 20% e 25% dos custos totais da fonte eólica, segundo EWEA (EWEA, 2009), e incluem gastos com seguro, manutenção preventiva e corretiva, peças sobressalentes e monitoramento de desempenho. Sabe-se que a maior parte das negociações desse mercado em potencial devem começar no Brasil por volta de 2020 e 2021, quando os primeiros parques brasileiros completarão dez anos de atividade, mas o momento de perceber essas oportunidades e começar a estudar esse mercado é agora, pois já há um montante de aerogeradores em operação completando 10 anos, como aqueles instalados a partir de 2006 referente ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA).

10.6 Grupo de Trabalho ABDI

Atenta à nova conjuntura do segmento eólico, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) criou um grupo de trabalho (GT) a fim de estabelecer uma agenda de médio e longo prazo para o setor. O grupo pretende formular propostas e contribuir com a definição de temas estratégicos. A meta do GT é trabalhar para a eólica atingir 30 GW de capacidade instalada em 2025, sendo 25,1 GW provenientes de usinas previstas no Plano Decenal 2025 e 5 GW adicionais que poderão produzir energia para exportação. Na sua primeira iniciativa, segundo a ABDI, foi validado o “Plano Nacional de Desenvolvimento Setorial em Energia Eólica na Perspectiva da Indústria – Subsídios para uma Agenda Estratégica”, documento que elenca 12 itens considerados sensíveis para o segmento, como estímulos à demanda, financiamento, linhas de transmissão, exportação, cadeia produtiva, P&D e Inovação. O GT é formado por especialistas da ABDI, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), da Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (ApexBrasil), da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq) e da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica).⁴⁵

45 <http://brasilenergia.editorabrasilenergia.com/daily/bec-online/eletrica/2017/02/setor-eolico-busca-agenda-de-medio-e-longo-prazo-e-mira-30-gw-em-2025-473453.html> acessado em 20/04/2017. Cabe ressaltar que, embora a matéria afirme que serão produzidos 30 GW os dados da PDE 2025 indicam que 25,1 GW será a capacidade instalada em energia eólica e o valor adicional também se refere à capacidade instalada.



11

Tendências Tecnológicas

Como consequência natural da difusão da energia eólica em escala global, fabricantes, empreendedores e investidores do segmento buscam maneiras de viabilizar novas tecnologias visando a diminuição dos custos de produção da eletricidade e novas frentes de atuação da indústria e do mercado de energia.

A primeira tendência de evolução do setor é a constante busca por turbinas eólicas de maior potência. Com aerogeradores cada vez maiores a intenção é conseguir ganhos de escala, produzindo mais energia por unidade geradora e, conseqüentemente, reduzir os custos de implantação dos parques. Esse caminho adotado pelos fabricantes requer ampliações consideráveis em todos os componentes do aerogerador. Para gerar mais energia é preciso turbinas maiores, com eixos de rotação maiores e diâmetros de rotor também maiores. Os aerogeradores mais difundidos no mercado hoje possuem, em geral, até 3MW de potência nominal utilizando pás de 60m de comprimento em média. Estão sendo desenvolvidas pás de quase 90 metros de comprimento para aerogeradores com potência nominal de 8MW. Grosso modo, quanto mais longa a pá, maior o contato com os ventos mais altos e, conseqüentemente, mais fortes e persistentes. E quanto maior a área para o vento “empurrar”, mais força e poder rotacional, e maior geração de energia. Para acompanhar esse aumento das estruturas é preciso avançar nas tecnologias de design das naceles e das pás, que precisam se tornar mais aerodinâmicas e mais leves, exigindo também avanços relativos aos materiais empregados na fabricação. Com o aumento do diâmetro dos rotores a altura das torres também precisa aumentar demandando avanços estruturais desse componente.

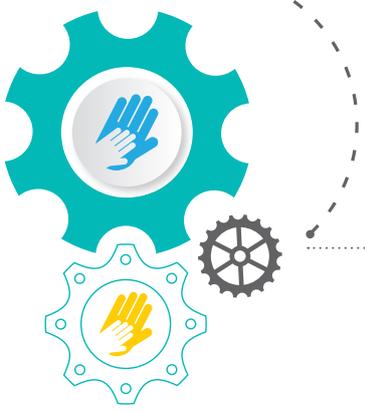
Uma evolução que se vem buscando nos últimos tempos é a criação de sistemas híbridos de energia, ou seja, sistemas que sejam capazes de aproveitar mais de uma fonte de energia ao mesmo tempo. Nesse sentido, o aproveitamento das áreas ociosas dos parques eólicos para implantação de placas fotovoltaicas cria parques com geração combinada de energia eólica e solar, aproveitando toda a estrutura de conexões, subestações e transmissão.

FIGURA 16 – PARQUE DE GERAÇÃO HÍBRIDA EÓLICA E FOTOVOLTAICA



Fonte: Ecoinventos, acessado em 09/06/2017

Num projeto ainda mais ambicioso, cientistas britânicos projetaram uma turbina eólica equipada com placas solares ao longo das estruturas das pás com intuito de aproveitar integralmente o potencial da natureza para gerar energia. A base para o projeto consiste na instalação de placas fotovoltaicas ao longo da superfície das pás eólicas. Assim, ao mesmo tempo em que a turbina gira com a força dos ventos, é possível captar os raios solares diretos, tendo no mesmo sistema duas fontes diferentes de energia. Em entrevista ao site Inhabitat, o Dr. Joe King explicou que esta seria



a solução ideal para locais que passam por grandes períodos sem sol, mantendo bons índices de ventos. Mas, ele também não descarta a sua utilização em regiões com sol intenso e boa quantidade de ventos, citando como exemplo a Austrália. A solução, no entanto, enfrenta alguns problemas, como o reflexo gerado pelas placas solares, que poderia prejudicar a aviação e até mesmo algumas aves. Como solução para essa questão, os pesquisadores estão trabalhando em uma tinta especial que poderia cobrir as placas sem afetar a sua eficiência.

Ainda como consequência direta da expansão da energia eólica mundial, discussões acerca de seus impactos ambientais tem ganhado espaço, especialmente sobre a poluição sonora dos aerogeradores e do impacto da instalação de parques sobre a fauna. Ambos os temas tem sido objeto de inovações tecnológicas através de pesquisas para a utilização de componentes mais silenciosos como caixas de engrenagens mais modernas ou a utilização de turbinas sem caixa de engrenagem, além de componentes mecânicos de alta velocidade. Acerca do impacto na mortalidade de aves, ampliação da largura e pintura das pás e adoção de iluminação intermitente aumentam a visibilidade e buscam evitar o efeito atrativo sobre os animais. Adicionalmente, a parada automática das turbinas pela proximidade das aves foi adotada em um programa de interrupções seletivas em 10 parques da Espanha, alcançando a redução de 50% da mortalidade dos animais com redução de 0,07% na geração (Tolmasquim, 2016).

É importante ressaltar que, diferentemente de outros países, o licenciamento ambiental no Brasil já contempla requisitos que protegem as rotas de migração dos pássaros proporcionando maior harmonia entre a energia eólicas e as aves. A Resolução no 462 / 2014 prevê que empreendimentos eólicos localizados em áreas de relevância ambiental, incluindo áreas de rota, pouso e reprodução de aves migratórias não são considerados de baixo impacto e merecem atenção especial no licenciamento.

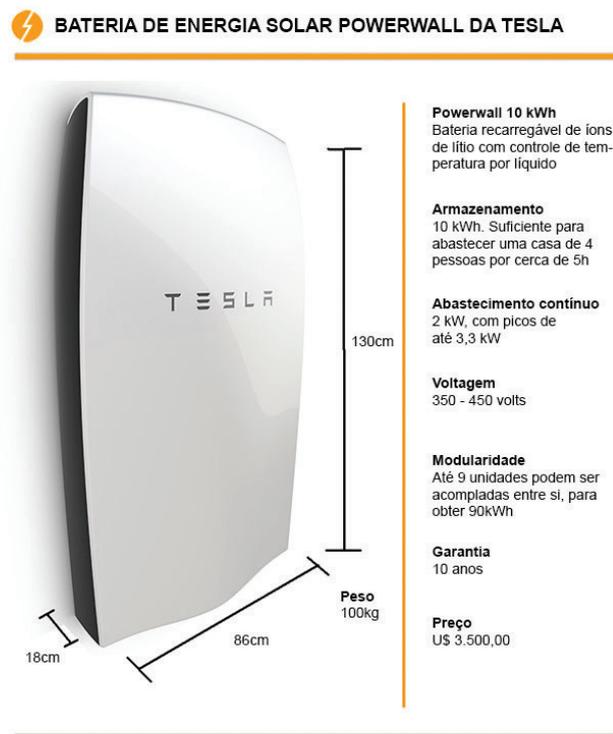
Outra tendência tecnológica que vem ganhando força mundialmente com o advento das fontes renováveis de energia é a descentralização da geração. Estão sendo desenvolvidos para o uso doméstico equipamentos geradores de pequeno porte através dos quais o consumidor pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada. Havendo produção de energia excedente, é possível inclusive fornecê-la o para a rede de distribuição local. Essas iniciativas constituem micro e minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e sustentabilidade. O desenvolvimento desses aerogeradores de pequeno porte, com especificações técnicas específicas para cada situação é uma grande desafio para os fabricantes uma vez que as condições do vento no ambiente urbano variam muito e as possibilidades de instalação, como altura da torre, direção das correntes e demanda do consumidor variam de caso a caso. O Brasil ampliou o incentivo à instalação de sistemas de mini e micro geração através da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, alterada pela Resolução no 687/2015.

Uma importante preocupação no que diz respeito às energias renováveis alternativas, como eólica e fotovoltaica, é sua capacidade de geração intermitente que é responsável pela alta variabilidade no despacho de energia à rede a cada momento. Assim, com a ampliação da utilização dessas fontes

na matriz elétrica surgem novos desafios para a estabilidade do sistema em função das oscilações às quais a geração está sujeita⁴⁶. Portanto, outra frente de desenvolvimento de novas soluções tecnológicas que vem ganhando cada vez mais relevância no cenário mundial são os sistemas de armazenamento de energia, com destaque para as baterias de íon de lítio.

Trata-se de um equipamento capaz de armazenar a energia gerada em horários de menor consumo, disponibilizando essa energia nos momentos de pico do sistema de distribuição, atendendo a demanda dos operadores do sistema pelo controle de intermitência das fontes renováveis alternativas de energia. A empresa norte americana Tesla é a grande protagonista nessa tecnologia no mundo e, em meados de 2015, trouxe todos os holofotes do mercado energético e da grande mídia em geral para as baterias para uso doméstico e empresarial em grande escala que seriam desenvolvidos em parceria com a Panasonic no projeto da fábrica Gigafactory, com investimento previsto de US\$ 5 bilhões.

FIGURA 17 – BATERIA PARA SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA



Fonte: Tesla 2015

Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/blog-solar/bateria-solar/tesla-e-a-aplicacao-das-baterias-de-ion-de-litio-no-mercado-nacional.html>, acessado em 09/06/2017

46 Para maiores detalhes acerca do tema, consultar EPE (2016)



12

Dimensionamento da participação da cadeia eólica na economia brasileira – cenários e projeções

Em estudo realizado pela EY (Gazzo, 2012) foram estimadas as consequências da utilização da energia eólica nas economias de alguns países europeus. A análise realizada buscou identificar o impacto da energia gerada por fonte eólica e por fonte térmica (gás natural), considerando custos de implantação de projetos, valor adicionado na economia, geração de empregos e impostos arrecadados a partir de cada fonte de geração.

A energia eólica demanda um volume de investimentos elevado, porém, boa parte desses recursos remunera a produção de componentes que geram maior nível de empregos e retorno para a economia como um todo, em detrimento da aquisição de combustível, que não possui impacto tão expressivo na economia quanto as máquinas de expressivo valor agregado utilizadas para produzir energia a partir dos recursos naturais renováveis. Segundo o trabalho da EY, essa alocação mais concentrada em bens que possuem maior complexidade produtiva do que a aquisição de insumos primários produz impactos mais relevantes na geração de valor para a economia.

Conforme resultados do trabalho⁴⁷, a utilização de energia eólica adiciona entre R\$ 154,70 e R\$ 223,46 na economia por cada MWh produzido. Esses valores oscilam entre os países em função de características produtivas locais analisadas no trabalho. Portugal é o país cuja utilização de energia eólica agrega menos valor ao PIB (R\$ 154,70 por MWh produzido), ao passo que a Alemanha é o país onde a energia eólica gera maior valor para a economia nacional (R\$ 223,46 por MWh produzido). Para a estimativa do impacto, foi considerado um custo médio de referência como estimativa dos gastos necessários para implantar tais projetos (R\$ 302,53 / MWh).

A partir dos resultados disponíveis para esses países, é possível estimar o impacto da utilização da energia eólica na economia brasileira. Atualizando os valores pelo índice de inflação europeu, o custo de instalação dos projetos em valores de 2016 foram de R\$ 326,60 / MWh. Comparando esse custo à tarifa média ponderada de R\$ 171,14 / MWh para a energia eólica comercializada em leilões brasileiros (considerando todos os leilões onde houve participação eólica desde 2009 até dez/16, em valores de dez/2016), encontramos uma proporção de 52% do custo, que pode ser usado como proxy para o valor adicionado pelo uso da energia eólica. Se, em média, nos países investigados pela EY (que representam um mix com diferentes estruturas produtivas) são adicionados R\$ 205,61 / MWh, pela proporção entre custo de implantação de projetos, estimamos a adição de R\$ 107,74 / MWh gerados em termos de valor para o PIB brasileiro. Tendo em vista que no ano de 2016 foram gerados um total de 32.738 MWh e o PIB de 2016 foi R\$ 6.266 trilhões, o valor adicionado total representa 0,06% do PIB do Brasil. Apenas considerando o volume de energia produzido no país em 2016, a energia eólica adicionou cerca de R\$ 3,5 bilhões na economia brasileira.

A figura abaixo apresenta um resumo da metodologia utilizada para dimensionamento do impacto na economia brasileira resultante da geração de energia através da fonte eólica.

47 Todos os valores do trabalho da EY foram dados em euros e para efeito da presente análise, convertidos para real, considerando a conversão de 30/12/2016.

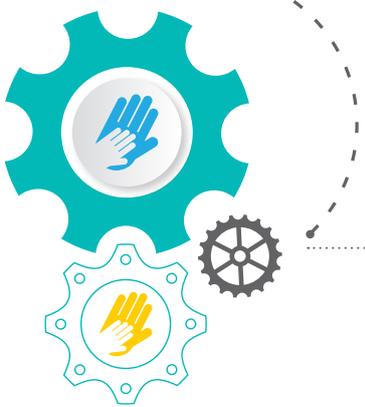
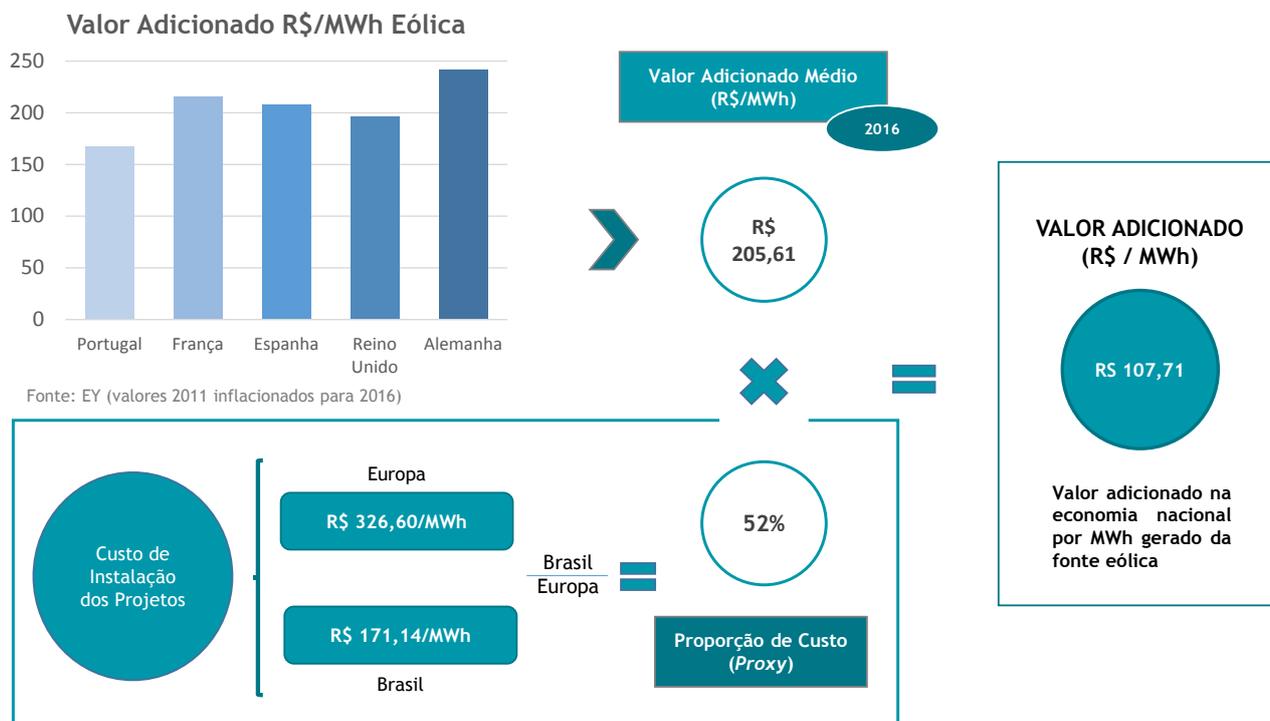


FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA PROJEÇÃO DO VALOR ADICIONADO DA ENERGIA EÓLICA NA ECONOMIA BRASILEIRA

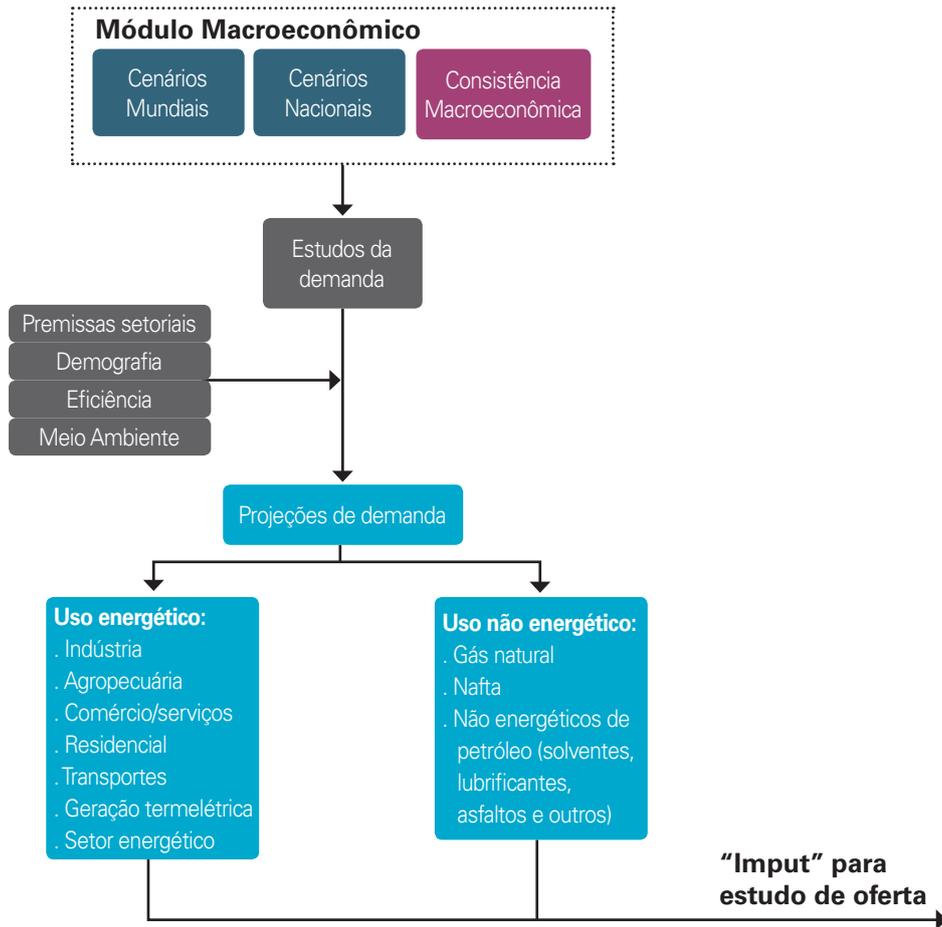


Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme números apresentados acima, em adição ao cumprimento das metas de redução de gases de efeito estufa e maior diversificação das fontes de geração de energia, a ampliação da fonte eólica na matriz energética brasileira tem potencial de tornar os benefícios econômicos ainda mais expressivos com o aumento de sua participação. Conforme estimativas da EPE, que elabora o PDE – Plano Decenal de Energia Elétrica (EPE, 2015a), a participação da fonte eólica deve aumentar de forma expressiva nos próximos anos.

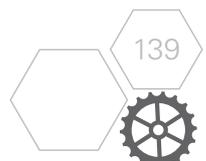
Este Plano traça as principais estimativas acerca da expansão da energia utilizada no Brasil. São considerados o crescimento da demanda esperado e as diferentes fontes de geração para atender a essa demanda. O último PDE publicado diz respeito ao planejamento até o ano 2024. Entretanto, já estão disponíveis alguns dados referentes ao PDE 2025, tratado a seguir. Na publicação de 2024 foi estimado um crescimento populacional de 0,7% ao ano e um aumento de 11 milhões de domicílios em relação a 2015, alcançando 77 milhões de domicílios em 2024.

FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA DO PDE 2024



Fonte: (EPE, 2015a)

A capacidade adicionada estimada no decênio é de 75.569 MW. Dos quais 41.500 MW já haviam sido contratados e faltariam 32.700 MW



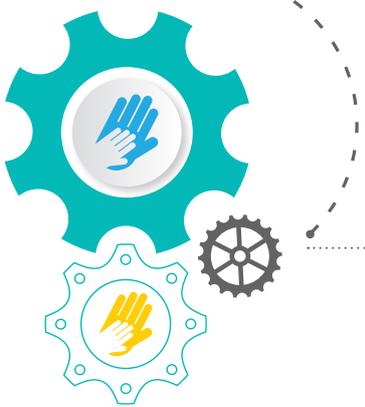
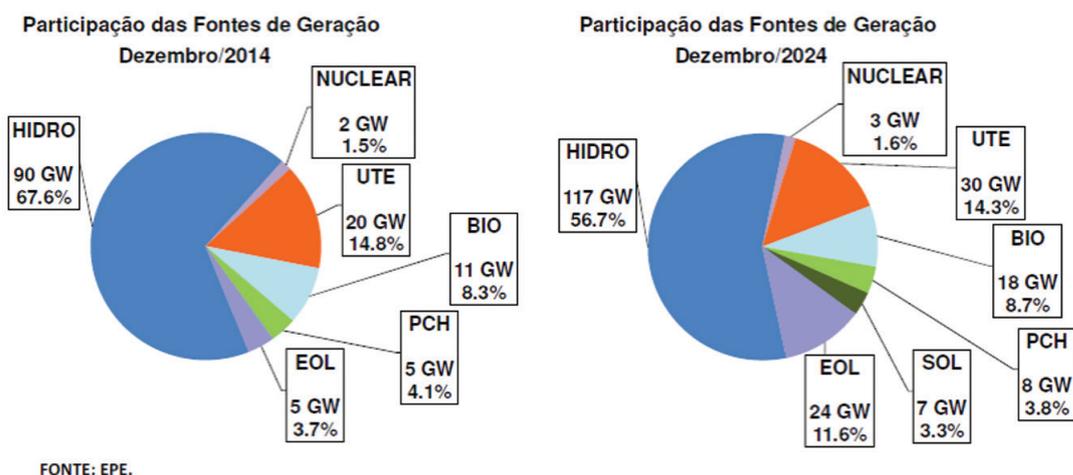


FIGURA 20. EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA POR FONTE DE GERAÇÃO PDE 2024



Fonte: (EPE, 2015a)

Tendo em vista a sensível mudança de inúmeros indicadores responsável pelos resultados das projeções realizadas pela EPE, os dados do PDE 2025 atualizam as condições para cálculo de demanda de energia e capacidade instalada. A principal alteração considerada foi a de crescimento do PIB, que possui impacto direto na demanda por energia. Contudo, devido a uma nova alocação em termos de fonte de energia, a eólica alcança 25,2 GW de capacidade instalada em 2025, volume ainda maior do que o projetado em cenário econômico mais favorável estimado na publicação de 2024. Assim, a capacidade instalada projetada para o ano 2025 é apresentada na tabela 5.

Entre os anos de 2009 e 2016 foram contratados mais de 15 GW provenientes de fonte eólica, o que representa uma adição média de quase 2 GW por ano, incluindo o ano de 2016 onde não houve contratação de energia eólica. Considerando o prazo usual dos leilões realizados, seria necessária uma contratação média de 1,2 GW / ano para que seja alcançado o volume estimado pela EPE (sendo que essas contratações devem acontecer no máximo até 2022 para que estejam operacionais em 2025). Tendo em vista que a energia eólica hoje se mostra muito mais competitiva em termos de tarifa e seu parque produtivo é bastante consolidado no país, é viável o alcance do patamar estimado pelo PDE 2025, conquanto exista vontade política de manter o ritmo de expansão dessa fonte energética e aumento da demanda no nível esperado, que depende da retomada da atividade econômica.

TABELA 5 – CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL (EM GW)

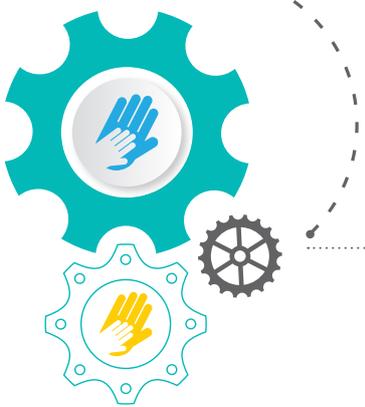
Fonte				Estrutura (%)	
	2015	2024	2025	2015	2025
Hidro	91,7	120	115,4	65,1%	54,7%
Nuclear	2	3,4	3,4	1,4%	1,6%
Gás Natural	12,4	23,2	23,3	8,8%	11,1%
Carvão	3,6	3,9	3,9	2,6%	1,9%
Óleo (**)	8,6	6,5	3,7	6,1%	1,8%
Gás Industrial (***)	1,7	1,9	1,6	1,2%	0,8%
Biomassa	13,3	21,1	23,4	9,4%	11,1%
Eólica	7,6	24,2	25,1	5,4%	11,9%
Solar	0,032	8,3	11	0,0%	5,2%
TOTAL	140,9	212,5	210,8		

Fonte: 32ª Reunião Ordinária – Conselho Nacional de Política Energética (CNPE, 2016)

É importante ressaltar que o crescimento econômico projetado para o período compreendido no PDE 2025 (2,4% a.a., em média) representa uma importante inflexão em relação ao histórico recente brasileiro onde houve decrescimento econômico, resultando em decrescimento no consumo de energia. A utilização de uma taxa de crescimento superestimada para estabelecimento das metas setoriais pode trazer dificuldade em seu atingimento. O crescimento econômico mais lento pode significar menor expansão da oferta energética do que a prevista, dificultando o aumento na proporção de renováveis.

Contudo, é importante destacar a importância da energia elétrica na atividade econômica e o risco representado pelo dimensionamento inadequado de sua utilização. Conforme estimativa da EPE (EPE, 2016a) o déficit de geração de energia tem um custo associado de R\$ 4.000 / MWh. Assim, embora o custo médio de expansão da energia, conforme calculado pela EPE seja de R\$ 193 / MWh (EPE, 2016b), a ausência de energia em quantidade suficiente para a produção econômica pode custar até R\$4.000 / MWh que não estiver disponível ao sistema, o que indica uma assimetria expressiva entre os custos de adição de capacidade e déficit produtivo.

Utilizando as estimativas da EPE até o ano de 2025, onde o Brasil alcança a marca de 25,2 GW instalados no país, isso proporcionaria, com base nos fatores de capacidade médios encontrados no Brasil em 2016, alcançar a marca de 95.138 MWh gerados. Considerando os R\$ 107,74 por MWh calculados como adição de valor, isso significaria a injeção de R\$



10,25 bilhões. Tendo em vista a estimativa de crescimento do PIB que pautou o planejamento energético para o período, estima-se que a energia eólica alcance um total de 0,132% do PIB brasileiro daquele ano.

FIGURA 21. PARTICIPAÇÃO DO PIB DA ENERGIA EÓLICA ATUAL PROJETADA (EM VALORES DE 2016)



Fonte: Elaborado pelo autor

Ademais, uma importante dimensão não quantificada usualmente, em função da grande complexidade envolvida no processo, é o custo evitado de mudanças climáticas e externalidades ambientais. Embora sejam objeto de inúmeros estudos os impactos nocivos ao meio ambiente da utilização de energia de fontes não renováveis, atribuir um valor econômico à não utilização dessas fontes em detrimento da energia não poluente é tarefa complexa e não está dimensionada nessas estimativas.

Em estudo realizado pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA na sigla em inglês) (IRENA, 2016b) buscou estimar o impacto econômico da ampliação da utilização de energias renováveis no mundo. O trabalho intitulado Renewable Energy Benefits: measuring the economics (Benefícios da Energia renovável: mensurando a dimensão econômica em tradução livre) avalia o efeito que a ampliação do uso de energias renováveis na matriz energética mundial no PIB, considerando os investimentos necessários para essa implantação. No trabalho são considerados 3 cenários:

- Caso de referência, onde são considerados os planos oficiais mais atualizados dos países, de acordo com a legislação em vigor;

- REmap case: o percentual global de renováveis dobra em relação ao total existente em 2010 (o que não necessariamente que todos os países dobrarão suas capacidades) mas, em termos globais, o consumo de energia total passa de 18% e para 36%;
- REmap Electrification case (REmap com eletrificação adicional): onde, o percentual de renováveis também dobra, mas em adição a isso é ampliada a gama de serviços eletrificados em relação ao contexto atual (aquecimento e transportes principalmente), o que gera um aumento no volume base de energia consumida.

Conforme o estudo, que faz utilização de metodologia robusta, contemplando o efeito da substituição das fontes atualmente em vigor, investimentos necessários à expansão, geração de empregos, etc. o Brasil teria um ganho em termos de PIB de cerca 1,1% (REmap case) a 1,5% (REmap electrification case) até o ano de 2030, provenientes de todas as fontes renováveis. Esse estudo não faz distinção do impacto da utilização das diferentes fontes renováveis isoladamente, mas indica seu potencial positivo na geração de valor.



13

Gargalos produtivos na cadeia de energia eólica

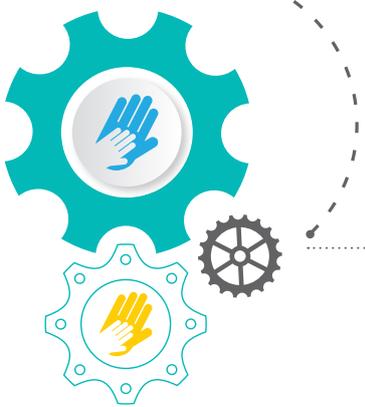
O desenvolvimento da cadeia de valor da energia eólica ainda enfrenta desafios que hoje constituem gargalos produtivos que precisam ser superados. Alguns desses empecilhos são compartilhados por outras cadeias enquanto há aqueles que são específicos do segmento. No relatório sobre a cadeia de valor eólica produzido pela ABDI em 2014 (ABDI, 2014) foram identificados diferentes tipos de gargalos produtivos. Existem aquelas questões estruturais, que valem para a totalidade da economia brasileira; há desafios resultantes do modelo de desenvolvimento do segmento; e existem aqueles itens específicos do processo produtivo.

O relatório da ABDI faz alusão a um estudo da ABIMAQ de 2013 (CNT, 2016; Naves, 2007) que identificou uma diferença de 37% entre Brasil e Alemanha para a produção do mesmo equipamento, com estrutura operacional e física idênticas. Dentre os fatores responsáveis pela diferença estão associados os seguintes gargalos produtivos estruturais existentes no Brasil:

- elevado custo de insumos básicos de procedência nacional (ex: aço brasileiro, que custa 30% mais que equivalente importado e representa 25% do custo do aerogerador). O custo adicional associado a insumos é responsável por 20 p.p. da diferença de custo entre Brasil e Alemanha;
- infraestrutura logística inadequada (3,2 p.p. da diferença);
- elevado custo do endividamento (6,5 p.p. da diferença);
- elevada carga tributária (4,7 p.p. da diferença);
- elevada burocracia, refletida em atrasos para obtenção de licenças ambientais (não foi identificada como fator predominante na diferença entre custos, mas consta no relatório como um gargalo significativo da produção no Brasil);
- baixa disponibilidade de mão de obra qualificada, reflexo de um desafio estrutural de um país cujo sistema educacional ainda demanda elevados investimentos para capacitação de trabalhadores;

Existem também os gargalos resultantes do modelo de negócios da atividade econômica, que constituem entraves em macro questões específicas que não estão sob controle das empresas, mas que afetam todos os inclusos no segmento. Dentre esses fatores, cabe mencionar:

- concentração de pedidos em determinados meses do ano. Por conta das regras de leilão, os projetos possuem data comum para entrada em operação, o que acaba concentrando a necessidade de entrega de todos os participantes de um leilão em uma mesma data, dificultando o cronograma de entregas dos fornecedores;
- incerteza do volume de contratações futuras, uma vez que não existe uma definição clara da quantidade de energia a ser contratada a cada ano, dificultando a programação das empresas para investimentos necessários e adequação da capacidade produtiva;
- indisponibilidade / atraso na conclusão de linhas de transmissão para parques já leiloados, que acabam atrasando a execução e entrega de projetos e afetam a programação de fornecedores, uma vez que a necessidade de prazo dos clientes muda consideravelmente;



Outros gargalos produtivos identificados foram específicos ao processo produtivo das empresas. É importante ressaltar que o trabalho foi realizado nos anos de 2012 e 2013, durante um processo de consolidação da cadeia produtiva. Dentre os pontos mencionados no relatório, os principais foram:

- produção de rolamentos com anéis nacionais;
- processos de forjaria, fundição e/ou usinagem de alta precisão;
- falta de capacidade ou capacidade limitada de fio ou tecido de fibra de carbono e tecidos de fibra de vidro;
- inexistência de fabricantes de itens de alta tecnologia como sistemas de controle, sensores, anemômetros, caixa multiplicadora (caixa de engrenagem) e ímãs permanentes;
- itens com monopólio no fornecimento (chapa de aço, aço para fundidos, aço-silício, resina epóxi e tecidos de fibra de vidro)

Tendo em vista as regras de conteúdo local instituídas pelo BNDES e o próprio desenvolvimento natural da cadeia de fornecimento alguns desses gargalos específicos aos processo produtivo foram solucionados. No âmbito deste trabalho foram realizadas consultas às empresas atuantes na cadeia e os principais gargalos ainda existentes. As empresas que participaram das consultas estão listadas no APÊNDICE 2. As questões estruturais brasileiras e as macro questões do setor permanecem como pontos de atenção e ainda são bastante mencionadas pelas empresas. No que tange aos desafios específicos, foram mencionados principalmente:

- aço para torres, cabos de cobre;
- dificuldades com fornecedores de transformadores e torres de linhas de transmissão em 230 kV;
- anemômetros;
- fabricação de componentes de porte: fundidos, usinados, eixos forjados, flanges forjadas;
- transportes de cargas especiais;
- guindastes de porte;
- serviços de hospedagem e refeição em usinas, pois são montadas em lugares remotos, muitas vezes carentes de infraestrutura de serviços capazes de absorver o grande fluxo de profissionais adicionais na região;
- pouca disponibilidade de fornecedores de turbinas e inversores para microgeração, uma atividade recente que ainda está em processo de disseminação no país, mas que apresenta novos desafios;

Tal qual mencionado anteriormente, a política de conteúdo local adotada pelo BNDES foi de grande importância no desenvolvimento de uma estrutura produtiva ampla operando em território nacional. Contudo, é importante ressaltar que essa presença não é válida para a totalidade dos fornecedores

ou dos equipamentos utilizados no país, mas não representa parcela tão expressiva que constitua algum gargalo importante na produção. Ao contrário, hoje o maior risco enfrentado por produtores situados no Brasil é de excesso de capacidade para atender a uma demanda ainda incerta. Estruturas complexas e custosas como a fabricação de componentes de porte, anemômetros e componentes eletrônicos demandam investimento continuado ao longo de vários anos e escala de utilização constante. Dada a elevada dependência dos leilões de energia para os quais não há previsibilidade, não são economicamente viáveis as instalações de estruturas produtivas para todos esses elementos.

No cenário atual de energia eólica do Brasil, um dos gargalos mais expressivos está justamente nos mercados menos explorados de mini e microgeração. Dado o estágio inicial de desenvolvimento dessa fonte de energia ainda são encontrados no país poucos fornecedores que, por seu turno, dispõem de um número reduzido de fornecedores homologados no país, tanto nacionais quanto importados. Portanto, a maior oportunidade para substituição de importações, assim como o próprio desenvolvimento de componentes, para a solução de gargalos produtivos se encontra nessa modalidade de geração de energia eólica. Entretanto, para que esse mercado tenha desenvolvimento mais expressivo é fundamental que sua popularidade e utilização cresçam no Brasil.



14

Gargalos Produtivos e Indicadores de competitividade no Brasil

14.1 Gargalos Produtivos no Brasil

O desenvolvimento da cadeia eólica brasileira ocorre em um contexto que inclui os próprios desafios enfrentados pela indústria brasileira. Apesar de ocupar posição de destaque na economia mundial (ainda que tenha perdido posições com a crise responsável pelo decréscimo do PIB brasileiro), o Brasil ainda enfrenta inúmeros gargalos que comprometem a capacidade de gerar ainda mais riqueza para o país. Frequentemente apontada como um dos maiores entraves à competitividade nacional (para maiores detalhes, ver seção 14.3), a disponibilidade de infraestrutura é objeto de inúmeros estudos sobre o impacto na perda de competitividade do país.

Especialmente no que diz respeito à capacidade de escoamento da produção de commodities, devido ao elevado volume da produção, a matriz logística é identificada como inadequada (Naves, 2007). O estudo Transporte & Desenvolvimento – Entraves Logísticos ao Escoamento de Soja e Milho, realizado pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2015), estima gastos adicionais em função do déficit em infraestrutura de R\$ 3,8 bilhões apenas para as safras de milho e soja produzidas no Brasil. Enquanto o Brasil possui 3,4 km de infraestrutura ferroviária para cada 1.000 km² de área, os EUA possuem 22,9 km e a Argentina 13,3 km. São estimados cerca de R\$ 80 bilhões em investimentos adicionais para adequação do sistema ferroviário brasileiro.

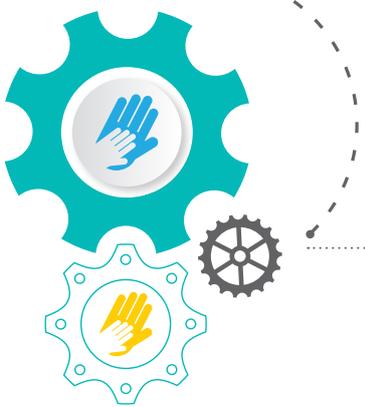
Contudo, o déficit de infraestrutura não se restringe ao modal ferroviário. Em rodovias, são estimados pela CNT R\$ 60,5 bilhões em investimentos necessários, R\$ 34 bilhões em navegação interior, R\$ 18,8 bilhões em infraestrutura portuária e R\$ 1,8 bilhões em terminais de armazenamento e movimentação de carga. A estimativa total da CNT é de R\$ 195,5 bilhões apenas em uma análise dos entraves para soja e milho. A realização de tais investimentos beneficiaria outras cadeias produtivas, mas é possível que essa cifra seja ainda mais expressiva quando consideradas as restrições aplicáveis a outros produtos nacionais. O principal reflexo disso é uma desvantagem significativa nos custos de escoamento da produção, que acaba refletindo diretamente no preço dos produtos produzidos no país, uma vez que é necessário refletir nesses preços o custoso processo de entrega dessa produção.

Outro fator frequentemente identificado como gargalo produtivo significativo no Brasil é a burocracia. Processos morosos, complexos e informação ainda limitada dificultam a abertura, fechamento de empresas, obtenção de licenças ambientais para operar e tornam o processo de gestão mais desafiador, uma vez que é necessário ter um planejamento mais eficiente para lidar com todas as restrições impostas por prazos longos, além dos riscos de ter que resolver questões importantes enquanto lidando com processos burocráticos e demorados.

Com impacto direto na gestão de um negócio, outro desafio frequentemente encontrado pelas empresas é a complexa estrutura fiscal brasileira. Além de uma carga tributária elevada, que onera substantivamente a produção nacional, a necessidade de lidar com instâncias municipais, estaduais e federais para tratar acerca de inúmeros impostos, taxas e contribuições torna o gerenciamento feito pelas empresas uma atividade de elevada complexidade, muito custosa e ineficiente.

Desde o ano de 2013, quando um ciclo de elevação das taxas de juros teve início o Brasil se tornou o detentor da maior taxa de juros real praticada na economia mundial⁴⁸. Apesar do ciclo de reduções

48 <http://oglobo.globo.com/economia/brasil-tem-maior-taxa-de-juro-real-do-mundo-19754404>



da taxa básica iniciado em 2016, o país ainda detém a primeira posição do *ranking* mundial⁴⁹. Essa característica da economia brasileira tem importantes consequências para o investimento e a atividade econômica no Brasil. Juros elevados representam um custo elevado para remuneração do crédito obtido junto a terceiros ou dos investidores que apostam no negócio, uma vez que o custo de oportunidade dos recursos é muito alto. Dado que as remunerações financeiras de renda fixa mais elevadas do mundo são encontradas no Brasil, o investimento em atividades produtivas sofre a concorrência direta de retornos elevados com risco muito baixo, o que acaba tendo efeito negativo na capacidade produtiva pois tais investimentos precisam gerar resultados muito elevados ou acabam não conseguindo obter recursos para seu financiamento.

14.2 Análise de competitividade na cadeia brasileira e internacional

Índice de competitividade global 2016-2017

O Fórum Econômico Mundial desenvolveu para os anos de 2016 e 2017 o índice de competitividade global (World Economic Forum, 2016). No âmbito dessa organização, a competitividade é definida como o conjunto de instituições, políticas e fatores que determinam o nível de produtividade de uma economia, que, por sua vez, apontam qual o nível de prosperidade que um país pode atingir. O Índice combina variáveis que capturam elementos relevantes para produtividade e prosperidade no longo prazo.

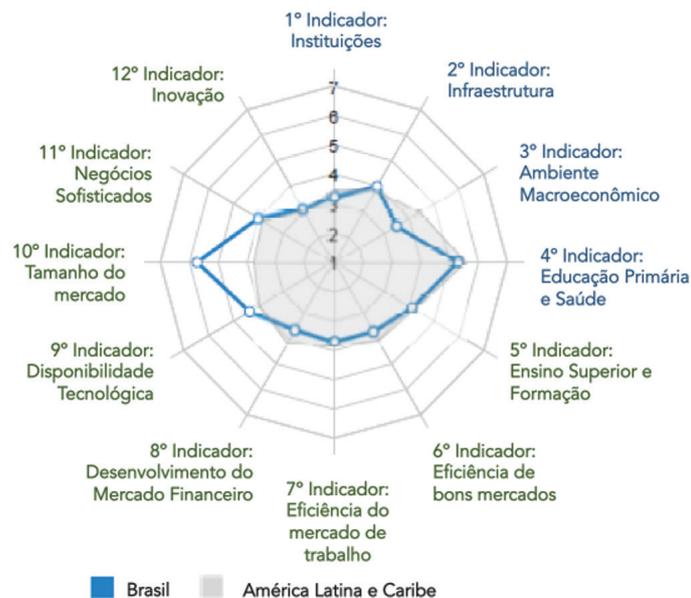
O resultado desse trabalho para o Brasil (Figura 22) para o ano de 2016-2017 mostrou que o país está ranqueado em 81º lugar dentre 138 países. No *ranking* do ano anterior (2015-16), o Brasil havia alcançado a 75ª posição, ou seja, houve uma queda de seis posições de um ano para o outro.

Acredita-se que o contexto político de turbulências do país esteja contribuindo com este resultado, que é impulsionado pela deterioração de bens, mão-de-obra e mercado financeiro. Do ponto de vista institucional, a segurança piorou, assim como a percepção da qualidade da administração do setor público. Contudo, o Brasil melhorou em áreas como a proteção dos direitos de propriedade e medidas de influência indevida.

A incerteza política e a deterioração das finanças públicas ainda são impedimentos para a consolidação de uma agenda de competitividade pró-crescimento na maior economia da América Latina e do Caribe.

49 <http://moneyou.com.br/wp-content/uploads/2017/04/rankingdejurosreais120417.pdf>

FIGURA 22. PONTUAÇÃO BRASILEIRA PARA CADA CRITÉRIO UTILIZADO NO ÍNDICE DE COMPETITIVIDADE GLOBAL



Fonte: WORLD ECONOMIC FORUM, 2016

O Brasil está passando por um período de recessão. A taxa de crescimento do país desacelerou e, conforme apontado no capítulo 2 do presente documento, as regras do setor eólico não tinham uma resposta para a crise econômica. Assim, as projeções indicavam nos últimos anos a necessidade de contratação de energia mesmo com uma desaceleração da economia. Nos últimos quatro anos, a economia decresceu 7%, enquanto os modelos previam um crescimento de demanda de energia da ordem de 5% ao ano.

O setor eólico precisa nesse contexto enfrentar os desequilíbrios macroeconômicos, incluindo grandes déficits da balança de transações correntes e do governo, além do aumento da inflação. Soma-se a isso uma lista de fatores problemáticos para os negócios, apontados no item a seguir:

Fatores problemáticos para os negócios

O Fórum econômico mundial ainda conduz uma pesquisa de opinião entre executivos, onde os respondentes devem elencar os 5 fatores mais problemáticos para os negócios no seu país de atuação, e ranquear de 1 a 5. A pontuação corresponde a uma média de acordo com os *rankings* (Figura 23).

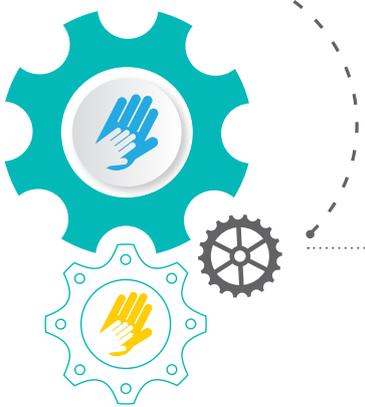
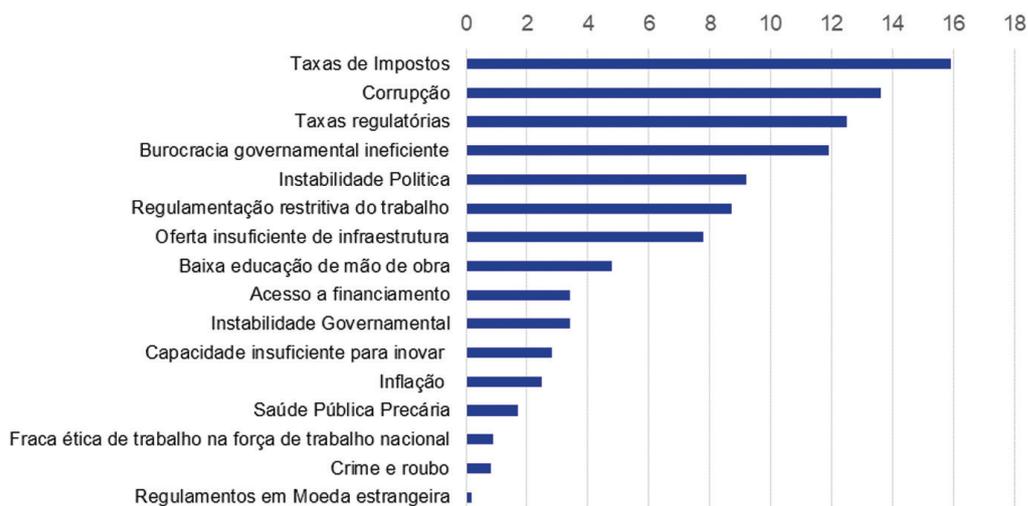


FIGURA 23 - FATORES MAIS PROBLEMÁTICOS PARA SE FAZER NEGÓCIO NO BRASIL



Fonte: WORLD ECONOMIC FORUM, 2016

No Brasil, as taxas dos impostos são consideradas o maior problema para o desenvolvimento de negócios, seguidas da corrupção, regulações e burocracia ineficiente relacionada aos negócios.

14.3 Competitividade na indústria

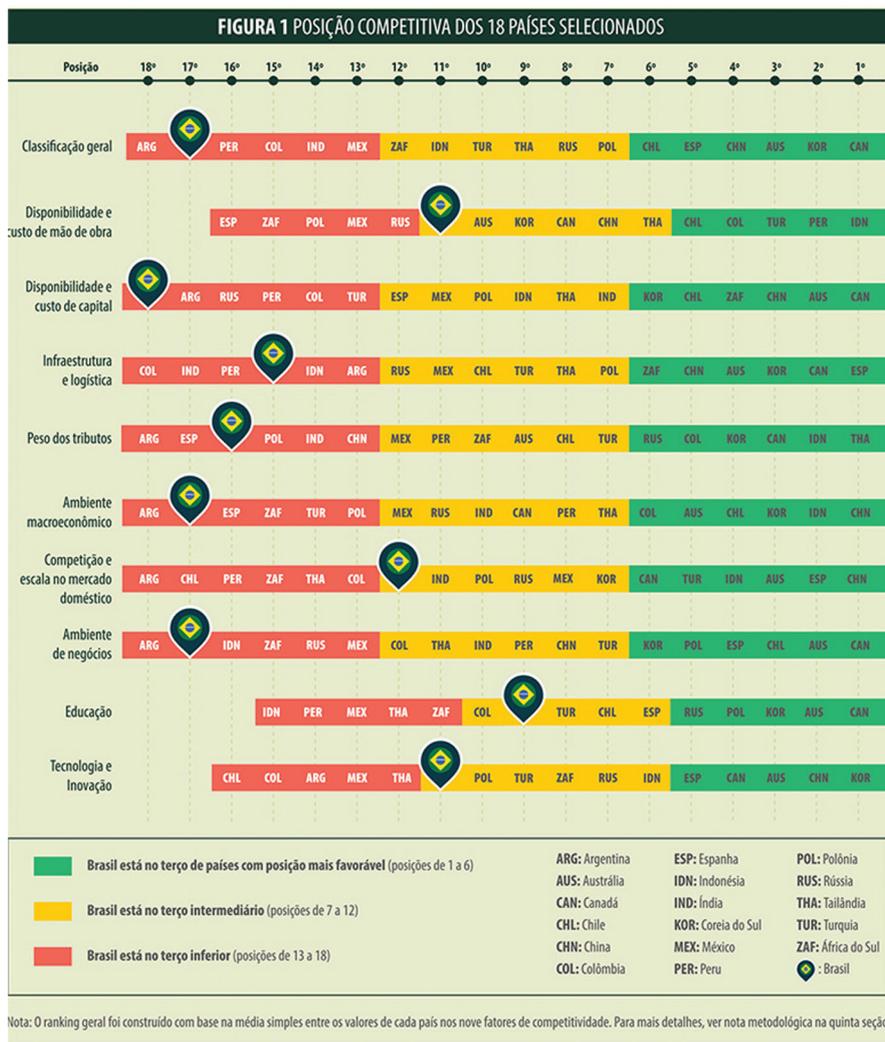
Desde 2010, a confederação Nacional da Indústria (CNI) elabora anualmente um relatório de competitividade que compara o Brasil com alguns países selecionados⁵⁰. De acordo com essa publicação, o potencial competitivo de uma economia pode ser avaliado a partir da análise dos fatores que condicionam a capacidade de suas empresas para o manejo eficaz de mecanismos de competição (nesse caso, preço e qualidade) (CNI, 2016).

Os fatores considerados como os que afetam diretamente a eficiência das empresas foram disponibilidade e custo de mão de obra, disponibilidade e custo de capital, infraestrutura logística, peso dos tributos e tecnologia e inovação. Aspectos que condicionam esses fatores também foram

⁵⁰ O conjunto de países é selecionado de acordo com suas características econômico-sociais e/ou por seu posicionamento no mercado internacional que os fazem constituir um referencial mais adequado para avaliação do potencial competitivo das empresas brasileiras

avaliados. São eles: Ambiente macroeconômico, Competição e escala do mercado doméstico, ambiente de negócios e educação.

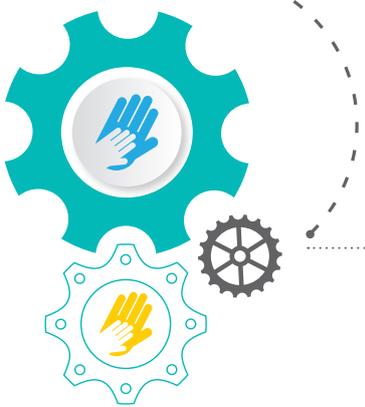
FIGURA 24 - POSIÇÃO COMPETITIVA DOS 18 PAÍSES SELECIONADOS CLASSIFICAÇÃO GERAL E POR CRITÉRIO AVALIADO



Fonte: CNI, 2016

Na classificação geral, o Brasil está na penúltima posição do *ranking* dos 18 países em que os fatores da competitividade foram analisados. Para nenhum dos itens avaliados, o Brasil se encontra no terço de países com posição mais favorável, e, somente para quatro – Disponibilidade e custo de mão de obra, Competição e escala no mercado doméstico, Educação e Tecnologia e inovação – o país se encontra no terço intermediário. Para todo restante, o Brasil está no terço inferior do *ranking*.





- **Disponibilidade e custo de mão de obra:** Em comparação com os demais, o resultado obtido nesse fator é considerado positivo. Entretanto, na comparação com o *ranking* de 2015, o Brasil perdeu seis posições neste fator, refletindo a desaceleração da taxa de crescimento da força de trabalho, que passou a ser negativa. A elevada oferta de trabalhadores é considerada positiva para competitividade industrial.
- **Disponibilidade e custo de capital:** O país aparece em último lugar com a mais alta taxa de juros real de curto prazo e o maior spread da taxa de juros. Além do alto custo do capital, a disponibilidade em todas as modalidades de financiamento avaliadas também é baixa.
- **Infraestrutura e logística:** O resultado desse levantamento mostra que o Brasil possui baixa competitividade nesse item, ocupando a 15ª posição em 18 países. Isso se deu pelos baixos resultados em Infraestrutura de transporte, de energia e de logística internacional. Especificamente para energia, apesar de se destacar em disponibilidade de energia elétrica, com a sétima maior produção de energia elétrica e calor em relação ao PIB, o Brasil situa-se na última posição no subfator Infraestrutura de energia. Isso reflete o alto custo de energia elétrica para clientes industriais, de US\$ 0,16 por kWh.
- **Peso dos tributos:** Dentre os países avaliados, o Brasil se encontra na 16ª posição o que demonstra que o a alta tributação no Brasil (a receita total de impostos, em termos de PIB, representa 21%) contribui para perda de competitividade na indústria.
- **Ambiente macroeconômico:** O fator ambiente macroeconômico também contribui negativamente para competitividade do país. Este componente considera inflação, dívida bruta e carga de juros, o que leva o país para a penúltima posição. Entre as seis variáveis associadas a esse fator, o Brasil está no terço superior em taxa de câmbio e investimento estrangeiro direto.
- **Competição e escala do mercado doméstico:** O Brasil ocupa o terço intermediário nesse *ranking*, na 12ª posição. O resultado reflete a combinação dos subfatores Escala e Competição. Para Escala, o país apresenta o quarto maior mercado doméstico, contribuindo pra competitividade. Já para Concorrência, a contribuição é negativa, principalmente por causa da barreira tarifária. O Brasil apresentou a segunda maior alíquota alfandegária média aplicada sobre as importações de bens, de 11,5%.
- **Ambiente de negócios:** Dentre os fatores mais críticos para contribuição negativa para competitividade industrial no Brasil encontra-se o Ambiente de negócios, na 17ª posição. Os dois subfatores avaliados são Eficiência do Estado e Segurança jurídica, burocrática e relações de trabalho, ambos com resultados ruins. Para o primeiro, se avalia percepções sobre a transparência das decisões de políticas; a qualidade da regulação, a habilidade de formular e implementar políticas e a ocorrência de pagamentos irregulares e subornos. No segundo, avaliam-se aspectos regulatórios que impactam diretamente o setor privado, com base em percepções sobre: a facilidade para abrir empresas; o cumprimento de regras trabalhistas de determinação dos salários e de contratação e

demissão; e a garantia do cumprimento das normas jurídicas (aspectos relacionados à execução de contratos, a direitos de propriedade, à polícia e à justiça).

- **Educação:** O resultado em educação é o melhor entre os fatores avaliados, entretanto, o resultado reflete o desempenho no subfator Gasto Público com educação. Nas demais dimensões que avaliam a disseminação e a qualidade da educação, o país se situa no terço inferior do *ranking*.
- **Tecnologia e Inovação:** O país ocupa 11^a posição no *ranking* desse fator. Isso se deve à combinação entre os subfatores Apoio governamental e Inovação nas empresas. O subfator apoio governamental é considerado alto, devido ao alto valor investido, mas, apesar disso, a baixa capacidade de inovação nas empresas tem um efeito negativo sobre a competitividade do Brasil.



15

Forças Competitivas na Cadeia de Valor da Energia Eólica no Brasil e Gaps de Competitividade

O mercado é um ambiente seletivo com capacidade de induzir ambientes competitivos que podem estimular ou deprimir empresas e negócios. Pode também incitar a inovação e uma consequente consolidação de tecnologias (SCHUMPETER, 1965). Nesse contexto, entender quais são as forças que aumentam ou diminuem a competição na cadeia da energia eólica é crucial para traçar estratégias de alavancagem e maior participação dessa fonte de energia na matriz energética brasileira.

Para efeito da presente análise, as forças competitivas que atuam na cadeia de valor da energia eólica foram segregadas em diferentes dimensões. São elas: forças competitivas entre países, entre diferentes fontes de energia e entre os fornecedores da própria cadeia eólica.

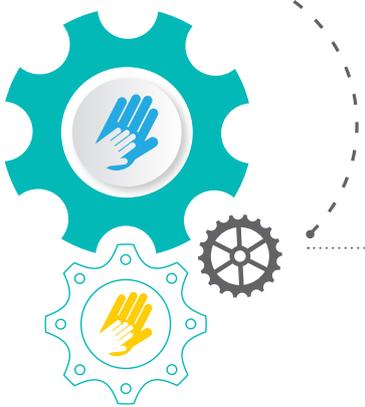
Em seguida, as forças competitivas que atuam entre os fornecedores de equipamentos e serviços para cadeia serão discutidas no âmbito do modelo das Cinco Forças Competitivas de Michael Porter. Esse modelo pode ser entendido como uma ferramenta que auxilia a definição de estratégia das empresas, levando em consideração tanto o ambiente externo como o interno.

Dimensão 1: Entre países

Nessa dimensão, são avaliados os aspectos que diferenciam o Brasil dos outros países em relação à possibilidade de desenvolvimento da indústria eólica e atração de novos investimentos para o segmento. Fatores como a presença e a efetividade de incentivos financeiros e políticos, o incentivo a pesquisas, a potencialidade dos ventos, o nível de desenvolvimento tecnológico e de aperfeiçoamento de tecnologias do Brasil, são apresentados e analisados como forças que afetam a competitividade do segmento no país.

QUADRO 13. FORÇAS QUE AFETAM A COMPETITIVIDADE DA FONTE EÓLICA: ENTRE PAÍSES

Forças entre países	Descrição
Presença de linhas de financiamento	Financiamentos nacionais para fontes de energias renováveis, principalmente por meio do BNDES, compõem uma integração entre políticas e os incentivos financeiros necessários para o estabelecimento da energia eólica (Meister, 2013). O lado negativo é que o Brasil ainda é bastante dependente de BNDES para financiar seus projetos, com grande restrição aos recursos de outras fontes, especialmente de capital estrangeiro. A ausência de indexador de contratos, por exemplo, dificulta a utilização de financiamento externo, o que é particularmente desafiador em um cenário de instabilidade econômica.
Isenção de impostos relacionados à implementação e geração de energia limpa	Facilita e incentiva a entrada de empresas da área eólica no país (Meister, 2013).
Ampla extensão territorial e muitas áreas propícias à geração eólica	A grande extensão territorial do Brasil permite que os efeitos da variação da geração de energia eólica sejam amenizados, uma vez que parques eólicos instalados em regiões com diferentes regimes de vento possibilita uma geração de energia média com menores oscilações em relação aos parques individuais (EPE, 2016c).
Crescente demanda de energia	Existe uma tendência de crescente demanda energética por aumento da demanda, ocorrida com o crescimento econômico.



Forças entre países	Descrição
Os incentivos à pesquisa e desenvolvimento são considerados insuficientes	No Brasil existem alguns incentivos para o desenvolvimento projetos relacionados à energia eólica. Entretanto, dada a importância de investimentos efetivos em projetos de P&D para o desenvolvimento de novas tecnologias, existe a necessidade de maiores incentivos a esses projetos (Meister, 2013).
Ambiente de instabilidade político-regulatória	A constante mudança nas leis relativas às energias renováveis, em especial a energia eólica, nas regras para a participação nos leilões e nas regras de financiamento causam um ambiente de instabilidade e, conseqüentemente, insegurança para o investimento na área.

Dimensão 2: Entre outras Fontes

Quando comparada a outras fontes energéticas, a energia eólica compete com os respectivos incentivos institucionais, financeiro, de conhecimento e consolidação dessas outras fontes. As características referentes aos recursos naturais, de infraestrutura e logística de instalação para a atração de iniciativas estrangeiras também são pontos que podem influenciar na competitividade da energia eólica quando comparada às outras fontes.

QUADRO 14. FORÇAS QUE AFETAM A COMPETITIVIDADE DA FONTE EÓLICA: ENTRE FONTES

Forças entre fontes	Descrição
Fonte limpa e renovável	Diferentemente do que ocorre na queima de combustíveis fósseis, a energia eólica não emite gases de efeito estufa na geração, e não consome um bem finito da natureza (Ferreira, 2014).
Maior aceitação da sociedade	Consequência de ser uma fonte limpa e renovável.
A energia eólica não apresenta custo direto de combustível	Energia eólica usa como combustível a força dos ventos. Já outras fontes, principalmente as térmicas, dependem de combustíveis fósseis, sujeitos a variações de mercado (EWEA, 2009).
Custos de manutenção e operação similares a outras fontes	Custos semelhantes de O&M tornam a energia eólica competitiva (EWEA, 2009).
Tecnologia e mercado em desenvolvimento	Em relação às fontes tradicionais como as hidrelétricas e termelétricas – que já possuem suas tecnologias e mercado consolidados – muito ainda deve ser desenvolvido para que a fonte eólica alcance o mesmo patamar de desenvolvimento (Meister, 2013).

15. FORÇAS COMPETITIVAS NA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL
E GAPS DE COMPETITIVIDADE

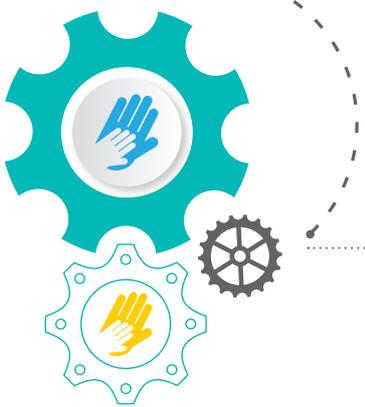
Forças entre fontes	Descrição
Variação da geração da energia eólica	A energia eólica, bem como a hidrelétrica, depende da disponibilidade de recursos naturais, que usualmente varia com diversos fatores. Já termelétricas dependem da disponibilidade de combustíveis como carvão, óleo, e álcool, que são mais simples de serem fornecidos de acordo com a demanda (Meister, 2013).
Ausência de reservatório e/ou armazenamento de energia	As fontes hidrelétricas e termelétricas possuem reservatórios que possibilitam a geração quase imediata de energia e podem ser utilizados de acordo com a demanda. Mesmo com o estoque limitado de água nas hidrelétricas, esse modelo ainda possui considerável preferência em relação ao eólico (Canal Bioenergia, 2017).
Altos custos com transporte de equipamentos	Os equipamentos da indústria de energia eólica possuem grandes dimensões, mas o transporte de grandes volumes por vias terrestres é complexo, seja pelo tamanho das estradas, seja pelo porte dos veículos. Aliado à precariedade de grande parte das estradas brasileiras, provoca o encarecimento do transporte desses materiais (Simas, 2011).

Dimensão 3: Entre fornecedores

A competitividade entre fornecedores de máquinas, equipamentos e serviços necessários para implementação de um parque eólico também deve ser observada, para que o entendimento de tais forças permita a identificação de pontos que favoreçam ou impeçam a maior participação da energia eólica no país. É importante mencionar que a maioria dos fabricantes de aerogeradores instalados no Brasil são empresas estrangeiras e com avançado desenvolvimento de pesquisa e tecnologia (Lage e Processi, 2013).

QUADRO 15. FORÇAS QUE AFETAM A COMPETITIVIDADE DA ENERGIA EÓLICA: ENTRE FORNECEDORES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Entre Fornecedores de Máquinas & Equipamentos	Descrição
Crescente desenvolvimento da indústria eólica no país	O desenvolvimento crescente da indústria eólica brasileira, com a instalação de unidades de montagem de aerogeradores, a fabricação local de componentes e subcomponentes, torna o país mais apto a oferecer serviços referentes a todas as fases do desenvolvimento de projetos eólicos (Melo, 2013).

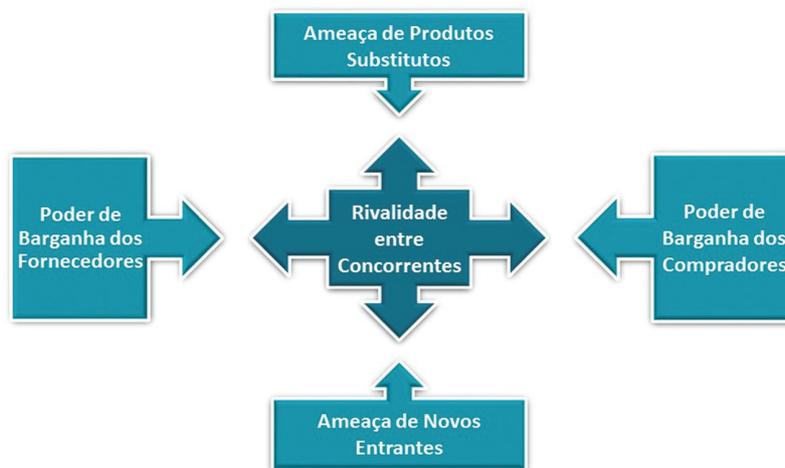


Entre Fornecedores de Máquinas & Equipamentos	Descrição
Modelo de financiamento para componentes de aerogeradores	O modelo de financiamento do BNDES, lançado em 2012, apresenta regras específicas para aerogeradores e promove uma segurança para novos investimentos, uma vez que é uma regra estável e transparente. O modelo incentiva o conteúdo nacional e, com isso, permite uma maior capacidade de fornecimento, já que estimula um crescente número de montadoras no território brasileiro (ABDI, 2014). O lado negativo nesse modelo é a existência de uma barreira à entrada de novos fornecedores que precisam montar unidades produtivas locais para competirem com os já presentes por conta do acesso ao BNDES, que pode desequilibrar a concorrência.
Fabricantes não completamente instalados no Brasil	A maioria dos fabricantes instalados no país ainda depende de suas filiais estrangeiras para a fabricação de determinados componentes e prestação de serviços. Isso resulta em menor velocidade de implementação e adaptação fabril, conforme cada fornecedor (MELO, 2013). Resulta também em uma maior exposição do país às oscilações dos preços dos equipamentos eólicos. Há também um menor compromisso das empresas estrangeiras em atender o mercado nacional, que pode não ser, necessariamente, uma prioridade (Ferreira, 2014, p. 201).
Oligopólio de fornecedores locais	O oligopólio de fornecedores locais (resultado da indústria ainda recente no país e da necessidade de conteúdo local) permite a abertura para práticas de preços abusivos por empresas locais que são as únicas fornecedoras de determinado componente (Melo, 2013).
Infraestrutura de Transporte e Logística	A logística de transporte e aquisição desses bens pode funcionar como fator de encarecimento uma vez que os fornecedores podem estar distantes dos parques ou não estarem localizados no Brasil (ABDI, 2014).
Incertezas na continuidade de Contratação	A incerteza acerca das políticas energéticas associadas aos acordos de compra de energia aumenta, de forma significativa, os riscos dos investimentos. Isso reduz o interesse dos fornecedores em se instalar no país ou produzir determinados componentes, dado que não possuem certeza da continuidade de contratação de seus produtos (Abreu, de et al. , 2015).
Dificuldade de adaptação de projeto de parque eólico	Para cada site/região, existem layout e planejamento da potência vinculados a um equipamento específico. Mudanças em projeto e em equipamentos são possíveis, mas tão mais difíceis quanto mais avançados o desenvolvimento do projeto e o comprometimento firme de geração de energia (Melo, 2013), de modo que a substituição do fornecedor se torna consideravelmente mais difícil.

15.1 Forças competitivas de Porter

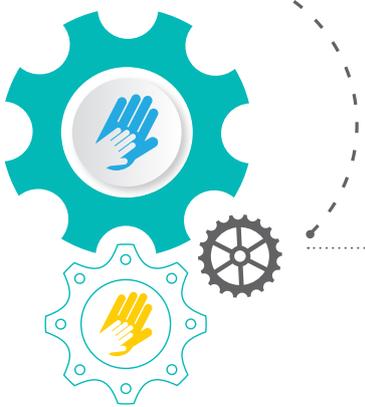
As forças de Porter causam impacto sobre a lucratividade em um dado setor e são comumente representadas da seguinte maneira:

FIGURA 25. FORÇAS DE PORTER



Elaboração: WayCarbon

- **Ameaça de novos entrantes:** Essa força se relaciona com o poder do produto/serviço diante do negócio, que pode facilitar ou impedir a entrada de concorrentes. Qual o tamanho da barreira, nesse caso, setorial, a entrada de concorrentes?
- **Ameaça de produtos substitutos:** O cliente pode deixar de comprar o produto ao optar por um produto diferente (substituto)? Qual o desempenho do produto em relação ao preço?
- **Poder de barganha dos fornecedores:** Essa força é sobre como os fornecedores de insumos ou serviços podem afetar o negócio. Quão maior o grau de monopólio/oligopólio, maior o poder da empresa vendedora (fornecedores).
- **Poder de barganha dos compradores:** A barganha dos compradores nesse item se relaciona com a concentração de compradores / volume de compradores. Quão maior o grau de monopólio, menor o poder da empresa vendedora.
- **Rivalidade entre concorrentes:** A rivalidade entre concorrentes se relaciona diretamente aos custos fixos, excesso de capacidade, diferença de produtos, diversidade dos concorrentes além da existência de cartéis e de distritos.



Para efeito da presente análise, apropriamos os conceitos das Dimensões de Porter para melhor entendimento das forças competitivas específicas que afetam a cadeia eólica. Foram consideradas as forças atuantes entre empreendedores de energia eólica e fornecedores da cadeia no território Brasileiro.

QUADRO 16. FORÇAS COMPETITIVAS DE PORTER APLICADAS NA CADEIA EÓLICA

Dimensão de Porter	Forças competitivas da cadeia	Direção
Rivalidade	O crescimento econômico é comumente associado à crescente demanda de energia. Isso resulta em menor rivalidade entre concorrentes que precisarão suprir essa demanda. Ainda nessa direção, a ampla extensão territorial do Brasil, com muitas áreas propícias à geração eólica, contribui para diminuição da rivalidade, visto que não há grande competição por sites por parte dos empreendedores.	Diminui
	Os custos de manutenção e operação similares a outras fontes aumentam a rivalidade entre empreendedores de diferentes fontes de energia. Além disso, o crescente desenvolvimento da indústria eólica (aumento da oferta), aliado às incertezas na continuidade de contratação (e diminuição da demanda), contribuem para o aumento da rivalidade, tanto entre empreendedores quanto entre fornecedores.	Aumenta
Ameaça de novos entrantes	Sob a ótica do empreendedor, como a indústria eólica no Brasil é relativamente nova, há pouca variedade de fornecedores e de equipamentos. Portanto, são poucas as opções de compra de equipamentos e serviços eólicos quando comparados a outras fontes. Além disso, devido às incertezas na continuidade da contratação da fonte eólica, a entrada de novos concorrentes tem se tornado mais difícil.	Diminui
	Desenvolvimento tecnológico e em inovação. Associados ao maior aproveitamento do potencial eólico podem incentivar a entrada de novos fornecedores.	Aumenta

15. FORÇAS COMPETITIVAS NA CADEIA DE VALOR DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL
E GAPS DE COMPETITIVIDADE

Dimensão de Porter	Forças competitivas da cadeia	Direção
Ameaça de produtos substitutos	Apesar de haver pequena variedade de fornecedores de equipamentos eólicos quando comparado a outras fontes, existem potenciais complementaridades na cadeia nacional para empresas que ainda não atuam na cadeia eólica mas possuem esse potencial. Além disso, considerando a competitividade entre fontes energéticas, a tecnologia e o mercado de eólica ainda se encontram em desenvolvimento em relação as fontes tradicionais como as hidrelétricas e termelétricas – que já possuem suas tecnologias e mercado consolidados.	Aumenta
Poder de barganha dos fornecedores	O atual ambiente de instabilidade político-regulatória, com constante mudança nas leis relativas à energia eólica e regras para financiamento e participação de leilões obrigam os fornecedores a se adaptarem a situações que podem diminuir seu poder de negociação.	Diminui
	O oligopólio de fornecedores locais (resultado da indústria ainda recente no país e da necessidade de conteúdo local) permite a abertura para práticas de preços abusivos por empresas locais que são as únicas fornecedoras de determinado componente.	Aumenta
Poder de barganha dos compradores (empreendedores de parques)	Muitos dos fabricantes instalados no país ainda dependem de suas filiais estrangeiras para a fabricação de determinados componentes e prestação de serviços. Isso resulta em menor velocidade de implementação e adaptação fabril, conforme cada fornecedor (Melo, 2013). Resulta também em uma maior exposição do país às oscilações dos preços dos equipamentos eólicos. Há também um menor compromisso das empresas estrangeiras em atender o mercado nacional, que não é, necessariamente, uma prioridade. Além disso, o oligopólio de fornecedores locais, nesse caso, diminui o poder de barganha dos compradores.	Diminui
	Recentemente, tem-se observado uma desaceleração da contratação de parques eólicos. O que aumenta o poder de barganha de empreendedores de parques.	Aumenta



Possíveis e potenciais
complementaridades com
outras cadeias brasileiras

Neste capítulo pretende-se identificar alguns fabricantes de bens e prestadores de serviços que não atuam na cadeia eólica, mas que apresentam algum potencial para fazer parte do segmento. O objetivo central dessa discussão não é apontar soluções para as carências e fragilidades da cadeia eólica brasileira, mas sim construir uma visão das oportunidades existentes dentro da cadeia para empresas que, hoje, atuam em outros segmentos. Essa abordagem pode permitir a expansão da atuação dessas empresas e diversificação de seus mercados consumidores, com conseqüente aumento de seu retorno econômico. Adicionalmente, existem algumas possibilidades que representariam ganhos relacionados ao aumento do conteúdo local para componentes da cadeia eólica.

Sabe-se que a cadeia de valor da energia eólica possui singularidades e especificidades devido ao teor de complexidade das tecnologias envolvidas. Os componentes e subcomponentes dos aerogeradores possuem funcionamento direcionado à mecânica das turbinas eólicas e por esse motivo os agentes desse segmento, de um modo geral, necessitam de mão de obra com capacitação técnica e infraestrutura de produção específica. Entretanto, em alguns aspectos é possível desenvolver competências que possibilitariam a alguns agentes externos atuar na cadeia eólica.

Empresas que atuam na indústria aeronáutica

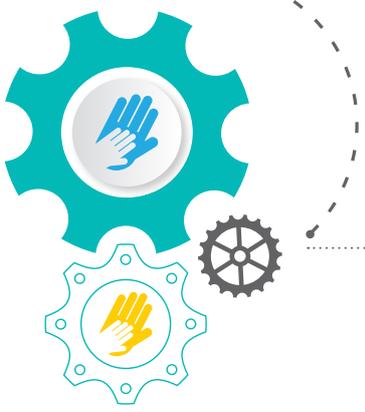
No que diz respeito à prestação de serviços pode-se destacar as empresas que atuam junto à indústria aeronáutica nacional. Nesse setor já existe um alto nível de capacitação técnica, um sólido parque tecnológico estabelecido e é possível alinhar, em vários níveis, pesquisas, estudos e ensaios laboratoriais que possam agregar avanços à cadeia eólica, em termos de eficiência aerodinâmica, desenvolvimento de novos materiais e inovações tecnológicas no aproveitamento da energia cinética dos ventos.

Empresas de automação e sistemas automáticos de controle

Empresas que atuam com automação e sistemas automáticos de controle também podem encontrar oportunidades dentro do segmento eólico. Essas empresas apresentam potencial para implementar recursos de otimização da performance de geração e monitoramento das intervenções de manutenção dos parques eólicos. Sistemas de automação, quando bem desenvolvidos, reduzem a exposição a falhas e aumentam o nível de interação entre os operadores e os equipamentos, o que significa mais eficiência, mais dinamismo e melhores resultados.

Serviços em içamento e movimentação vertical de cargas

Outros prestadores de serviço que apresentam potencial para integrar a cadeia de valor da energia eólica são os que atuam com içamento e movimentação vertical de cargas. A montagem dos aerogeradores, na planta dos parques eólicos, é uma etapa complexa e demorada do processo de comissionamento dos empreendimentos. Além da estrutura e dos componentes principais (torre, nacele, rotor e pás) existem outros equipamentos que compõe o aerogerador e que precisam ser movimentados em altura para montagem. Grandes, médios e pequenos guindastes, munck, guias e carregadeiras são as máquinas mais comuns no canteiro de obras de um parque eólico.



Empresas de siderurgia e forja de aço

Quando analisamos as complementaridades de fabricantes de bens são identificadas algumas oportunidades interessantes. A princípio, as empresas de siderurgia e forja de aço podem incluir em seus catálogos peças de aço utilizadas na fabricação e montagem dos aerogeradores e seus componentes. As torres, que são feitas em aço, e toda a estrutura interna da nacelle e rotor podem ser contemplados pelos fabricantes. Além de peças ou ferramentas direcionadas à montagem e construção dos aerogeradores.

Fabricantes de chumbadores, fixadores e parafusos de alta resistência

Ainda pensando em elementos estruturais, fabricantes de chumbadores, fixadores e parafusos de alta resistência podem conseguir inserção na cadeia eólica. Uma vez que a grande maioria dos componentes e subcomponentes são fabricados de maneira isolada, as etapas de integração e montagem envolvem muitas conexões, encaixes, acoplamentos e ligações. As peças para realizar tais manobras são muitas, de diferentes especificações e funções e, portanto, abrem extensa gama de participação para fornecedores.

Fabricantes de insumos elétricos e mecânicos

Analisando a composição eletromecânica dos vários equipamentos que integram os aerogeradores, entende-se que existem fabricantes de insumos elétricos e mecânicos que podem adequar sua produção para contemplar o mercado eólico. Itens como rolamentos, eixos de transmissão, sistemas de lubrificação, sistemas de freio, sistemas de resfriamento, painéis de controle, inversores de corrente, sensores elétricos, cabos de média e alta tensão, etc. atendem a cadeia eólica de diferentes maneiras, desde a fabricação dos principais componentes até a substituição de peças e intervenções de manutenção ao longo de toda a vida útil dos parques.

Fabricantes de embalagens e artigos de proteção

Outros fabricantes de bens que podem encontrar caminhos para introduzir seus produtos em elos da cadeia eólica são os fabricantes de embalagens e artigos de proteção. Itens como isopores moldáveis, emborrachados, papelão, entre outros, podem ser utilizados para garantir a integridade e segurança dos equipamentos de maior valor agregado e dos componentes de dimensões especiais durante o carregamento, transporte e descarregamento. Como no Brasil a logística de transporte é quase que inteiramente realizada por meios rodoviários, os equipamentos ficam muito expostos durante o percurso e não raramente sofrem avarias.

Indústria de petróleo

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial de prospecção de petróleo em áreas profundas. Em função da elevada capacidade de geração de energia eólica *onshore* e do custo bastante competitivo dessa energia, o potencial *offshore* do país ainda permanece inexplorado. Dado o substantivo conhecimento brasileiro em plataformas de petróleo, podem ser adotados esses conhecimentos para contribuir para a instalação de turbinas *offshore* realizadas por empresas que atualmente operam na cadeia do petróleo.

Interações com a cadeia solar

Fazendo uma análise de longo prazo, já visualizando os reflexos das novas tendências tecnológicas no setor eólico, abrem-se oportunidades para o diálogo entre as cadeias de energia solar fotovoltaica e a cadeia eólica. Conforme descrito no item 3.2 do Documento Técnico 1, a cogeração das fontes eólica e solar tem um grande potencial, por serem fontes altamente complementares e passíveis de diferentes formas de interação. Uma das possibilidades para os fabricantes de sistemas fotovoltaicos introduzirem seus elementos na cadeia eólica é o desenvolvimento de turbinas eólicas equipadas com placas solares ao longo da superfície das estruturas das pás e das torres. Os parques eólicos estão constantemente expostos à radiação solar e com esse artifício poderiam gerar energia proveniente das duas fontes simultaneamente.

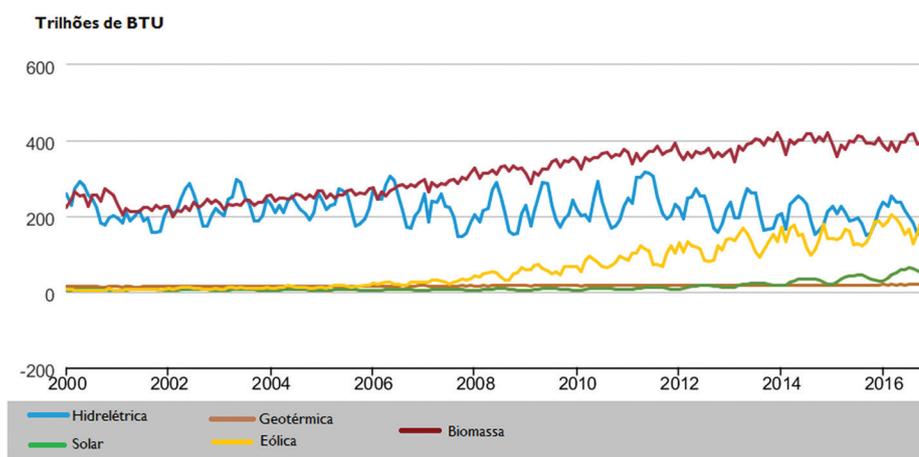
Tendo em vista as possibilidades identificadas através da análise de complementaridade realizada, constata-se que a cadeia eólica pode contribuir para o desenvolvimento econômico do mercado nacional de maneira ampla e sistemática. Empresas de diferentes segmentos podem diversificar seu campo de atuação através de pequenos ajustes em seu plano de negócio e englobar demandas do mercado eólico em seu rol de atendimento. Apesar de atravessar um momento de incertezas, o mercado de energia eólica ainda promete uma retomada, buscando atingir as metas do Plano Decenal de Energia para 2025, que tem como objetivo obter 25,1 GW de potência instalada. Essa nova arrancada do segmento deve acontecer aos poucos com a reestruturação de leilões dedicados a fonte eólica e o aquecimento da economia. Dessa maneira, empresas interessadas em acompanharem essa etapa, devem estudar a viabilidade de efetivarem suas complementaridades com a cadeia eólica.



Melhores práticas para inserção de pequenos negócios na cadeia – ênfase nos EUA, Califórnia

Ocupando a segunda posição da lista de países de maior capacidade instalada (GWEC, 2017), os Estados Unidos possuem matriz de fontes diversas a fim de suprir uma demanda energética interna alta. Atualmente, essa matriz é composta majoritariamente por gás natural, cerca de 32% do total de energia produzida no país, e apenas 12% é de origem renovável (EIA, 2016). A Figura 26 mostra a evolução do consumo de energia fontes renováveis. É perceptível que a que mais se destaca é de biomassa, seguida pela hidroelétrica e então pela energia eólica.

FIGURA 26. CONSUMO DE ENERGIA POR FONTE RENOVÁVEL NOS EUA



Fonte: (EIA, 2016)

17.1 Energia Eólica nos EUA

A capacidade instalada da energia eólica nos EUA atingiu 82.184 MW no fim de 2016 (GWEC, 2017), correspondendo a 17% de toda a capacidade eólica instalada do planeta. Nos EUA, a comercialização de energia eólica iniciou na Califórnia durante os anos 80 (U.S. Department of Energy, 2014). A dispersão pelo país aconteceu nos anos 90, quando o declínio de custos e o surgimento de incentivos estaduais e federais, aliados a um período de volatilidade da oferta de gás natural, permitiram a ascensão da energia eólica no país.

17.1.1 20% Wind Energy by 2030

Publicado em 2008, esse relatório procurava examinar a viabilidade técnica da utilização da energia eólica para a geração de 20% da demanda de energia elétrica do país até 2030. Nele estão inclusas as contribuições do Departamento de Energia e seus laboratórios nacionais, a indústria eólica, custos, impactos e os desafios associados à produção de 20% de toda a capacidade energética americana até 2030 (U.S. Department of Energy, 2008).



As conclusões do relatório apontam que para alcançar 20% da capacidade e produção dos EUA será necessária uma infraestrutura de transmissão aprimorada, sistemas simplificados de localização, maior confiabilidade e operabilidade dos sistemas eólicos. O relatório também menciona que o número anual de instalações de turbinas deve aumentar de aproximadamente 2.000 instalações por ano em 2006 para quase 7.000 por ano em 2017 e que a integração da energia eólica na rede pode ser feita por menos de US\$ 0,5 centavo por kWh (U.S. Department of Energy, 2008).

Em 2014, o Departamento de Energia dos Estados Unidos revisou o relatório 20% Wind Energy by 2030 e lançou o Wind Vision, um programa de colaboração entre especialistas de energia, incluindo a indústria eólica, operadores de rede, academia, agências governamentais e organizações de gestão ambiental que objetiva quantificar a economia, o meio ambiente e os benefícios sociais relacionados à geração de energia eólica. O programa deve, ao final, identificar as ações que os envolvidos da cadeia eólica devem tomar, visando o crescimento contínuo e saudável do setor, e tem como objetivos:

1. Documentação da situação da energia eólica nos Estados Unidos e identificação das principais tendências durante a década que precede 2014;
2. Exploração do potencial da energia eólica para contribuir para as futuras necessidades de eletricidade do país, incluindo objetivos como a redução das emissões de carbono, melhoria da qualidade do ar e redução do uso da água;
3. Quantificação de custos, benefícios e outros impactos associados à implantação contínua e ao crescimento da energia eólica nos EUA;
4. Identificação de ações e realizações futuras que possam apoiar o crescimento contínuo na utilização e aplicação de energia elétrica gerada pelo vento.

Por fim, o relatório Wind Vision avalia custos e benefícios e com a pretensão de facilitar discussões entre grupos de partes interessadas, além de subsidiar as decisões do setor da energia. Em março de 2017, mês que celebra os dois anos de lançamento da visão, o Departamento de Energias Renováveis dos Estados Unidos publicou uma análise (Zayas, 2017) que avaliou os avanços tomados em prol do alcance da visão. Tais avanços foram agrupados nos seguintes grupos: Redução de custos eólicos; Expansão de áreas em desenvolvimento e Crescimento do valor econômico.

- Redução de Custos Eólicos: Implantou duas boias de pesquisa que medem os dados meteorológicos e oceanográficos, e que são disponibilizados ao público, permitindo determinar a quantidade de energia que podem produzir; apoiou o desenvolvimento de fundação flutuante de concreto que utiliza menos aço e que pode ser produzida a um custo menor para aproveitar a energia eólica em águas profundas; elaborou uma estratégia conjunta em 2016 para facilitar o desenvolvimento da indústria eólica *offshore* nos EUA.

- Expansão de Áreas em Desenvolvimento: Apoiou uma indústria a desenvolver um processo de soldagem em espiral para torres de turbinas eólicas, o que permitiu cortar custos de torre (até 180 metros de altura) em 40%; financiou o desenvolvimento da Torre Hexcrete, que utiliza componentes de concreto pré-fabricados, permitindo uma torre mais alta sem requisitos especiais de transporte.
- Crescimento do Valor Econômico: Fabricação de aditivos aplicados, também conhecida como impressão 3D, para a produção de moldes de lâminas de turbinas eólicas; financiou o desenvolvimento de uma tecnologia que caracterizará a visão e a audição da águia-dourada, a fim de coletar dados para sistemas futuros que permitiriam que as águias douradas detectassem e evitassem turbinas eólicas;

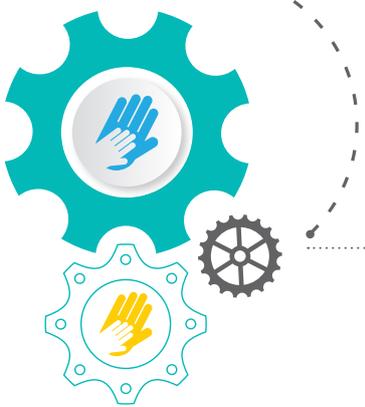
17.2 Incentivos a Pequenos Negócios

Com o objetivo de fomentar inovações científicas e tecnológicas por meio de pesquisas colaborativas e promover o desenvolvimento por meio da interação entre pequenos negócios e instituições de pesquisa, o Departamento de Energia dos Estados Unidos (*U.S. Department of Energy*) desenvolveu dois programas de fomento: o Programa de Pesquisa de Inovação em Pequenas Empresas (*Small Business Innovation Research – SBIR*) e o Programa de Transferência de Tecnologia de Pequenas Empresas (*Small Business Technology Transfer – STTR*).

Small Business Innovation Research (SBIR) e o Small Business Technology Transfer (STTR)

Em tais programas, as agências federais com disponibilidade de verbas, como o Departamento de Defesa, o Departamento de Energia, o Departamento de Transportes e o Departamento de Educação dos Estados Unidos, alocam determinada porcentagem de suas receitas para financiar competições entre pequenos negócios para o desenvolvimento de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em diversas áreas estratégicas para a construção de uma economia nacional forte (Oliver, 2016).

Um dos objetivos do Departamento de Energia é estabelecer a liderança dos Estados Unidos da América no desenvolvimento de tecnologias relacionadas a energias limpas. Sendo assim, uma das áreas estratégicas apta a participar dos programas é a Energia Eólica. Para as empresas, os critérios de seleção dos programas incluem negócios com fins lucrativos, com 500 funcionários ou menos (incluindo empresas filiadas), pertencentes, majoritariamente, a cidadãos dos EUA. A principal diferença entre os dois programas reside no fato de que o STTR requer, obrigatoriamente, a colaboração de pequenos negócios com instituições de pesquisa. Já o SBIR pode abranger de maneira individual as empresas e instituições.



Os programas são executados em 3 fases em um modelo de competição. A primeira fase tem duração de um ano e consiste na apresentação da ideia, sua viabilidade e validação, com prêmios de até US\$ 225.000. Na segunda fase, com duração de 2 anos, deve-se continuar o desenvolvimento da ideia, de forma a concluir um protótipo ou processo, sendo que as empresas recebem, no máximo, US\$ 1.500.000. Já a terceira e última fase, sem prazo máximo, consiste na comercialização do produto ou processo desenvolvido, que ocorre não mais com fundos do programa, mas sim com investimento federal ou privado, sem um valor limite (Oliver, 2016).

Small Business Vouchers Pilot

Outro programa também desenvolvido pelo governo dos EUA, mais especificamente pelo Departamento de Eficiência Energética e Energias Renováveis, é o *Small Business Vouchers Pilot (SBV)*. Nesse programa o departamento permite que pequenos negócios utilizem laboratórios nacionais de pesquisas para a estruturação de diferentes etapas do desenvolvimento de tecnologias limpas, como a prototipagem, a caracterização de materiais, modelagens e simulações, entre outros. Essa permissão ocorre por meio de vouchers (cupons) com valores entre US\$50.000 e US\$300.000, para que as empresas utilizem em serviços oferecidos pelos laboratórios. Portanto, nesse programa, os pequenos negócios têm acesso a laboratórios com tecnologias avançadas e pesquisadores experientes, e os laboratórios expandem sua atuação para o setor privado de tecnologia, contribuindo para o desenvolvimento dos pequenos negócios (U.S. Department of Energy, 2016).

Para concorrer a um voucher, as características exigidas incluem que o pequeno negócio possua fins lucrativos, menos de 500 empregados, pertença majoritariamente a um cidadão ou companhia americana, não tenha ultrapassado US\$ 300.000 em vouchers do programa, entre outras condições. Além disso, podem ser solicitados vouchers para o desenvolvimento de produtos e serviços em diversas áreas estratégicas, sendo uma delas a área de energia eólica.

Califórnia

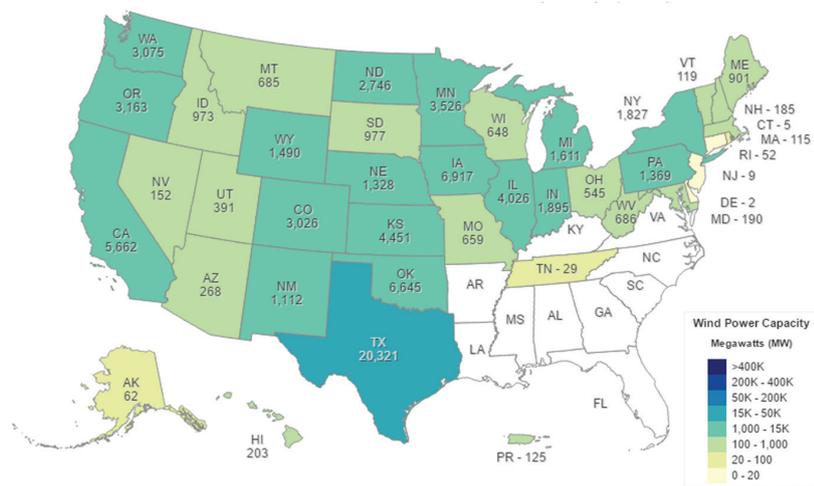
Ocupando atualmente a 4^a posição na lista de estados com a maior capacidade instalada, a Califórnia foi o estado pioneiro na produção de energia eólica para conexão à matriz energética dos Estados Unidos e sua conseguinte comercialização. Liderou a lista de estados dos EUA com maior capacidade instalada até 2005, quando o Texas assumiu a hegemonia no país na produção de energia eólica (U.S. Department of Energy, 2017).

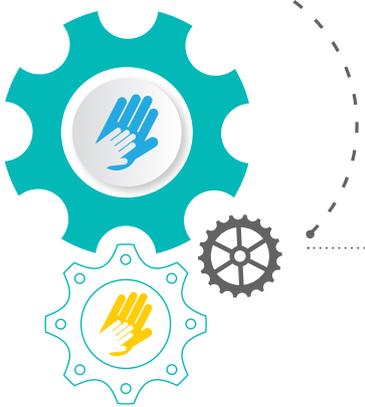
Na Califórnia, a Comissão de Energia da Califórnia (*California Energy Commission*) é o órgão responsável por reduzir os custos da energia e os impactos ambientais de seu uso, tais como controlar a emissão de gases de efeito estufa, garantindo um fornecimento de energia confiável e seguro. Para tal, a comissão desenvolve diversos programas para fomentar o desenvolvimento de

energias renováveis no Estado, entre eles encontra-se o *Electric Program Investment Charge* (EPIC). O EPIC é um programa para o financiamento de projetos de P&D, demonstração e desenvolvimento de tecnologias, com o objetivo de promover novas soluções energéticas, de maneira a fomentar o desenvolvimento regional e introduzir essas soluções no mercado. Ele ocorre por meio da divulgação de oportunidades de financiamento para determinados projetos publicados pelo órgão, sendo que as empresas devem se inscrever para desenvolverem os projetos (California Energy Commission, 2017).

FIGURA 27 – CAPACIDADE TOTAL INSTALADA DOS EUA

4º semestre/2016 – Capacidade instalada de energia eólica (MW)





Outra oportunidade para os pequenos negócios na Califórnia é o *Small Business Loan Guarantee Program* (SBLGP) (Programa de Garantia de Empréstimos para Pequenas Empresas). Esse programa é aplicado por meio do California Infrastructure and Economic Development Bank (iBank na sigla em inglês que, em tradução livre, significa Banco de Infraestrutura e Desenvolvimento Econômico da Califórnia). O SBLGP é, na verdade, um programa federal, aplicado em diferentes Estados dos EUA, no qual o banco opera com recursos federais e atua de forma a garantir o pagamento de determinada porcentagem do saldo devedor de um pequeno negócio à outra instituição financeira. Com isso, o programa evita possíveis perdas às instituições financeiras que cedem empréstimos aos pequenos negócios e garante que esses negócios tenham acesso a linhas de crédito para se desenvolverem, auxiliando também na criação de empregos na Califórnia. Para participar do programa, são elegíveis empresas com, no máximo, 250 funcionários, que não tenham ultrapassado US\$7.000.000 em receita anual ou US\$1.000.000 em lucro líquido, entre outras condições. A verba pode se destinar à construção, remodelagem ou renovação, melhorias de locação, compra de terra, prédios, máquinas e equipamentos, além de servir de capital de giro da empresa ou investimento inicial.

Texas

No Estado do Texas, que se apresenta como maior produtor de energia eólica nos EUA, também estão presentes alguns incentivos aos pequenos negócios. Um dos programas existentes é o *Product Development & Small Business Incubator Fund* (PDSBI na sigla em inglês que significa, em tradução livre, Fundo para o Desenvolvimento de Produtos e Incubação de Pequenas Empresas). Esse programa é administrado pelo Banco de Desenvolvimento Econômico do Texas e, nele, o banco fornece empréstimos para auxiliar no desenvolvimento, produção e comercialização de novos produtos ou produtos melhorados, com o objetivo de promover e estimular o desenvolvimento de pequenos negócios no estado. Podem se candidatar ao PDSBI negócios, pequenos negócios e entidades sem fins lucrativos que atuam em vários campos selecionados pelo projeto, incluindo energias renováveis.

Brasil e oportunidades de parceria

No Brasil, foram encontrados alguns incentivos semelhantes aos programas observados nos EUA. Um dos programas brasileiros é o projeto 'Energia Mais', promovido pelo SEBRAE-RS. O projeto teve sua primeira edição em 2016, e já teve sua segunda edição anunciada em 2017. Com abrangência estadual, o programa visa apoiar a entrada sustentável e competitiva de empreendedores no mercado de energia, por meio de avaliação e qualificação dos padrões de gestão, técnicos e de qualidade de suas empresas. São elegíveis empresas (*startups* e pequenas indústrias) da área de energias renováveis em geral (eólica, fotovoltaica, biomassa e PCH), que atuem no desenvolvimento de projetos com o objetivo de aumentar a eficiência energética, fabricantes e desenvolvedoras de materiais em geral para a cadeia de energia e prestadores de serviço. Além disso, o programa realiza

parcerias com outras empresas privadas do setor, mais consolidadas no mercado, com o objetivo de criar contatos estratégicos para o aumento das oportunidades de negócios no país (SEBRAE, 2017).

No Brasil, existe algo semelhante ao Programa de Garantia de Empréstimos para Pequenas Empresas da Califórnia, o Fundo de Aval às Micro e Pequenas Empresas (Fampe). Esse é um programa desenvolvido pelo SEBRAE, que abrange diversas de suas instituições em diferentes regiões do país, com o objetivo de facilitar o acesso a financiamentos pelos pequenos negócios. No programa, o SEBRAE atua como avalista/fiador da empresa solicitante, de forma a complementar as garantias exigidas pelas instituições financeiras conveniadas ao SEBRAE na liberação de crédito para pequenos negócios. O acesso ao Fampe pode ser solicitado por pequenos negócios formalizados urbanos (Microempreendedores Individuais – MEI, Microempresas – ME, Empresas de Pequeno Porte – EPP) e pequenas agroindústrias formalizadas conforme parâmetros da Lei Geral das Micro e Pequenas Empresas. Além disso, a garantia pode ser solicitada para empréstimos voltados para o capital de giro, investimentos fixos e em capital de giro associado, exportação (fase pré-embarque), desenvolvimento tecnológico e inovação (“Ferramenta facilita acesso ao crédito para os pequenos negócios | Sebrae”, 2017).

Acredita-se que ainda é necessário que o Brasil incentive o desenvolvimento e o aprendizado local do setor (Anúnciação, 2017), por meio do desenvolvimento industrial, da ciência e tecnologia, convergindo para a inovação. Por isso, como uma possibilidade de ideia e parceria, vale mencionar o WINDEXchange, que é um programa do Departamento de Energia Americano que funciona como uma plataforma de informações confiáveis e que impulsiona comunidades a desenvolverem programas de energia eólica (WINDEXchange, 2017a). Entre suas frentes de trabalho estão: Educação, Desenvolvimento da Mão de Obra, Setores de Mercado, Mapas, Dados e Planejamento de Projetos.

Na frente de incentivo à educação e ao desenvolvimento de mão de obra, o programa possui um projeto, o Wind for Schools (Vento para Escolas, em tradução livre), que funciona como uma ferramenta de inclusão de comunidades ao redor do país à energia e que engaja estudantes de nível superior a se juntarem a Centros Aplicados Eólicos (Wind Application Center) e servirem como consultores para pequenas instalações em comunidades rurais (WINDEXchange, 2017b).

Também possui a *College Wind Competition* (Competição Universitária do Vento, em tradução livre), que é uma competição que estimula a inovação nacional por meio de desafios interdisciplinares a estudantes de graduação e que ofereçam uma solução para um complexo projeto de energia eólica (WINDEXchange, 2017c).

Por fim, é possível perceber quais são as iniciativas americanas que objetivam impulsionar pequenos negócios, bem como o desenvolvimento de energia eólica no país. Acredita-se que é necessário fomentar discussões e o desenvolvimento da indústria nacional bem como a criação de programas que facilitem a inclusão de pequenos negócios no país.



18

Mapeamento de empresas da
cadeia de geração e levantamento
de potenciais polos

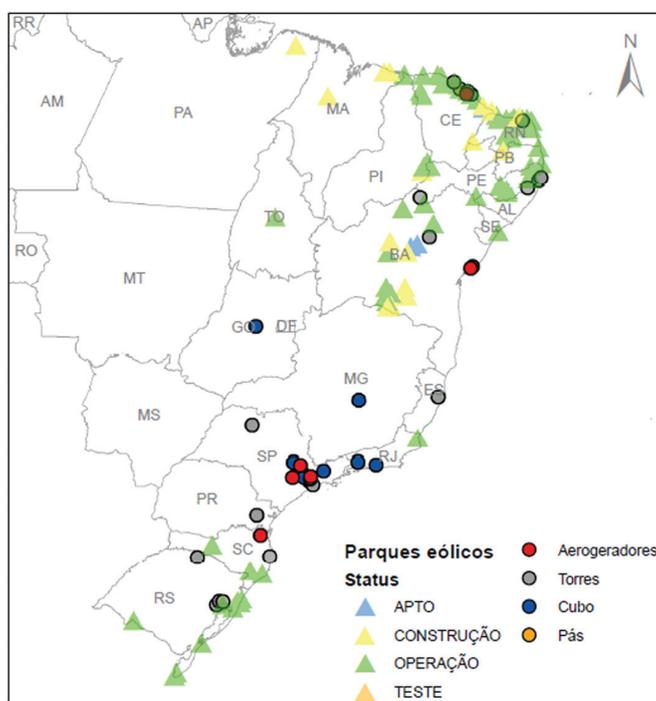
Conforme identificação da ampla presença de componentes nacionais ao longo da cadeia de valor, realizada durante elaboração do presente estudo, concluímos que a política de conteúdo nacional logrou êxito em viabilizar a instalação no Brasil de uma estrutura produtiva local para o atendimento às demandas de energia eólica. Contudo, é importante ressaltar que essa presença não é válida para a totalidade dos fornecedores ou dos equipamentos utilizados no país.

Durante a elaboração do presente estudo, foram mapeadas empresas da cadeia de geração da energia eólica e fornecedores de bens e serviços nas diversas camadas. A tabela atualizada com as empresas atuantes na cadeia eólica no Brasil está apresentada no APÊNDICE 3 – EMPRESAS NO BRASIL ATUANTES NO SETOR EÓLICO.

A identificação de potenciais polos da cadeia eólica no Brasil depende da análise de diferentes aspectos dessa indústria no país. Primeiramente, é preciso considerar a questão da desigualdade regional brasileira, resultado de diferentes processos históricos, que tem como consequência a grande concentração industrial e de produção no estado de São Paulo, e que influencia diretamente a disposição da indústria eólica no Brasil. Além disso, outros aspectos considerados relevantes são o potencial eólico, a presença da indústria de fabricantes e de prestadores de serviços, a presença de mão de obra qualificada e a disponibilidade territorial para a instalação de parques.

As imagens a seguir (Figura 28, Figura 29, e Figura 30) foram usadas como suporte para a identificação de polos já existentes e potenciais polos da cadeia de valor da energia eólica no Brasil.

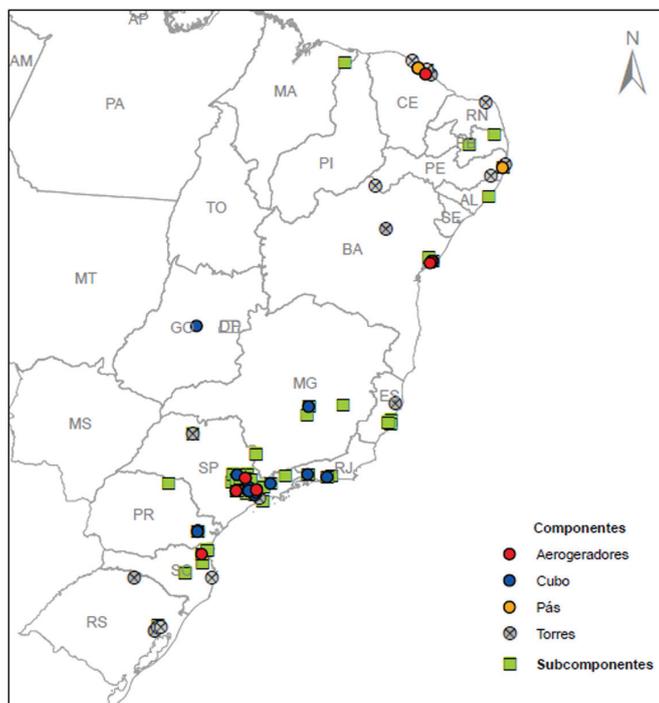
FIGURA 28 – DISTRIBUIÇÃO DE PARQUES EÓLICOS E COMPONENTES



Fonte: Desenvolvido por WayCarbon



FIGURA 29 – DISTRIBUIÇÃO DE COMPONENTES E SUBCOMPONENTES



Fonte: Desenvolvido por WayCarbon

Nordeste

O potencial eólico do Nordeste é de 75 GW, equivalentes a cerca de 52% de todo o potencial eólico do país (Amarante, Zack e Si, 2001). Além disso, a potência instalada é de aproximadamente 8.600 MW, correspondente a 80% de toda a potência instalada brasileira, com 342 parques, equivalentes a cerca de 79% de todos os parques do país (ABEEOLICA, 2017).

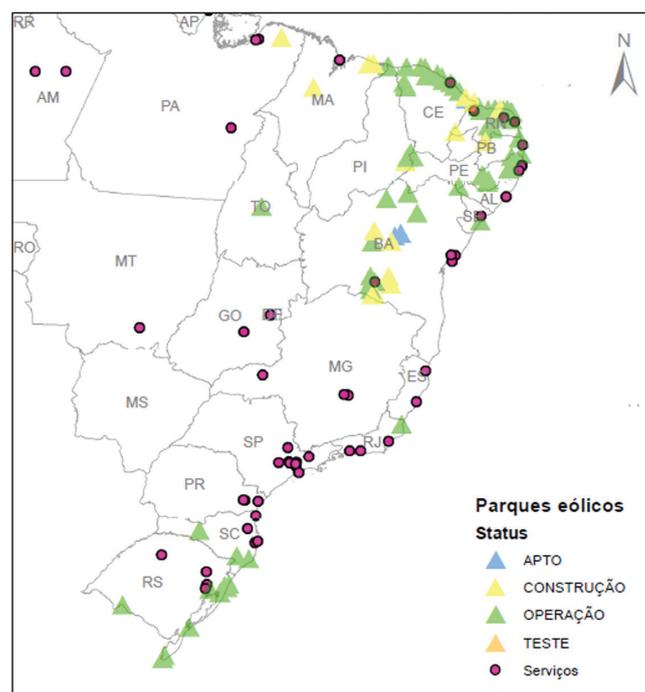
Portanto, essa região se destaca como um polo da cadeia de energia eólica em consequência da disponibilidade do recurso natural necessário à própria geração de energia dos ventos e da possibilidade de sua exploração. Tais fatores são relevantes e devem ser considerados por qualquer empresa que atue no setor, o que se reflete na concentração de parques eólicos nesse local, conforme é possível perceber na Figura 28.

Pela Figura 28 é possível perceber também que alguns dos fornecedores dos equipamentos de maior porte, como as torres, estão concentrados nessa região. Já na Figura 30, observa-se que a indústria de serviços para o setor eólico é melhor distribuída pelo país, tendo grande representatividade no Nordeste. Em ambos os casos, as empresas provavelmente foram

atraídas para o local devido, entre outros aspectos, à proximidade dos parques eólicos, o que reduz gastos como o de transporte. Outro provável motivo que incentiva a instalação dessas empresas na região é a adesão de todos os estados ao Convênio ICMS nº16/2015, que autoriza os estados a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sob determinadas condições.

Esses empreendimentos exercem um papel fundamental para o desenvolvimento do polo regional, pois atuam de forma a colaborar para o estabelecimento de mais parques eólicos, para a manutenção dos parques já existentes e para a instalação de futuras empresas que devem contribuir para a criação de um complexo da cadeia produtiva de bens e serviços no local.

FIGURA 30 – DISTRIBUIÇÃO DE PARQUES EÓLICOS E SERVIÇOS

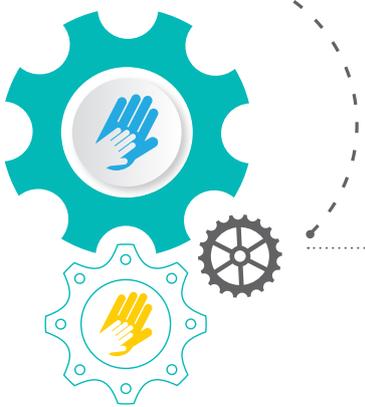


Fonte: Desenvolvido por WayCarbon

Sudeste

Apesar de ter o segundo maior potencial eólico do Brasil (29,7 GW equivalentes a 20% do total) (Amarante, Zack e Si, 2001), não se observa a presença intensiva de parques eólicos nos estados que compõem a região. Isso pode ser explicado, sobretudo, pela grande densidade





populacional dessa região, que inviabiliza a construção de parques, já que estes demandam uma grande extensão territorial para sua construção e para o máximo aproveitamento do potencial de geração eólica.

Entretanto, é nessa região que concentra-se a maioria dos fornecedores de componentes e dos fornecedores de subcomponentes, além de uma considerável proporção dos serviços, conforme pode ser observado nas Figura 29 e Figura 30.

Nessa região se localizam diferentes empresas, como a GE/Alstom, que possui uma unidade de produção em Campinas-SP. Sendo uma das maiores fabricantes de aerogeradores do mundo, tal empresa conta com cerca de 2100 turbinas eólicas instaladas no Brasil, o que corresponde a, aproximadamente, 40% do total de turbinas instaladas no país. Além disso, a fabricante ainda possui pouco mais de 400 turbinas já contratados em leilão, aguardando a construção, o equivalente a quase 25% do total dessa categoria (Dados fornecidos pela ABEEOLICA).

Portanto, o Sudeste concentra grande parte das atividades relacionadas à indústria eólica. Nesse sentido, o fato de a indústria de subcomponentes estar localizada em grande quantidade nessa região, pode ser um fator atrativo para as empresas fabricantes de componentes, que demandam os subcomponentes para a sua produção.

Além disso, observa-se, especificamente no Estado de São Paulo, a concessão de diversos incentivos à indústria eólica, que podem ter efeito direto na atração de empresas do setor. A maioria desses incentivos se relacionam ao ICMS, como a adesão ao Convênio ICMS 101/1997, que diz respeito à isenção do imposto nas operações com equipamentos e componentes de aerogeradores, e o Decreto 57.142/2011, que estabeleceu a suspensão do ICMS incidente na importação de produtos utilizados como matéria prima ou produto intermediário na fabricação de componentes do aerogerador (Azevedo, 254 e 5o, [s.d.]).

Outros fatores que permitem caracterizar essa região como um importante polo da indústria eólica no Brasil são o avançado desenvolvimento econômico da região, que possui uma infraestrutura (transportes, serviços públicos, moradia, entre outros) relativamente melhor quando comparada a outras regiões do país, e a presença de grande parte de mão de obra qualificada para a construção de componentes e subcomponentes da indústria eólica.

Sul

Na região Sul do encontra-se o terceiro maior potencial eólico do país (22,8 GW, equivalentes a cerca de 16% do total) e, em consequência, observa-se uma notável proporção de parques eólicos nessa região (Amarante, Zack e Si, 2001). Devido a esse fator, a região pode ser considerada um

polo da cadeia eólica, com destaque para a possibilidade da criação de uma indústria eólica local, que é praticamente inexistente, por empresas do mercado.

Demais Regiões

Nas outras regiões do Brasil (Norte e Centro-oeste) não se observa a presença de uma proporção relevante de empresas da indústria eólica. Isso pode ser explicado tanto pela diferença de desenvolvimento econômico entre as regiões do Brasil, quanto pelo baixo potencial eólico desses locais (cerca de 11% do total) quando comparado ao restante do país.



19

Identificação e análise dos principais desafios e oportunidades da Cadeia de Valor no Brasil para os pequenos negócios

A cadeia de valor de energia eólica brasileira evoluiu bastante nos últimos anos e hoje já possui alta capacidade produtiva e presença de parcela expressiva dos componentes produzidos no país. Apesar de ainda jovem a cadeia nacional vem amadurecendo rapidamente e enfrentando os desafios impostos pelo mercado e pela economia. No atual momento a cadeia eólica passa por um período de transição, devido às dificuldades impostas pela crise econômica, que apresentam reflexos no mercado de crédito, na solidez financeira dos empreendedores, no ímpeto dos investidores, na demanda por energia do parque industrial e na sustentabilidade da estrutura produtiva instalada. Essas dificuldades estão exigindo dos agentes da cadeia uma busca por novas soluções e redirecionamento das estratégias de mercado, conforme foi apresentado no capítulo 2 desse relatório.

Tendo em vista essa reestruturação da cadeia pretende-se analisar o cenário de desafios e oportunidades para inserção de pequenos negócios na cadeia de valor da energia eólica, com o objetivo de entender a viabilidade desses negócios e identificar as possibilidades dentro do contexto atual e futuro.

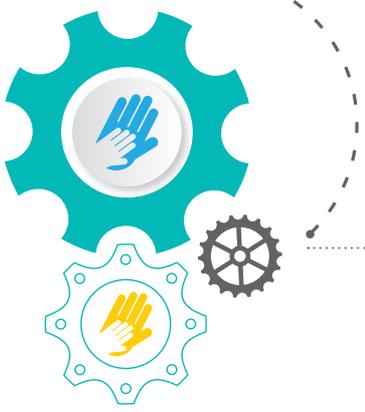
19.1 Desafios

No âmbito deste estudo considera-se pequeno negócio as sociedades empresariais, as sociedades simples, as empresas individuais de responsabilidade limitada e os empresários, devidamente registrados nos órgãos competentes, que auferiram em cada ano calendário, a receita bruta igual ou inferior a R\$ 360.000, essa, qualificadas como microempresas. E as denominadas empresas de pequeno porte que possuem receita bruta anual superior a R\$ 360.000,00 e igual ou inferior a R\$ 3.600.000,00.

O primeiro desafio identificado está diretamente relacionado a essa definição de pequeno negócio. A grande maioria dos elos que compõem a cadeia de valor da energia eólica, principalmente no que tange a fabricação de bens, componentes e subcomponentes, envolvem contratos com valores acima do limite considerado para pequenos negócios. Devido ao valor tecnológico agregado à produção, aos níveis de capacitação e infraestrutura operacional exigidos, os investimentos necessários para se estabelecer em alguns níveis da cadeia dificilmente se enquadrariam no universo dos pequenos negócios.

Outro desafio existente para as empresas de pequeno porte é o acesso a crédito. A falta de garantias reais é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos pequenos negócios na busca por um financiamento bancário. De acordo com pesquisa sobre Financiamento dos Pequenos Negócios, divulgada em novembro de 2016 pelo Sebrae, entre as principais dificuldades apontadas para o acesso a um financiamento bancário, 22% dos entrevistados apontam a falta de garantias reais e 20% relatam a falta de avalista/fiador. Portanto, em um mercado restrito como o eólico, onde pode existir competitividade de uma empresa de pequeno porte com uma grande multinacional, essa dificuldade para acessar crédito pode ser um grande diferencial.

O fato de a cadeia eólica no Brasil ainda ser recente, estabelecida ao longo dos últimos 15 anos, implica que ainda existe um processo de amadurecimento em curso. É claro que os grandes *players* já apresentam robustez definitiva, mas no ambiente dos pequenos negócios ainda existem incertezas e oscilações. De um modo geral, toda a cadeia de valor vive em função das contratações de energia nos leilões e, como a legislação brasileira não prevê regularidade específica para realização dos leilões, existe certa imprevisibilidade com relação a novas contratações e podem ocorrer longos períodos com ausência de negociações o que, naturalmente, gera grande instabilidade no mercado eólico. Para os pequenos negócios que atendem demandas mais específicas dentro da cadeia, esse período de incertezas representa um grande desafio, já que seria necessário se manter ativo com demandas abaixo da capacidade produtiva.



Nos elos que concernem à prestação de serviços o desafio identificado está ligado à necessidade de capacitação técnica das equipes de trabalho. Por ser ainda um mercado recente a cadeia eólica não possui muitas instituições dedicadas a qualificação da mão de obra interessada em atuar no segmento, por tanto se constata uma escassez grande de pessoal apto a trabalhar prestando serviço. Sendo assim, muitas vezes, as empresas precisam de alguma maneira, internalizar o treinamento e capacitação dos funcionários. Como existe uma curva de aprendizado considerável para se atingir a capacitação necessárias, as empresas investem tempo e recurso para adquirirem padrão de qualidade e eficiência no quadro de funcionários.

Ainda no quesito qualificação, outro desafio importante identificado na cadeia eólica é a necessidade de capacitação gerencial dentro dos pequenos negócios. Como as empresas atendidas pelos pequenos negócios são, na maioria das vezes, os grandes fabricantes de componentes ou os empreendedores, proprietários dos parques eólicos, as exigências comerciais relativas à qualidade, atendimento de prazo, responsabilidade jurídica, flexibilidade financeira e boas práticas trabalhistas são de alto nível corporativo. Por tanto é necessário que haja uma competência de gerência para a sobrevivência dos pequenos negócios no mercado de energia eólica.

19.2 Oportunidades

A partir do momento em que se conhece a estrutura da cadeia de valor do segmento eólico e os desafios mais relevantes identificados no cenário de curto e médio prazo é possível realizar uma análise das principais oportunidades para inserção dos pequenos negócios.

Serviços de Consultoria

A princípio as principais oportunidades identificadas para empresas de pequeno porte seriam a atuação com prestação de serviços de consultoria. Esse campo de atuação não exige grandes investimentos iniciais e nem a formação de grandes equipes de trabalho, o que se torna interessante tendo em vista as condições financeiras que limitam os pequenos negócios.

Atividades realizadas nas etapas preliminares dos projetos eólicos, como consultoria ambiental, regularização fundiária, análise de viabilidade dos empreendimentos e projetos técnicos de engenharia são especialmente interessantes aos pequenos negócios por serem serviços prestados diretamente aos proprietários dos parques eólicos e que envolvem contratos de longo prazo.

O maior potencial para inserção desses negócios ocorre nas regiões com grande prospecção de parques uma vez que essas atividades demandam reconhecimento das áreas de interesse e constante visitas a campo. Estados como Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Sul são regiões com atratividade identificada.

Capacitação

Como uma dificuldade encontrada por várias empresas que atuam no segmento eólico é a escassez de mão de obra qualificada no mercado, uma oportunidade que se apresenta aos pequenos negócios é a criação de instituições dedicadas à capacitação de mão de obra para o segmento eólico.

Várias são as possibilidades dentro dessa área de atuação. Preparação de operários para construção e comissionamento dos parques com lições de montagem, instalação e teste de equipamentos. Capacitação de mecânicos de aerogerador, para atividades na fabricação ou manutenção dos equipamentos. Qualificação direcionada para operação dos parques eólicos com treinamentos de monitoramento de geração, identificação de falhas, análises de qualidade e segurança dos parques.

Esse tipo de negócio, dependendo do tipo de capacitação oferecida, deve se estabelecer estrategicamente próximo aos grandes fabricantes de aerogeradores e componentes, estados da região Sudeste, e também próximo aos locais com volume elevado de parques em funcionamento, estados do nordeste e Rio Grande do Sul.

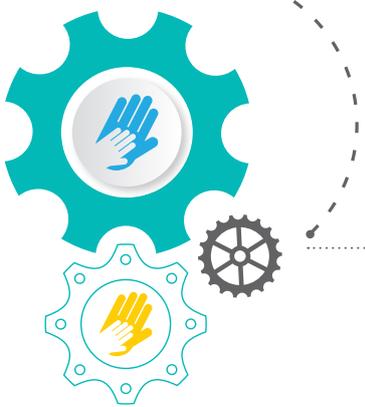
Fabricação de peças – Insumo para fabricação e reposição

Todos os componentes dos aerogeradores (torre, nacele, pá e cubo) são fabricados a partir de vários insumos elétricos, mecânicos e estruturais geralmente adquiridos de terceiros. Alguns desses insumos podem ser fabricados por empresas de pequeno porte para abastecer os grandes fabricantes e montadoras. Isso exigiria dos pequenos negócios certo nível de especialização para contemplar a fabricação de equipamentos como portas e escotilhas de aço e escadas e plataformas especiais para compor estrutura das torres; tintas e resinas industriais e fibras de vidro e carbono para compor estruturas das pás; inversores e conversores de corrente e anemômetros e sensores de direção do vento⁵¹ para compor estrutura da nacele; e ainda para-raios e luzes de sinalização para segurança dos aerogeradores.

Além do fornecimento para a fabricação de componentes o mercado de peças de reposição para aerogeradores em operação deve crescer nos próximos anos. Os aerogeradores em operação no Brasil ainda não completaram um ciclo inteiro de manutenções, já que os contratos de operação e manutenção oferecidos pelos fabricantes (e que são contratualmente vinculados a compra) tem duração de 10 anos e nenhum dos parques eólicos brasileiros tem tanto tempo de atividade comercial. Portanto, com a proximidade do fim desses contratos um novo mercado de operação e manutenção de aerogeradores deve se estabelecer na cadeia nacional abrindo novas oportunidades, também, para os pequenos negócios.

Esse perfil de negócio encontraria maiores demandas nas regiões onde estão instalados os grandes fabricantes e montadores dos componentes de aerogerador devido à simplificação de logística, por tanto o estado de São Paulo, Santa Catarina, Bahia e Ceará e algumas cidades do sudeste apresentam as melhores oportunidades.

51 Anemômetro e Sensores de vento apresentam o diferencial de não existirem ainda fabricantes nacionais



Manutenção de componentes

Conforme mencionado no capítulo 2 desse documento, item 2.5, existe uma tendência de que ao passo que os contratos de Operação & Manutenção, firmados entre os parques eólicos e os fabricantes de aerogeradores, começarem a expirar, várias oportunidades devem começar a surgir nesse segmento. Monitoramento de desempenho, inspeção de equipamentos, manutenção preventiva e manutenção corretivas são atividades que fazem parte dos pacotes de serviço de O&M.

Tendo em vista oportunidades para os pequenos negócios empresas voltadas para de inspeção de equipamentos e manutenção preventiva de componentes e subcomponentes se apresentam com mais atratividade.

A necessidade de visitas constantes aos parques e disponibilidade para situações emergenciais fazem com as regiões com maior presença de empreendimentos já instalados e com tempo de atividade comercial próximo a 10 anos sejam mais interessantes para esse perfil de negócio.

Medição e monitoramento de vento

Uma oportunidade importante identificada ao longo do estudo está relacionada ao levantamento de dados primários da variável mais importante da cadeia eólica, o vento. Apesar de já se conhecer o potencial dos ventos brasileiros e existirem estudos relevantes, como os atlas eólicos estaduais, apresentados no capítulo 2.1 do Documento Técnico 1 do presente projeto, os históricos de medição ainda são bastante recentes. A carência de informações levou o governo a incluir nos editais dos leilões de reserva a obrigatoriedade de medições anemométricas e climatológicas pelos empreendedores no local de instalação dos parques negociados durante todo o período do contrato de concessão. Chamados de Acompanhamento de Medições Anemométricas (AMA), os dados servem à Empresa de Pesquisa Energética – EPE justamente como informações de verificação das características da fonte, da qualidade dos ventos em locais já explorados e em novas regiões (Brasil Energia, 2016c). Com isso o desenvolvimento, fabricação e manutenção das torres anemométricas, que servem tanto para a implantação de novos projetos quanto para o monitoramento da geração, se tornaram uma grande oportunidade no mercado.

A EPE inclusive lançou uma cartilha denominada, Instalação de Estações Anemométricas – Boas práticas. Essa cartilha apresenta todas as etapas e instruções necessárias para a correta instalação das torres visando resultados fiéis e confiáveis (EPE, 2015b)

As regiões do país com maior potencial eólico e automaticamente com maior número de parques instalados e maior atratividade de prospecção de novas áreas apresentam mais atratividade aos negócios com esse perfil.

Produtos adaptados à realidade brasileira

Próximos de completar uma década de operação comercial, os primeiros parques eólicos brasileiros apresentam o que se tem de mais representativo em termos de histórico de comportamento das máquinas submetidas às condições dos ventos brasileiros. Sabe-se que os ventos do Brasil são diferenciados tanto no aspecto de constância quanto no aspecto de velocidade e por esse motivo as máquinas instaladas em solo brasileiro apresentam fatores de capacidade acima da média global. Se isso tem um lado positivo na eficiência da geração de eletricidade tem o lado negativo do desgaste mais acelerado dos equipamentos, uma vez que, se comparados à realidade de outros países, submetidos a ventos mais constantes e velozes o rotor trabalha mais em um mesmo período de tempo. Conhecendo esse fato e com acesso a dados históricos coletados nos parques eólicos mais antigos é possível desenvolver novos produtos e novas rotinas de manutenção para as características brasileiras.

Esse perfil de negócio não apresenta grandes necessidades de localização estratégica, podendo se estabelecer em diferentes regiões do país. O desenvolvimento de upgrades para parques eólicos exige conhecimento técnico relacionado ao funcionamento mecânico dos aerogeradores e acesso a informação, podendo ser realizado de qualquer localidade.

Microgeração eólica

Conforme discutido no capítulo 5 do Documento Técnico 1 do presente projeto, o mercado de micro e minigeração eólica tende a se expandir ao longo dos próximos anos, as possibilidades de ganho advindas da geração distribuída, regulamentada pela Resolução Normativa nº 482/2012, deve fomentar esse segmento dentro da cadeia eólica.

As oportunidades para os pequenos negócios dentro da cadeia de micro e minigeração são muitas.

- terceirização da fabricação de componentes dos aerogeradores de pequeno porte. Hoje os fabricantes existentes no Brasil são responsáveis pela fabricação do aerogerador completo e com isso acabam perdendo o ganho de escala que a especialização em peças individuais poderia proporcionar.
- fabricação de equipamentos eletromecânicos necessários à instalação dos aerogeradores e conexão no grid: medidores bidirecionais, inversores de corrente, equipamentos de monitoramento de geração.
- serviços de soluções energéticas, análise de viabilidade e custo benefício, projeto técnico e instalação.

Como a geração distribuída de fonte eólica pode ser uma alternativa para qualquer domicílio, comércio ou empresa que esteja situado em local com comportamento de vento adequado as empresas com perfil de negócio dentro desse segmento podem se estabelecer em diferentes regiões do país.



Sinalização de políticas públicas e principais parceiros para aceleração da inserção de pequenos negócios

A inserção dos pequenos negócios na cadeia de valor da energia eólica deve ser promovida através de ações diretas. Tendo em vista a escala dos mercados e o elevado nível técnico envolvido em inúmeros processos, a capacitação é um ponto chave a ser explorado. Outro tema de fundamental importância é contar com políticas que visem facilitar o acesso ao crédito de empresas de pequeno porte uma vez que essas são as que mais necessitam e as que enfrentam as maiores restrições em obter recursos para financiar suas atividades.

Adicionalmente, podem ser conduzidas as seguintes iniciativas a partir de experiências já desenvolvidas local e internacionalmente.

Startups

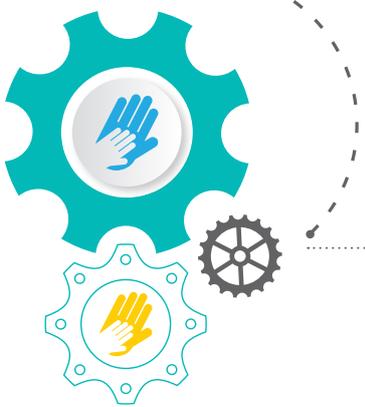
Considerar o estímulo ao conteúdo local implica o desenvolvimento de novos empreendimentos e modelos de negócio que ofereçam um ambiente propício à inovação. As *startups*, que são empresas ou grupos de pessoas que desenvolvem tecnologia ou produtos com escalabilidade, são indicadores de inovação em determinado segmento. Ao considerar a cadeia da energia eólica, a geração, a distribuição e a comercialização de energia são os principais precursores de mudanças conduzidas por empreendedores em busca de novas oportunidades e novas soluções para o mercado eólico.

Sobre a inovação no setor energia eólica, algumas *startups* já vêm desenvolvendo novas alternativas e modelos de negócio apostando na cadeia de valor da energia eólica, como exemplo a Delfos Predictive Maintenance, de Fortaleza, que desenvolveu uma proposta de sistema para previsão de falhas em equipamentos geradores de energia eólica e, também, a Zettawatt, do Rio de Janeiro, que desenvolve um conceito de geração eólica em aeroportos, aproveitando o ar deslocado pelas aeronaves no momento da decolagem.

As *startups* representam um caminho para inovação e modernização tecnológicas e de mercado, um movimento que já é observado nos setores financeiros, de vendas e de entretenimento e no qual novas iniciativas têm surgido nos setores industriais, no qual o segmento eólico se enquadra. Entretanto, o desenvolvimento de tais tecnologias depende de programas que deem suporte técnico e financeiro, além da expansão do desenvolvimento científico.

Programas de aceleração

Programas de Incubação e de Aceleração para *startups* são ótimos recursos para se estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e de modelos de negócio, uma vez que tais grupos recebem suporte técnico, e até mesmo financeiro, para o desenvolvimento de seus projetos. Referentes ao setor elétrico, tais programas visam o fomento à criação de projetos inovadores relacionados à energia limpa, eficiência energética, mobilidade elétrica, digitalização, serviços de apoio ao cliente e internet das coisas (IoT). Tais programas servem como uma alternativa eficiente de estímulo ao conteúdo local. Como exemplo de programas que fomentam diretamente ou indiretamente o desenvolvimento de novas tecnologias para o setor de energia eólica cabe mencionar: EDP Open Innovation, Free Electrons Global Accelerator, AES Brasil Inovação, Programa Coppe de Inovação do Setor Elétrico, Energy Start, MINING LAB.



Programas de incentivo

Nos EUA, um programa similar, o Small Business Vouchers Pilot, incentiva o desenvolvimento de pequenos negócios ao permitir a utilização de laboratórios nacionais de pesquisas para prototipar, caracterizar, modelar e simular suas tecnologias através de vouchers para que as pequenas empresas usufruam dos serviços oferecidos por esses laboratórios (U.S. Department of Energy, 2016).

Desenvolvimento científico

Seguindo a linha de frentes que permitem um melhor estímulo a novos empreendimentos e modelos de negócio conectados à cadeia de valor da energia eólica, a fomentação da produção de desenvolvimento técnico-científico permite a criação de novas tecnologias e modelos que podem alavancar a produção eólica.

Buscando um incentivo à educação e ao desenvolvimento de mão de obra capacitada para a produção na cadeia de valor da energia eólica, o Departamento de Energia dos Estados Unidos criou o Wind for Schools, um programa que engaja estudantes de nível superior a se juntarem a Centros Aplicados Eólicos (Wind Application Center) e servirem como consultores para pequenas instalações em comunidades rurais (WINDEXchange, 2017b). O departamento também criou a College Wind Competition, uma competição que estimula a inovação nacional por meio de desafios interdisciplinares a estudantes de graduação que ofereçam uma solução para um complexo projeto de energia eólica (WINDEXchange, 2017c).

Parcerias para levantamento de recursos

Ao longo da realização deste estudo, levantou-se a necessidade de parcerias para levantamento de recursos. Destaque deve ser dado aos recursos da FINEP para desenvolvimento de novos produtos e viabilização de *startups*. Nesse contexto, o apoio do SEBARE através do Fundo de Aval às Micro e Pequenas Empresas, ajuda a garantir o financiamento. O Financiamento do Banco do Nordeste (BNB) para estruturas produtivas também possui importante papel.

Capacitação

Necessidades em capacitação para pequenos negócios (desde gerencial a técnica) foram levantadas em alguns pontos do trabalho. Tal capacitação pode ser realizada por instituições (como USP e UFC, que já possuem capacitação na área) ou mesmo com empresas no ramo de capacitação

(desenvolvimento de material, por exemplo), que podem, elas mesmas, se configurarem como pequenos negócios.

É fundamental contar com o apoio das empresas já estabelecidas no setor e que demandarão tais serviços. Alguns fabricantes, por exemplo, já estão desenvolvendo cadeia local de fornecedores de subcomponentes e serviços de manutenção e reparo de aerogeradores.

Valorização do segmento

A divulgação da importância da energia eólica para a renovação da matriz elétrica brasileira é fundamental para aceitação e conhecimento da opinião pública a respeito dessa fonte de energia. Programas informativos, direcionados à população, podem ser desenvolvidos para esclarecer e disseminar os conceitos da geração de energia a partir da fonte eólica. O grande potencial brasileiro e a característica sustentável do segmento devem atrair o interesse de usuários e investidores. A divulgação dos benefícios da energia eólica pode proporcionar, também, reflexos diretos na cadeia de micro e mini geração.

Por fim, acredita-se que as iniciativas de financiamento e de impulsionamento a pequenos negócios são alternativas para fomento de conteúdo local pois, quanto maiores as possibilidades de concretização dos projetos (linhas de crédito/investimento) maior a atratividade do setor. O segmento eólico, em particular, demanda atividades que permitam um maior suporte técnico e científico à cadeia e, por isso, as iniciativas americanas que objetivam impulsionar pequenos negócios, bem como a de desenvolvimento científico ao setor eólico no país são potenciais parceiros para a fomentação de tal conteúdo no Brasil.



Conclusão

O Brasil foi o país pioneiro nas instalações de empreendimentos eólicos na América Latina e o primeiro a implementar políticas de incentivo a esta tecnologia no continente. Isso, aliado à grande intensidade e constância dos nossos ventos, levou o mercado eólico brasileiro a posição de destaque no cenário mundial, chegando a conquistar, em 2015, os postos de 4º maior volume de investimentos, 5º maior gerador de empregos e 9ª maior capacidade instalada (conforme apresentado na seção 2).

Em 2002, quando a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) fomentava os primeiros passos no país em direção à consolidação da energia eólica, grande parte dos *players* ativos na cadeia de valor eram empresas multinacionais que já dispunham de estrutura de pesquisa, desenvolvimento e inovação em suas matrizes, apresentando todo o know-how necessário para atuar nesse mercado. Assim, os desenvolvimentos tecnológicos do setor, ainda que para adaptação dos equipamentos às características dos ventos brasileiros, ocorriam principalmente no exterior, ficando as atividades nacionais restritas à montagem dos principais componentes.

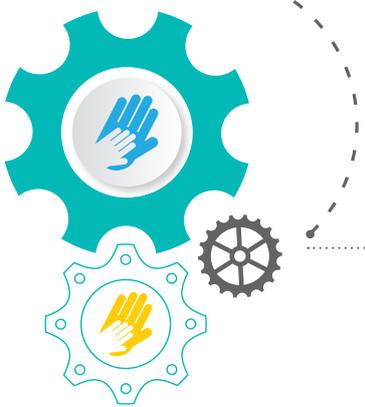
A partir de 2003, a indústria nacional foi se capacitando e abrindo frentes de fornecimento para o mercado eólico. A princípio, as empreiteiras se adaptaram às necessidades construtivas dos parques eólicos e passaram a atuar em todos os elos referentes à Construção. Em seguida, empresas de projeto e dimensionamento energético que atuavam no setor, com outras fontes de energia, incorporaram equipes de especialistas em estudos eólicos e, aos poucos, os elos relativos a Estudos Preliminares foram sendo absorvidos. Essas adaptações e o surgimento de novas empresas e consultorias foram cobrindo grande parte das carências do mercado nacional de serviços, deixando apenas o Fornecimento de Equipamentos ainda sob o domínio de empresas estrangeiras.

Tendo em vista que os equipamentos, componentes e subcomponentes dos aerogeradores são os elos de maior valor agregado de toda a cadeia e que promovem maior desenvolvimento tecnológico, foi lançada uma política de promoção do conteúdo local através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Tal política, a fim de desenvolver uma cadeia produtiva abrangente e eficiente com a fabricação em território nacional das máquinas e equipamentos mais relevantes, estabeleceu metas de nacionalização crescente e gradual⁵² para componentes e subcomponentes, baseado em regras do programa FINAME (Financiamento de Máquinas e Equipamentos).

As mudanças que ocorreram no setor elétrico brasileiro resultaram em novos modos de contratação e implantação de projetos de energia e conferiram grande diversidade ao perfil dos proprietários dos empreendimentos. Anteriormente os proprietários eram empresas estatais do próprio setor de energia elétrica e, atualmente, há agentes econômicos diversos, tais como: bancos, construtoras, fundos de pensão, empresas de energia elétrica privadas, etc. Observa-se também um crescente interesse de grandes empresas pertencentes a setores de consumo intensivo de energia, como as do setor automotivo, mineração, papel e celulose, em serem proprietárias de seus projetos de geração de energia elétrica para garantirem o atendimento de sua demanda através da autoprodução ou firmando contratos de longo prazo com produtores no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Em adição à cadeia de geração centralizada, a microgeração a partir de fontes alternativas busca espaço na matriz elétrica com destaque para a popularidade crescente da energia fotovoltaica. Contudo, a fonte eólica, já estabelecida na geração de larga escala, também apresenta potencial importante a ser explorado. Nesse mercado existem inúmeras oportunidades para a inserção de pequenos negócios, uma vez que ainda podem ser desenvolvidos fornecedores locais, cadeia

52 As regras específicas podem ser encontradas no site do BNDES através do link: <https://goo.gl/XzW82t>.



produtiva e rede de prestadores de serviço amplas, de maneira semelhante à ocorrida com a cadeia de geração de larga escala eólica.

Com o amadurecimento dos projetos de larga escala e o início da operação comercial para vários empreendimentos novos, também surge uma possibilidade de desenvolvimento de uma rede descentralizada e de grande capilaridade de prestadores de serviços espalhados pelos diversos municípios que abrigam parques eólicos. Monitoramento da operação e manutenção preventiva são alguns dos serviços importantes a serem desenvolvidos durante essa fase que se inicia e programas de capacitação podem favorecer o surgimento de prestadores de serviço locais.

Ademais, tendo em vista o potencial eólico brasileiro tão expressivo, desenvolver novos projetos permite tanto a exploração desse potencial quanto cria a oportunidade de viabilizar novos negócios com utilização de mão de obra nas comunidades locais das áreas de prospecção de projetos. Num ambiente de investimentos crescentes direcionados ao segmento, cria-se um ecossistema propenso à inovação tecnológica do qual podem se beneficiar novos empreendedores e projetos de elevado valor agregado e impacto econômico positivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. **Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil**. [s.l.] Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2014. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo_Backup/Mapeamento%20da%20Cadeia%20Produtiva%20da%20Ind%20%C3%BAstria%20E%20%C3%B3lica%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017.

ABEEOLICA. **Boletim Anual da Geração Eólica 2015**. [s.l.] Associação Brasileira de Energia Eólica, 2015. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2016/08/Abeeolica_BOLETIM-2015_low.pdf>.

ABEEOLICA. **Dados Mensais ABEEólica – Janeiro de 2017**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/01/Dados-Mensais-ABEEolica-01.2017-1.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

ABEEOLICA. **Eólica, a energia do futuro**, 2016. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2016/12/Abeeolica_infografico_10GW_A3_V3_versao-por-email.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017

ABREU, M. C. S. DE **et al. Energia eólica e mudança climática: Estratégias dos integrantes da cadeia de suprimento**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 11, n. 3, 2015.

AMARANTE, O. **et al. Estado de Alagoas – Atlas Eólico**, 2008.

AMARANTE, O.; DA SILVA, F. DE J. L. **Rio Grande do Sul – Atlas Eólico**. [s.l.] Camargo Schubert, 2002.

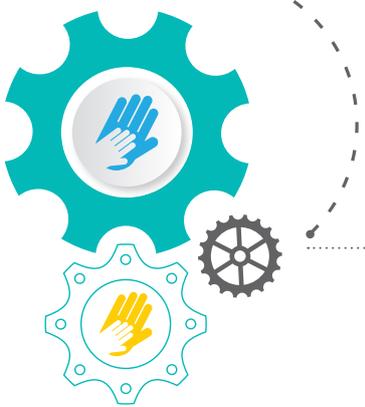
AMARANTE, O.; DA SILVA, F. DE J. L.; FILHO, L. G. R. F. **Estado do Rio de Janeiro – Atlas Eólico**. Rio de Janeiro: Camargo Schubert, 2012.

AMARANTE, O.; ZACK, M.; SI, A. **Atlas do Potencial Brasileiro**, 2001.

AMARANTE, O. *et al.* **Atlas Eólico Espírito Santo**. Espírito Santo: 2009.

AMARANTE, O. *et al.* **Atlas Eólico Minas Gerais**. Minas Gerais: 2010.

ANEEL. **BIG – Banco de Informações de Geração**. 2017a Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em 08 de maio de 2017.



ANEEL. **Evolução da energia eólica no Brasil – ANEEL – Essencial – ANEEL.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aneel-essencial/-/asset_publisher/c4M6OIoMkLad/content/evolucao-da-energia-eolica-no-brasil?inheritRedirect=false~>. Acesso em: 21 mar. 2017.

ANEEL. **Outorgas e registros de geração 2017.** 2017b. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao>> acesso em 10 de Junho de 2017.

ANUNCIACÃO, S. **País desperdiçou potencial para energia eólica, aponta pesquisa.** Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/617/pais-desperdicou-potencial-para-energia-eolica-apon-ta-pesquisa>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

AZEVEDO, S. DE E. E M. P. R. DE; 254; 5º. **Incentivo ao Setor.** Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/energias-renovaveis/eolica/incentivo-ao-setor/>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BLOOMBERG. **Climatescope 2016: The Clean Energy Country Competitiveness Index.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://global-climatescope.org/en/download/reports/climatescope-2016-report-en.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

BRASIL ENERGIA. Brasil Energia. Consumo – Eficiência – Renováveis – GTD. **Efeitos da retração econômica chegam ao setor eólico, que reavalia porte do mercado e estratégias para crescimento,** n. 430, p. 50, set. 2016a.

BRASIL ENERGIA. Cenários Energia Eólica. **Meio Ambiente e Tecnologia. Setor eólico atinge a maturidade tecnológica, ganha eficiência e será um grande aliado no cumprimento das metas assumidas na COP21.,** n. 2016–2017, p. 114, set. 2016c.

BRASIL ENERGIA. Cenários Energia Eólica. **Panorama no Brasil – Setor eólico se consolida no Brasil e deve superar os 10 GW até o fim de 2016.,** n. 2016–2017, set. 2016b.

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. **Funding Opportunities for the Electric Program Investment Charge (EPIC) Program,** 2017. Disponível em: <<http://www.energy.ca.gov/contracts/epic.html>>. Acesso em: 13 abr. 2017

CANAL BIOENERGIA. **ABDI e a competitividade do setor de energia eólica no Brasil** Canal Bioenergia, 23 fev. 2017. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/abdi-e-competitividade-do-setor-de-energia-eolica-no-brasil/>>. Acesso em: 28 abr. 2017

CANWEA. **Installed Capacity** Canadian Wind Energy Association, 2016. Disponível em: <<http://canwea.ca/wind-energy/installed-capacity/>>. Acesso em: 21 mar. 2017

CARNEIRO, M. G.; CERQUEIRA, B. D. PARTICIPAÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA EM LEILÕES DE ENERGIA E SUA CONTRIBUIÇÃO EM TEMPOS DE CRISE ENERGÉTICA. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n. 1, 2016.

CEBDS. **Financiamento à Energia Renovável. Entraves, desafios e oportunidades** Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, 2016.

CGEE. **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, nov. 2012. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/publicacoes/documentos_tecnicos.php>. Acesso em: 23 mar. 2017.

CNI. **Indicadores de Competitividade da Indústria**, 2016. Disponível em: <https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/f1/1a/f11a4b1c-e4ce-4f8b-a9bb-181aa143837e/indicadores-decompetitividadedaindustriabrasileira_2016_2.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2016

CNPE. **32ª Reunião Ordinária** Brasília: Conselho Nacional de Política Energética, 28 jun. 2016

CNT. **Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho** Confederação Nacional do Transporte, , 2015.

EIA. **EIA – Electricity Data**. Disponível em: <https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.cfm?t=epmt_6_07_b>. Acesso em: 21 mar. 2017.

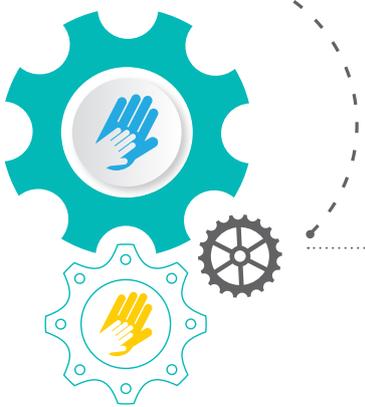
EPE. **Atualização do Valor do Patamar Único de Custo de Déficit** Empresa de Pesquisa Energética, 2016a.

EPE. **Custo Marginal de Expansão** Empresa de Pesquisa Energética, , 2016b. Disponível em: <http://epe.gov.br/geracao/Documents/NTEPE-DEE-RE-010-2016-r0.pdf>

EPE. **Estudos de Planejamento da Expansão da Geração – Empreendimentos Eólicos** EPE, , 13 dez. 2016c. Disponível em: <<http://epe.gov.br/geracao/Documents/EPE-DEE-RE-107%202016.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2017

EPE. **Guia de Boas práticas para a Instalação de Estações Anemométricas** Empresa de Pesquisa Energética, , 2015b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Guia%20Boas%20Pr%C3%A1ticas%20Esta%C3%A7%C3%B5es%20Anemom%C3%A9tricas.pdf>>. Acesso em: 2 maio. 2017

EPE. **Plano Decenal de Expansão de energia 2024** Empresa de Pesquisa Energética / Ministério de Minas e Energia, , 2015a.



EWEA. **The economics of wind energy**, 2009.

Ferramenta facilita acesso ao crédito para os pequenos negócios | Sebrae. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/ferramenta-facilita-acesso-ao-credito-para-os-pequenos-negocios,ac58742e7e294410VgnVCM2000003c74010aRCRD>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

FERREIRA, D. V. Desafios para o crescimento sustentável e integração da energia eólica no Brasil. 2014.

FINEP. Inovacred e empresas e ICTs. 2017. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-exter-na/programas-e-linhas/descentralizacao/inovacred-empresa-e-ict-s>>. Acesso em: 05 Mar.2017.

GAZZO, A. Análisis del potencial de creación de valor de las políticas de energía eólicaErnst & Young, jul. 2012. Disponível em: <https://www.accionacom.com/legacyMedia/659978/es_estudio_acciona.pdf>. Acesso em: 2 maio. 2017.

GLOBO, O. Brasil tem a maior taxa de juro real do mundo. Disponível em <<http://oglobo.globo.com/economia/brasil-tem-maior-taxa-de-juro-real-do-mundo-19754404>>, acessado em abril, 2017.

GWEC. **Global wind report: Annual market update 2014.** [s.l.] GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL, 2015. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/03/GWEC_Global_Wind_2014_Report_LR.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

GWEC. **Global wind report: Annual market update 2015.** [s.l.] GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL, 2016. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report_April-2016_22_04.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

GWEC. **Global Wind Statistics 2016.** [s.l.] GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL, 2017. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

HIRTH, L. **Germany's renewable power generation in figures**NEON Energie, , 2015. Disponível em: <<http://neon-energie.de/renewables-2015.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

HIRTH, L. Germany's renewable power generation in figuresNEON Energie, , 2015. Disponível em: <<http://neon-energie.de/renewables-2015.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

IRENA. **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2016**. [s.l.] International Renewable Energy Agency, 2016a. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017.

IRENA. **Renewable Energy Benefits: Measuring The Economics**. Abu Dhabi: [s.n.]. Disponível em: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Measuring-the-Economics_2016.pdf>. Acesso em: 2 maio. 2017b.

IRENA. **Renewable energy prospects: China**. [s.l.] IRENA – International Renewable Energy Agency, nov. 2014. Disponível em: <http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES, Rio de Janeiro**, n. 39, p. 183–205, 2013.

MCELROY, M. B. *et al.* Potential for wind-generated electricity in China. **science**, v. 325, n. 5946, p. 1378–1380, 2017.

MEISTER, D. Effects of Government Interventions in Alternative Renewable Energy Markets. 2013.

MELO, E. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. **estudos avançados**, v. 27, n. 77, p. 125–142, 2013.

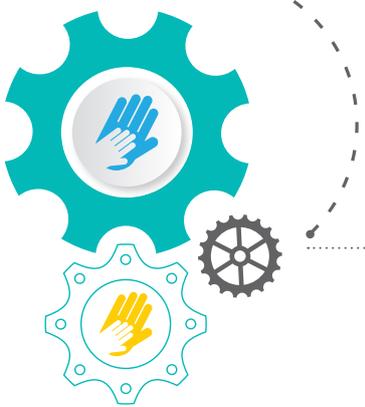
MME. **Energia Eólica no Brasil e no Mundo**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica++ano+ref++2015+%283%29.pdf/f5ca-897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

MOTTA, R. S. DA *et al.* **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. 2011.

MROZ, M. A. *et al.* **Atlas Eólico do Estado de São Paulo**, 2012.

NAVES, I. M. **Agronegócio e logística: dicotomia** XLV Congresso da SOBER–Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Londrina. Anais. 2007

NORRIS, R. **Offshore wind on target to become lowest-cost, large scale clean energy source – RenewableUK**. Disponível em: <<http://www.renewableuk.com/news/327446/Offshore-wind-on-target-to-become-lowest-cost-large-scale-clean-energy-source.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2017.



OLIVER, M. **DOE's – Small Business Innovation Research (SBIR) and Small Business Technology Transfer (STTR) Programs** DOE Webinar, , 2 dez. 2016. Disponível em: <https://science.energy.gov/~media/sbir/pdf/docs/2017/FY17_Phase_I_Release_2_FOA_Webinar.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2017

Operador Nacional do Sistema- ONS, 2015. **Dados relevantes 2014**. Disponível em <http://www.ons.org.br/download/biblioteca_virtual/publicacoes/DADOS2014_ONem:S/2_1.html >. Acesso em: 08 maio 2017

PORTAL SOLAR. Bateria solar Tesla e a aplicação das baterias de ion de litio no mercado nacional. Disponível em <<http://www.portalsolar.com.br/blog-solar/bateria-solar/tesla-e-a-aplicacao-das-baterias-de-ion-de-litio-no-mercado-nacional.html>, acessado em 09/06/2017> acessado em abril 2017

REN 21. **Renewables 2016: Global Status Report**. [s.l.] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2016. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

SCHULTZ, D. J. *et al.* **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná**, 2007.

SCHUMPETER, J. A. **Economic Theory and Entrepreneurial History**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1965.

SEBRAE. **Projeto Energia Mais tem nova edição em 2017** *Notícias*, 13 mar. 2017. Disponível em: <<https://www.sebrae-rs.com.br/index.php/noticia/4359-sebrae-rs-lanca-nova-edicao-do-projeto-energia-mais>>. Acesso em: 18 abr. 2017

SEBRAE. **Quem somos?**. 2017b. Disponível em <http://www.sebrae.com.br/sites/portalsebrae/canais_adicionais/conheca_quemsomos> Acesso em 26 Mar.2017

SIMAS, M. A energia eólica e o desenvolvimento sustentável no Brasil. **A Ampla e Complexa Agenda Internacional do Século XXI**, v. 11, n. 33/1º, p. 16, 2011.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 99–116, 2013.

TOLMASQUIM, M.T. Energia Renovável. Hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. **Empresa de Pesquisa Energética–EPE**. Rio de Janeiro, 2016.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY **Energy Efficiency and Renewable Energy Installed Wind Capacity**, 2017. Disponível em: <http://apps2.eere.energy.gov/wind/windexchange/wind_installed_capacity.asp>. Acesso em: 4 nov. 2017.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY **National Laboratory Network Notice of Opportunity**. USA: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.sbv.org/pdfs/sbv-notice-of-opportunity-rfa.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **20% Wind Energy by 2030**. U.S. Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy, , jul. 2008. Disponível em: <<https://energy.gov/sites/prod/files/2013/12/f5/41869.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Wind Vision: A new era for Wind Power in the United States**, 2014. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/wv_chapter1_introduction_to_the_wind_vision.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2017.

UNEP. **Global Trends in Renewable Energy Investment 2016**. [s.l.] United Nations Environment Programme, 2016. Disponível em: <http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsinrenewableenergyinvestment2016lowres_0.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017.

WANG, Z. **et al. China Renewable Energy Outlook 2016**. [s.l.] CNREC, 2016. Disponível em: <<http://boostre.cnrec.org.cn/wp-content/uploads/2016/10/China-Renewable-Energy-Outlook-2016-EN.pdf>>.

WINDERGY. **Windergy 2017**. Disponível em: <<http://www.windergy.in/>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

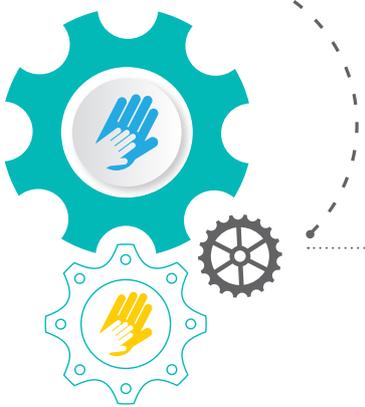
WINDEUROPE. **WindEurope: Annual Statistics 2016**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2016.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

WINDEXCHANGE. **WINDEXchange: About WINDEXchange**. Disponível em: <<http://apps2.eere.energy.gov/wind/windexchange/about.asp>>. Acesso em: 19 abr. 2017a.

WINDEXCHANGE. **WINDEXchange: Collegiate Wind Competition**. Disponível em: <<http://apps2.eere.energy.gov/wind/windexchange/windcompetition/>>. Acesso em: 19 abr. 2017c.

WINDEXCHANGE. **WINDEXchange: Wind for Schools Project**. Disponível em: <http://apps2.eere.energy.gov/wind/windexchange/schools_wfs_project.asp>. Acesso em: 19 abr. 2017b.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Competitiveness Report 2016-2017** Klaus Schwab, 2016. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2017.



WORLD BANK. **Global Economic Prospects: Weak Investment in Uncertain Times.** [s.l.] World Bank Group, 2017. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25823/9781464810169.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

ZAYAS, J. **Milestones on the Road to the Wind Vision.** Disponível em: <<https://energy.gov/eere/articles/milestones-road-wind-vision>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ÍNDICE

FIGURAS

Figura 1 – % de Energia Renovável por fonte.....	12
Figura 2 – Malha de transmissão de energia elétrica no Brasil.....	26
Figura 3 – Como são realizados leilões de energia	33
Figura 4 – Destaques Brasil no Segmento Eólico.....	37
Figura 5 – Direção predominante dos ventos por mês durante o ano de 2016 no estado do Rio Grande do Norte.....	39
Figura 6 – Potencial máximo dos estados brasileiros	43
Figura 7 – Potencial <i>Offshore</i> no Brasil.....	44
Figura 8 – Plano de Nacionalização Progressiva	55
Figura 9 – Macro Cadeia de Valor da Energia Eólica	73
Figura 10 – Esquema básico de uma aerogerador (WTG).....	82
Figura 11 – Principais Componentes da Geração Centralizada Energia Eólica.....	92
Figura 12 – Cadeia de Valor da Microgeração de Energia Eólica.....	96
Figura 13 – Rotor horizontal.....	101
Figura 14 – Rotos H-Darrieus.....	101
Figura 15 – Mapeamento dos sistemas de mini e microgeração distribuída.....	110
Figura 16 – Parque de geração híbrida eólica e fotovoltaica	131
Figura 17 – Bateria para sistemas de geração distribuída.....	133
Figura 18 – Representação esquemática da projeção do Valor Adicionado da energia eólica na economia brasileira	136
Figura 19 – Representação esquemática da projeção da demanda de energia do PDE 2024	137
Figura 20 – Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração PDE 2024.....	138
Figura 21 – Participação do PIB da energia eólica atual projetada (em valores de 2016)	142
Figura 22 – Pontuação brasileira para cada critério utilizado no Índice de Competitividade Global.....	149
Figura 23 – Fatores mais problemáticos para se fazer negócio no Brasil	150
Figura 24 – Posição competitiva dos 18 países selecionados Classificação geral e por critério avaliado	151
Figura 25 – Forças de Porter.....	159
Figura 26 – Consumo de energia por fonte renovável nos EUA	167
Figura 27 – Capacidade total instalada dos EUA.....	171
Figura 28 – Distribuição de Parques Eólicos e Componentes	175
Figura 29 – Distribuição de Componentes e Subcomponentes	176
Figura 30 – Distribuição de Parques Eólicos e Serviços	177

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Capacidade instalada mundial de energia eólica (2006 – 2016).....	11
Gráfico 2 – <i>Ranking</i> dos principais países em capacidade instalada de energia eólica (MW).....	13
Gráfico 3 – Investimentos (US\$ bilhões) em energia eólica em 2015 segundo REN 21 (2016).....	13
Gráfico 4 – Market-share do setor de turbinas eólicas	15
Gráfico 5 – Acréscimo de capacidade eólica instalada por país na Europa(2016)	20
Gráfico 6 – Relação entre o regime de chuvas e a intensidade dos ventos.....	29
Gráfico 7 – Emissões de CO ₂ evitadas por ano (toneladas).....	30
Gráfico 8 – Origem da energia contratada em leilões por estado brasileiro	35
Gráfico 9 – Evolução da Capacidade Instalada (MW).....	36
Gráfico 10 – Investimentos em energia eólica no Brasil (US\$ milhões).....	37
Gráfico 11 – Potência Instalada por Estado.....	45

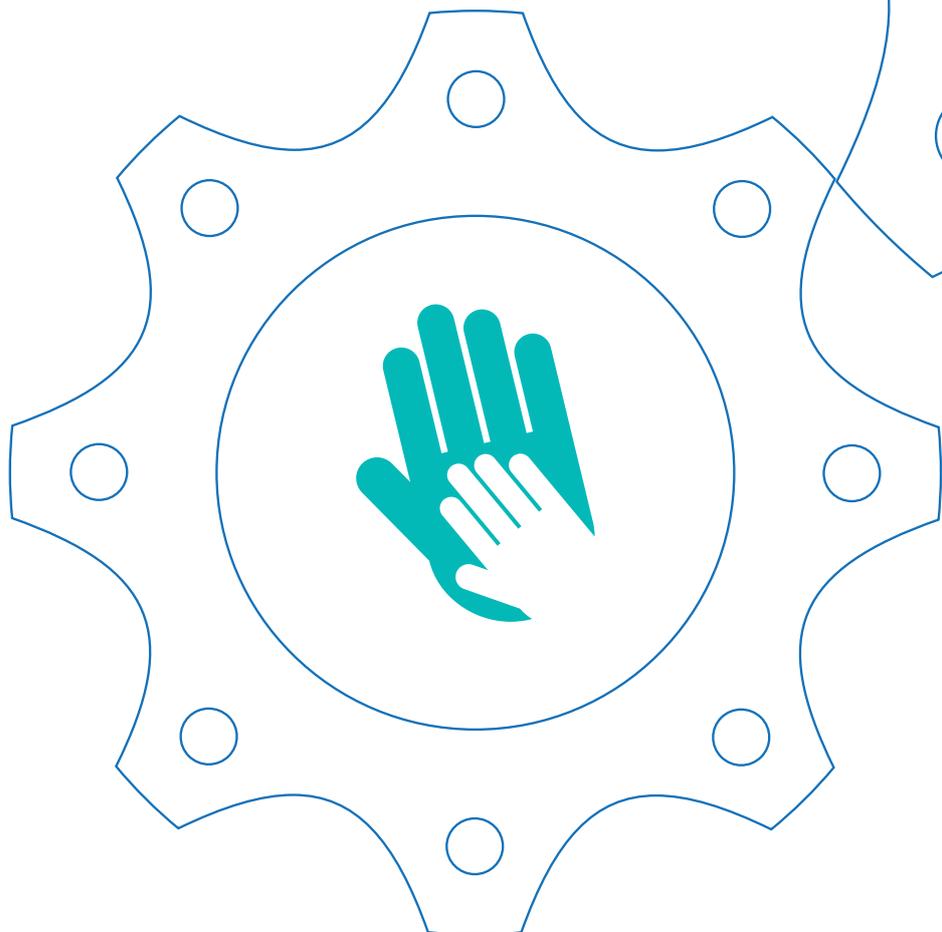
Gráfico 12 – Preço da Energia Eólica Contratada por Leilão (R\$/MWh)	49
Gráfico 13 – Custo Marginal de Expansão (CME) – em R\$/MWh.....	50
Gráfico 14 – Presença das tarifas <i>feed-in</i> e dos leilões nos países.....	53
Gráfico 15 – Demanda anual por fabricante no Brasil	121
Gráfico 16 – 10 maiores empreendedores do mercado.....	124

TABELAS

Tabela 1 – Extensão das linhas de transmissão do SIN em 2014, por tensão.	26
Tabela 2 – Número de Projetos e potência dos empreendimentos elétricos no Brasil	27
Tabela 3 – Número de Projetos e potência dos empreendimentos em construção no Brasil	28
Tabela 4 – Leilões de Energia Eólica – Resultado consolidado dos leilões por contrato.....	34
Tabela 5 – Capacidade Instalada de Geração Elétrica no Brasil (em GW)	139

QUADROS

Quadro 1 – Tipologias de leilões energéticos no Brasil.....	33
Quadro 2 – Potencial da energia eólica nos estados que possuem atlas	41
Quadro 3 – Condições de financiamento para projetos de energia eólica	59
Quadro 4 – Instituições de apoio	65
Quadro 5 – Instituições de pesquisa	68
Quadro 6 – Agentes Financeiros Regionais FINEP	71
Quadro 7 – Componentes e subcomponentes da Nacele.....	83
Quadro 8 – Componentes e subcomponentes das torres.....	84
Quadro 9 – Componentes e subcomponentes do rotor	85
Quadro 10 – Materiais e respectivos componentes	89
Quadro 11 – Unidades geradoras de geração eólica distribuída	105
Quadro 12 – Fabricantes e fornecedores: Mini e microgeração	112
Quadro 13 – Forças que afetam a competitividade da fonte eólica: Entre Países	155
Quadro 14 – Forças que afetam a competitividade da fonte eólica: Entre fontes	156
Quadro 15 – Forças que afetam a competitividade da energia eólica: Entre Fornecedores de máquinas e equipamentos	157
Quadro 16 – Forças competitivas de Porter aplicadas na cadeia eólica	160



Organização
de Estados
Ibero-americanos



Para a Educação,
a Ciência
e a Cultura

Organización
de Estados
Iberoamericanos

Para la Educación,
la Ciencia
y la Cultura



Fundo Multilateral de Investimento
Membro do Grupo BID



BID

Banco Interamericano
de Desenvolvimento



*Serviço Brasileiro de Apoio às
Micro e Pequenas Empresas*

www.sebrae.com.br
0800 570 0800

