

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**FORMAÇÃO DA INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS DE ENERGIA
EÓLICA NO BRASIL E DESAFIOS DO SISTEMA NACIONAL DE
INOVAÇÃO**

GETÚLIO VARGAS CAVALCANTE

nº: 109024010

ORIENTADORA: Professora Marina Szapiro

CO-ORIENTADORA: Professora Maria Gabriela Von Bochkor Podcameni

Junho de 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**FORMAÇÃO DA INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS DE ENERGIA
EÓLICA NO BRASIL E DESAFIOS DO SISTEMA NACIONAL DE
INOVAÇÃO**

GETÚLIO VARGAS CAVALCANTE

nº: 109024010

ORIENTADORA: Professora Marina Szapiro

CO-ORIENTADORA: Professora Maria Gabriela Von Bochkor Podcameni

Junho de 2017

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo incansável apoio ao longo desta longa jornada.

Agradeço a Carol, amiga e companheira para todas minhas dificuldades.

Agradeço as pessoas maravilhosas que dividiram suas vidas comigo, na casinha da Urca, Igor, Alex, Alfonso, Fernando, Guilherme e Felipe.

Agradeço aos amigos da faculdade que percorreram comigo os primeiros passos.

Agradeço aos colegas e pesquisadores da RedeSist que compartilharam comigo minha mais relevante experiência acadêmica, Danilo, Marcelo, Caio, Vivian e Lucas.

Agradeço às minhas professoras orientadora Marina e Gabriela pela confiança e tolerância, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Obrigado!

RESUMO

A atividade de geração de energia elétrica de fonte eólica, de um modo geral, é estratégica para a superação de desafios ambientais, energéticos e econômicos. O objetivo desse trabalho é avaliar a recente formação da indústria de equipamentos no Brasil no que diz respeito a capacidade de inovação. Mais especificamente, pretende-se demonstrar que apesar do sucesso do setor quanto à estruturação da capacidade de produção, o Sistema Nacional de inovação enfrenta alguns desafios que limitam a criação de capacitações locais e, portanto, o desenvolvimento tecnológico.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
CAPÍTULO I: BASES CONCEITUAIS DO ESTUDO DA INOVAÇÃO	8
I.1. Inovação para Schumpeter	8
I.3. Origens do conceito de Sistema Nacional de Inovação	9
I.4. Sistema Nacional de Inovação	12
CAPITULO II: ENERGIA EÓLICA NO CONTEXTO INTERNACIONAL...	16
II.1. Energia Eólica no Mundo	16
II.2. Principais Atores Econômicos na Geração Eólica	19
II.3. Indústria de Aerogeradores	22
CAPITULO III: A INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS NO BRASIL.....	26
III.1. Energia Eólica no Brasil	26
III.2. O Sistema Nacional de Inovação e Energia Eólica.....	28
III.3. O Subsistema de Políticas Públicas	29
III.4. O Subsistema Produtivo e Inovativo.....	34
III.5. Desafios à Inovação	36
III.6. Considerações finais	40
CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

INTRODUÇÃO

O crescimento da atividade industrial, dos transportes, e do consumo de energia ao longo do século XX provocou o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera e, conseqüentemente, da preocupação com as mudanças climáticas a nível local e global. A energia eólica é uma alternativa de baixa emissão de CO₂, capaz de contribuir para o combate a esse problema ambiental.

O esgotamento dos combustíveis fósseis e a crescente demanda por energia questionam a sustentabilidade do setor. Em busca de segurança energética, as fontes alternativas de energia têm sido incentivadas desde a década de 70, quando os preços do petróleo subiram bruscamente. Necessita-se cada vez mais de fontes renováveis para a superação do problema energético, tais como a eólica, solar, hídrica e biocombustíveis.

A energia eólica também possui uma dimensão associada ao desenvolvimento socioeconômico. Os benefícios da fonte são: a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial; a universalização do acesso à energia; o desenvolvimento regional e local, especialmente em zonas rurais, e a criação de empregos. (SIMAS e PACCA, 2013).

Nesse sentido, a atividade de geração de energia elétrica com fonte eólica é estratégica para a superação dos desafios ambientais, energéticos e socioeconômicos. De acordo com ABEOLICA (2016), em 2016 foram investidos US\$5,4 bilhões de dólares em energia eólica no mundo, representando 78% do total investido em energias renováveis. No Brasil, 21,35% da nova capacidade instalada em 2016 foi de fonte eólica, atingindo 7,1% de participação na matriz elétrica.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a recente formação da indústria de equipamentos de energia eólica no Brasil no que diz respeito à dimensão de criação de capacitação inovativa. Esse trabalho entende que a trajetória tecnológica da atividade de geração de energia eólica concentrou as principais inovações em torno dos aerogeradores, e, portanto, delimita o escopo de análise à fabricação desses equipamentos. O trabalho utiliza o referencial teórico Neo-Schumpeteriano, mais especificamente a abordagem de Sistema Nacional de Inovação.

A hipótese que se pretende demonstrar é que apesar do sucesso do setor quanto à estruturação da capacidade de produção, algumas características limitam a construção de capacitação inovativa local e, portanto, o desenvolvimento tecnológico.

A metodologia utilizada é a revisão bibliográfica da literatura conceitual, assim como de estudos de casos de energia eólica, além da análise descritiva de dados secundários para complementar os casos estudados.

O trabalho está estruturado em três capítulos. O Capítulo I apresenta as bases conceituais do estudo da inovação e é dividido em três seções. A primeira seção apresenta as noções iniciais de inovação desenvolvidas por Schumpeter. A segunda seção aborda a evolução do estudo da inovação até o advento do conceito Sistema Nacional de Inovação. A última seção do capítulo define o conceito de Sistema Nacional de Inovação. O Capítulo II descreve a atividade de geração de energia eólica de uma maneira geral, e é dividido em três seções. A primeira faz um panorama da atividade de geração no mundo. A segunda conceitua os principais agentes econômicos envolvidos na atividade. A terceira descreve a indústria de aerogeradores no mundo. O Capítulo III é um estudo da indústria de aerogeradores no Brasil e é dividido em seis seções. A primeira aborda a configuração atual da atividade eólica no Brasil, em termos da geração. A segunda descreve os elementos que compõe o SNI. A terceira explica as políticas que conformaram a indústria. A quarta descreve o subsistema de produção e inovação. A quinta discute os principais desafios do SNI e por fim, são feitas considerações finais sobre o capítulo.

CAPÍTULO I: BASES CONCEITUAIS DO ESTUDO DA INOVAÇÃO

I.1. Inovação para Schumpeter

Joseph Schumpeter é considerado o fundador da economia da inovação. De acordo com Freeman (2003), a ideia central de Schumpeter, mais relevante e aceita, é que a inovação é a fonte fundamental de competição, desenvolvimento econômico e transformação da sociedade. A competição por novos produtos, processos e organizações é mais devastadora, no sentido de provocar transformação, do que a competição não inovativa.

Schumpeter definiu inovação como novas combinações de recursos existentes a serem realizadas pelos empreendedores. O desenvolvimento econômico seria um processo de mudança qualitativa, orientada pela inovação, ocorrendo em um tempo histórico. Categorizou as inovações como a introdução de novos produtos, novos métodos de produção, novas fontes de oferta de matéria prima, exploração de novos mercados ou novas maneiras de organizar os negócios. (SHARIF, 2005)

Em *The Theory of Economic Development*, 1934, Schumpeter explica o papel dos empreendedores na dinâmica econômica. Empreendedores individuais introduzem inovações em busca de vantagens competitivas, e são acompanhados por imitadores, erodindo os lucros provenientes da onda de inovação original. Em *Socialism, Capitalism and Democracy*, 1942, os agentes inovadores são grandes empresas com seus laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Essas duas visões diferentes são denominadas Schumpeter Mark I e Schumpeter Mark II, respectivamente. As diferentes visões Mark I e Mark II se contrapõem a visão neoclássica de agentes representativos e destaca a heterogeneidade da capacidade de inovar dos agentes (LUNDVALL, 2008).

Nesse aspecto, entende-se que, embora não tenha sido o primeiro autor dentro da literatura econômica a destacar a importância da inovação, Schumpeter foi capaz de criar uma teoria que endogeniza a inovação na dinâmica do sistema capitalista. Posteriormente, outros autores da chamada corrente Neo-Schumpeteriana passaram a aprimorar o conceito e o entendimento do processo de inovação.

I.3. Origens do conceito de Sistema Nacional de Inovação

Uma das correntes que desenvolvem e aprimoram o conceito de inovação está relacionada aos autores ligados à abordagem de Sistema Nacional de Inovação (SNI).

De acordo com Sharif (2005), o conceito de SNI emergiu como a vertente dominante no campo de estudo da inovação. O estudo da inovação surgiu principalmente da economia. Entretanto, não surge da vertente ortodoxa da economia, com bases nos clássicos e neoclássicos. Surge de outra vertente a qual o principal argumento é que o conhecimento é o agente central da evolução humana, e tem como origens os pensadores Francis Bacon (século XVI), Antonio Serra (século XVII), Friedrich List (século XIX) e Joseph Schumpeter (século XX).

As ideias iniciais de SNI remontam a Friederich List (FREEMAN,1995 e LUNDEVALL, 2008). List estudou o surgimento da Alemanha como potência industrial e a necessidade de intervenção do governo para esse país alcançar os padrões de industrialização do Império Britânico. O autor defende uma série de políticas para aceleração da industrialização, com ênfase no aprendizado e uso de novas tecnologias. Reconhece a importância do capital intelectual, o caráter cumulativo do conhecimento, e a interdependência entre o investimento tangível e intangível. Ainda, relaciona os processos manufatureiros com instituições formais de ciência e educação. List discordava da doutrina liberal de Adam Smith e argumentava que a riqueza das nações era resultado da *“acumulação de todas as descobertas, invenções, melhorias, aperfeiçoamentos e esforços de todas as gerações que viveram antes de nós.”* (LIST apud FREEMAN, 1995, p. 6)

Schumpeter foi um grande pensador para a economia da inovação, de tal forma que Freeman (2003) discute o estudo da inovação moderna como a Renascença Schumpeteriana. Para o autor, esta é baseada nas ideias de Schumpeter: a centralidade da inovação na competição e a visão sobre o processo histórico de evolução das economias capitalistas, descrito como sucessivas revoluções industriais em torno de agrupamentos de inovações. A partir de Schumpeter, a inovação passou a ser objeto de estudo da economia.

Inicialmente, após a introdução das ideias de Schumpeter, o processo de inovação era estudado de forma linear e faseado em pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, produção e difusão. As fontes de inovação eram polarizadas entre Science Push – impulsionados pelo desenvolvimento científico - ou Demand Pull – motivados pela demanda por novas tecnologias. (CASSIOLATO e LASTRES, 2005)

A partir da década de 70, amplia-se o conceito e a inovação passa a ser vista como um processo de aprendizado não linear, cumulativo e específico da localidade e suas instituições. O Projeto Sappho (ROTHWELL et al., 1974, apud CASSIOLATO e LASTRES, 2005) identificou duas importantes características para o sucesso do processo de inovação: ligações com fontes de informação externas à firma e preocupação com as necessidades dos usuários e formações de redes. Outro trabalho relevante, na Yale Innovation Survey (KLEVORICK et al., 1995, apud CASSIOLATO e LASTRES, 2005) destacou a importância de acumulação de capacitações internas para possibilitar a interação com as fontes externas de conhecimento.

Na década de 80 o conceito alcançou a esfera da política pública, destacadamente com os trabalhos da OCDE. Reconheceu-se o caráter sistêmico da inovação e a importância de alguns determinantes mais amplos como: a interação entre sistemas de educação, instituições científicas, esforços de P&D e atividade produtiva; setores financeiros; organização do trabalho; e condicionantes macroeconômicos que representam políticas implícitas, principalmente em países menos desenvolvidos. Associa-se a essa ideia o surgimento de um paradigma tecnológico destacando o alto grau de incerteza que isso implica e, portanto, a necessidade de atuação governamental. (CASSIOLATO e LASTRES, 2005)

Ao final da década de 80 e início de 90, é introduzido o conceito de Sistema Nacional de Inovação. SNI é definido como o conjunto de agentes ou organizações que contribuem para a capacidade de aprendizado e inovação em um país, incluindo também como são as interações entre os diversos atores dentro de um contexto nacional de políticas e instituições. (CASSIOLATO e LASTRES, 2005)

Lundvall, em 1985, em *Product Innovation and User-producer Interaction*, utiliza o conceito de sistema de inovação, sem o adjetivo nacional. Na publicação, o autor estuda o paradoxo dinamarquês, que apresentava elevado crescimento econômico e baixo gasto

com P&D. O autor explica o paradoxo focando a atenção na interação entre usuários e produtores de inovação. Em 1992, no livro *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Lundvall explica com mais profundidade suas ideias anteriores. (SHARIF, 2005)

A primeira obra amplamente divulgada conceituando SNI é de Freeman, em 1987, *Technology, Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Na obra, o autor estuda um período onde o Japão e países asiáticos tinham rápido crescimento, enquanto Europa e Estados Unidos apresentavam sinais de estagnação. É introduzido o conceito de Sistema Nacional de Inovação em conjunto com a análise institucional para explicar a diferença de crescimento entre as nações. Anteriormente, entretanto, Freeman já havia escrito, em 1982, o artigo *Technological Infrastructure and International Competitiveness* utilizando o termo, que veio a ser publicado apenas em 2004 por desafiar o quadro analítico neoclássico da época. (SHARIF, 2005)

Em entrevista a Sharif (2005), Lundvall destaca que as duas maiores contribuições para a difusão do conceito foram “*Technical Change and Economic Theory*”, de Dosi et al, em 1988, e “*Technology and the Economy: The Key Relationships*” do Technology and Economy Programme (TEP) da OCDE, em 1992. O primeiro é um conjunto de críticas de economistas e não-economistas a maneira como a ortodoxia lida com a mudança tecnológica. Cada capítulo conclui que qualquer análise da mudança que ignora o papel fundamental da mudança tecnológica não pode ser válida. Já a publicação de 1992 ganhou notoriedade ao concluir principalmente que inovação é um processo interativo. Cabe destacar que o TEP foi formado em 1988 na OCDE para integrar a política de ciência e tecnologia com as políticas econômicas.

Sharif (2005) destaca o contexto no qual foi desenvolvido o conceito SNI. Intensificação da competição internacional entre empresas. Emergência do Japão como potência industrial de produtos na fronteira tecnológica. Competitividade cada vez mais relacionada a capacidade de aplicar novos conhecimentos aos produtos e processos. Desenvolvimentos técnicos ocorrendo em velocidade crescente. Tornou-se praticamente impossível para as empresas acompanhar em isolamento a produção e assimilação de conhecimento, tornando mais importante as fontes externas e formação de redes. Essas características do contexto moldaram as normas e valores da comunidade epistêmica que

originou o conceito, composta por fortes interconexões entre a academia e os propositores de políticas. Tais características se intensificaram nas últimas duas décadas de tal forma que a abordagem de SNI permanece atual e relevante para compreender os desafios da ciência econômica. A seção seguinte define o conceito de Sistema Nacional de Inovação.

I.4. Sistema Nacional de Inovação

Cassiolato e Lastres (2008, n.p.) definem SNI como:

“[...] a set of different institutions that contribute to the development of the innovation and learning capacity of a country, region, economic sector or locality, comprises a series of elements and relations that relate production, assimilation, use and diffusion of knowledge.”

Metcalf (1995), similarmente, define SNI como o conjunto de instituições que contribuem para o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias. Tais instituições atuam de forma interconectada para criar, armazenar e transferir o conhecimento. O autor destaca ainda que essa é a estrutura sobre a qual os governos elaboram suas políticas de inovação, e, portanto, a caracterização nacional do sistema decorre, dentre outras especificidades, do fato de as políticas públicas de desenvolvimento normalmente terem abrangência nacional.

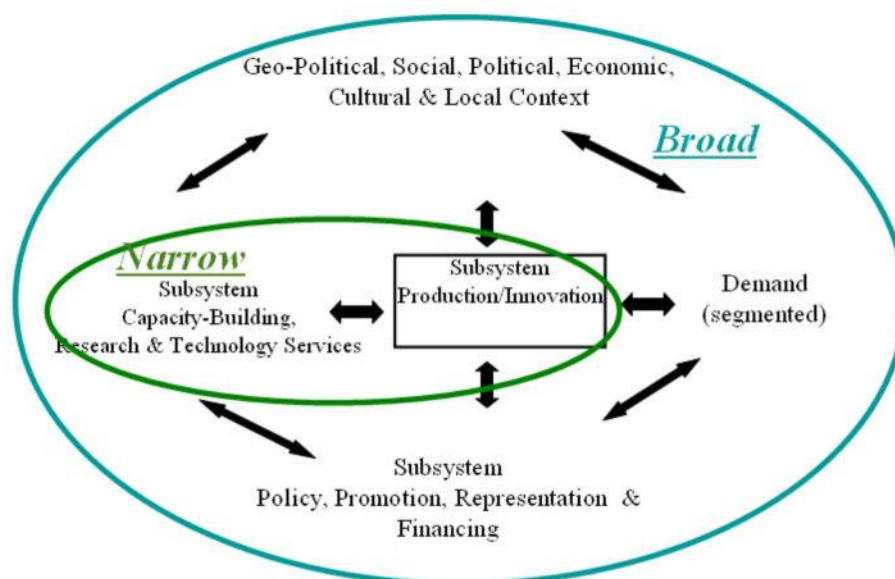
Vasconcellos (2015) explica que o conceito de sistema não está associado a uma estrutura projetada, e sim a um conjunto de elementos em constante evolução. O SNI, portanto, deve ser interpretado de maneira histórica, evolutiva, como uma construção social e que não envolve apenas as atividades associadas a produção industrial e o desenvolvimento científico.

Lundvall (1992) complementa que o SNI é composto não apenas pelos elementos (organizações e instituições), mas também pelas relações existentes entre eles. Lundvall et al. (2001) ressalta dois aspectos que devem ser considerados na análise do SNI: o que é produzido e como é produzido. Ainda, reforça a centralidade do conhecimento e da aprendizagem no processo de inovação resultante da interação dos elementos.

Szapiro (2005) diferencia os elementos constituintes do SNI entre organizações e instituições. Organizações são estruturas formais criadas com objetivos definidos, tais como as firmas, universidades, agências de regulação ou órgãos públicos. As instituições são as regras tácitas ou formais que afetam as relações entre as organizações, tais como hábitos, rotinas, condutas ou leis. Os formatos institucionais e organizacionais têm forte impacto nos processos de aprendizado, uma vez que condicionam as interações entre os agentes envolvidos no processo de inovação.

Cassiolato e Lastres (2008) defendem que, apesar de alguns autores insistirem na utilização do escopo restrito de SNI, a abordagem ampla é mais apropriada. A abordagem restrita avalia os esforços explícitos de inovação tal qual as atividades de P&D das firmas, o setor educacional, as atividades científicas e tecnológicas e as políticas de inovação, ciência e tecnologia. A abordagem ampla inclui diferentes e conectados subsistemas influenciados por vários aspectos tais como geopolítico, cultural, social, político, econômico, local, entre outros. A FIGURA 01 ilustra o SNI Amplo e Restrito.

FIGURA 01: SNI Amplo e Restrito



Fonte: CASSIOLATO e LASTRES (2008)

O subsistema de Produção e Inovação contempla a atividade econômica e sua estrutura, grau de informalidade, distribuição espacial, nível de emprego, e as estratégias empresariais de produção e inovação. O subsistema Capacitações, Pesquisa e Serviços Tecnológicos contempla o sistema educacional, esforços de pesquisa e desenvolvimento,

treinamento e capacitação, ciência e tecnologia, serviços de medição, certificação e consultoria, propriedade intelectual, entre outros. O subsistema Políticas e Financiamento contemplam as políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação (CTI), industrial e setorial - ditas explícitas - e as políticas macroeconômica, comercial, fiscal - ditas implícitas - além da regulação e formas de financiamento. Por fim, o objeto analítico Demanda inclui o padrão de distribuição de renda, estrutura de consumo, organização social, demanda pública, entre outras características que devem ser consideradas. (CASSIOLATO e LASTRES, 2008)

Esse esquema ilustrativo é a consolidação de avanços do estudo da inovação desde os anos 70 e deve ser acompanhado de diversos conceitos e visões acerca do processo de inovação. Cassiolato e Lastres (2008) destaca cinco. Primeiro, a necessidade de um quadro analítico amplo que avalie o contexto econômico, social, político, institucional e cultural que impactam a capacidade de inovar. Segundo, a importância dos hábitos em relação a aprendizagem, formação de redes e investimentos dos agentes do SNI, e não apenas da quantidade de agentes existentes. Terceiro, a dificuldade de transferência de conhecimento visto que esse quase sempre esse tem forte componente tácito e está incorporado nas mentes e corpos das pessoas ou nas rotinas das firmas. Quarto, o foco no aprendizado interativo e a natureza local da geração, assimilação e difusão da inovação em contraposição a ideia da globalização do conhecimento. Por último, a delimitação nacional do quadro visto que as trajetórias de desenvolvimento dos países contribuem fortemente para a formatação de seus SNI.

De acordo com Szapiro (2005), é esperado haver uma grande diferenciação entre os SNI. Os arranjos organizacionais e institucionais variam bastante entre países e ao longo do tempo, ou seja, o SNI apresenta uma dimensão *path-dependent*. Sendo assim, não é possível definir um sistema de inovação ideal. Cassiolato e Lastres (2008) compartilham a mesma visão e explicam que diferentes trajetórias de desenvolvimento contribuem para moldar diferentes sistemas de inovação que necessitam de políticas públicas específicas. No mesmo sentido, Sharif (2005) destaca que alguns teóricos são contra a tentativa de uma teorização mais rigorosa do conceito de SNI em busca de um modelo ideal, uma vez que a sua utilidade reside justamente na flexibilidade de incorporar um amplo conjunto de variáveis específicas da localidade sob análise.

Em suma, esse trabalho entende que três características centrais delimitam o conceito de SNI. Primeiro, o processo de inovação deve ser sistêmico, no sentido de que os agentes não inovam sozinho, e sim na interação e busca por fontes externas de conhecimento e aprendizado. Segundo, é amplo, entendendo que não apenas a produção industrial e científica é importante para o processo de inovação, mas também características amplas que influenciam a interação dos agentes tais como aspectos culturais, leis e regulações, contexto político, meios de financiamento, entre outros. Terceiro, é específico, ou seja, delimitado pelas características e trajetória de um território ou setor, no qual a abordagem convencional é a delimitação nacional para avaliação de políticas públicas.

CAPITULO II: ENERGIA EÓLICA NO CONTEXTO INTERNACIONAL

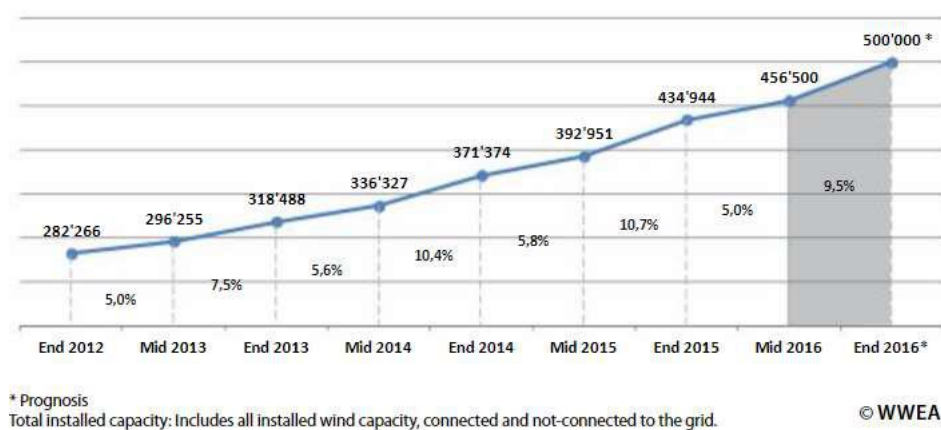
II.1. Energia Eólica no Mundo

A utilização da força dos ventos pelo homem não é uma novidade. Os moinhos de vento e as embarcações fazem parte do imaginário das narrativas há séculos. Entretanto, de acordo com Melo (2013), a utilização dos ventos para geração de energia elétrica é um processo de elevada complexidade tecnológica e encontra-se em pleno desenvolvimento.

De acordo com Melo (2012), o princípio básico da energia eólica consiste na conversão da energia cinética contida nos ventos em energia mecânica rotacional nas pás da turbina eólica, ou aerogerador, que pode ser convertida em energia elétrica. Apesar de tentativas de desenvolver um gerador eólico a partir do final do século XIX, somente em 1976 foi instalada a primeira turbina eólica comercial ligada a rede elétrica pública, na Dinamarca. O progresso técnico e a crescente necessidade de energia renovável proporcionaram um intenso crescimento da fonte no mundo nos últimos anos.

Em 2001 a capacidade mundial instalada era de 24GW (MELO, 2012), enquanto que na metade de 2016 atingiu os 456GW (WWEA, 2016), como mostra a FIGURA 02.

FIGURA 02 – Evolução da capacidade instalada mundial



Fonte: WWEA, 2016

O crescimento da capacidade instalada mundial foi acompanhado de mudanças tecnológicas significativas. A transformação mais evidente na tecnologia nas últimas três décadas está relacionada ao tamanho dos equipamentos. Em meados da década de 80, a capacidade média de um aerogerador era de 150kw, com rotor (componente localizado

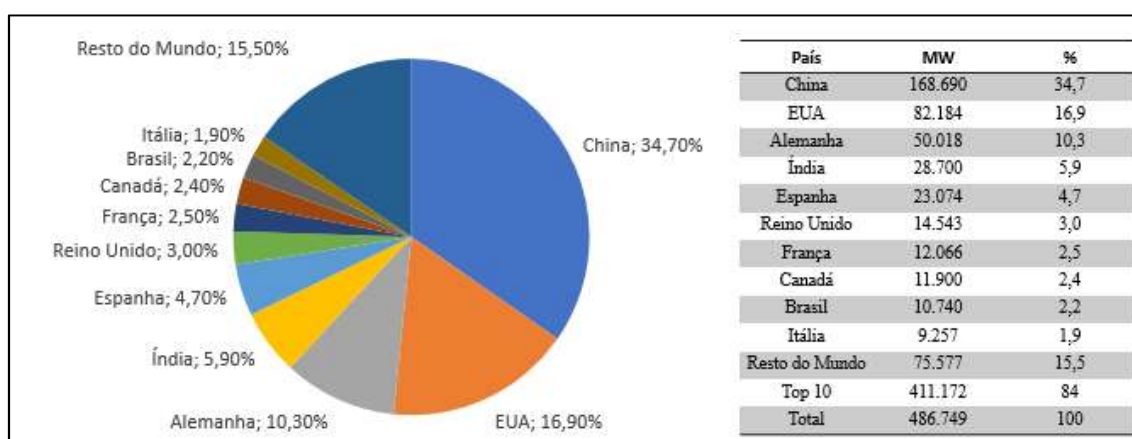
no topo do aerogerador no qual são acopladas as pás) de 15 metros de diâmetro. Em 2010, as turbinas eólicas em terra firme (*onshore*) chegaram a 3MW, com até 100 metros de diâmetro do rotor, e turbinas eólicas as em alto mar (*offshore*) alcançaram 5MW. Esses avanços no tamanho foram fundamentais para permitir economias de escala, visto que alguns custos não variam muito com o tamanho do equipamento, tal como os sistemas de controle, e a infraestrutura dos parques (estradas, fundações, cabeamento). (CAMILLO, 2013)

O crescimento da capacidade instalada mundial de quase vinte vezes em quinze anos não é resultado espontâneo do mercado. A atuação dos Estados a partir de políticas industriais e de inovação tem sido central para o desenvolvimento da energia eólica nos principais países produtores, tais como Dinamarca¹, Estados Unidos, Alemanha, Espanha, Índia e China. Na década de 1970 e 1980, a ênfase das políticas foi o desenvolvimento tecnológico. Na década de 1990, políticas energéticas e de garantia de demanda foram implementadas. Nas últimas décadas, incentivou-se o desenvolvimento da indústria de equipamentos. (PODCAMENI, 2014)

Em 2016, os 10 países com maior capacidade instalada acumulada totalizaram 84% da capacidade mundial (411 GW do total de 486GW). A China lidera com 34,7% (168GW) da capacidade, seguida de EUA (16,9%, 82GW) e Alemanha (10,3%, 50GW). O Brasil ultrapassou a marca de 10 GW, o equivalente ao abastecimento de 52 milhões de brasileiros, garantindo a 9ª posição no mundo, com 2,2% da capacidade mundial. A distribuição da capacidade instalada por país pode ser vista na FIGURA 03. (ABEOLICA, 2016)

¹ A Dinamarca é considerada importante pois é um país pioneiro, possui elevada inserção da fonte da matriz elétrica e originou a segunda maior fabricante de aerogeradores do mundo, a Vestas.

FIGURA 03 – Capacidade Instalada por país (2016)



Fonte: ABEOLICA (2016)

De acordo com Camillo (2013), a liderança da geração de energia eólica é historicamente de países europeus como Dinamarca, Alemanha e Espanha, e dos Estados Unidos. Esses países foram superados a partir de 2010 pela China. Para a autora, o crescimento acelerado da fonte é resultado da evolução tecnológica das últimas décadas e da consolidação da indústria no mundo fortemente estimulada por políticas de desenvolvimento.

A crise financeira internacional de 2008 teve impacto importante na indústria de energia eólica no mundo. Os investimentos em energia eólica na Europa e nos Estados Unidos praticamente acabaram. Com os estoques cheios, os fabricantes europeus e norte-americanos buscaram os mercados em desenvolvimento, como o Brasil. A China seria um destino natural, dada a elevadíssima demanda, entretanto, esse mercado é suprido essencialmente por fornecedores locais. (MELO, 2013; CGEE, 2012)

Dos 10 países de maior capacidade instalada, os que mais contribuíram para capacidade adicionada em 2016 são China (10GW), Alemanha (2,4GW), Índia (2,4GW) e Brasil (1GW) e EUA (0,8GW). Os EUA, apresentaram um ano de redução da capacidade adicionada, mas possui 12,5GW em construção. A França e a Itália, em menor escala, parecem continuar a investir na fonte eólica. Reino Unido e Canada estão em retração dos investimentos. A Espanha está sem adicionar capacidade desde 2013. (WWEA, 2016)

FIGURA 04 – Evolução da capacidade adicionada por país

Position	Country/Region	Total capacity June 2016 [MW]	Added capacity H1 2016 [MW]	Total capacity end 2015 [MW]	Added capacity H1 2015 [MW]	Total capacity end 2014 [MW]	Added capacity H1 2014 [MW]	Total capacity end 2013 [MW]
1	China	158'000	10'000	148'000	10'101	114'763	7'175	91'324
2	United States	74'696	830	73'867	1'994	65'754	835	61'108
3	Germany	47'420	2'389	45'192	1'991	40'468	1'830	34'660
4	India	27'151	2'392	24'759	1'297	22'465	1'112	20'150
5	Spain	22'987	-	22'987	-	22'987	-	22'959
6	United Kingdom	13'940	320	13'614	872	12'440	649	10'711
7	Canada	11'298	109	11'205	510	9'694	723	7'698
8	France	10'861	568	10'293	523	9'296	338	8'254
9	Brazil	9'810	1'095	8'715	838	5'962	1'301	3'466
10	Italy	9'101	143	8'958	124	8'663	30	8'551

Fonte: WWEA (2016)

Em suma, o setor apresentou crescimento continuado nos últimos quinze anos devido a políticas nacionais de desenvolvimento. Esse crescimento foi inicialmente liderado por alguns países europeus e EUA. Alguns países europeus, entretanto, estão apresentando baixo crescimento da fonte. De acordo com WWEA (2016), o Brasil pode assumir a 6ª posição antes de 2018, ultrapassando Reino Unido, Canadá e França. A nova configuração indica que os mercados mais importantes para novas turbinas serão China, Alemanha, Índia, Brasil e EUA.

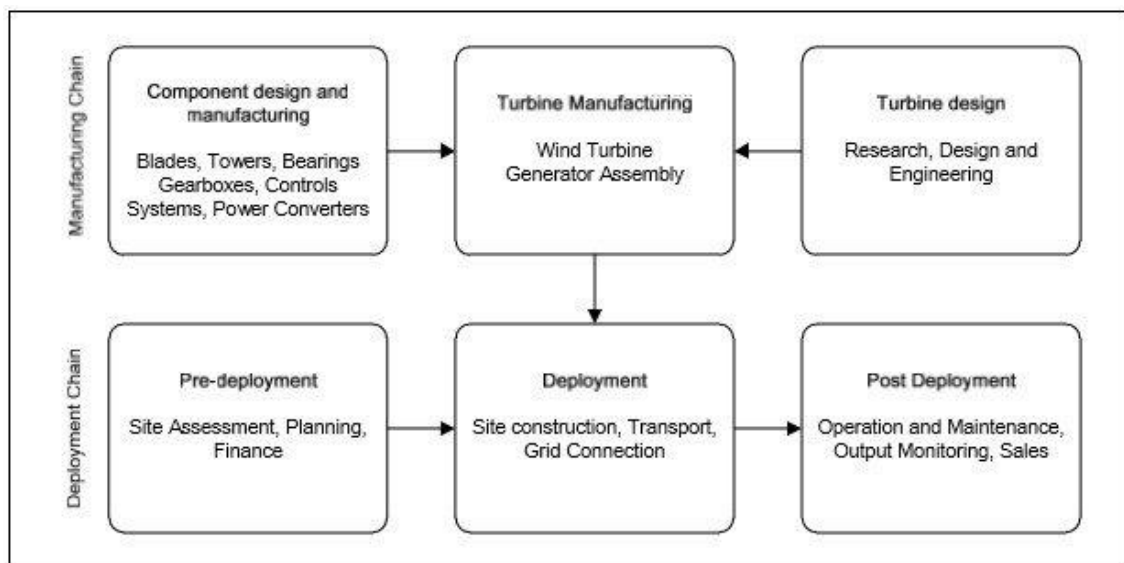
II.2. Principais Atores Econômicos na Geração Eólica

As principais atividades do setor elétrico podem ser divididas em Geração, Transmissão e Distribuição. A Geração envolve as usinas geradoras de energia, das mais variadas fontes e tecnologias. A Transmissão envolve as linhas de alta tensão e a complexa rede de capital responsável por levar a energia das usinas para os centros consumidores. A Distribuição é responsável pela comercialização e entrega do serviço de energia para o consumidor final. Nesse trabalho, estamos delimitando o escopo na atividade de Geração de fonte eólica.

Os atores da indústria de geração de energia eólica podem ser categorizados em três grandes grupos: aqueles que fabricam os equipamentos (turbinas e componentes), aqueles que planejam, constroem e mantêm os parques (empresas de planejamento, construção, consultoria, design, etc.) e aqueles que produzem energia e investem (lidam diretamente com os mercados de energia elétrica). (CAMILLO, 2013)

Lema et al (2011) descreve a cadeia de valor com duas frentes: a cadeia de fornecimento e a cadeia de implementação. A primeira, consiste das atividades relacionadas a fabricação do aerogerador, enquanto que a segunda consiste das atividades relacionadas à implementação de parques eólicos. Entretanto, ressalta que não existe uma divisão rígida das cadeias, de tal forma que empresas da cadeia de fornecimento podem exercer atividades de implementação, assim como empresas da cadeia de implantação podem ter poder de influenciar as relações na cadeia de fornecimento.

FIGURA 05 – Fornecimento vs Implementação



FONTE: LEMA et al, 2011

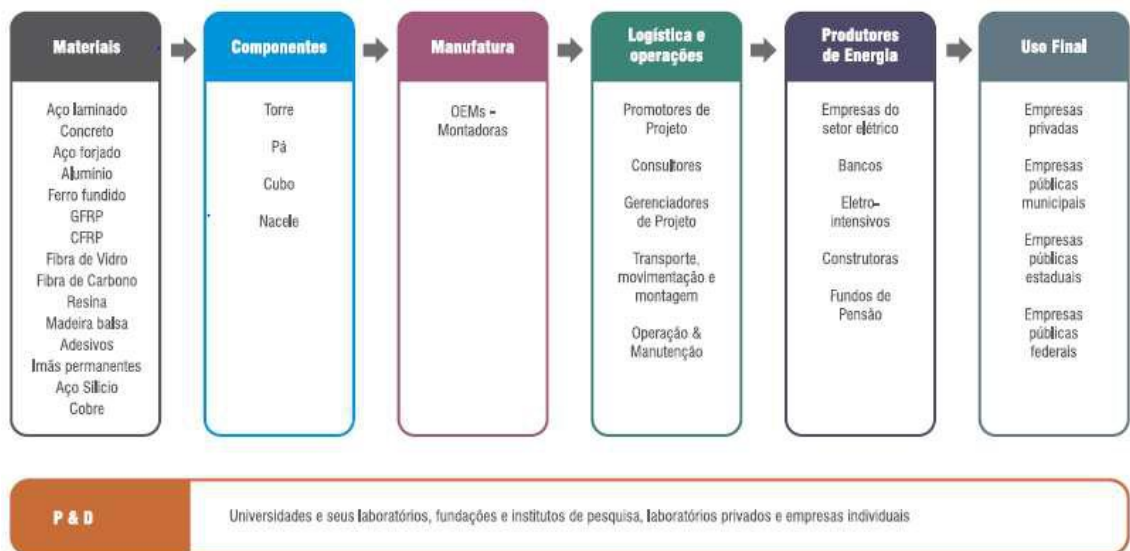
Os sistemas eólicos são intensivos em capital. Os equipamentos constituem de 65% a 84% do custo total dos projetos em terra. A construção dura em torno de dois anos, os quais exigem cerca de 80% do capital a ser investido. Os custos de operação, em contrapartida, são completamente previsíveis. Sendo assim, a participação das fabricantes de turbinas eólica nas atividades de construção e operação dos parques foi um movimento natural que viabilizou o financiamento dos altos investimentos, colocando essas empresas na liderança da atividade. (CAMILLO, 2013)

Essa tendência começou a mudar a partir dos anos 2000, principalmente em países onde a Cadeia de Implementação conseguiu avançar no mesmo passo da Cadeia de Fornecimento. Atualmente, a liderança da indústria de energia eólica é dividida entre as fabricantes de turbinas, que comandam a Cadeia de Fornecimento, e as concessionárias de energia e grupos de investimentos, que comandam a Cadeia de Implementação. Essa

nova dinâmica, com a participação de grandes empresas do setor elétrico, permitiu colocar a energia eólica como opção real de geração de energia. (CAMILLO, 2013)

ABDI (2014) fez um amplo mapeamento da cadeia produtiva da atividade de geração eólica. Como mostra a FIGURA 06, existem diversas etapas na cadeia produtiva de energia eólica: fornecedores de materiais tais como aço, concreto, fibras, resinas, adesivos, imãs, entre outros; fabricantes de componentes (Torre, Pá, Cubo e Nacele) e as montadoras; atividades de logística e operações; produtores de energia, que lidam diretamente com o setor elétrico; e por fim, o consumidor final. Em analogia com a definição de Lema et al (2011), os fabricantes de componentes e as montadoras integram a Cadeia de Fornecimento, enquanto que as atividades de logística e operações e os produtores de energia integram a Cadeia de Implementação.

FIGURA 06 – Cadeia produtiva de energia eólica



Fonte: ABDI, 2014

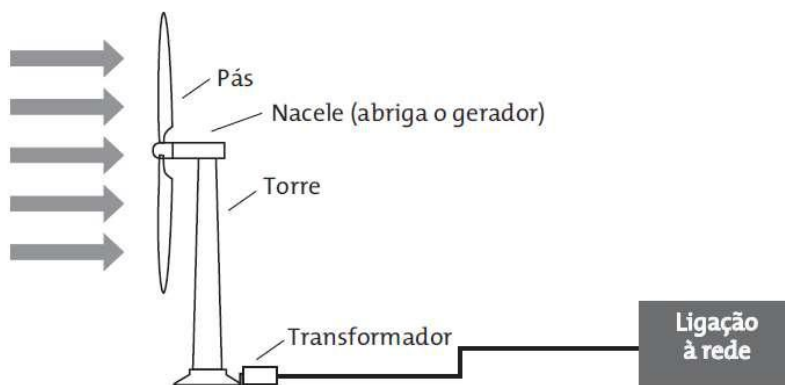
Este trabalho compreende que a trajetória tecnológica da atividade de geração de energia eólica concentrou as principais inovações em torno dos aerogeradores. Sendo assim, delimita a atenção à Cadeia de Fornecimento, na qual as montadoras, ou fabricantes de turbinas, lideram a atividade produtiva. A próxima seção explica a Cadeia de Fornecimento e descreve a dinâmica da competição internacional dessa atividade.

II.3. Indústria de Aerogeradores

As turbinas eólicas, ou aerogeradores, constituem o principal equipamento e custo de capital de uma usina eólica. As turbinas podem ser de arraste ou de sustentação. As turbinas de sustentação utilizam o conceito de aerofólio para criar um diferencial de pressão entre as superfícies da pá gerar força de sustentação. As turbinas utilizadas ao redor do mundo para o aproveitamento da energia eólica são de sustentação, com eixo horizontal, com três pás, e com posição do rotor *upwind* (o vento atinge primeiro o rotor e depois a torre). (MELO, 2012)

O aerogerador é composto, simplificada, por uma torre, um conjunto de pás acopladas ao rotor e uma nacela que abriga equipamentos como o gerador elétrico, caixa multiplicadora (quando aplicável), e dispositivos de medição e controle. Os aerogeradores podem ser classificados quanto ao tamanho: pequeno (abaixo de 10kW), médio (10kW a 250 kW) e grande (acima de 250kW). (BNDES, 2013)

FIGURA 07 – Aerogerador



Fonte: BNDES, 2013

As empresas que projetam e montam os aerogeradores são chamadas OEMs (*original equipment manufactures*), ou montadoras. Elas podem ser integradas verticalmente ou não. OEMs integradas produzem todos os componentes do aerogerador. Empresas não integradas subcontratam alguns componentes e representam a prática mais comum no mercado. A subcontratação de componentes permite redução de custos logísticos ao produzir as pás e torres mais próximas ao parque eólico. (ABDI, 2014).

São as OEMs que detêm a tecnologia associada a geração de energia eólica, sendo responsáveis pelo desenvolvimento de novas tecnologias, pelo desempenho do aerogerador e pela escolha dos fornecedores de pás e torres. (BNDES, 2013).

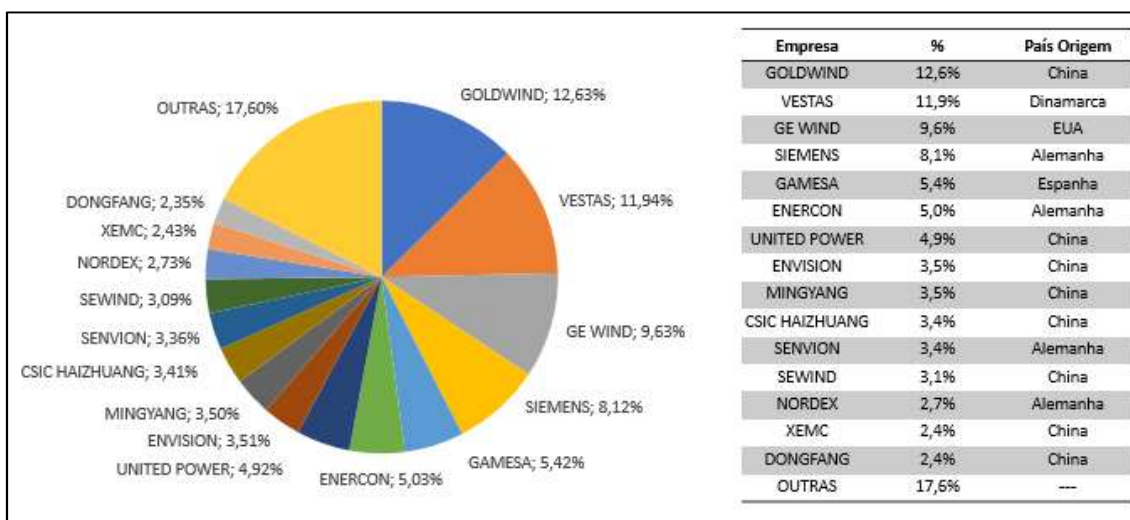
As pás precisam ser leves para não comprometer a estabilidade estrutural do aerogerador. A produção de pás apresenta um sofisticado design e uso intensivo de mão-de-obra, devido às aplicações sucessivas de resina, fibra de vidro e tecidos, mais polimento e pintura. A proporção entre OEMs que fabricam as próprias pás e aquelas que subcontratam é aproximadamente a mesma. (CGEE, 2012).

De acordo com ABDI (2014), as torres podem ser cônicas ou treliçadas, de concreto ou aço. Torres cônicas de aço atingem 200 toneladas e as de concreto podem atingir 850 toneladas. Os componentes estruturais de uma torre representam 90% do custo de material, portanto, a fabricação é uma atividade intensiva de recursos naturais. Para CGEE (2012), em comparação com os demais segmentos, esse é o elo tecnologicamente menos sofisticado e, em função disso, apresenta a estrutura de oferta menos concentrada. A maioria das OEMs contratam fornecedores locais desse componente.

A nacela abriga um elevado número de componentes, dos quais alguns possuem elevado conteúdo tecnológico, como os geradores e sistemas de controle, que apresentam mercado mais concentrado, e outros mais difundidos como transformadores, com mercados menos concentrados. Não é possível generalizar o grau de verticalização das OEMs para os componentes da nacela, mas os sistemas de controles costumam ser produzidos pelas próprias OEMs. (PODCAMENI, 2014)

De acordo com relatório da consultoria FTI, *Demand & Supply 2015 Report*, no ano de 2015 as OEMs chinesas lideraram o fornecimento de aerogeradores para os 63GW instalados nesse ano. A participação de mercado por empresa e nacionalidade pode ser observado na FIGURA 08. O resultado não é uma surpresa, visto que o país lidera também o ranking de novas instalações. Ainda, de acordo com o relatório, se desconsiderar o mercado chinês, os cinco principais fabricantes (Vestas, GE Wind, Siemens, Gamesa e Enercon) são responsáveis por 76% do mercado mundial.

FIGURA 08 – Market Share Mundial - OEMs



Fonte: Elaboração própria com base em FTI (2016)

Podcameni (2014) destaca quatro aspectos centrais que caracterizam as OEMs. Primeiro, que o mercado é um oligopólio. Segundo, que as firmas dominantes nesse mercado são resultado de estratégias de desenvolvimento do Estado, e não do livre mercado. Terceiro, que os mercados domésticos têm papel fundamental na consolidação e expansão das OEMs. E por fim, que as OEMs são empresas de grande porte e atuação global.

Das quinze maiores OEMs do mundo, oito são chinesas. Com relação a China, é relevante destacar comentários sobre a dinâmica industrial. De acordo com Camillo (2013), as OEMs chinesas representam a emergência de um novo modelo de organização industrial que tem causado o acirramento da competição internacional e forçando mudanças nas estratégias das OEMs tradicionais. O modelo chinês se baseia na padronização de componentes e desintegração vertical da cadeia produtiva. Desta forma, adquire-se flexibilidade e ganhos externos de escala. O modelo chinês tem sido um sucesso na redução de custos dos equipamentos e está fortemente associado estratégia do país de desenvolvimento da indústria através do investimento público e capacitação de fornecedores locais.

De acordo com BNDES (2013), o crescimento das fabricantes chinesas tem impactado de forma significativa o mercado, colocando algumas empresas tradicionais em dificuldades financeiras. Camillo (2013) atribui essa mudança ao enfraquecimento do mercado europeu e à perda de espaço das europeias no mercado chinês, que obteve

sucesso na implementação de uma indústria de fornecedores locais. Esse cenário tem forçado as montadoras tradicionais a reduzir custos através de melhoramentos de design e do emprego de fornecedores locais nos novos mercados, como o Brasil.

Esse trabalho reconhece que a formação da indústria do Brasil é resultado da confluência de fatores internos e externos. A mudança da dinâmica internacional de competição explicada neste capítulo é o principal fator externo. Os fatores internos tais como a política energética e de financiamento serão melhor explicados no próximo capítulo.

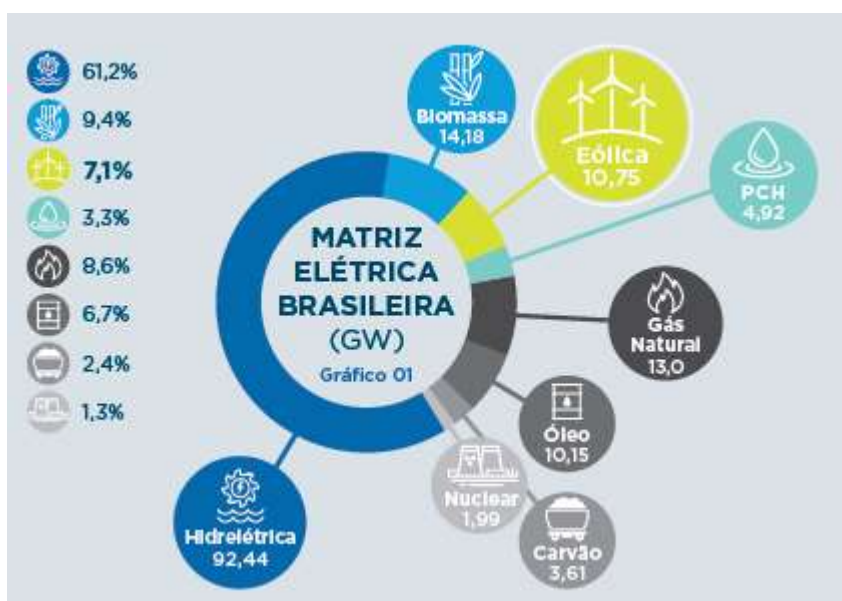
CAPITULO III: A INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS NO BRASIL

O presente capítulo tem o objetivo de apresentar a formação da indústria de aerogeradores sob a ótica do Sistema Nacional de Inovação e apontar os desafios que o setor enfrenta. Está dividido em seis seções. A primeira aborda a evolução da energia eólica na matriz elétrica brasileira. A segunda apresenta o Sistema Nacional de Inovação. A terceira aborda as principais políticas que formataram a indústria. A quarta descreve a configuração atual da indústria. A quinta seção aborda os desafios do SNI. Por fim, são feitas considerações finais sobre o capítulo.

III.1. Energia Eólica no Brasil

De acordo com a ABEOLICA (2016), o Brasil possui alguns dos melhores ventos do mundo. O potencial eólico chega a 500GW. O fator de capacidade médio, relação entre energia gerada e potencial de geração, está acima da média mundial, 40,7% em 2016. A capacidade instalada passa de 10GW, o equivalente ao suprimento de 52 milhões de habitantes e 17,8 milhões de toneladas de emissões de CO2 evitadas. Ao final de 2016, como pode ser visto na FIGURA 09, a tecnologia atingiu 7,1% da capacidade instalada na matriz elétrica.

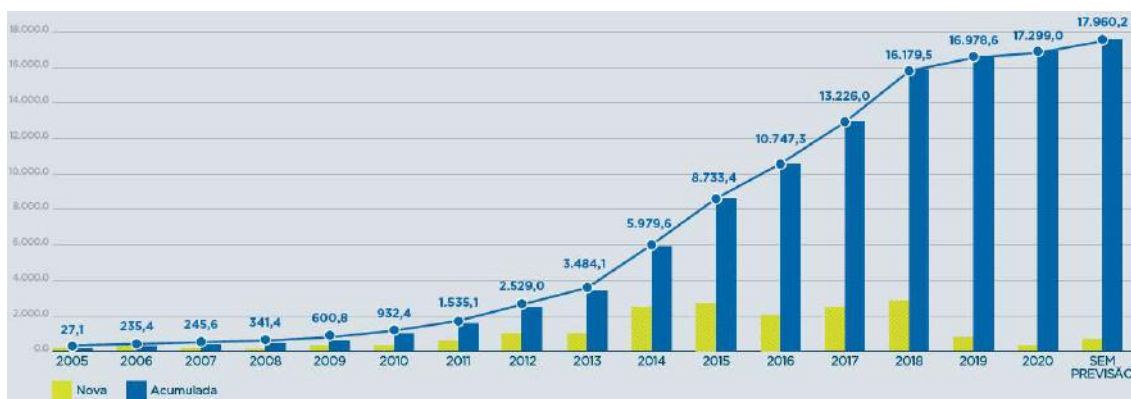
FIGURA 09 – Matriz Elétrica Brasileira – Capacidade Instalada



Fonte: ABEOLICA, 2016

A primeira usina eólica do Brasil foi instalada em Fernando de Noronha (PE), com capacidade de 225kw, em 1992. Durante os dez anos seguintes pouco avançou devido ao alto custo da tecnologia. Em 2001, o governo tentou estimular a fonte com o programa PROEÓLICA, mas fracassou e foi substituído pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, PROINFA. Esse programa contratou 1,4GW e abriu caminho para fixação da indústria de equipamentos no país. A partir de 2009 a contratação de energia eólica ocorreu através de leilões de energia do mercado regulado. Além da energia contratada no Mercado Regulado (PROINFA e leilões) a fonte também tem atuação em menor escala no Mercado Livre e na geração distribuída. A FIGURA 10 mostra a evolução da capacidade instalada total ano a ano.

FIGURA 10 – Evolução da Capacidade Instalada de Energia Eólica no Brasil



Fonte: ABEOLICA, 2016

De acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL (on-line), em junho de 2017 a energia eólica representa 6,88% da potência fiscalizada em operação, 33,01% da potência em construção iniciada, e 29,43% da potência em construção não iniciada. Isso mostra o aprofundamento da fonte na matriz elétrica brasileira.

De acordo com CGEE (2012), o Brasil conta com ventos adequados ao aproveitamento energético, com direção e velocidade relativamente constantes e com elevado potencial de expansão, principalmente no Nordeste, região historicamente marcado por carências sociais e econômicas. Apesar das críticas quanto confiabilidade da fonte eólica, a base hídrica constituída no país é um elemento indutor da inserção da geração eólica, pois pode ser utilizada para regularizar o suprimento de energia e mitigar a intermitência da fonte eólica.

De acordo com Melo (2013), ao atingir o patamar de R\$100,00 /MWh, a eólica se firmou como a segunda fonte mais competitiva do país, se colocando como importante substituta das termelétricas. A trajetória tecnológica, com aumento na altura dos aerogeradores e do diâmetro dos rotores, a qualidade dos ventos brasileiros, as atrativas condições dos leilões do mercado regulado e as condições de financiamento dos parques eólicos são fatores que dentro da conjuntura internacional de crise econômica, contribuíram para a formação do setor no Brasil e redução dos preços da energia eólica. O MW instalado do PROINFA custou R\$6 milhões, e foi reduzido para R\$3,5 milhões em 2013. (MELO, 2013).

III.2. O Sistema Nacional de Inovação e Energia Eólica

Como foi apresentado no Capítulo I, o Sistema Nacional de Inovação é o conjunto de organizações e instituições de um país que contribuem para a capacidade de aprendizado e inovação do país. Analiticamente, o SNI pode ser subdividido em subsistemas que interagem entre si no processo de produção, assimilação e difusão do conhecimento. Esta seção pretende apresentar alguns componentes que conformam o SNI que são mais relevantes para a energia eólica.

Podcameni (2014) estuda do desenvolvimento da energia eólica no Brasil e avalia o Sistema Nacional de Inovação. O compilado dos principais elementos do SNI que moldaram a atividade de geração eólica está disposto na FIGURA 12.

FIGURA 12 – Sistema Nacional de Inovação de Energia Eólica



Fonte: Elaboração Própria com base em PODCAMENI (2014)

As políticas públicas mais relevantes para a energia eólica que compõem o Subsistema de Políticas Públicas podem ser divididas em política de CT&I, política de mercado e política industrial. Como será explicado melhor na seção III.3, as políticas públicas moldaram as principais características da indústria e do SNI.

O subsistema de Produção e Inovação inclui as empresas instaladas no país que compõem a cadeia de fornecimento de aerogeradores, montadoras e fornecedoras dos principais componentes do aerogerador. O Subsistema de Ciência e Tecnologia é composto pela estrutura científica e de pesquisa das universidades no Brasil. Ainda, outros elementos conformam o SNI como Sistema Tributário, Planejamento Energético, Infraestrutura e logística, Preço do Aço e Renúncias Fiscais Descoordenadas.

É notável a grande amplitude do Sistema Nacional de Inovação. Cada elemento citado acima tem potencial para extensas investigações. Entretanto, o objetivo desse trabalho é explicar a formação da indústria de aerogeradores no Brasil. Para tal, reconhece a forte interconexão entre as políticas públicas e o desenvolvimento da indústria e, portanto, o enfoque das seções seguintes será nos subsistemas de política e de produção.

III.3. O Subsistema de Políticas Públicas

As políticas que compõem o subsistema de políticas podem ser divididas em três grupos: política mercado, política industrial e política de CT&I. A política de mercado está relacionada ao ambiente regulatório do setor elétrico e aos modelos de contratação de energia eólica. Mais especificamente, será explicado o papel do PROINFA e dos Leilões de Energia. A política industrial tem o objetivo de desenvolver a indústria de aerogeradores, e o principal mecanismo é o financiamento via BNDES com requisito de Índice de Nacionalização. As políticas de CT&I tem o objetivo de promover o desenvolvimento tecnológico nacional e os principais mecanismos são o financiamento de P&D através da Subvenção Econômica, do Fundo Setorial e do P&D da Aneel.

A primeira política de mercado efetiva no fomento da energia eólica foi o PROINFA. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) foi lançado em 2004 com o objetivo de aumentar a participação de eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH). O programa foi dividido em duas fases. A primeira fase tinha o objetivo de adicionar 3.300 MW de capacidade instalada igualmente

distribuído entre as três fontes. A segunda fase tinha meta de atingir 10% da matriz elétrica com essas fontes até 2026. O programa tinha como incentivos os seguintes instrumentos: estabelecimento de tarifa-prêmio (feed-in); estabelecimento de cotas de contratação; contratos de venda de energia de longo prazo com a Eletrobras e financiamento favorável através do BNDES. Como resultado da primeira fase, foram instalados no país 1423 MW de potência de energia eólica. Entretanto, a construção dos empreendimentos não ocorreu dentro dos prazos e a segunda etapa do programa nunca ocorreu. (CAMILLO, 2013)

De acordo com ABDI (2012), o PROINFA contribuiu para a formação da indústria de equipamentos de energia eólica ao sinalizar para mercado que a política energética buscava incentivar a adoção da fonte eólica, ao incrementar a escala de produção das empresas já instaladas, ao incentivar a atração de novos fabricantes e ao melhorar as condições de financiamento de projetos junto ao BNDES.

Sem a segunda fase do PROINFA, e com o novo marco regulatório do setor elétrico, a expansão da energia eólica poderia ocorrer no Ambiente de Comercialização Regulada (ACR) ou no Ambiente de Comercialização Livre (ACL). No ACR, os contratos de compra e venda de energia são celebrados entre geradores vencedores dos leilões de energia e as concessionárias. No ACL ocorrem acordos de forma livre. Os leilões de energia se tornaram o principal meio de contratação de energia eólica. Os leilões fazem parte da organização do setor elétrico, cujo objetivo é a modicidade tarifária e a garantia do suprimento.

Os leilões podem ser de energia nova, existente ou reserva. Para contratação de energia nova, os contratos dos leilões A-3 e A-5 tem duração entre 15 e 30 anos, com início de suprimento entre 3 e 5 anos, respectivamente. Os leilões A-1 visam contratar energia existente, substituindo contratos que estão por vencer, com início de suprimento em 1 ano e duração de 5 a 15 anos. O Leilão de Energia Reserva (LER) tem prazo de 20 anos e visam garantir a continuidade do suprimento. Por fim, os Leilões de Fontes Alternativas (LFAs) são um mecanismo de incentivo a fontes alternativas. Eles podem ser do tipo A-1, A-5 ou LER, concorrem apenas fontes alternativas e o preço teto é calculado com base nas características técnicas das fontes alternativas.

O primeiro LFA foi realizado em 2007, no qual nenhum projeto eólico foi contratado. De acordo com Camillo (2013), o resultado levanta a incoerência do mecanismo de criação de mercado com o contexto da indústria no Brasil e no mundo. No Brasil, as outras fontes alternativas eram mais competitivas. No mundo, o mercado estava aquecido e o preço das turbinas subindo, de modo que a importação de equipamentos era cara e as empresas multinacionais estavam focadas nos mercados líderes.

No final de 2009, o 2º Leilão de Energia Reserva (LER) foi realizado exclusivamente para a fonte eólica e contratou 1,8GW, sinalizando a possibilidade de novos leilões no futuro. Em 2010 o 3º LER e o Leilão de Fontes Alternativas (LFA) contrataram 2GW. Nesses leilões, a eólica competiu com outras fontes e demonstrou sua competitividade de preço. Em 2011 mais três leilões contrataram 2,9GW. Em 2012 houve uma retração e se contratou apenas 0,3GW. Em 2013 foi celebrado o recorde de contratação de 4,7GW. Por último, em 2015 foram contratados 1,2 GW. (ABEOLICA, online)

Para Camillo (2013), a política brasileira de expansão de energia eólica através de leilões funcionou apenas quando a conjuntura internacional permitiu. Ou seja, não foi a política que se adaptou ao estágio de desenvolvimento da indústria local, mas foi a conjuntura que permitiu o sucesso da política. A crise econômica mundial reduziu a demanda por energia eólica nos países líderes, reduzindo os preços dos aerogeradores entre 2008 e 2010. Ainda, o avanço tecnológico que propiciou a utilização de aerogeradores maiores, as linhas de financiamento do BNDES que reduziram o custo de capital e a valorização do real possibilitaram a redução dos custos de energia eólica no Brasil. Com isso, a fonte passou a ser mais competitiva e ganhar os leilões de energia.

Para o amadurecimento do setor, foi necessário além das políticas de mercado, a estruturação da cadeia de fornecimento de aerogeradores capaz de suprir a crescente demanda do setor. Um importante instrumento na estratégia para atrair fabricantes para o Brasil foi o Índice de Nacionalização (IN). Esse requisito de utilização mínima de equipamentos fabricados no Brasil nos projetos de geração eólica foi implementado no PROINFA, mas sem sucesso, o que levou a seu abandono para não comprometer o programa. Em 2009 ele retorna como requisito para financiamento a taxas preferenciais junto ao BNDES. O Banco do Nordeste (BNB) também utilizou linhas de crédito com

IN, porém foram extintas visando a padronização nacional dos incentivos a energia eólica. O IN era calculado com base no valor dos componentes fabricados no país e no valor total do aerogerador. Para obter o benefício, era necessário 60% do IN.

De acordo com Podcameni (2014), as OEMs instaladas no Brasil declararam que o IN foi importante para a decisão de investimento externo direto no país, entretanto isso só foi possível devido a expectativa de mercado doméstico sinalizada com os leilões e a retração dos mercados internacionais. Entretanto, em relação a processos de transferência tecnológica e fortalecimento da capacidade de inovação não é possível afirmar que o mecanismo foi bem-sucedido, pois a nacionalização de componentes de baixo conteúdo tecnológico e de componentes já produzidos no país foram suficientes para atender o IN.

A partir de 2012, o BNDES alterou as regras do IN para aumentar o conteúdo tecnológico da cadeia produtiva brasileira. A regra coloca um IN progressivo, segmentados por equipamentos (torres, pás, nacelles e cubo). A regra é mais rigorosa que a anterior. A alteração da regra teve um impacto significativo nas estratégias de produção de equipamentos e possibilitou a reversão de um processo de especialização regressiva. (PODCAMENI, 2014)

De acordo com ABDI (2014), a nova metodologia de IN do BNDES promoveu os seguintes impactos imediatos: garantia de segurança para novos investimentos devido a aumento da transparência; alteração da estratégia de compras das montadoras, que passaram a ser norteadas pelo IN; aumento do custo do aerogerador no curto prazo; maior capacidade da cadeia de fornecimento, ainda que o processo esteja em curso; e fortalecimento das relações entre montadoras e fornecedores.

Em suma, a articulação da política de mercado com a política industrial foi capaz de promover o crescimento conjunto da inserção da fonte eólica na matriz elétrica e da expansão da cadeia de fornecimento, dado o contexto externo, baseada no investimento externo direto, ou seja, na atração de empresas multinacionais para o país. Cabe agora avaliar a política de CT&I.

De acordo com Camillo (2013), ao longo do período de formação da indústria de equipamentos de energia eólica no Brasil, o país não estabeleceu uma estratégia deliberada de aprendizado e inovação ou de incorporação de tecnologia. Nenhum

programa novo e focalizado em energia eólica foi criado, assim como não foi promovido o desenvolvimento de um sistema local de certificação ou de centro de referência. O que existiu foi um conjunto de programas de fomento de P&D já existentes para o setor de energia elétrica. Os principais programas são o P&D da Aneel, o Fundo Setorial e a Subvenção Econômica da FINEP.

O Programa de P&D da Aneel consiste no direcionamento de um percentual da Receita Operacional Líquida das empresas do setor elétrico para atividades de P&D. De acordo com Castro et al (2017), o programa obteve sucesso em incrementar os gastos de P&D no país, entretanto o programa é muito focado em resultado acadêmicos e deveriam buscar mais impacto sobre o Setor Elétrico Brasileiro.

Outras atividades de fomento são o Fundo Setorial CT-Energ, criado em 2001 com objetivo de subsidiar as atividades de P&D de interesse público, e a Subvenção Econômica da FINEP, que provê recursos não reembolsáveis para empresas desenvolverem produtos, processos e serviços inovadores.

Um avanço nesses programas foi o Plano de Ação Conjunta Inova Energia. O plano tem o objetivo de coordenar os recursos disponibilizados pela Aneel, BNDES e FINEP, e direciona os aportes para três linhas temáticas: (1) redes elétricas inteligentes e transmissão em ultra-alta tensão; (2) Geração de Energia através de Fontes Alternativas e; (3) veículos híbridos e eficiência energética veicular. A linha 2 inclui soluções para a cadeia de fornecimento de equipamentos de energia eólica. Estava previsto originalmente a destinação de R\$3 bilhões.

Cabe destacar também a Proposta do CGEE de criar um centro nacional para desenvolvimento tecnológico em energia renovável com foco inicial em tecnologia eólica, o Instituto Tecnológico de Energia Renovável (Inter). A proposta é ser um complexo de grupos de pesquisa, consultores, e laboratórios capazes de realizar testes em equipamentos, incluindo aerogeradores de grande porte. (CGEE,2015).

Em suma, apesar dos avanços citados, de acordo com Camillo (2013), a política industrial brasileira, assim como a de outros países que entraram tardiamente na indústria, se baseou na atração de investimento externo direto para compor sua base local de

fabricação de aerogeradores e não foi acompanhada de instrumentos que promovessem a indústria doméstica, o aprendizado local e o domínio da tecnologia importada.

O foco das políticas de fomento à eólica no Brasil tem sido principalmente na criação do mercado e estruturação da cadeia produtiva, ficando o aspecto tecnológico em um segundo plano. (CGEE, 2015)

Nas seções seguintes será descrito a configuração da indústria eólica resultante das políticas explicadas nessa seção, e quais são os desafios que o Sistema Nacional de Inovação enfrenta para o setor.

III.4. O Subsistema Produtivo e Inovativo

De acordo com ABDI (2014), o mercado brasileiro contava com os seguintes fabricantes: Wind Power Energia (IMPSA - Argentina), WEG (Brasil), Wobben (Enercon - Alemanha), GE (EUA), Alstom (França), Gamesa (Espanha), Acciona (Espanha), Vestas (Dinamarca), Siemens (Alemanha) e Suzlon (India).

De acordo com matéria de Reuters (2016), a Wind Power Energia, subsidiária da argentina IMPSA, encerrou atividades no país em 2014, ao declarar recuperação judicial devido a dificuldades financeiras. A WEG é o primeiro fabricante original do Brasil. Em agosto de 2013 firmou uma parceria tecnológica com a Northern Power Systems, uma das líderes mundiais em tecnologia de aerogeradores. O objetivo da fabricante nacional é ofertar aerogeradores desenvolvidos especificamente para o vento brasileiro (ABDI, 2014). As demais companhias são empresas globais já consolidadas, onde o Brasil não é o principal mercado de atuação.

O Brasil conta com quatro fabricantes de pás: Tecsis, Wobben, Aeris e LM Wind Power. A Tecsis e a Aeris são brasileiras, enquanto a LM Wind Power é uma joint venture desta empresa dinamarquesa com a brasileira Eólica. Destaca-se que a Tecsis é uma das empresas líderes de produção de pás no mundo e tem maior parte da sua produção voltada para exportação, visto que sua fábrica foi montada antes mesmo dos primeiros ensaios do PROINFA. (ABDI, 2014)

Na produção de Torres, o país conta com sete fabricantes nacionais, três estrangeiros e ainda duas montadoras (Wobben e Alstom) que produzem as próprias torres (ABDI, 2014). A fabricação de torres oferece baixas barreiras à entrada, o que explica a participação de empresas nacionais no setor.

A FIGURA 11 mostra a capacidade de produção da indústria local assim como a necessidade associada a uma demanda prevista de 2GW por ano. Embora aparentemente exista uma sobre capacidade no mercado, isso não é verdade para o mercado de equipamentos, pois existe bastante especificidade dos componentes (produtos não homogêneos) e diferentes estratégias de verticalização das empresas, o que pode eventualmente criar gargalos na cadeia produtiva. (ABDI, 2014)

FIGURA 11 – Demanda e Oferta Potencial de Aeroeradores

Demanda média anual para 2 GW ou 950 aerogeradores		Capacidade nacional (nominal) do total dos fabricantes estimada para o final de 2014*
Naceles	950 unidades	1.583 unidades
Pás	2.850 unidades	9.100 unidades (porém boa parte é para atender mercado de exportação)
Torres	950 unidades	2.548 unidades (sendo 1.638 torres de aço e 910 torres de concreto)

Fonte: ABDI, 2014

Nota-se, a partir do apresentado nesta seção, que a indústria eólica brasileira está se estruturando com a atração de empresas multinacionais para o país. Com relação ao desenvolvimento de tecnologia, ABDI (2014) afirma que a busca por maior desempenho e menores custos pode ser influenciada pelo desenvolvimento de tecnologias voltadas às condições locais. Entretanto, as empresas multinacionais dificilmente se dedicarão a atender esse objetivo, colocando o desenvolvimento tecnológico como uma grande oportunidade às empresas de base local.

Como já dito, a WEG, única fabricante de aerogeradores nacional, tem utilizado tecnologia americana da Northern Power Systems, mas também está desenvolvendo junto a Tractebel um modelo de aerogerador de grande porte no âmbito do programa de P&D da Aneel. (Ferreira, 2017)

Outras empresas brasileiras com potencialidades para desenvolvimento tecnológico são as fabricantes de pás Tecsis e Aeris. Atualmente, essas empresas seguem os projetos das OEMs e não desenvolvem projetos próprios. Uma dificuldade encontrada por essas empresas em inovar, entretanto, é a ausência de infra-estrutura local para realização de testes e certificações. (ABDI, 2014)

Ainda, o fornecimento de subcomponentes de alta tecnologia como sistemas de controles, sistemas de passo e giro, instrumentos de medição, imãs permanentes ou rolamentos ainda é dependente de empresas estrangeiras, e o desenvolvimento tecnológico local depende de conhecimentos de microeletrônica e automação, área pouca desenvolvida no país. (ABDI, 2014)

III.5. Desafios à Inovação

O desenvolvimento da indústria de aerogeradores com base na atração de investimento externo direto de fabricantes multinacionais causa um problema estrutural para a inovação. Das dez OEMs citadas pelo mapeamento da ABDI (2014), apenas a WEG é nacional. As demais são empresas multinacionais com fábricas no Brasil.

Cassiolato e Lastres (2005, apud PODCAMENI, 2014) afirmam que só é possível falar de globalização do consumo de tecnologias. Entretanto, a geração e a difusão do conhecimento ainda estão concentradas para garantir a apropriação dos resultados dos investimentos em tecnologia realizados pelos líderes globais, e isso é uma limitação da internacionalização tecnológica através de empresas transnacionais.

Amsdem (2001, apud PODCAMENI, 2014) corrobora a limitação das multinacionais na transferência tecnológica. Para a autora, a internacionalização tecnológica direciona-se especialmente a processos pouco inovadores. Mesmo quando as subsidiárias investem em aprendizado local para inovações incrementais, adaptativas, o desenvolvimento completo de um novo produto ou processo é praticamente inexistente.

Em concordância com os argumentos sobre as estratégias das multinacionais, CGEE (2015) afirma que as OEMs multinacionais se limitam a trazer para o Brasil as configurações de seu portfólio mais adequadas ao regime de ventos brasileiros.

BNDES (2013) destaca que os fabricantes instalados no Brasil são, em sua maioria, empresas multinacionais que já dispõem de estrutura de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em suas matrizes. Fica restrito à atividade nacional a montagem dos componentes, e o desenvolvimento tecnológico, mesmo que para adaptação dos equipamentos, ocorre no exterior. Ainda, a importação de subcomponentes de maior conteúdo tecnológico do exterior, prática mais comum para empresas multinacionais, inibe o desenvolvimento de novas tecnologias no país.

De acordo com Podcameni (2014), a estratégia de desenvolver um equipamento global ignora as potencialidades locais de maior aproveitamento do recurso eólico e redução de custo. As adaptações nos projetos originais também representam custos significativos. Entretanto, das subsidiárias entrevistadas em sua tese, apenas uma (Alstom) demonstrou interesse em desenvolver um equipamento adequado ao vento brasileiro. Ainda assim, o desenvolvimento está sendo feito no exterior, utilizando informações sobre o vento local enviadas para a matriz. Ao analisar as estratégias de inovação, a totalidade das subsidiárias de multinacionais no Brasil concentra os esforços de inovação nas matrizes. Também, todas as OEMs multinacionais investigadas desconhecem ou não têm interesse nos programas de apoio a P&D do governo. Alegaram que o motivo não é a falta de recursos, mas a estratégia de concentrar os esforços de inovação em suas matrizes.

De acordo com Ferreira (2017), a WEG, OEM brasileira, busca desenvolver um aerogerador adequado ao vento brasileiro em projeto conjunto com a Tractebel Energia no âmbito do Programa de P&D da Aneel. O projeto estava 60% concluído em 2015, mas encontrou dificuldades em 2016 devido à desvalorização cambial. Para Podcameni (2014), caso o equipamento da WEG apresente desempenho superior aos modelos adaptados das multinacionais, isso pode força-las a também desenvolver aerogeradores para o Brasil. Isso reforça a importância de empresas nacionais fortes, como tem sido comum nos países líderes dessa tecnologia (Alemanha, Dinamarca, Espanha, China, Índia).

Além da estrutura de mercado composta predominantemente por multinacionais, a política industrial apresenta outro desafio ao SNI. Como foi dito, a principal política industrial foi o financiamento com requisito de índice de nacionalização. A nova

metodologia do IN buscou aprofundar a produção local de componentes de maior conteúdo tecnológico.

ABDI (2014) concorda que a nova metodologia do IN do BNDES contribuiu para a estruturação de uma cadeia local no sentido de produção (ou montagem). Entretanto, afirma que mesmo possuindo conhecimento sobre os processos de montagem dos aerogeradores e fabricação de diversos componentes, o Brasil não possui conhecimento específico para o desenvolvimento do projeto da maior parte desses componentes. Assim, o efeito de localização do IN apenas faz com que as empresas multinacionais fabriquem ou subcontratem os equipamentos, porém com projetos próprios desenvolvidos no exterior e seguindo a trajetória tecnológica global, e não específicos para o vento brasileiro.

CGEE (2015) também afirma que a produção local não implica desenvolvimento tecnológico, pois se limita apenas a transferência do conhecimento do processo produtivo, mas falta conhecimento técnico para realização de projetos e aprimoramentos, fundamental para processos futuros de inovação e autonomia tecnológica. Uma ação importante, portanto, seria a associação da política industrial com a política de CT&I para incentivar o desenvolvimento tecnológico local.

Nesse sentido, deve-se ressaltar que, de acordo com Ferreira (2017), a política de CT&I apresentou atuação tímida no desenvolvimento do setor eólico com os programas de apoio a P&D. Analisando os projetos aprovados nos programas entre 2009 e 2015, o autor concluiu que o tema energia eólica tem pouca participação e não acompanhou o mesmo ritmo de crescimento da contratação de energia eólica. Ainda, o autor destaca que aproximadamente 60% dos recursos de 2009 a 2015 foram resultados de apenas duas chamadas que destacaram a energia eólica como prioritária, e portanto, a não focalização da política de CT&I enfraquece impacto dos programas de apoio a P&D.

Outro resultado importante destacado por Ferreira (2017) é a incoerência da política de CT&I com a política industrial. Apenas 40% dos projetos eram associados a tecnologia de aerogeradores de grande porte. Também, após 2013, não houve nenhum projeto ligado aos componentes da nacelle, apesar da mudança dos critérios do Índice de Nacionalização do BNDES a fim de estimular a fabricação local desses componentes.

Em suma, as políticas de CT&I são baseadas na visão linear da inovação, com foco em P&D, deixando lacunas significativas entre a pesquisa básica e utilização comercial do conhecimento. São desconectadas com a evolução do sistema, ao apoiar aerogeradores de pequeno porte, enquanto a indústria de grande porte se desenvolvia no país. São desarticuladas com a política industrial, uma vez que não foi proposto nenhum plano quando o setor passava pela adaptação do IN. São ineficientes em integrar empresas e universidades. E têm pouco impacto nas estratégias de inovação dos fabricantes. (PODCAMENI, 2014)

Além dos desafios impostos pela estrutura de mercado e políticas públicas, cabem algumas considerações com relação à base científica de energia eólica no país que compõe o SNI. Deus e Issbeerner (2014) buscam contrapor as temáticas de pesquisa em energia eólica na área acadêmica com as necessidades tecnológicas do setor e identificar as principais dificuldades encontradas pela academia.

O trabalho de Deus e Issbeerner (2014) identificou 127 grupos de pesquisa relacionados ao tema energia eólica, dos quais 79 foram considerados para a aplicação de questionário estruturado. 28 grupos de pesquisa retornaram as respostas do questionário. Considerando múltiplas respostas, verificou-se a concentração das pesquisas em Recursos Eólicos, Tecnologia de Aerogeradores e Conexão e Integração a Rede, como mostra a FIGURA 13. As autoras concluem que as temáticas de pesquisa das universidades brasileiras estão alinhadas com as necessidades tecnológicas apontadas pelo relatório do CGEE.

FIGURA 13 – Pesquisas por grupos temáticos

Grupos Temáticos	Quantidade de pesquisas
Recursos eólicos	17
Tecnologia de aerogeradores	14
Conexão e integração a rede	10
Política, economia e análises socioambientais	6
Planejamento e operação	4
Engenharia e centrais eólicas	4
Normalização, certificação e padronização	3
Materiais	2
Total	60

Fonte: DEUS e ISSBERNER (2014)

De acordo com Deus e Issberner (2014, p. 3206), os principais obstáculos percebidos pelo setor de pesquisa em energia eólica no Brasil são referentes à financiamento, acesso a informação e cooperação com empresas do setor. As autoras destacam: “*dificuldade no estabelecimento de parcerias com as empresas do setor*” e “*carência de fabricantes brasileiros no setor para troca de conhecimentos e promoção de pesquisas em tecnologia nacional*”. As propostas de fortalecimento da pesquisa sugeridas pelos próprios grupos de pesquisa também atacam problemas similares: “*maior integração das pesquisas com o setor produtivo*”, “*construção de uma rede de colaboração para estimular os grupos de pesquisa emergentes*”, “*desenvolvimento da tecnologia brasileira dos componentes da turbina*” e “*aumentar investimentos nas pesquisas científicas*”.

Nesse sentido, é possível concluir que existe uma base científica dedicada a energia eólica nas universidades brasileiras que estão alinhadas com as necessidades tecnológicas do setor. Entretanto, o setor produtivo não está integrado à essa base científica, e, portanto, não favorece o desenvolvimento de capacitações científicas locais. Essa característica implica no possível desalinhamento entre pesquisa e as reais necessidades das empresas do setor, redução de recursos financeiros que poderiam ser investidos pelo setor produtivo, mas principalmente barreira a difusão do conhecimento adquirido pela atividade econômica para o setor de pesquisa e também no sentido contrário.

III.6. Considerações finais

Tendo em vista o que foi discutido no capítulo, a formação da indústria de equipamentos de energia eólica no Brasil é resultado da confluência de fatores internos e externos. O primeiro passo de desenvolvimento foi o PROINFA, que sinalizou às montadoras o interesse do Estado em desenvolver a fonte. Posteriormente, com o novo marco regulatório do país, a política de formação de mercado esteve associada aos leilões de contratação de energia no mercado regulado. Apesar desta política apresentar incoerências com o estágio de desenvolvimento da fonte eólica no país na época, o setor foi capaz de aproveitar a janela de oportunidade que se apresentou diante o contexto internacional de retração dos mercados líderes e redução dos preços de equipamentos.

Associado a isso, a política industrial realizada pelo BNDES promoveu a formação de uma indústria de equipamentos local com base na participação de empresas multinacionais através de investimento direto externo. O principal desafio enfrentado pelo SNI reside justamente no que proporcionou o desenvolvimento do setor no país, a dominância de empresas multinacionais na indústria.

As estratégias de inovação dessas empresas limitam o desenvolvimento de capacitações inovativas locais. Além disso, a política industrial e a política de CTI não são capazes de induzir o processo de difusão de conhecimento dos processos de desenvolvimento tecnológico, apenas dos processos de manufatura. Por fim, os esforços de pesquisa das universidades brasileiras encontram dificuldades de promover inovação devido à baixa interação com as empresas e, portanto, são incapazes de buscar soluções para as dificuldades do mercado.

CONCLUSÃO

A inovação é a fonte fundamental da competição e do progresso da civilização. Schumpeter entendia a inovação como novas combinações de recursos feitas pelos empreendedores a fim de criar novos produtos ou novas maneiras de produzir. Atualmente, a inovação é vista como um processo interativo e cumulativo do uso criativo das diferentes formas do conhecimento. É fundamental, portanto, entender os processos de assimilação de conhecimento e aprendizagem.

O Sistema Nacional de Inovação é o conjunto de organizações e instituições que contribuem para a capacidade de inovação e aprendizado de uma determinada região, conformado pelas suas características históricas, políticas e culturais.

A indústria de energia eólica teve acentuado crescimento ao redor do mundo nos últimos 15 anos. Esse crescimento é resultado de políticas públicas de incentivo as fontes renováveis, e da conformação de Sistemas Nacionais de Inovação capazes de promover competitividade para as empresas desenvolvedoras de tecnologia, como ocorre nos países Dinamarca, Alemanha, Espanha, Estados Unidos e China.

No Brasil, a partir de 2009 houve a atração de investimento externo direto de empresas multinacionais devido confluência de fatores como a demanda pública, a crise internacional e a política de localização do BNDES. O surgimento desse mercado também atraiu a WEG para a atividade de manufatura de aerogeradores, empresa nacional de equipamentos elétricos.

Apesar da rápida expansão da indústria, o Sistema Nacional de Inovação enfrenta os seguintes desafios. Primeiro, a presença majoritária de empresas multinacionais no setor, que tendem a centralizar o desenvolvimento tecnológico em seus países de origem. Segundo, a incapacidade do IN do BNDES de promover a autonomia tecnológica, uma vez que esse promoveu a difusão do conhecimento associado a produção, mas não ao desenvolvimento de projetos e novas tecnologias. Terceiro, pode-se sugerir que as políticas de CTI são equivocadas e desarticuladas com as demais políticas. Por fim, pode-se citar a baixa integração entre as universidades e as empresas, principalmente devido à falta de interesse das multinacionais em realizar P&D local, apesar da existência de uma base científica e educacional forte.

Nesse sentido, conclui-se que no Brasil, houveram significativos avanços na atividade de geração eólica o que proporcionou a formação da indústria de equipamentos de energia eólica. Entretanto, a trajetória de desenvolvimento dos elementos que conformam SNI impôs desafios à capacidade de geração e difusão do conhecimento nacional, limitando a construção de capacitações inovativas da indústria brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. *Avaliação das Perspectivas de Desenvolvimento Tecnológico para a Indústria de Bens de Capital para Energia Renovável*. 2012

ABDI. *Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil*. 2014

ABEOLICA. *Boletim Anual de Geração Eólica 2016*. 2016

ANEEL, Banco de Informações de Geração. Disponível: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>.

Acessado em 02 de junho de 2017.

BNDES, *Panorama do setor de energia eólica*. 2013

CAMILLO, E. V. *As políticas de inovação da indústria de energia eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo de experiências internacionais*. 2013 (Tese de Doutorado – Unicamp)

CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M. *Sistemas de Inovação e Desenvolvimento- as implicações de política*. São Paulo em Perspectiva, 19, (1), p. 34–45, 2005.

CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M. *Discussing innovation and Development: Converging points between the Latin American school and the Innovation Systems perspective?*. Globelics Working Papers Series, 2008, Working Paper 08-02, 2008.

CASTRO, N. J. et al. *Enquadramento Analítico para uma avaliação do Programa de P&D da Aneel de 2008-2015*. Texto de Discussão do Setor Elétrico, TDSE n 70. GESEL, UFRJ. 2017

CGEE. *Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil*. Brasília, 2012.

DEUS, C; ISSBERNER, L. *Mapeamento das tendências de pesquisa no setoreólico brasileiro*. IN: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO. 2014.

FERREIRA, W. C. *Políticas Tecnológicas e o Setor de Energia Eólica no Brasil: Uma análise do Programa de P&D da ANEEL e do Programa de Subvenção Econômica à inovação da FINEP*. IN: NEW ENERGY LANDSCAPE: IMPACTS FOR LATIN

AMERICA, 6th ELAEE/IAEE Latin American Conference. International Association for Energy Economics, 2017.

FREEMAN, C. *Technology policy and economic policy: Lessons from Japan*. London: Pinter, 1987.

_____. *The 'National System of Innovation' in historical perspective*. Cambridge Journal of economics, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.

_____. *A Schumpeterian renaissance?* IN: PRINCIPLES OF NEO-SCHUMPETERIAN ECONOMICS. HANUSCH AND PYKA (2007), p. 130-41, 2003.

_____. *Technological infrastructure and international competitiveness*. Industrial and Corporate Change, v. 13, n. 3, p. 541-569, 2004.

FTI. *FTI Intelligence Releases Global Wind Market Update – Demand & Supply 2015 Report*. Disponível em <<https://www.portal-energia.com/top-mundial-dos-15-fabricantes-aerogeradores-no-ano-2015/>> . Acessado em 22 de Maio de 2016.

GORDON, J. L. P. L. *Sistema Nacional de Inovação: uma alternativa de desenvolvimento para os países da América Latina*. 2009.

KLEVORICK, A.; LEVIN, R.; NELSON, R.; WINTER, S. *On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities*. Research policy, v. 24, n. 2, p. 185-205, 1995.

LEMA, R.; BERGER, A.; SCHMITZ, H.; SONG, H. *Competition and Cooperation between Europe and China in the Wind Power Sector*, IDS Working Paper 377, Volume 2011, Institute of Development Studies, Brighton, UK, 2011.

LUNDEVALL, B. *Product innovation and user-producer interaction*. Aalborg Universitetsforlag, 1985.

_____. *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter Publishers, 1992.

_____. *National innovation system: analytical focusing device and policy learning tool*. Swedish Institute for Growth Policy Studies-ITPS, 2007.

_____. *Innovation system research: Where it came from and where it might go*. Georgia Institute of Technology, 2008.

LUNDVALL, B; JOHNSON, B; ANDERSEN, E. & DALUM, B. (2001). *National systems of production, innovation and competence building*. In: THE NELSON AND WINTER DRUID SUMMER CONFERENCE, 12-15 jun. 2001, Aalborg, Dinamarca. Anais. Aalborg, 2001.

MELO, M. S. M. *Energia eólica: aspectos técnicos e econômicos*. 2012. (Dissertação de Mestrado – COPPE/UFRJ)

MELO, E. *Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade*. Estudos Avançados, v.27, n.77, p. 125-142, 2013.

METCALFE, S. *The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives*. IN P. STONEMAN (ED.) HANDBOOK OF THE ECONOMICS OF INNOVATION AND TECHNOLOGICAL CHANGE. Oxford (UK)/Cambridge (US): Blackwell Publishers, 1995.

OECD. “*Managing national innovation system*”, Paris. 1999

PODCAMENI, M. G. V. B. *Sistema de inovação e energia eólica: a experiência brasileira*. 2014 (Tese de Doutorado – IE/UFRJ).

REUTERS. *Em capítulos, os motivos do fracasso de um investimento de R\$ 300 milhões*. 2016. Disponível: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2016/06/em-capitulos-os-motivos-do-fracasso-de-um-investimento-de-r-300-milhoes-5939096.html> Acessado em 22 de Maio de 2017.

ROTHWELL, R.; et al. *Updated – project SAPPHO phase II*. Research Policy, v. 3, p. 258-291, 1974.

SHARIF, N.. *History and Development of the National Innovation Systems (NIS) Conceptual Approach*. In: WORKING PAPER PRESENTED AT THE DRUID TENTH ANNIVERSARY SUMMER CONFERENCE. 2005.

SCHUMPETER, J. A. *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Transaction publishers, 1934.

SCHUMPETER, J. A.. *Socialism, capitalism and democracy*. Harper and Brothers, 1942.

SIMAS, M., PACCA, S. *Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável*. Estudos Avançados, Volume 27, número 77. São Paulo. 2013

SZAPIRO, M. H. S. *Reestruturação do setor de telecomunicações na década de noventa: um estudo comparativo dos impactos sobre o sistema de inovação no Brasil e na Espanha*. 2005. (Tese de Doutorado – IE/UFRJ)

VASCONCELLOS P. E. S. *Regulação e Inovação em Telecomunicações no Brasil*. 2015. (Tese de Doutorado - IE/UFRJ)

WWEA. *Half-year report: World wind capacity reached 456 GW*. 2016 Disponível em <<http://www.wwindea.org/wwea-half-year-report-worldwind-wind-capacity-reached-456-gw/>> Acesso em 22 de maio de 2017.