

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

**ANA LUÍSA LAGEMANN MERGEL**

**ENERGIA EÓLICA NO MEIO RURAL:  
CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO**

**Porto Alegre**

**2017**

**ANA LUÍSA LAGEMANN MERGEL**

**ENERGIA EÓLICA NO MEIO RURAL:  
CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia.

Orientadora: Prof. Dra. Letícia de Oliveira

**Porto Alegre**

**2017**

### CIP - Catalogação na Publicação

Mergel, Ana Luísa Lagemann

Energia eólica no meio rural: contribuições para o desenvolvimento socioeconômico / Ana Luísa Lagemann Mergel. -- 2017.

60 f.

Orientadora: Letícia de Oliveira.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Curso de Ciências Econômicas, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Energia eólica. 2. Desenvolvimento socioeconômico. 3. Áreas rurais. 4. Osório. I. Oliveira, Letícia de, orient. II. Título.

**ANA LUÍSA LAGEMANN MERGEL**

**ENERGIA EÓLICA NO MEIO RURAL:  
CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia.

Aprovada em: Porto Alegre, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dra. Letícia de Oliveira - Orientadora  
UFRGS

---

Prof. Dr. Eduardo Ernesto Filippi  
UFRGS

---

Prof. Dr. Leonardo Xavier da Silva  
UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Para a conclusão deste trabalho, devo meu mais sincero agradecimento à minha orientadora, Profa. Dra. Letícia de Oliveira, pela paciência, dedicação e esforço em me guiar rumo a um foco que muitas vezes tornou-se nebuloso para mim.

Aos meus pais, por todo o apoio que me deram; em especial à minha mãe, que leu e releu este trabalho e ouviu minhas dúvidas mais vezes do que eu poderia contar. À minha tia Maristela, pelas palavras de carinho que me acalmaram nos momentos mais turbulentos durante a faculdade. Agradeço ainda à minha família pela torcida e pelo apoio.

Aos professores da faculdade por todo o conhecimento que transmitiram no decorrer do curso de Ciências Econômicas, em especial aos professores Eduardo Filippi e Leonardo Xavier, que fizeram parte da banca deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas da UFRGS, por entenderem minhas frustrações e a ausência em muitos momentos, por ouvirem minhas ideias mesmo não entendendo, muitas vezes, do que se tratava e pela companhia dentro e fora da faculdade.

## RESUMO

A energia elétrica, dentro do setor energético, vem ganhando destaque devido à mais provável escassez de recursos fósseis. A energia eólica surge como alternativa para garantir o fornecimento de eletricidade: é uma fonte renovável, transforma positivamente o meio em que é inserida e está cada vez mais ligada ao conceito de desenvolvimento. A literatura dirá que por meio da fonte eólica, é possível produzir energia em larga escala sem prejudicar o meio ambiente e ainda promover a inclusão social e econômica das comunidades rurais. O trabalho busca apontar a participação da energia eólica no sistema elétrico brasileiro, trazendo os números correspondentes ao mundo e à Alemanha, de forma a contextualizar a relevância dos valores no Brasil. Busca também, com base na literatura, relacionar a energia ao conceito de desenvolvimento socioeconômico e expor as razões de a energia eólica mostrar-se a melhor alternativa para que os objetivos de desenvolvimento sejam alcançados. Por fim, verifica-se, por meio dos indicadores socioeconômicos disponíveis, se nos casos dos municípios de Steinfurt (Alemanha) e Osório (Brasil), a instalação de parques eólicos produziu os efeitos esperados pelos autores previamente abordados.

Palavras-chave: Energia eólica, Desenvolvimento socioeconômico, Áreas rurais.

## **ABSTRACT**

Electricity, within the energy sector, has been gaining prominence due to the probable shortage of fossil resources. Wind energy emerges as an alternative to guarantee the supply of electricity: it is a renewable source, it positively transforms the environment in which it is inserted and is increasingly linked to the concept of development. Literature says that through the wind power source, it is possible to produce energy on a large scale without damaging the environment and still promote the social and economic inclusion of rural communities. The work aims to point out the participation of wind energy in the Brazilian electrical system, bringing the corresponding numbers to the world and to Germany, in order to contextualize the relevance of the values in Brazil. Also, based on the literature, the work connects energy to the concept of socioeconomic development and exposes the reasons of the wind energy to be shown the best alternative so that the development objectives are reached. Through the available socioeconomic indicators, it is verified if wind farms installation produced the expected effects of the previously discussed authors in the cases of the municipalities of Steinfurt (Germany) and Osório (Brazil).

**Key-words:** Wind energy, Socioeconomic development, Rural areas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Turbinas eólicas de eixo horizontal .....	28
Figura 2 - Mapa do potencial eólico alemão (2012).....	42
Figura 3 - Mapa do potencial eólico brasileiro (2008) .....	45
Figura 4 - Uso da terra conforme predominância (2006) .....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Matriz energética mundial (2006).....	20
Gráfico 2 - Matriz energética mundial (2015).....	20
Gráfico 3 - Matriz elétrica mundial (2014) .....	21
Gráfico 4 - Capacidade eólica instalada <i>per capita</i> (W/pessoa).....	22
Gráfico 5 - Capacidade eólica instalada por área (kW/km <sup>2</sup> ) .....	22
Gráfico 6 - Matriz elétrica alemã (2006) .....	23
Gráfico 7 - Matriz elétrica alemã (2016) .....	23
Gráfico 8 - Matriz energética brasileira (2015).....	24
Gráfico 9 - Matriz elétrica brasileira (2006).....	26
Gráfico 10 - Matriz elétrica brasileira (2015).....	26
Gráfico 11 - Capacidade eólica instalada nova e acumulada mundial .....	31
Gráfico 12 - Capacidade eólica adicionada e acumulada na Alemanha.....	33
Gráfico 13 - Capacidade eólica instalada acumulada e nova no Brasil.....	36
Gráfico 14 - Eletricidade gerada pela fonte eólica no Brasil (2006 - 2015, GWh).....	37
Gráfico 15 - Áreas utilizáveis para instalação de aerogeradores na área total alemã (ano) .....	41
Gráfico 16 - PIB distrital de Steinfurt total e <i>per capita</i> (2004 a 2015, valores de dez/2016).43	
Gráfico 17 - População distrital e municipal de Steinfurt .....	44
Gráfico 18 - Evolução da produção agrícola em lavoura permanente na Região Sul e no município de Osório (2004 - 2016).....	47
Gráfico 19 - Produção agrícola em lavoura temporária e lavoura permanente no município de Osório (2004 - 2016) .....	48

Gráfico 20 - Evolução da produção agrícola em lavoura temporária na Região Sul e no município de Osório (2004 - 2016).....	48
Gráfico 21 - Evolução da atividade pecuária no município de Osório (2004 - 2016).....	49
Gráfico 22 - PIB municipal total e <i>per capita</i> (2000 a 2014, dez/2016).....	50

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Nível de custos por fonte de energia (em dólares por MWh) .....	38
Tabela 2 - Propriedades agrícolas com criação de rebanho no distrito de Steinfurt (2010).....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEÓLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BM	Banco Mundial
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BWE	Bundesverband Windenergie
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EPE	Empresa de Planejamento Energético
ER	energias renováveis
FC	fator de capacidade
FIT	feed-in tariffs
GESEL	Grupo de Estudos do Sistema Elétrico
GW	gigawatt
GWEC	Global Wind Energy Council
GWh	gigawatt-hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	International Energy Agency
IRENA	The International Renewable Energy Agency
km <sup>2</sup>	quilômetros quadrados
kWh	kilowatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	megawatt
MWh	megawatt-hora
ONU	Organização das Nações Unidas
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PIA	população em idade ativa
PIB	produto interno bruto
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
TWh	terawatt-hora

UE

União Europeia

VAB

valor adicionado bruto

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
3.1	GERAÇÃO DE ENERGIA E DESENVOLVIMENTO .....	15
3.2	MATRIZES ENERGÉTICA E ELÉTRICA: ENERGIA EÓLICA .....	17
<b>3.2.1</b>	<b>Diversificação das matrizes: independência e segurança energética.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Geração de energia no mundo.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Geração de energia na Alemanha .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Geração de energia no Brasil .....</b>	<b>24</b>
3.3	ENERGIA EÓLICA .....	27
<b>3.3.1</b>	<b>Investimento em Energia Eólica .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Mundo.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Alemanha .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Brasil.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Preço da Energia .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Impactos no meio rural.....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>41</b>
4.1	PARQUES EÓLICOS NA ZONA RURAL ALEMÃ.....	41
<b>4.1.1</b>	<b>Steinfurt.....</b>	<b>42</b>
4.2	PARQUES EÓLICOS NA ZONA RURAL BRASILEIRA .....	44
<b>4.2.1</b>	<b>Osório .....</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A questão energética, no sentido de suprir a demanda da crescente população mundial, tem sido retomada constantemente, e o desafio de alcançar o objetivo de maneira ecologicamente sustentável torna-se de cunho cada vez mais popular. A energia é um dos setores mais importantes da economia, mas por ser coadjuvante na produção, nem sempre é lembrada como imprescindível para o desenvolvimento de qualquer nação.

Tolmasquim (2012, p. 249) afirma em um de seus estudos sobre o planejamento do setor energético brasileiro, que “Um dos fundamentos da sustentabilidade econômica de um país é a sua capacidade de prover logística e energia para o desenvolvimento de sua produção, com segurança e em condições competitivas e ambientalmente sustentáveis.”. Costa et al. (2016, p. 2) reiteram tal pensamento: “A energia elétrica é um bem essencial a todos os setores socioeconômicos, sendo seu fornecimento ininterrupto, com qualidade e preços módicos, imprescindível para o desenvolvimento nacional.”.

Nesse sentido, tem-se que sem energia - ou sem a garantia de seu fornecimento -, a produção vê-se impossibilitada de ser aumentada, não só pelos efeitos diretos na cadeia produtiva que a estagnação na geração de energia causa, mas também por aqueles que afetam o lado da demanda, ao impossibilitar o maior consumo de energia. Este último fator pode decorrer, por exemplo, tanto da elevação do preço da energia elétrica, quanto do racionamento dela. Sob esta perspectiva, a energia acaba manifestando-se fator determinante e até mesmo limitante nos processos de crescimento e de desenvolvimento econômico.

Ambos os processos sofrem influência direta da capacidade de oferta de energia e da sua diversificação. Na Alemanha, por exemplo, o Ministério da Economia e o de Energia são englobados num único órgão, diferentemente do Brasil, evidenciando tal relação e a percepção de que o planejamento de ambos os setores deve ser dado conjuntamente. Atualmente, cada vez mais relevante tem se tornado a questão ambiental que envolve tanto o processo de desenvolvimento como o de elevação da capacidade instalada de energia, visando a que tais processos deem-se de forma mais sustentável. Ainda que a relação entre desenvolvimento e energia seja ‘sentida’ de forma natural e instintiva, segundo Simas e Pacca (2013, p.101), “[...] a discussão aprofundada dos impactos socioeconômicos dessas tecnologias ainda é escassa.” e o habitual é encontrar textos que discorrem sobre a relação de causalidade pura entre oferta de energia e desempenho do produto interno bruto (PIB) (MORALEZ; FAVARETO, 2014).

O Banco Mundial (THE WORLD BANK, 2010) cita a necessidade de reduzir as emissões globais anuais de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) em pelo menos 50%. Uma vez que a geração de energia corresponde a aproximadamente 60% destas emissões, aprimorar as tecnologias que permitem desenvolver fontes renováveis evidencia-se ponto primordial na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Sob essa perspectiva, a energia eólica promove a discussão sobre o que o mundo está fazendo pelo meio ambiente e pelo desenvolvimento.

No Brasil, estudos sobre a relação entre o desenvolvimento socioeconômico no meio rural e energia eólica não são difundidos, uma vez que existe terra ociosa em abundância, raramente reparando-se que a zona com maior potencial eólico é justamente a região costeira do Brasil e parte do interior nordestino: áreas de plantio e criação de rebanhos ou abrangidas por reservas ambientais - zonas predominantemente rurais com baixo desenvolvimento econômico e social e altos índices de desemprego (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011). Portanto, até que ponto a energia eólica impacta as zonas rurais de forma a desenvolvê-las econômica e socialmente?

Os pontos positivos são genericamente tratados na literatura como geração de empregos – temporários (durante a construção do parque) e permanentes (nas atividades de Operação e Manutenção – O&M); renda extra através do arrendamento de terras ocupadas pelos aerogeradores, que pode ser investida em outras atividades produtivas, uma vez que a propriedade não fica inutilizada; aumento do consumo de bens e serviços; e ainda possíveis compensações exigidas pelo poder público para a construção de complexos eólicos. Todos estes fatores representam maior infraestrutura, renda, qualidade de vida e, no médio prazo, desenvolvimento para a região (RAIZER, 2011; SIMAS; PACCA, 2013).

Outros autores debatem efeitos diretos na produtividade local, como Mosher e Corscadden (2012), que ao analisarem os impactos das políticas de *feed-in tariffs*<sup>1</sup> (FIT), propuseram um foco no setor agropecuário. Nos Estados Unidos, surgiram estudos para verificar a influência dos aerogeradores nas plantações, devido à instalação destes equipamentos nas propriedades agrícolas, com o objetivo de verificar tanto os impactos positivos quanto negativos que afetam diretamente a produção (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2011).

O objetivo principal deste trabalho é identificar os impactos da energia eólica no meio rural no desenvolvimento socioeconômico. Especificamente, busca-se apontar a trajetória dos indicadores socioeconômicos das regiões nas quais foram implantados parques eólicos.

---

<sup>1</sup> Tarifas incentivadoras; tarifa/preço-prêmio: o Estado subsidia preço acima daquele praticado no mercado (MOSHER; CORSCADDEN, 2012).

Primeiramente, aborda-se o conceito de desenvolvimento já o conectando à ideia de suprimento energético e fontes renováveis. Busca-se, então, trazer dados sobre a inserção da energia eólica na matriz elétrica mundial, alemã e brasileira, destacando-se ações e políticas alemãs e brasileiras em favor da fonte eólica. Examinar, então, indicadores socioeconômicos de um município brasileiro e de outro alemão que tiveram parques eólicos construídos em seu território entre os anos 2001 e 2004. Através destes dados, verificar de que formas ocorreram estes processos nos dois locais, apontando os pontos comuns e divergentes.

## 2 METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizado o método qualitativo, através de pesquisa bibliográfica e pesquisa exploratória, buscando informações que pudessem ser analisadas para que fosse possível chegar a argumentos sobre a energia eólica apresentar-se como fator decisivo, porém não exclusivo, no desenvolvimento socioeconômico de um país e, principalmente, regional deste país.

Para a pesquisa bibliográfica, foram considerados relevantes, artigos publicados em anais de congressos (nacionais e internacionais) e em revistas especializadas em Economia e/ou Energia - também estudos específicos sobre a matriz energética brasileira e seus impactos econômicos realizados pela comunidade científica brasileira, assim como livros de autores especializados em Desenvolvimento Socioeconômico, Desenvolvimento Sustentável, Meio Ambiente e Energia. Sites que reúnem essas publicações como Scopus, Google Scholar, Scielo, plataforma Capes e Lume (UFRGS) foram utilizados para a busca de conteúdo, além de obras disponíveis na biblioteca da faculdade. As palavras chaves utilizadas nas principais bases científicas de dados para a realização da pesquisa bibliográfica são principalmente as seguintes: “*development*”, “*sustainable development*”, “*wind power*”, “*wind energy*”, “*agribusiness*”, “*agriculture*” e “*rural areas*”. Já os principais trabalhos consultados foram: Oliveira, Pereira e Veiga (2011), Raizer (2011), Simas e Pacca (2013) e relatórios do Global Wind Energy Council.

A pesquisa exploratória, que sucede a referência bibliográfica, considera dados recolhidos dos principais institutos de pesquisa e estatística brasileiros voltados para agricultura e para energia (instituições públicas desde ministérios a grupos de pesquisa, como o GESEL - Grupo de Estudos da Energia Elétrica, da UFRJ). É realizada uma exposição de dados que podem verificar os efeitos de parques eólicos na zona rural alemã e os efeitos dos parques instalados na zona rural brasileira. O estudo é feito analisando indicadores socioeconômicos disponíveis de duas cidades (uma na Alemanha - Steinfurt - e outra no Brasil - Osório) que tiveram parques eólicos instalados em seus territórios. Pretende-se, por meio do estudo, corroborar a teoria dos autores abordados na revisão bibliográfica. O município de Osório, no estado do Rio Grande do Sul, foi escolhido por ter sido a cidade pioneira no Brasil e na América Latina quanto à instalação de aerogeradores eólicos para a produção de energia em grande quantidade, além de o Complexo Eólico de Osório, na época de sua construção, ter sido considerado o maior do continente latinoamericano. Já a cidade de Steinfurt, no estado de Nordrhein-Westfalen (Alemanha), foi escolhida por abrigar um parque

eólico de dimensões próximas àsquelas dos parques que compõem o Complexo Eólico de Osório-Palmares.

O período a ser analisado abrange o início dos anos 2000 até a atualidade, ou seja, parte de 2000 até os dados mais recentes, com algumas estatísticas oscilando entre 2016 e 2017. Definiu-se este intervalo de tempo, pois, de acordo com ABEEólica (2016b), a virada do milênio foi um marco na consolidação da energia eólica como possível alternativa na geração de energia em todo o mundo, sendo este processo, no Brasil, intimamente ligado à crise energética de 2001.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A energia sempre esteve diretamente ligada a desenvolvimento de qualquer Nação. O aumento populacional mundial e conseqüente aumento da demanda energética nos últimos anos fazem a questão energética ser alvo de muitas discussões e motivo para vários estudos. Com o objetivo de trazer alguns pontos discutidos na literatura sobre a energia eólica e demonstrar a importância dessa fonte energética para o Brasil, em vista de o recurso tratar-se de fonte limpa e renovável, seguem perspectivas importantes de estudos e relatórios sobre o recurso eólico.

#### 3.1 GERAÇÃO DE ENERGIA E DESENVOLVIMENTO

Desenvolvimento engloba não apenas crescimento econômico e industrialização, mas também um conjunto de fatores que indicam características sociais e populacionais - saúde, educação, emprego, qualidade de vida e distribuição da renda (RAIZER, 2011). A energia não está ligada meramente ao conceito de crescimento econômico indicado pelo aumento do PIB; ela conecta-se às “[...] formas de produção e [...] à expansão das liberdades humanas, que é uma das melhores definições de desenvolvimento, cunhada pelo economista indiano e ganhador do Nobel de Economia, Amartya Sen.” (MORALEZ; FAVARETO, 2014, p. 17). Como apontam Simas e Pacca (2013), existe uma ligação entre setor energético e o desenvolvimento de um país. Percebeu-se que o consumo de energia per capita é maior em países desenvolvidos do que em países em processo de desenvolvimento, cuja produção encontra-se em plena expansão e onde há desigualdade no acesso à energia elétrica. Isto não indica, porém, que estes países produzam pouca energia – significa que ela é majoritariamente consumida na indústria crescente.

O desenvolvimento sustentável, uma atenuação do desenvolvimento ecológico ou *ecodesenvolvimento* (SACHS, 1985<sup>1</sup> apud MORALEZ; FAVARETO, 2014), engloba além dos fatores econômicos e sociais, a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais para as gerações futuras. Esta relação entre Economia, Sociedade e Meio Ambiente constitui o desenvolvimento sustentável como é atualmente difundido (UNITED NATIONS - UN, 1987). Considerando a relevância da energia no processo de desenvolvimento socioeconômico - que

---

<sup>1</sup> Referência para o ano de 1980, não 1985: SACHS, I. (1980) **Stratégies de l'Éco-développement**. Paris: Les Éditions Ouvrières.

será prontamente abordada -, fica evidente que são as fontes renováveis, os fatores responsáveis pela viabilização deste processo de forma sustentável.

Ainda de acordo com Simas e Pacca (2013) e também com Raizer (2011), as energias alternativas surgem como opções viáveis para substituir gradualmente as energias tradicionais fósseis. As crises do petróleo na década de 1970 foram decisivas para essa mudança dar-se em nível mundial, pois foi neste ponto da História, em que os países viram-se dependentes do petróleo e de seus derivados, expondo sua economia a flutuações cambiais e à importação da inflação (RAIZER, 2011; ABEEÓLICA, 2016b). Nesse mesmo período, os esforços para reduzir os efeitos e a emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente e outras formas de poluição tornam-se mais fortes, ganhando verdadeiro apoio de vários países por meio de acordos diplomáticos.

Dentre as energias passíveis de serem tidas como alternativas para suprir a demanda global, destacam-se as mais importantes e conhecidas - hidrelétrica, eólica, solar e biomassa. Elas têm-se feito mais presentes pouco a pouco no âmbito mundial, em algumas regiões mais que em outras. Cada uma à sua maneira, elas prometem a redução das externalidades negativas que a produção de energia pode causar, mantendo a maior eficiência possível. Escalando as fontes renováveis conforme a emissão de gás carbônico na produção de energia, tem-se hidroeletricidade em primeiro (4-20g de CO<sub>2</sub> por kWh gerado), posteriormente, energia eólica (5-30g) e então, energia fotovoltaica - 130g (RAIZER, 2011). A fonte eólica é tida, portanto, como uma das melhores fontes a substituir o petróleo, as usinas termelétricas e as nucleares. O desafio em implantá-las, porém, está no preço que se paga para ser ecologicamente correto: estas energias são relativamente mais caras do que as tradicionais, de fontes fósseis, como petróleo, carvão e gás. A energia eólica, por exemplo, era tida como imatura justamente devido aos custos elevados da implantação dos complexos de produção de energia e aos altos gastos logo no início do projeto – aproximadamente 75% do investimento total nos parques eólicos correspondem ao custo apenas com equipamentos - tornando-a pouco competitiva (SIMAS; PACCA, 2013).

Segundo Oliveira, Pereira e Veiga (2011), os argumentos contra a fonte eólica de energia que persistem nos debates correntes sobre os verdadeiros efeitos ou consequências da instalação de turbinas eólicas não conseguem mais que limitar as escolhas locais dos parques eólicos. Além disso, a energia eólica, assim como outras renováveis modernas, transforma a estrutura de geração de energia, principalmente em termos de escala de geração, possibilitando a democratização da distribuição de eletricidade (FARRELL, 2011).

Mas a maior transformação [não é a da estrutura da geração de energia], é a democratização da rede elétrica, abandonando uma rede [de distribuição elétrica] do século XX, dominada por grandes e centralizados utilitários, para uma rede do século XXI, uma rede democratizada com geradores de energia renovável de propriedade independente e amplamente dispersa, com os benefícios econômicos da geração de eletricidade tão amplamente dispersos quanto a propriedade.<sup>2</sup> (FARRELL, 2011, p. i).

É válido ressaltar ainda, que a energia eólica é repetidamente referida como um meio de os países periféricos promoverem o *catch up* e alcancarem os níveis de produção, qualidade de vida, crescimento econômico e influência que os países mais ricos - ou desenvolvidos - detêm. Eles ressaltam ainda, que “[...] o desenvolvimento dos países pobres (baseado no uso intensivo de tecnologias altamente poluentes, ou seja, sob o mesmo paradigma no qual foi baseado o desenvolvimento dos países ricos), não apenas representa um risco às próprias populações e à biodiversidade local e nacional, como um risco a todas as demais regiões do planeta.” (PODOBNIK, 2006<sup>3</sup> apud RAIZER, 2011, p. 123). Também salientam o papel do Estado para lograr essa convergência entre periferia e centro da forma descrita previamente, defendendo estratégias de governo desenvolvidas para a difusão da energia eólica, ao afirmar que “As políticas de governança visam à ampliação e à equalização do investimento nesse setor [da energia eólica], garantindo transferência de tecnologias para os países pobres, sobretudo para os em desenvolvimento.” (RAIZER, 2011, p. 106), permitindo que o caminho a ser percorrido pelos países em desenvolvimento não seja o mesmo que foi trilhado pelos países desenvolvidos.

### 3.2 MATRIZES ENERGÉTICA E ELÉTRICA: ENERGIA EÓLICA

Matrizes energética e elétrica são formas de verificar a composição do fornecimento energético e elétrico de um local. A matriz energética considera todas as formas de energia e combustão, ou seja, é toda e qualquer energia disponível para ser transformada e utilizada. A matriz elétrica, por outro lado, é a forma em que é composto o sistema elétrico de um país, usando como critério a fonte através da qual a energia é gerada. Ou seja, considera-se apenas a geração de energia elétrica (a utilização de petróleo para a locomoção dos automóveis, por exemplo, é desconsiderada).

---

<sup>2</sup> But the greater transformation is the democratization of the electric grid, abandoning a 20th century grid dominated by large, centralized utilities for a 21st century grid, a democratized network of independently-owned and widely dispersed renewable energy generators, with the economic benefits of electricity generation as widely dispersed as the ownership.

<sup>3</sup> PODOBNIK, Bruce. **Global Energy Shifts: fostering sustainability in a turbulent age**. Philadelphia: Temple University Press, 2006.

Tanto a matriz energética como a elétrica diferem de um lugar para outro e mesmo quando são comparadas através do tempo. Algumas mudanças na participação das fontes energéticas são sensíveis e podem ser notadas ao longo de um e dois anos, mas a melhor forma de verificar a mudança estrutural das matrizes requer uma comparação entre períodos mais distantes um do outro, uma vez que essa mudança trata-se de um processo lento e de longa maturação. Além disso, é imprescindível ressaltar a diferença entre potência - medida em kW, MW e GW, principalmente - e eletricidade - medida em kWh, por exemplo. “Um moinho eólico, por exemplo, de 1 kW de potência pode produzir no máximo 1 kWh de eletricidade.”<sup>4</sup> (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE - BMWi, 2017b, p. 4).

### 3.2.1 Diversificação das matrizes: independência e segurança energética

A confiabilidade no sistema elétrico está diretamente vinculada à independência e à segurança energéticas, e “A escolha das tecnologias de geração [de energia] é o elo definidor [...]” (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011, p. 52) da constância na oferta de energia elétrica. Mesmo a Comissão Econômica para a América Latina - CEPAL (2017) retrata a preocupação das políticas energéticas em encerrar - ou pelo menos limitar a níveis muito baixos - a dependência externa e de fontes convencionais energéticas. No momento em que um determinado país deixa de necessitar da importação de energia de outros territórios, ele torna-se independente em termos de abastecimento de energia. No caso brasileiro, apesar da prospecção de petróleo e de exportar o excedente da oferta, ainda é necessária a importação de petróleo de melhor qualidade, principalmente para produção de gasolina. Isto se traduz em dependência de países instáveis geopoliticamente – os maiores produtores de petróleo. Extremamente significativos, os choques do petróleo foram os maiores conscientizadores quanto à necessidade de independência. Vale lembrar que se países europeus, tais quais Alemanha, Espanha e Dinamarca despontam como os principais geradores de energia eólica, não é porque deixaram a responsabilidade de buscar essa independência unicamente nas mãos do mercado; o novo direcionamento foi dado por políticas de promoção de fontes energéticas alternativas. Se o maior desafio está associado às vastas quantias de capital necessárias para iniciar os projetos eólicos, é precisamente a política energética - por meio de políticas de governança pública - que poderá reduzir estes custos com capital.

---

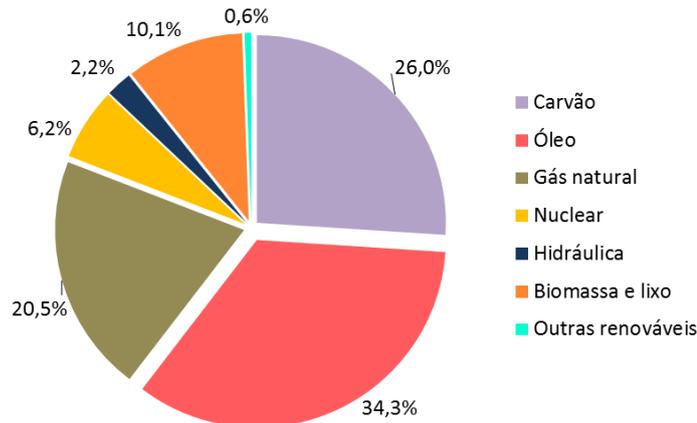
<sup>4</sup> Eine Anlage mit 1 kW Leistung kann in einer Stunde maximal 1 kWh Strom erzeugen.

A segurança energética nada mais é que a constância no abastecimento de energia, imprescindível para que a indústria se desenvolva sem percalços ou estrangulamentos de natureza energética. A diversificação da matriz energética, muito defendida em CEPAL (2017) ao expor que esta seria a política de reestruturação mais eficiente para garantir a oferta energética, é a maneira mais eficiente de se chegar à segurança no abastecimento de energia elétrica e à independência energética (RAIZER, 2011; SIMAS; PACCA, 2013), uma vez que as fontes podem complementar-se, como é o caso, no Brasil, da energia provida por hidrelétricas e da energia eólica (DANTAS; LEITE, 2009). Castro et al. (2009) justificam tal externalidade positiva afirmando que “[...] a complementaridade [da energia eólica] com o parque hídrico [se dá porque] o regime de ventos é mais intenso justamente no período seco.”. Ou seja, nos momentos de crise hídrica, o fluxo dos ventos pode substituir as usinas hidrelétricas e PCH (Pequena Central Hidrelétrica) na geração de energia. Segundo Oliveira, Pereira e Veiga (2011), o Brasil pode claramente usufruir de seu amplo potencial de fontes renováveis, e com baixo custo de oportunidade, - condições e acesso privilegiados. Pensando um pouco mais à frente, se a produção de energia for alta o suficiente, o Brasil poderia até mesmo tornar-se exportador de energia limpa.

No Brasil, é através dos leilões de energia nova, existente e de reserva, que se objetiva garantir a segurança energética, para que o racionamento de energia não seja mais uma necessidade (COSTA et al., 2016), afinal o racionamento gerou altos custos no âmbito socioeconômico, principalmente com o repasse das perdas de receita das concessionárias ao consumidor - através do aumento da tarifa -, desencadeando uma crise de confiabilidade no sistema elétrico brasileiro - SEB (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011).

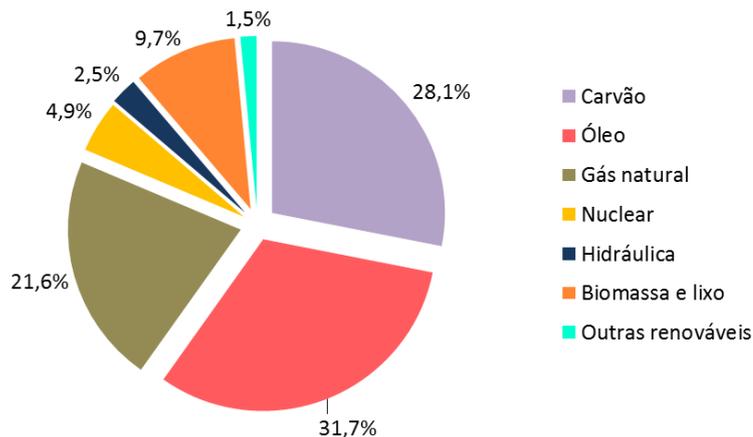
### **3.2.2 Geração de energia no mundo**

A matriz energética mundial, ainda que tenha sofrido transformações, permaneceu relativamente estável no período entre 2006 e 2015. Ressalta-se a baixa participação de fontes renováveis: juntas, energia hidráulica, biomassa e alternativas (no gráfico 1 como “outras renováveis”) representaram 12,9%, sendo que neste grupo, a que mais se destaca é a energia provinda da biomassa. A matriz pode ser considerada, de acordo com as participações assinaladas no gráfico 1, não diversificada, pois apenas três fontes constituem mais de 70% dela (carvão, óleo - incluindo petróleo - e gás).

**Gráfico 1 - Matriz energética mundial (2006)**

Fonte: adaptado de INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2008).

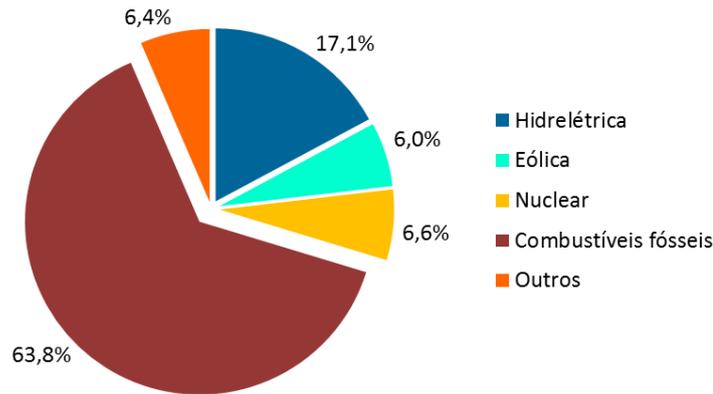
Em dez anos, a composição da matriz alterou-se de forma bastante sutil: o gráfico 2 aponta que os óleos (estando o petróleo incluído neste grupo) cederam espaço para outras fontes, como as renováveis, que passaram a constituir 13,7% da geração mundial de energia, 0,8% a mais do que representaram em 2006, sendo que muito deste aumento deve-se especialmente à crescente participação das fontes eólica e solar na geração de energia. Apesar disso, a participação do gás natural elevou-se em 1%, assim como o carvão, com aumento superior a 2%. Isto significa que a matriz pouco se alterou na divisão entre fontes convencionais e renováveis.

**Gráfico 2 - Matriz energética mundial (2015)**

Fonte: adaptado de IEA (2017).

A matriz elétrica mundial (gráfico 3) mostra-se predominantemente tradicional, formada majoritariamente por combustíveis fósseis. Hidráulica e eólica representam somente 17,1% e 6% respectivamente. As fontes de natureza fóssil apresentam a mesma característica verificada na matriz energética, constituindo mais de 60% da matriz elétrica.

Gráfico 3 - Matriz elétrica mundial (2014)



Fonte: adaptado de The Shift Project (com base em US EIA, 2015<sup>5</sup>).

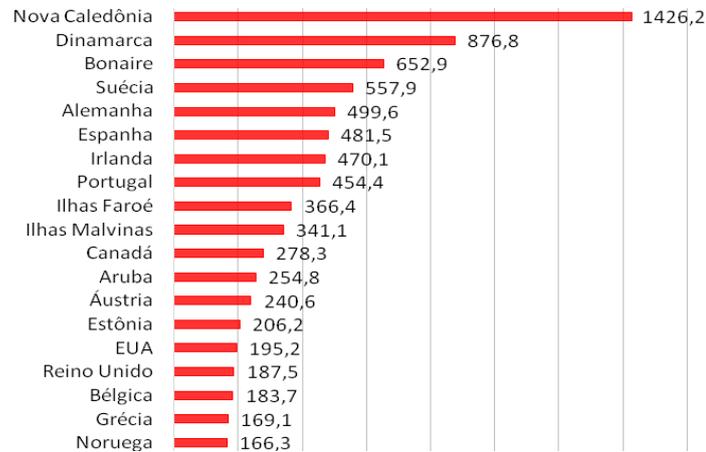
Não apenas a relação da capacidade eólica com a matriz elétrica é importante. Relacionar o potencial eólico instalado com outros dados característicos de cada país também é uma das formas de entender quão representativo é essa capacidade de geração de energia. O relatório da World Wind Energy Association<sup>6</sup> (WWEA, 2015) apresenta estas relações, ao calcular a capacidade eólica instalada dividida pela área total do país e também pela população, elencando os melhores resultados. Em nenhum dos casos, o Brasil obteve bons quocientes, não aparecendo na lista dos 19 maiores resultados mesmo sendo um dos 10 países com maior potência instalada (GWEC, 2017). No caso de capacidade *per capita* (gráfico 4), o resultado foi de apenas 29,4 W/pessoa; já na relação entre capacidade e área (gráfico 5), o número é de 0,7 kW/km<sup>2</sup>.

Em ambos os casos, os países que atingiram melhores resultados são Dinamarca e Alemanha, que ficaram em segundo e quinto lugar, respectivamente, na relação entre capacidade instalada e população, como pode ser visto no gráfico 4, e terceiro e segundo lugar, respectivamente, na relação entre capacidade instalada e área total do país (gráfico 5).

Conforme gráfico 4, os melhores resultados na primeira relação, entre capacidade eólica e população, são da Nova Caledônia e da Dinamarca. Seus valores equivalem, respectivamente, a 48,5 e 29 vezes o resultado brasileiro. A Alemanha (em quinto lugar) possui um resultado 16 vezes maior que o do Brasil.

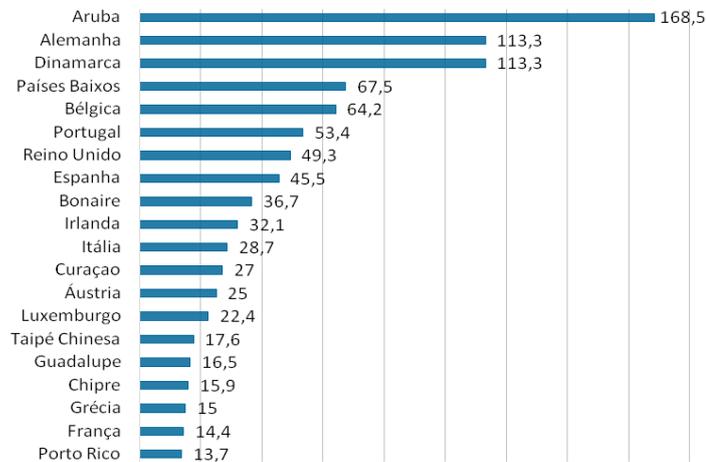
<sup>5</sup> U.S. EIA (Energy Information Administration), 2015.

<sup>6</sup> Associação Mundial para Energia Eólica: é uma organização sem fins lucrativos baseada em Bonn, Alemanha.

**Gráfico 4 - Capacidade eólica instalada *per capita* (W/pessoa)**

Fonte: WWEA (2015).

Já na relação entre capacidade instalada e área, Aruba, Alemanha e Dinamarca (estes dois últimos, empatados, com 113,3 kW/km<sup>2</sup>) constam entre os três maiores coeficientes. O Brasil, com 0,7 kW/km<sup>2</sup> equivale a menos de um centésimo dos melhores resultados.

**Gráfico 5 - Capacidade eólica instalada por área (kW/km<sup>2</sup>)**

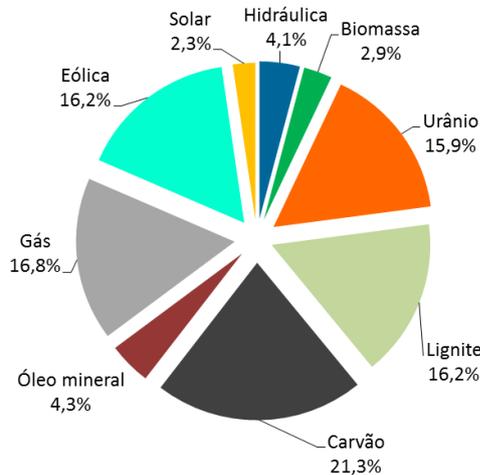
Fonte: WWEA (2015).

### 3.2.3 Geração de energia na Alemanha

A Alemanha é referida por Fankhauser et al. (2008) como uma das líderes em energias renováveis alternativas, e conforme mostram os gráficos 6 e 7, a tendência permanece com o desenvolvimento de energias alternativas para constituir a matriz elétrica. Em 2006 (gráfico 6), a fonte eólica já correspondia a 16,2% da capacidade elétrica instalada. As fontes

renováveis constituíam em torno de 25% da matriz, valor superior à participação que é verificada atualmente na matriz elétrica mundial, de 23% (THE SHIFT PROJECT, 2015).

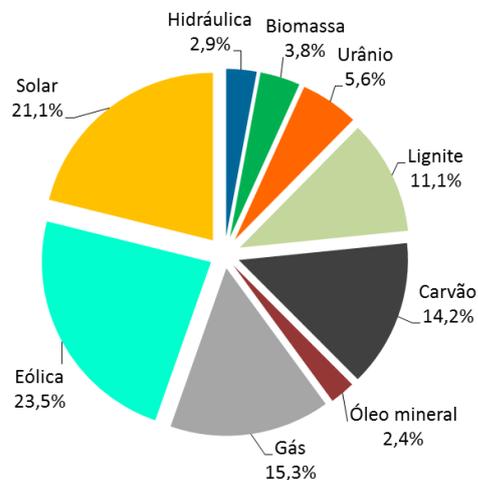
**Gráfico 6 - Matriz elétrica alemã (2006)**



Fonte: elaborado pela autora com base em Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme - Fraunhofer ISE (2017).

A matriz elétrica alemã em 2016, quando considerada a capacidade instalada por fonte, é majoritariamente renovável. Todas as energias renováveis representam 51,3%. Ela é, ainda, bastante diversificada, garantindo segurança e independência no fornecimento de energia elétrica. A participação das fontes é parecida, sendo a energia eólica e a solar as com maior potencial instalado (ambas somam mais 65 MW) e correspondem a 44,6% da matriz, conforme gráfico 7. A eólica teve um aumento de 25 MW neste período - superior ao dobro do potencial instalado em 2006.

**Gráfico 7 - Matriz elétrica alemã (2016)**

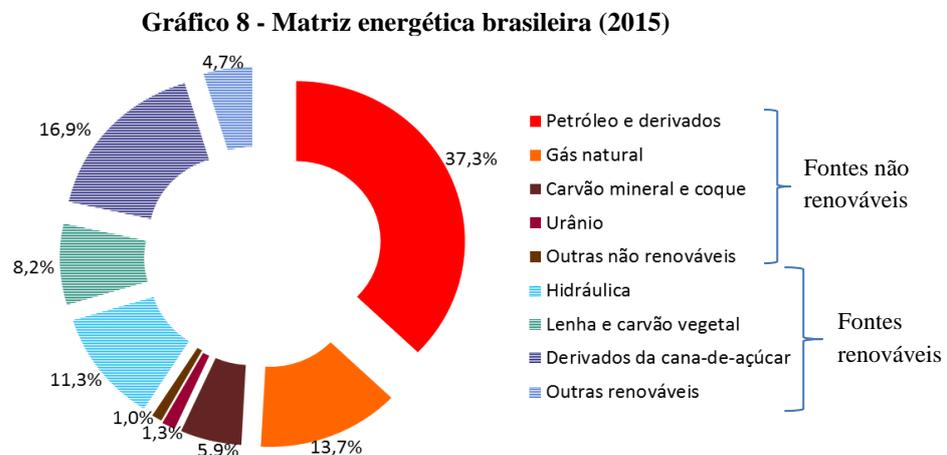


Fonte: elaborado pela autora com base em Fraunhofer ISE (2017).

A matriz elétrica muda de configuração se for considerada a eletricidade gerada por fonte, tornando-se de base convencional - 29,2% dela caberiam às fontes renováveis (BMW, 2017a). Lignite seria a principal fonte geradora, correspondendo a mais de 23% da produção elétrica. Ainda assim, a matriz permaneceria diversificada, tendo as participações em níveis parecidos. Dentre as fontes com participação maior que 10%, tem-se eólica (12,3%), gás natural (12,4%), nuclear (13%), carvão (17,2%) e lignite (23%). Juntas, estas cinco fontes são responsáveis por 77,9% da geração de energia elétrica. Apesar de diversificada, a matriz tornar-se-ia predominantemente convencional, aspecto negativo da produção de eletricidade na Alemanha.

### 3.2.4 Geração de energia no Brasil

No Brasil, conforme o Balanço Energético Nacional (EMPRESA PÚBLICA DE ENERGIA - EPE, 2016), o petróleo e seus derivados continuam liderando o fornecimento de energia. Desde 2006 até 2015, o aumento na oferta foi de 30%, enquanto a sua participação na matriz permaneceu constante nesse mesmo período. Outras renováveis, referentes a fontes alternativas (ou fontes renováveis modernas), incluindo, neste grupo, a energia eólica, participavam da oferta com 2,5% em 2006, chegando a 4,7% em 2015. Em termos absolutos, o aumento foi superior a 150% - fato positivo quando comparado ao aumento do uso de petróleo e derivados. No gráfico 8, nota-se a predominância das fontes não renováveis na matriz energética: elas contribuíram com 58,8% da oferta de energia em 2015, superior ao valor de 2006, de 55,4% - ou seja, elas cresceram não apenas a participação na matriz, mas principalmente em termos absolutos.



Fonte: elaborado pela autora com base em EPE (2016).

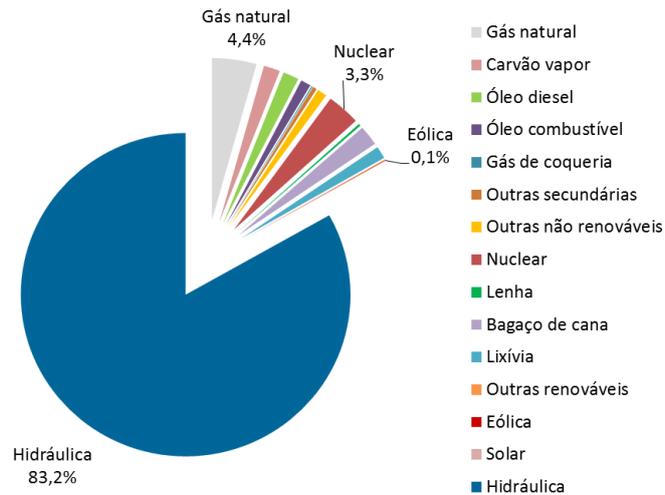
A modificação na estrutura da oferta interna de energia (OIE) é um processo lento que precisa de um planejamento de longo prazo bem definido para que o objetivo seja alcançado, o que torna a atuação do Estado imprescindível. A intervenção estatal no mercado de energia marca o novo modelo do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB), instituído a partir dos anos 2003/2004, que, definindo novas regras para a contratação de energia, tenta fazer destas mudanças na composição da matriz brasileira, um projeto deliberado rumo à sustentabilidade energética.

Como os projetos elétricos caracterizam-se por prazos longos de maturação, o planejamento elétrico utiliza a técnica de cenários socioeconômicos na elaboração de trajetórias de expansão, identificando seus custos e benefícios. A mitigação dos riscos envolvidos no programa de expansão, inclusive seus riscos socioambientais, é parte relevante desse processo. (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011, p. 28).

Este programa de expansão ao qual os autores se referem dá-se através dos leilões de contratação de energia estipulados pelo novo SEB. Eles visam a garantir a modicidade tarifária da energia elétrica, estipulando, ainda, um mínimo de participação de fontes renováveis de geração de energia, e através de uma visão de longo prazo, delinear projetos que reestrutem a geração e a distribuição de energia, retomando a ideia de Farrell (2011) quanto à democratização do sistema elétrico.

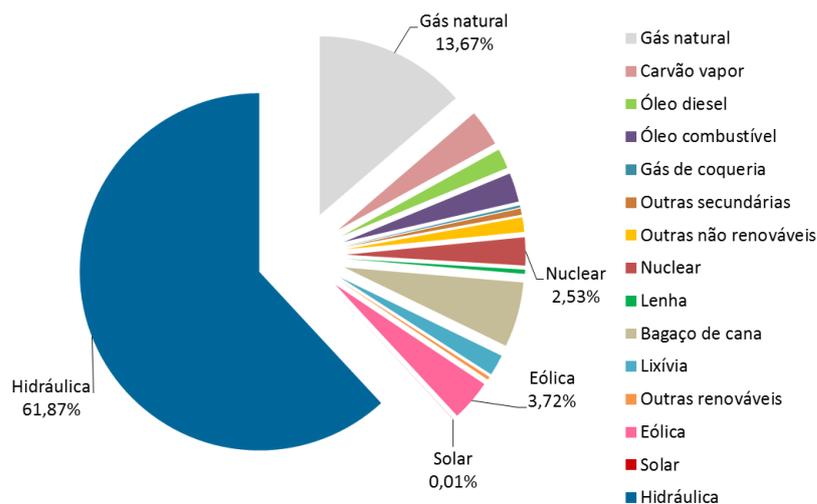
Já quanto à matriz elétrica brasileira, percebe-se a relevância que as fontes renováveis vêm apresentando. Com os dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2016), é possível visualizar de forma mais nítida a matriz elétrica brasileira de 2006, que aponta para uma predominância da energia hidráulica conforme gráfico 9. Até 2008 a fonte hidráulica era responsável por 83,2% da oferta total de energia elétrica - ou seja, a matriz elétrica era majoritariamente formada por energia provinda de centrais e usinas hidrelétricas, e continua sendo, apesar de estar cedendo espaço para outras fontes atualmente. Até o fim da década de 1980, esta fonte era a que mais recebia investimentos públicos, e com o início da desestatização do setor elétrico, recebia também investimentos do setor privado (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011).

Nos gráficos 9 e 10, são destacadas as fontes hidráulica - por ser a mais relevante -, a fonte eólica e o gás natural - devido ao aumento expressivo da sua participação na matriz (de 4,4% em 2006 para 13,67% em 2015). O gráfico 9, da matriz elétrica brasileira em 2006, demonstra como a energia eólica tinha importância relativa muito inferior à que possui atualmente e como o restante (quase 17%) era dividido entre as outras fontes.

**Gráfico 9 - Matriz elétrica brasileira (2006)**

Fonte: elaborado pela autora com base em EPE (2016).

Para o ano de 2015, como pode ser visto no gráfico 10, com as participações atualizadas, a produção de energia hidráulica caiu aproximadamente 20% em termos relativos, enquanto a fonte eólica teve a participação majorada em 36 vezes. A biomassa (bagaço de cana) também teve notável elevação no período, passando a constituir 6% da matriz elétrica em 2015. Enquanto em 2006, mais de 86% da geração elétrica eram realizados via fontes renováveis (bagaço de cana, lixívia, eólica, solar, hidráulica e outras), em 2015, esta participação caiu para aproximadamente 73,6%.

**Gráfico 10 - Matriz elétrica brasileira (2015)**

Fonte: adaptado de EPE (2016).

Como será visto a seguir, a intervenção estatal desempenha um papel fundamental na determinação da matriz energética, afinal, energia é uma mercadoria num mercado que muitas vezes deve ser regulado em nome do desenvolvimento sustentável, não permitindo o simples

esgotamento de recursos naturais do território. Costa et al. (2016), falando sobre os determinantes da matriz energética brasileira, apontam a participação estatal como fundamental para que ocorram modificações no sistema elétrico - permanentemente e de forma sustentável. No caso brasileiro, em 1995, foram instituídos relatórios anuais que apontariam perspectivas para o cenário energético (estimativas da demanda, da capacidade instalada e da oferta efetiva, principalmente) num horizonte de dez anos. O primeiro Plano Decenal de Expansão de Energia (em 1996) verificou que a estabilidade econômica e a diminuição da inflação geravam aumento no consumo de energia e que as privatizações de plantas e instituições ligadas ao setor energético fizeram os investimentos em novos parques de geração elétrica estagnar (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011). Estas constatações, juntamente aos resultados obtidos até os anos de 2002 e 2003, foram ponto de partida para que se desse a entrada da esfera pública no mercado energético novamente (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011).

### 3.3 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica, de modo geral, deriva da força exercida pelos deslocamentos de massas de ar, sendo suas formas mais tradicionais de utilização em moinhos eólicos para a moagem de grãos e bombear água e desde muito antes, em barcos à vela. Atualmente, ela é mais conhecida pelo seu desempenho na geração de energia elétrica como fonte renovável moderna, que é nada mais que uma das suas possíveis transformações: o vento age em um determinado rotor, que transmite energia mecânica a um gerador através de um conjunto de engrenagens específicas, para então tornar-se energia elétrica e ser distribuída na rede elétrica (AMARAL, 2011).

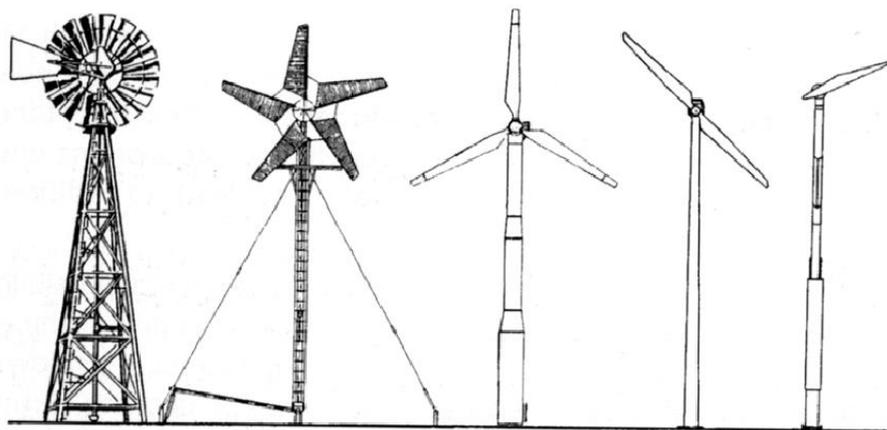
Existem diferentes modelos de aerogeradores, com distintos formatos, altura, direção do eixo e outras especificidades que acabam por determinar a eficiência e o valor de cada tipo de moinho eólico. Amaral (2011) relaciona os principais tipos de turbinas que podem ser encontrados no mercado atualmente, sendo as principais diferenças entre eles, a direção do eixo do rotor - se horizontal ou vertical - e o número de pás do hélice.

Conforme Amaral (2011) e Marques (2004), apesar de as turbinas de eixo vertical terem custo de investimento mais baixo e necessitarem de menos manutenção, estas acabam perdendo espaço para aquelas de eixo horizontal devido à sua maior estabilidade e eficiência da transformação de energia potencial em energia elétrica efetiva. Elas também são preferidas em detrimento dos moinhos de eixo vertical, por seus rotores encontrarem-se muito elevados

em relação ao solo e pela sua fundação, que mesmo tendo mais de 10m de diâmetro, encontra-se enterrada na terra, ocupando, assim, menos espaço no solo, viabilizando a prática de outras atividades. Quanto à difusão da torre eólica de três pás, Amaral (2011) e Oliveira, Pereira e Veiga (2011) afirmam que o fato deve-se à sua maior estabilidade e aos menores níveis de ruído.

Na figura 1, tem-se a imagem dos aerogeradores com sistema de eixo horizontal - mais popularizados. De acordo com Souza, Dutra e Melo (2008), os moinhos mais utilizados para produção de energia elétrica em larga escala são os três últimos, à direita, (com atenção especial à turbina ao centro, de três pás), enquanto os dois à esquerda são mais usados em sistemas híbridos de geração de energia <sup>7</sup> (geralmente em propriedades particulares - residenciais e rurais - para consumo próprio).

**Figura 1 - Turbinas eólicas de eixo horizontal**



Fonte: Marques (2004, p. 47).

Estas torres possuem atualmente entre 80 e 100 metros de altura, alcançando ventos mais livres de turbulências (quanto mais próximo ao chão, mais turbulentas são as correntes de ar), podendo rotacionar mais rapidamente, gerando ainda mais energia. Os equipamentos mais modernos geralmente possuem capacidade para gerar três GW de potência (até mais, dependendo de outros fatores), enquanto no final dos anos 1990, eram comuns moinhos com até 50 metros de altura, individualmente capazes de no máximo 600 KW. Esse potencial eólico das turbinas depende ainda do diâmetro do rotor: em 1980, tal medida era de 15m apenas, dando à instalação uma capacidade individual de 75 kW; os equipamentos mais modernos possuem diâmetro de 127m, com potencial de gerar até 7,5 MW - mil vezes o referencial de 1980 - (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011). Também para maximizar a

<sup>7</sup> Consiste na utilização de duas ou mais fontes de energia para dar maior eficiência ao sistema de geração ou mesmo para garantir segurança e equilíbrio no fornecimento de energia.

geração de energia, leva-se em consideração o espaçamento entre as turbinas, de forma que elas não se prejudiquem entre si, ou seja, que a turbulência causada pelo rotor de uma turbina possa dissipar-se antes de o vento atingir outra torre. O estudo sobre a capacidade eólica na Alemanha (BUNDESVERBAND WINDENERGIE - BWE, 2012), como uma forma de generalização, utilizou a distância média de quatro vezes o diâmetro do rotor (ou oito vezes a medida de uma pá) para definir a distância ideal entre os aerogeradores.

A capacidade individual de uma torre eólica é, porém, apenas um valor potencial: o coeficiente de aproveitamento, ou seja, a geração efetiva de energia, dessas turbinas fica atualmente entre 35% e 45% (AMARAL, 2011); no Brasil, a Empresa Pública de Energia (EPE, 2016) considera o fator de capacidade médio dos parques nacionais de 32% nas suas estimativas.

### **3.3.1 Investimento em Energia Eólica**

Apesar de os investimentos em energia eólica e nas tecnologias relacionadas a ela – materiais, eficiência energética, armazenamento de energia, capacitação dos trabalhadores, etc. – serem os maiores dentre as energia renováveis, eles devem fazer parte de um planejamento de políticas públicas de tal forma que a parceria público-privada alcance não simplesmente o objetivo capitalista, o lucro, mas também atinjam a sociedade e o meio ambiente de maneira positiva.

Dentre as cinco regiões elencadas pelo UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP (2009) referente ao investimento em energia renovável (ER) de 2002 a 2008, a América do Sul é listada como a quarta região que mais investe, enquanto Europa e Ásia (muito devido aos investimentos chineses) despontam como maiores investidores em ER (UNEP, 2009). Raizer (2011) observa que

Tal tendência à concentração [ou seja, de a Europa seguir ano após ano investindo mais em energias renováveis] deveria ser observada com mais atenção, sob pena do *gap* tecnológico já existente tornar-se praticamente intransponível para os países pobres a curto e médio prazos. (RAIZER, 2011, p. 107).

Apesar do fato de a região sul-americana não estar bem posicionada no quesito investimentos em energias renováveis, não se pode desprender disto, que o Brasil também não esteja. Como destaca Ernst & Young - EY (2011), devido à crise financeira de 2008/2009, o Brasil tornou-se alvo de investimentos no setor energético de fontes renováveis. De acordo com o relatório, uma vez que o país mostrou-se mais estável para acolher o capital

estrangeiro, enquanto a Europa e os Estados Unidos sofriam fugas de capital, o Brasil passou a ocupar, pela primeira vez, a 10ª posição no ranking de atratividade para investimentos em energias renováveis e a 9ª, no caso de investimentos especificamente em energia eólica. Justamente em 2010, segundo Amaral (2011) e Oliveira, Pereira e Veiga (2011), é o ano em que países subdesenvolvidos e economias emergentes receberam os maiores volumes de investimento em energia eólica, alterando o cenário anteriormente descrito, com destaque para a China, que assumiu o posto de país com maior potencial instalado, colocando a Ásia em posição privilegiada no ranking das regiões com maior investimento em ER (WWEA, 2015).

De fato, os investimentos em energia eólica para o Brasil chegar entre os 10 países que mais instalaram energia nova no ano de 2012 - feito que se repetiu em 2013 (GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC, 2014) - foram de aproximadamente 3,43 bilhões de dólares, possibilitando mais de 1 GW de potência inaugurado em 2012 (GWEC, [2013]). Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica (2016a) reporta que mais de US\$ 32 bilhões foram investidos nacionalmente na energia eólica no período que compreende os anos entre 2009 e 2016. Neste último ano, o volume de investimento em energia eólica foi superior a 5,3 bilhões de dólares, representando 78% de todo o investimento em ER no Brasil. Neste mesmo ano, a Alemanha investiu 6,6 bilhões de euros em energia eólica *onshore* e € 2,6 bilhões em eólica *offshore* - um total de mais de € 9 bilhões (em torno de US\$ 9,5 bilhões) na fonte eólica (BMW, 2017b).

Ainda que os investimentos diretamente em tecnologias da fonte eólica sejam imprescindíveis para que ela firme-se como principal alternativa, há uma interpretação feita por Komor (2004<sup>8</sup> apud DANTAS; LEITE, 2009), afirmando que “[...] a energia eólica já está bastante avançada, o que se necessita são ações que a coloquem no mercado de forma competitiva”, isto é, ela não precisaria de mais investimentos em si, mas sim de inserção e participação no mercado. Desta forma, evidencia-se a necessidade de uma metodologia de planejamento energético que incentive o uso da fonte eólica, fazendo aumentar a sua participação na matriz elétrica.

Em média, os contratos para fornecimento de energia eólica vigoram por 20 anos. Depois que estes vencem, não necessariamente um parque eólico torna-se sucata. Além de os contratos poderem ser renovados, no caso de surgirem novas tecnologias, os aerogeradores antigos podem ser substituídos por novos (SIMAS; PACCA, 2013) - caso em que ocorre o processo de *repowering*<sup>9</sup>. Isto significa que o potencial eólico da região poderá ser sempre e

---

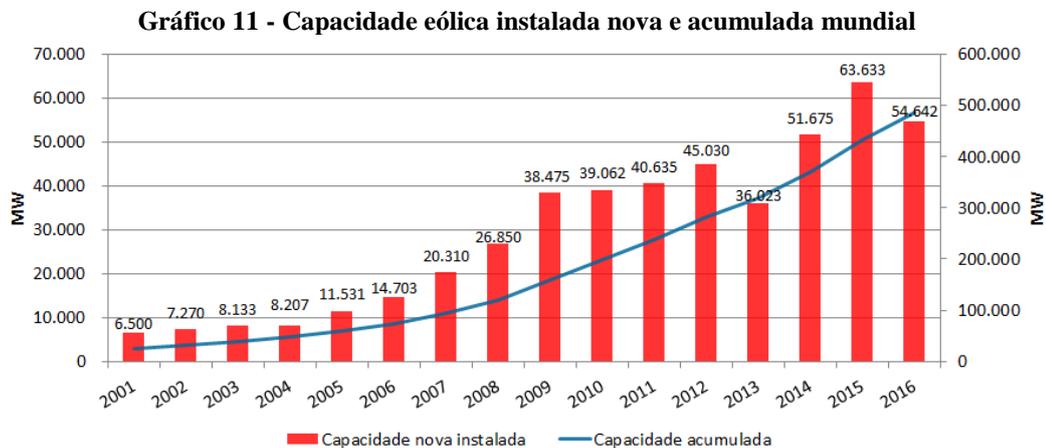
<sup>8</sup> KOMOR, P. **Renewable Energy Policy**. New York: Diebold Institute for Public Policy Studies, 2004.

<sup>9</sup> Repotenciação.

permanentemente aproveitado, e os benefícios da instalação do complexo eólico serão duradouros, favorecendo a comunidade local. GWEC (2011) ressalta, porém, que o processo de *repowering* torna-se economicamente viável após 15 anos de uso da turbina que será substituída. Devido ao curto período desde a energia eólica mostrar-se principal alternativa na geração de energia, os casos de repotenciação verificados atualmente são respectivos a poucos MW de potência substituídos. Na Alemanha, em 2010, foram 183 MW instalados sob a forma de *repowering*, apesar de a expectativa ser de que o processo abranja uma potência ainda maior até 2015, uma vez que haverá um maior número de aerogeradores passíveis de serem substituídos (GWEC, 2011).

### 3.3.2 Mundo

Até 2014, a energia eólica já era utilizada por 105 países (WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION - WWEA, 2015). De um modo geral, o mundo está mais voltado ao meio ambiente e às externalidades negativas do processo de industrialização. O gráfico 11 traz o panorama mundial da capacidade instalada para produção de energia elétrica através da fonte eólica.



Fonte: elaborado pela autora com base em GWEC (2017).

Percebe-se o crescimento mais acentuado da capacidade instalada acumulada a partir do biênio 2007/2008, e apesar de os valores de 2013 e 2016 se distanciarem da tendência crescente também verificado na capacidade instalada nova, ela vem mostrando números cada vez mais representativos. Em 2001, o potencial instalado acumulado mundial era de apenas 23,9 GW - em torno da metade da capacidade alemã atualmente - ou o dobro da capacidade brasileira. O crescimento experienciado até o ano de 2016, quando o Global Wind Energy

Council<sup>10</sup> (GWEC, 2017) estimou mundialmente uma potência instalada de 486,8 GW, é superior a 19 vezes a capacidade de 2001.

Ainda assim, o gráfico 11 apresenta o total mundial instalado ao ano, não apontando a diferença entre os continentes e regiões quanto ao uso efetivo de energia eólica. A Ásia, por exemplo, contribui com mais de 50% da energia eólica nova instalada em 2015 - 33,9 GW de 63,6 GW (GWEC, 2017). Segundo GWEC (2017), o desempenho da América Latina no uso da fonte eólica para produção de energia depende muito da performance brasileira. Ainda de acordo com o relatório, as recentes quedas na potência eólica instalada (nova) para os anos de 2015 e 2016 devem-se principalmente à diminuição no ritmo do Brasil de instalação de novos parques.

### 3.3.3 Alemanha

O caso alemão figura entre os mais bem sucedidos na implementação generalizada da energia eólica, evidenciando-se líder na exportação de energias limpas (FANKHAUSER et al., 2008). Nos últimos anos, verificou-se uma transformação na geração elétrica: no início do milênio, a produção elétrica através de fontes renováveis correspondia a aproximadamente 6% do total de eletricidade consumida, enquanto no ano de 2016, o percentual passou para 31,7%, sendo 11,9% do total da energia elétrica produzida no país, exclusivos de energia eólica (BMW, 2017a). Tal aumento deve-se principalmente às políticas públicas alemãs desenvolvidas no período, cabendo atenção especial à estipulação da Lei das Energias Renováveis<sup>11</sup> (BMW, 2017a).

Conforme o Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung<sup>12</sup> (DIW) em seu relatório intitulado “A importância econômica da indústria da energia eólica”, a lei fornecia recursos para subsidiar preços acima do mercado de forma a incentivar a instalação de parques eólicos e investimentos em novos aerogeradores (DIW ECON, 2014). O maior destaque é cabido às *feed-in tariffs*, adotadas no país em 2001 para financiar indiretamente a construção de parques eólicos. DIW Econ (2014) dá relevância aos valores que a política de FIT proporcionou na Alemanha: o excedente (lucro - Überschüsse) no comércio de energia eólica foi, em 2012, aproximadamente de 3,8 bilhões de euros, mas desse valor, o lucro correspondente aos subsídios de preço chegava a mais de 3,08 bilhões. As estimativas eram de que o lucro das

<sup>10</sup> Conselho Global de Energia Eólica.

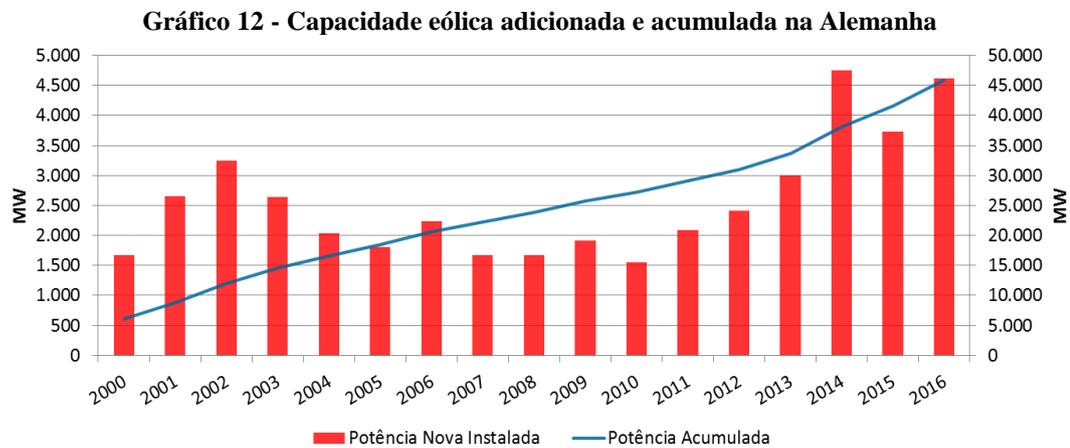
<sup>11</sup> Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG.

<sup>12</sup> Instituto Alemão de Pesquisas Econômicas.

empresas, caso concorressem a preços de mercado (suposto equilíbrio), seria de apenas 609 milhões de euros - 16% do total excedente.

Apesar de estas tarifas terem sido utilizadas em mais de 60 países e serem consideradas genericamente pelas autoridades econômicas como a melhor, e até mesmo a única, forma de se obter sucesso no incentivo às fontes alternativas, como relataram Oliveira, Pereira e Veiga (2011), existem algumas desvantagens implícitas apontadas por Mosher e Corscadden (2012): a instabilidade deste tipo de incentivo e até mesmo o estímulo ao mau investimento, no momento em que o Estado fornece recursos a projetos não tão eficientes ou mesmo sem previsão de faturamento que cubra o investimento inicial, não incentivando à minimização dos custos do projeto.

O gráfico 12 demonstra um pouco dessa instabilidade ao verificarem-se ondulações na potência nova instalada. Os valores referentes à potência nova instalada não se mantiveram constantes ao longo do período, mas apresentaram picos conforme a atuação do Estado através do subsídio de preços. Em 2016, os investimentos renderam ao parque gerador cerca de 10% da capacidade acumulada. A relação entre capacidade acumulada e nova nunca foi inferior a 5,7% (em 2010), e vem passando os 8% nos últimos quatro anos.



Fonte: elaborado pela autora com base em BWE (2016).

GWEC (2017) menciona a última EEG, com projetos para 2017, que propõe a transição das FIT para leilões de energia (método utilizado no Brasil) visando a diminuir os preços do mercado de energia eólica. Retiram-se as tarifas prêmio utilizadas desde o início dos anos 2000, para inserir os leilões - primeiramente nos parques *onshore* (a partir de maio de 2017) e posteriormente nos parques *offshore*, valendo apenas para aqueles construídos após 2020 (GWEC, 2017).

O dossiê sobre energia do Ministério de Economia e Energia alemão (BMW, 2017a) aponta que até 2030, a Alemanha deve chegar aos 15.000 MW instalados apenas em complexos eólicos *offshore* (em torno de três vezes a potência atualmente instalada em parques eólicos marítimos, de 4 mil MW); em parques terrestres devem ser acrescentados mais aproximadamente 44 GW, ou seja, o país está próximo a dobrar a geração eólica entre 2016 e 2030, uma vez que a capacidade atual instalada já é superior a 45 GW, conforme aponta o gráfico 12.

Existem relações importantes que permitem verificar o desenvolvimento da matriz energética e da elétrica. Um dos dilemas é justamente a forma em que estes efeitos devem ser mensurados. O relatório DIW Econ (2014) optou por analisar o valor adicionado bruto (VAB), a geração de emprego - ocupação, e a receita pública. Outros autores, como Simas e Pacca (2013) no caso brasileiro, analisam principalmente a geração e a qualificação do emprego.

Em 2012, o setor de energia eólica provocou um valor acrescentado bruto a preços de base efeito de 10,67 bilhões de euros (efeitos diretos e indiretos). Tendo também em conta os efeitos induzidos (3,81 bilhões de euros) resulta em um efeito total criação Torre de reprodução a preços básicos de 14,84 bilhões de euros. Destes, os custos EEG diferenciais são responsáveis por 3,08 bilhões de euros.<sup>13</sup> (DIW ECON, 2014, p. 15).

DIW Econ (2014) relata a influência que a EEG teve nos valores relacionados ao setor de energia eólica, sendo estes efeitos muito maiores em indicadores de renda e valor adicionado. Por exemplo, a contribuição das empresas do ramo da energia eólica no VAB alemão - ao invés dos 690 milhões de euros que seria sem a diferença de preço subsidiada pela lei - foi de € 3,77 bilhões (DIW ECON, 2014).

Na receita pública, os resultados também foram expressivos, favorecendo políticas sociais, uma vez que o valor arrecadado pelo Estado em impostos e compensações pode ser repassado para outras áreas sob sua responsabilidade - que por sua vez, realizarão gastos que promovam seus projetos públicos. DIW Econ (2014) apontou que só os investimentos na construção de novos parques eólicos renderam (através das formas direta, indireta e induzida - efeito multiplicador) quase 3,4 bilhões de euros aos cofres públicos. Quanto ao emprego na Alemanha, o relatório estimou que 109 mil pessoas estivessem empregadas no setor da indústria eólica em 2012 - 55.300 postos de trabalho direto e outros 53.700 indiretos, entre

---

<sup>13</sup> “Die Windenergiebranche löste 2012 einen Bruttowertschöpfungseffekt zu Herstellungspreisen von 10,67 Mrd. Euro aus (direkte und indirekte Effekte). Unter zusätzlicher Berücksichtigung der induzierten Effekte (3,81 Mrd. Euro) ergibt sich ein gesamter Bruttowertschöpfungseffekt zu Herstellungspreisen von 14,84 Mrd. Euro. Davon machen die EEG-Differenzkosten 3,08 Mrd Euro aus.”

postos permanentes e temporários. Em 2016, GWEC (2017) aponta que o número de empregos chegou a aproximadamente 150 mil no setor. Fankhauser et al. (2008) já apontava que a tendência na Alemanha era de que os empregos não tivessem um aumento tão acelerado como ocorreu até 2010. De acordo com os autores, o *catch up* e as políticas dos outros países de incentivo à produção interna de equipamentos eólicos provocariam a queda na competitividade da indústria eólica alemã, reduzindo as exportações, e conseqüentemente, o ritmo de crescimento dos postos de trabalho relacionados ao setor (FANKHAUSER et al., 2008).

### 3.3.4 Brasil

No Brasil, o principal incentivo do setor público a projetos eólicos fez-se através do PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), concedendo subsídios aos investidores. Desde os estágios iniciais da energia eólica na matriz elétrica brasileira até 2011, o programa foi responsável pelo financiamento de 95% de todos os projetos no Brasil (GWEC, 2011).

Constatado por Costa et al (2016), os efeitos da atuação estatal no Brasil não se mostraram tão favoráveis; diferentemente do que os autores chamaram de sucesso da intervenção pública do governo alemão na matriz energética e na elétrica alemãs. Na comparação entre os PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia) e os leilões de contratação de energia (realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL), verificou-se discrepância entre o que era previsto e pretendido pelo plano de expansão e a energia que era efetivamente contratada através dos leilões. Apesar da tentativa do governo em coordenar o rumo tomado pela composição da matriz energética, apurou-se a inconstância das projeções feitas pelos PDE, enquanto os leilões registravam contratação de energia eólica significativamente inferior ao que era estimado. Oliveira, Pereira e Veiga (2011), porém, realizam uma abordagem diferente, indicando a inserção cada vez mais competitiva da energia eólica no mercado ao verificar que o preço da energia eólica contratada até 2011 havia sido inferior ao custo marginal de expansão do parque gerador estimado pelo PDE 2020.

Por outro lado, o relatório do Banco Mundial - BM (WORLD BANK, 2010) menciona a dificuldade do acesso ao equipamento necessário a um parque eólico devido aos altos custos com capital e como o PROINFA tentou incentivar a indústria nacional a suprir a demanda interna por esses materiais de forma sustentável e mais barata. O programa foi lançado em 2002, durante a fase estatizadora do governo quanto à produção de energia elétrica, visando à

inserção de novas fontes renováveis na matriz elétrica. Na sua fase inicial, ele inclusive estipulava que 60% dos componentes e dos serviços relacionados à construção de parques de geração elétrica (não apenas eólica, como também solar, e PCH) deveriam ser nacionais (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011). Atualmente, essa exigência é feita pelo BNDES para que o financiamento seja aprovado. A crítica ao programa feita pelo BM surge quando o fato de as únicas três fabricantes de componentes da indústria de geração eólica serem voltadas para a exportação e não para o mercado interno atrasou o projeto eólico esboçado pelo Ministério de Minas e Energia brasileiro (MME) ainda mais. Ou seja, as empresas eram direta ou indiretamente subsidiadas pelo BNDES, apesar de não cumprirem com o propósito do programa de expandir a oferta da indústria da geração eólica nacional para complexos eólicos brasileiros, que continuavam a ter de importar o material (WORLD BANK. 2010).

Apesar dos impasses apresentados, a energia eólica demonstrou um crescimento acelerado. No gráfico 13 está representada a evolução da capacidade instalada acumulada ao longo do período e a potência nova instalada anualmente. Como o uso de forma generalizada da fonte eólica para a geração de eletricidade é muito recente, a série tem início no ano de 2005, quando havia apenas 29 MW instalados. Ressalta-se o ano de 2006, pois foi neste ano em que se deu a conclusão dos parques eólicos em Osório (Rio Grande do Sul, Brasil) - 150 MW dos 208 MW acrescentados na matriz elétrica são devidos a estes parques. No ano em que foram construídos, eram os únicos com mais de 50 MW instalados cada (GWEC, 2008). O mais surpreendente é a duplicação da capacidade instalada em apenas dois anos: em 2014, a capacidade eólica era de 5,9 GW, passando para 11,7 GW em 2016.



Fonte: adaptado de ABEEólica (2016a).

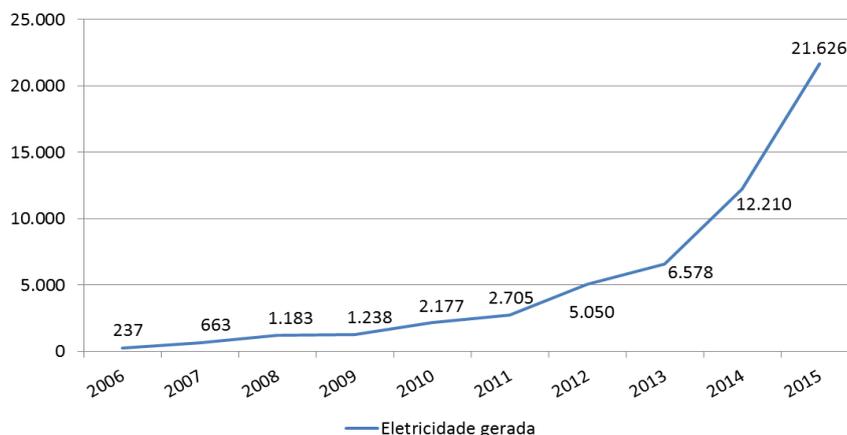
Em 2012 o Brasil ficou entre os 10 países que mais instalaram energia no ano, quando foram instalados mais de um mil MW (GWEC, 2013); ainda ficou fora, porém do ranking dos

10 países com maior potência instalada acumulada. Em 2014, o Brasil finalmente fez parte da lista dos 10 países com maior potência instalada no mundo - um total acumulado de 5.939 MW e capacidade nova instalada em 2014 de quase 2,5 GW (GWEC, [2015]).

De acordo com Simas e Pacca (2013), entre 2010 e 2020, está prevista a criação de mais de 195 mil postos de trabalho na instalação e operação dos parques eólicos. Em 2016, de acordo com GWEC (2017), foram criados mais de 30 mil empregos pela energia eólica direcionados majoritariamente à instalação e manutenção dos mais de 2 mil MW instalados no ano: uma média de 15 postos de trabalho por MW instalado. Oliveira, Pereira e Veiga (2011) ainda mencionam que 75% dos postos de trabalho são destinados à mão de obra local, favorecendo a economia regional.

O gráfico 14 indica a quantidade de energia elétrica gerada através da fonte eólica no período entre 2006 e 2015. A evolução do ano 2014 para 2015 indica uma possível melhora no fator de capacidade das instalações brasileiras, uma vez que se verificou um aumento de 46% no potencial instalado entre 2014 e 2015 conforme o gráfico 13, enquanto a eletricidade gerada aumentou em 77,12%.

**Gráfico 14 - Eletricidade gerada pela fonte eólica no Brasil (2006 - 2015, GWh)**



Fonte: elaborado pela autora com base em EPE (2016).

### 3.3.5 Preço da Energia

Existe, também, outro aspecto importante na definição de quais energias devem fazer parte em maior e menor grau da matriz elétrica, estando ele muito relacionado ao custo social deste planejamento, uma vez que o preço da energia afeta diretamente a renda familiar. Tanto no Brasil como na Alemanha, constatou-se que o preço tende inicialmente a subir com a difusão da energia eólica na matriz elétrica. De acordo com DIW Econ (2014), da mesma forma que a lei das energias renováveis (EEG) na Alemanha fez com que estas se tornassem

mais utilizadas, ela acabou por traduzir estas novas instalações de parques eólicos em aumento do preço da energia elétrica. Também no Brasil, como apresentado por Simas e Pacca (2013), verificou-se o aumento dos preços da energia elétrica conforme o uso de energias provenientes de fontes renováveis foi se difundindo, justamente por estas terem sua implantação mais cara. Dantas e Leite (2009) apontam que no Brasil, a tarifa cobrada por kWh, em dólares, equivale a mais do que o dobro da tarifa realizada no exterior, fato que demonstra a menor competitividade da energia eólica em nível nacional, e ressaltam a energia eólica como uma eventual causadora de impactos nas tarifas energéticas, assumindo, porém, que os leilões de contratação de energia podem vir a reduzir esses valores, indicando o custo real desta energia - segundo os autores. Realmente, Oliveira, Pereira e Veiga (2011) constataram que os leilões de energia propiciaram a redução do custo médio da energia eólica e que ela passou a ser vendida por um custo marginal inferior ao estipulado pelos relatórios da EPE. Os autores ressaltam que a energia eólica pode ser mais cara em determinados momentos, mas na média, ela figura entre as três fontes mais baratas no Brasil.

Um estudo sobre a inserção de fontes renováveis não convencionais na América Latina realizado pela CEPAL<sup>14</sup> (COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA - CEPAL, 2017), indicou a redução da média dos preços da energia eólica *onshore*. A tabela 1 resume a tendência dos preços mundiais para os anos entre 2035 e 2040. A energia eólica, considerando este horizonte de 20 anos, tornar-se-á uma das com melhor custo-benefício, enquanto as fontes relacionadas ao carbono (petróleo, gás liquefeito de petróleo - GLP, carvão, entre outras) tendem a ter seus preços elevados no período.

**Tabela 1 - Nível de custos por fonte de energia (em dólares por MWh)**

	2015	2035 - 2040
Solar PV	125 - 255	55 - 170
Eólico Onshore	58 - 105	48 - 78
Gás CC	45 - 75	70 - 80
Carbono	80 - 90	120 - 130

Fonte: adaptado de CEPAL (2017).

Mesmo que o exposto na tabela não venha a se efetivar integralmente, Oliveira, Pereira e Veiga (2011) mencionam, apesar de não se aprofundarem muito neste assunto, a possibilidade de os consumidores estarem dispostos a pagar mais em nome da confiabilidade do sistema elétrico. Ainda assim, tanto o relatório do Conselho Global de Energia Eólica

<sup>14</sup> Comissão Econômica para a América Latina.

(GWEC, 2017) como CEPAL (2017) apresentam fundamentos para o aumento da competitividade da fonte eólica no mercado energético e para a efetiva queda nos preços desta fonte com argumentos remetendo à redução de custos na fabricação dos equipamentos, aos avanços tecnológicos e à curva de aprendizagem (*learning by doing*).

O custo de capital das turbinas vem diminuindo, precipitadamente, em alguns mercados nos últimos anos, tanto em termos ajustados quanto em termos absolutos. Mais tarde, isso tem sido em grande parte o resultado das forças do mercado, mas ao mesmo tempo, os refinamentos contínuos de design e a experiência com a produção em massa de um número crescente de turbinas iguais ou similares diminuíram o custo da própria tecnologia.<sup>15</sup> (GWEC, 2017, p. 23).

### 3.3.6 Impactos no meio rural

Para a instalação de parques eólicos, as áreas rurais são preferidas em relação às urbanas, principalmente devido ao maior potencial eólico, não sofrem com muitas rugosidades, que causam turbulências e geram instabilidade na estrutura da torre eólica, e possuem maior disponibilidade de terras para a construção. Em sua maioria, estas áreas possuem baixo desenvolvimento econômico e altos níveis de desemprego (SIMAS; PACCA, 2013).

De modo geral, a literatura - principalmente Raizer (2011) e Simas e Pacca (2013), por tratarem de temas mais direcionados aos impactos sociais e de desenvolvimentos nessas obras - apresenta a energia eólica como vantajosa para a região onde é instalada. Segundo ABEEólica (2016a), Simas e Pacca (2013) e Raizer (2011), ela promove efeitos diretos e indiretos na economia regional ao criar novos empregos, sejam temporários ou permanentes; ao proporcionar renda extra aos proprietários quando arrendam parte da terra para a construção do moinho eólico (renda que pode ser investida em qualquer outra atividade, possibilitando ao agricultor melhorar a produtividade da propriedade); ao fazer elevar o consumo de bens e serviços, devido ao aumento da população principalmente - sendo este crescimento uma consequência tanto da migração de pessoas para a cidade como da fixação da população no meio rural (SIMAS; PACCA, 2013; ABEEÓLICA, 2016a); e ainda possíveis compensações exigidas pelo poder público para a construção do complexo. Oliveira, Pereira e Veiga (2011) citam que no Brasil, a região que mais se beneficiou da construção de complexos eólicos foi o Nordeste brasileiro, por ser uma região muito carente de

---

<sup>15</sup> The capital cost of turbines has been decreasing, precipitously in some markets over the past several years, both in adjusted and in absolute terms. Of late, this has been largely the result of market forces, but at the same time, continuous design refinements and experience with mass producing an increasing number of the same or similar turbines have decreased the cost of the technology itself.

infraestrutura, pouco desenvolvida econômica e socialmente, e pouco industrializada. Em casos como esse, a expansão eólica tem seus efeitos ainda mais evidenciados, principalmente na forma de receitas públicas adicionais e aumento da renda familiar (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2011). Raizer (2011) reitera que estes efeitos representam - independentemente do local, mas com intensidade dependente dele - maior infraestrutura, renda, qualidade de vida e, no médio prazo, desenvolvimento para a região em que foram instalados os moinhos eólicos.

Simas e Pacca (2013) ainda argumentam que o potencial eólico da região pode ser permanentemente aproveitado, pois os contratos têm prazo inferior à vida útil dos equipamentos - podendo ser renovados - e no caso de as tecnologias ficarem defasadas, as turbinas podem ser substituídas por novas, com maior potencial individual, por meio do processo de *repowering*.

Além disso, há a possibilidade de os produtores rurais instalarem seus próprios geradores eólicos para a autossuficiência em energia. Mesmo sendo um investimento alto, o custo-benefício tende a ser baixo, visto que a área pode ser duplamente aproveitada: para a geração eólica e para a agropecuária; a energia que não é consumida na produção é inserida na rede e torna-se crédito de energia. Na Alemanha, por exemplo, no início dos anos 2000 - antes da difusão dos complexos eólicos -, os proprietários de terras, através de políticas públicas que visavam a diminuir os riscos e que garantiam uma tarifa mínima pela energia gerada (*feed-in tariffs*), possuíam em torno de 75% da capacidade eólica instalada no país, o que na época já correspondia a 6.500 MW (MOSHER; CORSCADDEN, 2012). Estes mesmos proprietários e agricultores que passaram, num segundo momento, a arrendar parte da terra para os grandes investidores em tecnologias de energia renovável.

Outro ponto positivo na instalação de parques eólicos em meio a áreas com atividade agrícola foi tratado na reportagem publicada na página da revista National Geographic que relata a influência dos complexos eólicos na produção agrícola através de efeitos no ar produzidos pelas turbinas. O principal seria a mixagem do ar, lançando dióxido de carbono sobre a plantação, favorecendo o processo de fotossíntese e por consequência, também do crescimento das plantas (NATIONAL GEOGRAPHIC NEWS, 2011).

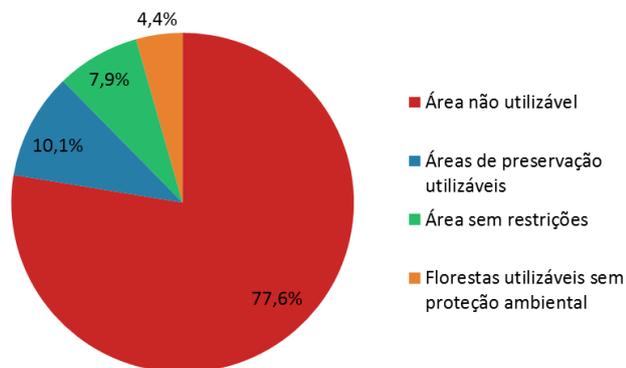
## 4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa mostra que ambas as cidades se desenvolveram no período analisado, mas aponta diferenças principalmente nas dimensões das instalações eólicas. Enquanto no Brasil predomina a construção de grandes complexos eólicos, na Alemanha existem inúmeros pequenos parques, com menor capacidade instalada, distribuídos ao longo do norte do país.

### 4.1 PARQUES EÓLICOS NA ZONA RURAL ALEMÃ

Na Alemanha surgiu a preocupação com a função da terra nas áreas rurais quando as atividades agrícolas passaram a compartilhar o espaço com complexos eólicos. Num país com disponibilidade de terras agricultáveis reduzidas, presume-se que este fator possa realmente vir a ser uma externalidade negativa da fonte eólica. O gráfico 15 demonstra exatamente as razões da preocupação alemã: considerando que menos de 30% do território podem ser utilizados para a geração de energia eólica, há a possibilidade de estas áreas coincidirem com as áreas rurais produtivas da Alemanha. Na verdade, de acordo com os dados do estudo do potencial eólico no território alemão (BWE, 2012), o grupo das áreas sem restrições é justamente o que abrange as áreas agrícolas já utilizadas economicamente ou com potencial agrícola, correspondendo a apenas 7,9% do total da área total alemã<sup>1</sup>. O estudo ressalta ainda, que devido a outros fatores - entre eles, direitos de propriedade, construções (que não constam no estudo), existência de espécies raras de animais e plantas - são efetivamente aproveitáveis, apenas 2% do território para instalação de complexos eólicos.

Gráfico 15 - Áreas utilizáveis para instalação de aerogeradores na área total alemã (ano)

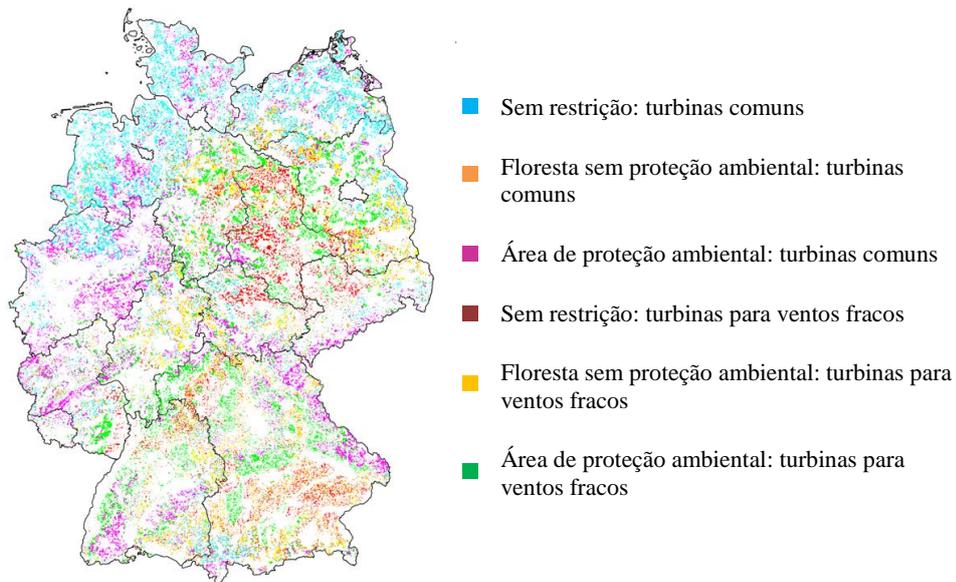


Fonte: adaptado de BWE (2012).

<sup>1</sup> Isto não quer dizer que a área agricultável corresponda a apenas 7,9% do território. Matematicamente, talvez 100% dessa porcentagem sejam de áreas agrícolas, mas não significa que toda a área agrícola corresponda a 7,9% do território.

A figura 2 traz a distribuição destas áreas no território da Alemanha, já ponderadas pela capacidade de produção de energia eólica. Neste estudo, foram considerados dois tipos de turbina para que fosse atingido o potencial mínimo esperado: eram introduzidos equipamentos de 2 MW de potência, e caso não fosse atingida a geração mínima de energia esperada, eles eram substituídos por turbinas de 3 MW. Se ainda não se conseguisse atingir tal geração mínima, a área era descartada do mapa eólico (BWE, 2012).

**Figura 2 - Mapa do potencial eólico alemão (2012)**



Fonte: adaptado de BWE (2012).

#### 4.1.1 Steinfurt

O Parque Eólico Hollich Sellen<sup>2</sup> situa-se no município alemão de Steinfurt, no Estado de Nordrhein-Westfalen<sup>3</sup>. A cidade faz parte do *Kreis Steinfurt*<sup>4</sup>, do qual outras 23 cidades também fazem parte (KREIS STEINFURT, 2017). Ela fica localizada na parte noroeste do estado, a pouco mais de 30 km da fronteira com os Países Baixos e a 140 km da capital de Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. A população do distrito é constituída atualmente por 444 mil habitantes, enquanto a do município fica por volta de 33 mil, representando 7,6% da população distrital. O nome do parque deve-se aos campesinatos<sup>5</sup> nos quais ele está situado: Hollich e Sellen, áreas caracterizadas majoritariamente pela produção agrícola.

<sup>2</sup> Bürgerwindpark Hollich Sellen: até 2010/2011, apenas Bürgerwindpark Hollich.

<sup>3</sup> Renânia do Norte-Vestfália: Estado alemão localizado no noroeste do país.

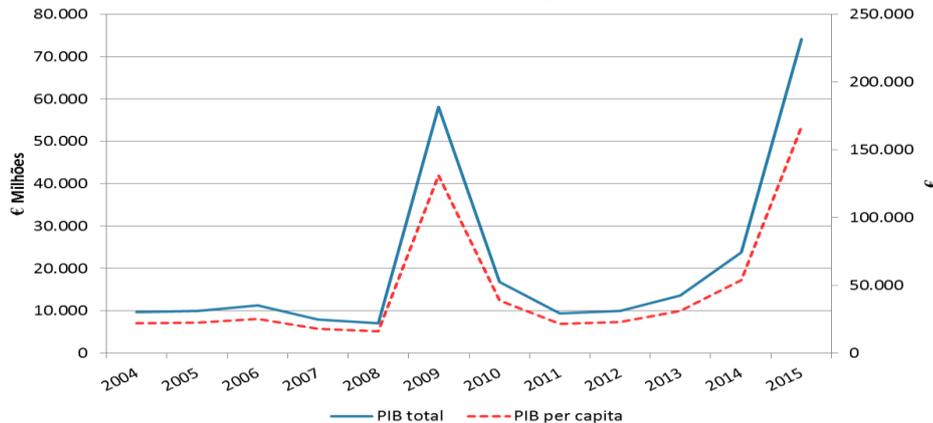
<sup>4</sup> Distrito de Steinfurt: na Alemanha, é comum haver cidades um pouco maiores que se tornam uma espécie de referência para outros vilarejos.

<sup>5</sup> Bauerschaft.

O parque foi construído em 2001, contando inicialmente com 11 turbinas eólicas de 1,5 MW de potência individual, totalizando apenas 16,5 MW de potência instalada (WINDPARK HOLLICH GMBH, [2017a]). Logo em seguida, no ano de 2003, já foram instaladas novas estruturas também de 1,5 MW. Em 2007, foram novamente instalados novos equipamentos, desta vez, com 2 MW cada, totalizando uma capacidade de 29,5 MW. Apenas em 2011 viria a ser construída a segunda parte do parque, adicionando 48 MW de potência através de 16 aerogeradores com capacidade individual de 3 MW (WINDPARK HOLLICH GMBH, [2017b]). Atualmente, a potência instalada é de 77,5 MW, sendo a relação com a população de apenas 2,26 watts por habitante.

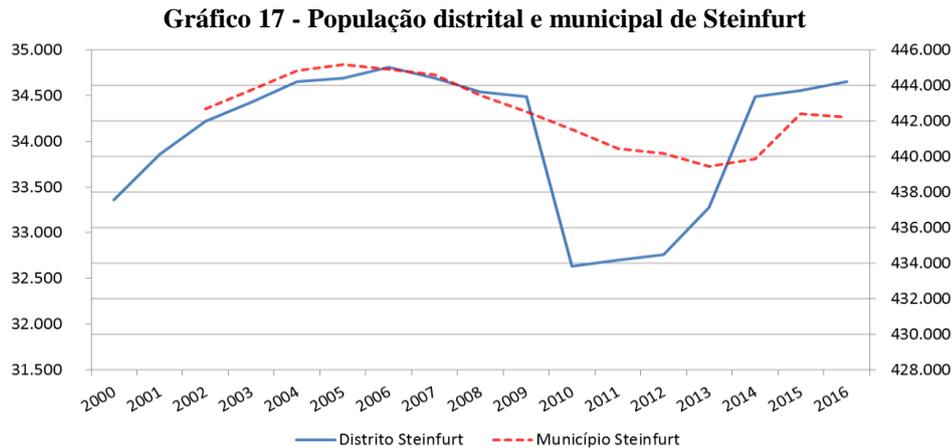
O gráfico 16 apresenta o PIB total e *per capita* referente ao distrito de Steinfurt para o intervalo de tempo entre 2004 e 2015. Em valores reais, o PIB total teve um aumento na faixa dos 564% ao longo destes 11 anos, enquanto o *per capita* subiu 1% a mais.

**Gráfico 16 - PIB distrital de Steinfurt total e *per capita* (2004 a 2015, valores de dez/2016)**



Fonte: elaborado pela autora com base em Landwirtschaftsverband Westfalen-Lippe - LWL (2017).

Por meio do gráfico 17, percebe-se diferença significativa entre a trajetória da população do *Kreis* Steinfurt e a do município. A literatura argumentar que a atenuação na queda da população se deve ao fato de a construção e a própria existência (ou seja, não um período curto, mas no longo prazo) de parques eólicos fixa a população no campo (SIMAS; PACCA, 2013; ABEEÓLICA, 2016a).



Fonte: elaborado pela autora com base em LWL (2017).

Já o número de empresas agrícolas caiu de 264 em 2005 para 207 em 2010 no município de Steinfurt, uma queda de 21,6%. O distrito também sofreu o mesmo processo: de 3.888, passou para 2.791 (-28%), conforme Landwirtschaftsverband Westfalen-Lippe - LWL (2017). A tendência, portanto, à redução no número de empresas agrícolas no município acompanhou o movimento de queda verificado no distrito. O censo agropecuário de 2010 contabilizou o número de propriedades agrícolas com criação de gados, divididas conforme a tabela 2:

**Tabela 2 - Propriedades agrícolas com criação de rebanho no distrito de Steinfurt (2010)**

Gado		Leite de vaca		Suíno		Matrizes (suínos)		Ovelha	
Empresas	Cabeças	Empresas	Cabeças	Empresas	Cabeças	Empresas	Cabeças	Empresas	Cabeças
1.389	127.454	476	18.036	1.363	969.547	601	85.598	133	4.002

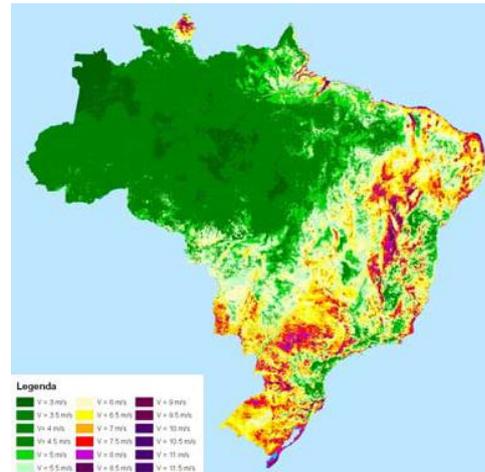
Fonte: adaptado de LWL (2017).

#### 4.2 PARQUES EÓLICOS NA ZONA RURAL BRASILEIRA

Conforme as discussões contidas nas seções anteriores, é fato que a instalação de parques eólicos ocorre majoritariamente nas zonas rurais. A análise proposta nesta seção busca realizar um breve estudo sobre a relação entre as áreas onde esses complexos são construídos e aquelas utilizadas na atividade agrícola, verificando os impactos na produção e no desenvolvimento do município e da região próxima.

A figura 3 representa o mapa do potencial eólico em todo o território brasileiro, verificando-se maior potencial (na figura 3, apresentados em tons de roxo) nas zonas costeiras da região nordeste e sul, além de parte do interior nordestino e do sudeste.

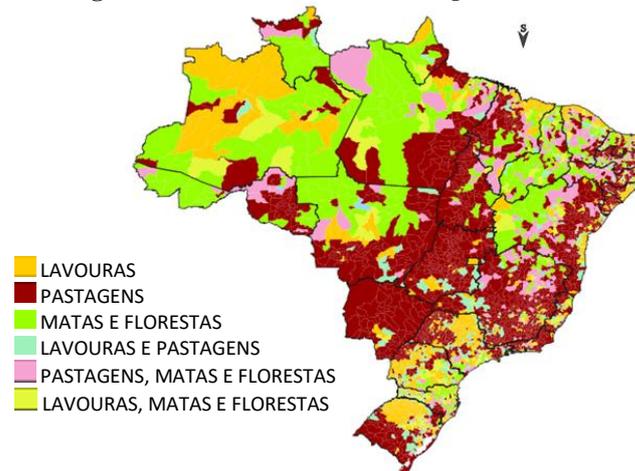
**Figura 3 - Mapa do potencial eólico brasileiro (2008)**



Fonte: Souza, Dutra e Melo (2008).

A figura 4, por sua vez, traz a predominância do uso da terra no território brasileiro no ano de 2006. Percebe-se que, que as zonas de maior potencial eólico coincidem com as zonas com atividade agrícola, majoritariamente formada por lavouras e pastagens. Isto evidencia que a preocupação alemã com os impactos das turbinas eólicas na produção agrícola pode ser assumida também no Brasil, mas em proporções distintas, devido à diferença na extensão territorial dos dois países.

**Figura 4 - Uso da terra conforme predominância (2006)**



Fonte: Girardi (2008).

#### 4.2.1 Osório

Osório é um município gaúcho localizado a 95 quilômetros da capital, Porto Alegre, na região nordeste do estado, próximo à costa marítima - cerca de 20 km - tendo, atualmente,

44.190 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2016).

A cidade foi escolhida para receber o projeto do parque eólico formulado pela Elecnor, empresa espanhola do setor energético, a partir de 2003/2004. Foram propostos três parques, que fariam parte de uma Sociedade Particular (SPE). Cada um dos três parques (Parque Eólico Osório, Sangradouro e Dos Índios) seria constituído por 25 torres eólicas, cada uma com 2 MW de potência. O complexo foi inaugurado em 2006, com 150 MW de capacidade de geração eólica gerados por 75 torres eólicas, e entrou plenamente em funcionamento no ano seguinte. Na época, o fator de capacidade - o quanto de energia potencial pode efetivamente ser transformado em energia elétrica - era de 34%, acima da média mundial de 30% (AMARAL, 2011). Atualmente, os parques eólicos têm geralmente operado numa média bem superior: segundo Oliveira, Pereira e Veiga (2011), no Brasil ela é de aproximadamente 47%, sem levar em consideração os distintos valores verificados nos diferentes estados brasileiros. No estado gaúcho, por exemplo, a média ficou estimada em 31%, enquanto os parques de Osório têm aproximadamente 40% de aproveitamento do potencial instalado. Apesar dos valores mais otimistas, os cálculos oficiais das instituições públicas consideram um fator de capacidade<sup>6</sup> (FC) mais modesto, variando de acordo com a instituição.

Atualmente, os parques fazem parte do Complexo Osório-Palmares, o qual dispõe hoje de mais de 370 MW instalados, dos quais 300 MW estão localizados nos parques de Osório (Osório 1, 2 e 3; Sangradouro 1, 2 e 3; e Dos Índios 1, 2 e 3). Em 2014, a cidade de Osório recebeu 73 novos moinhos com capacidade individual ligeiramente superior - os anteriores, de dois MW, os novos, de 2,3 MW - somando em torno de 150 MW de potência aos 150 MW já existentes. O restante está instalado no município de Palmares, que faz fronteira com o município de Osório ao sul (ELECINOR RENEVABLES, 2014). A relação que até 2013 era de 3,47 watts por habitante, passou para 6,88 watts *per capita* em 2014.

O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH do município passou de 0,671 em 2000 para 0,751 em 2010. Nota-se inclusive, que as duas cidades mais próximas a Osório - Maquiné e Santo Antônio da Patrulha - também tiveram seus índices elevados (de 0,579 para 0,682 e de 0,620 para 0,717 respectivamente). Poderia depreender-se deste movimento do índice que não apenas a cidade de Osório, mas também a região próxima ao parque experimentou impactos positivos com a instalação dos moinhos eólicos. Para efeitos de

---

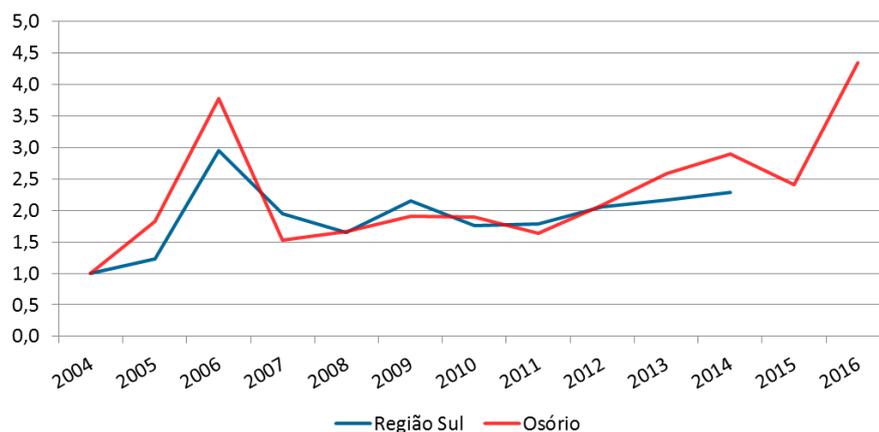
<sup>6</sup> Coeficiente entre energia efetivamente produzida e energia potencial máxima.

comparação, porém, cabe destacar que o IDH do Estado do Rio Grande do Sul também aumentou de 0,664 para 0,746, ou seja, em proporções similares.

A migração rumo ao município pode ser mais esclarecedora. No censo de 2000, foi estimada uma população de 285.788 habitantes. Destes, 4,7% da população tinha se deslocado para o município de Osório para estudar e/ou trabalhar, e destes, 87,63% faziam parte da população em idade ativa - PIA. Em termos absolutos, o número de pessoas em idade economicamente ativa que se deslocaram para Osório era de 14.276. Este seria aproximadamente o número de pessoas em idade economicamente ativa que se deslocou para o município por volta dos anos em que a construção demandava trabalhadores.

Segundo as estatísticas disponibilizadas, a lavoura permanente (gráfico 18) teve resultados para a região sul e para o município com tendências similares entre si, não cabendo tanta interferência da construção dos parques eólicos. Os impactos diretos dos parques eólicos são mais acentuados em zonas próximas a eles. O fato de as plantações de lavoura permanente darem-se em regiões do município próximas à encosta dos morros que circundam a cidade, localizando-se mais distante do complexo eólico, justifica a menor interferência. O gráfico 18 tem como referência o ano de 2004 (valor 1). Os anos subsequentes apontam as variações a partir da referência.

**Gráfico 18 - Evolução da produção agrícola em lavoura permanente na Região Sul e no município de Osório (2004 - 2016)**

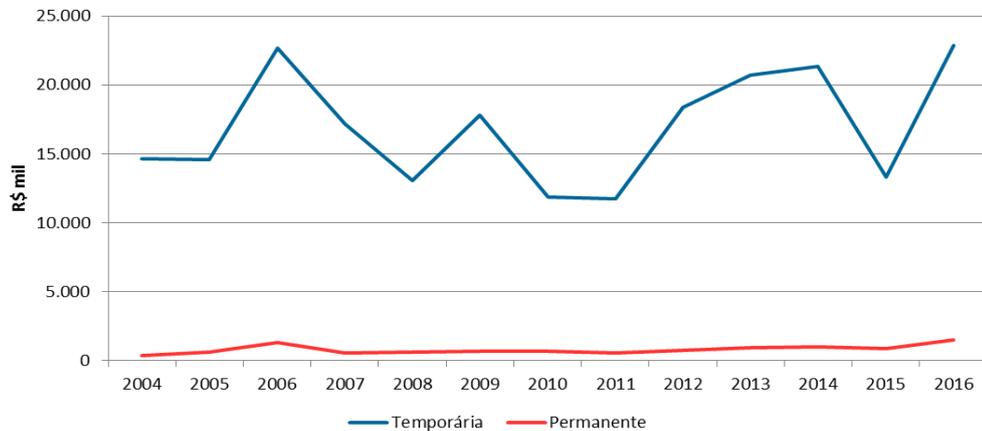


Fonte: elaborado pela autora com base em dados do IBGE (2016) e IBGE (2017).

Já o gráfico 19 traz os valores da produção nas lavouras temporárias e permanentes. Percebe-se a diferença na importância relativa para o município dos valores (em R\$ mil) de cada uma das lavouras. Ressalta-se que durante os anos de construção dos parques (2004, 2005, 2011 e 2012, com exceção de 2006 e 2013), a produção em lavouras temporárias até esteve em níveis inferiores a 15 milhões R\$, elevando-se nos anos seguintes, o que

corroboraria a teoria de que a construção dos parques afetou em alguma medida a atividade agrícola.

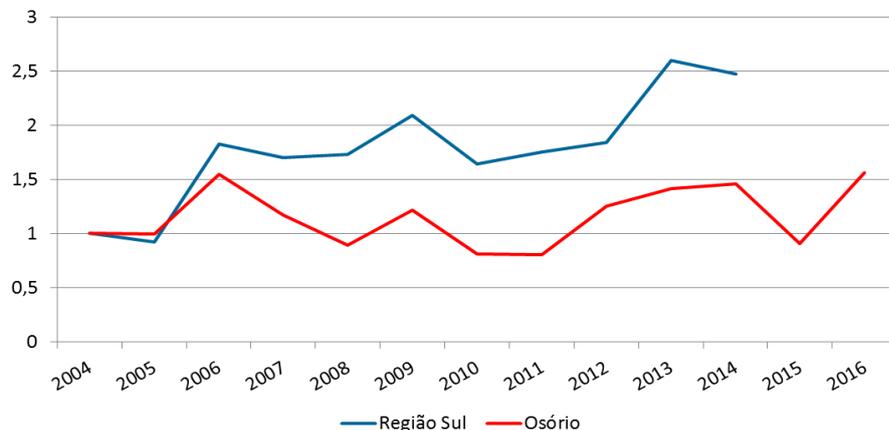
**Gráfico 19 - Produção agrícola em lavoura temporária e lavoura permanente no município de Osório (2004 - 2016)**



Fonte: elaborado pela autora com base em dados do IBGE (2016) e IBGE (2017).

A produção agrícola nas lavouras temporárias - e mais próximas ao parque - apesar da oscilação nos valores da produção, teve a produtividade elevada: a área plantada foi reduzida, enquanto a produção seguiu aumentando, não só em valor (R\$), mas também em quantidade produzida, apesar de esta não ter apresentado um crescimento tão elevado (IBGE, 2016). Tanto a lavoura permanente, como a temporária experimentaram esta tendência de crescimento da produtividade, mas enquanto a produção da lavoura permanente acompanhou o ritmo da região Sul, a produção da lavoura temporária apresentou um ritmo abaixo daquele verificado no sul do Brasil. O gráfico 20 apresenta, assim como no gráfico 18, o ano de 2004 como referência. As séries, portanto, demonstram a evolução dos valores a partir de 2004.

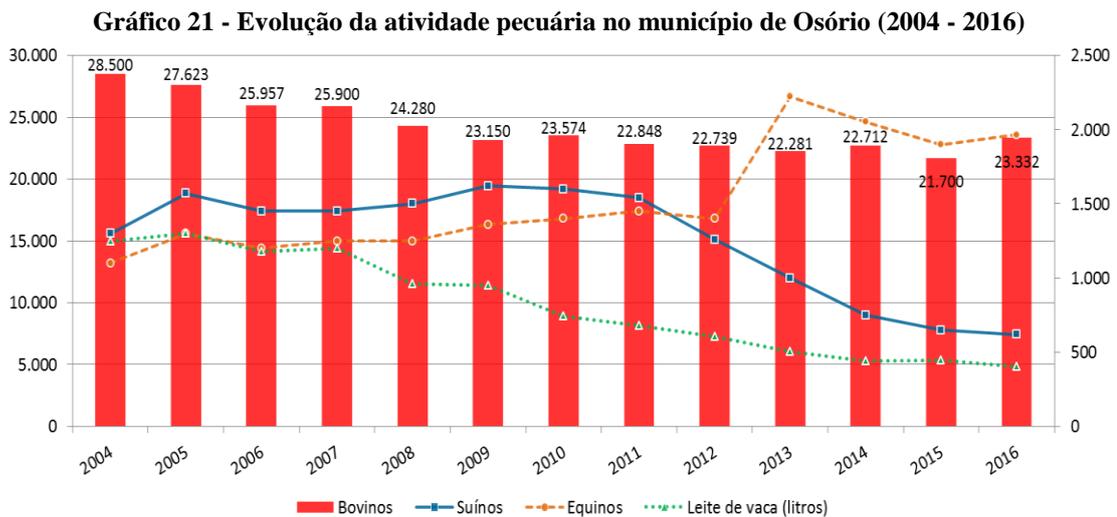
**Gráfico 20 - Evolução da produção agrícola em lavoura temporária na Região Sul e no município de Osório (2004 - 2016)**



Fonte: elaborado pela autora com base em dados do IBGE (2016) e IBGE (2017).

É notável a disparidade entre as linhas (a região sul apresenta um ritmo mais acentuado de crescimento, enquanto Osório possui uma oscilação maior dos índices, porém com valores sempre próximos a 1, ultrapassando o índice 1,5 apenas em 2016. O ritmo reduzido de crescimento da produção em lavouras temporárias no município estaria muito relacionada à localização coincidente do complexo eólico com tais lavouras e ao redirecionamento de trabalhadores para as funções ligadas à operação dos parques eólicos, principalmente no período de construção dos parques.

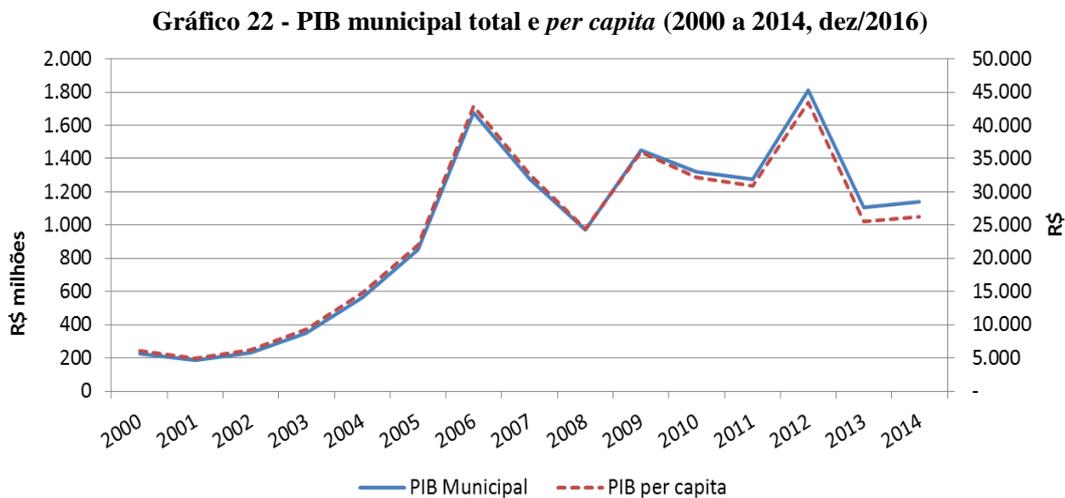
O gráfico 21 traz os números encontrados para os principais rebanhos da região de Osório: bovinos, suínos e equinos, e ainda a produção de leite (no gráfico 21, as séries apresentadas em linhas são respectivas ao eixo secundário). A pecuária - atividade que circunda os aerogeradores - sofreu redução do rebanho de bovinos, passando de mais 25 mil cabeças de gado logo após a construção do parque para 21.700 em 2015, mostrando leve recuperação em 2016, quando o rebanho passou de 23 mil cabeças.



Fonte: elaborado pela autora com base em IBGE (2016).

Percebe-se ligeira queda na produção pecuária ao serem consideradas as principais atividades no município (criação de bovinos e suínos, e produção de leite de vaca), com exceção da criação de equinos, que teve uma trajetória ascendente. Mais especificamente, a área produtiva que circunda o complexo é utilizada especialmente para a criação de bovinos, e é notável a redução do número de cabeças a partir do início da construção das torres, quando em 2004 o número era de 28.500, passando para 25.900 em 2007. A queda, porém, se estendeu até 2015, o que pode indicar que outro fator externo, mais relacionado ao mercado do produto, possa ter influenciado a tendência.

Apesar disso, o PIB (gráfico 22) teve um aumento perceptível já na época da construção do parque - 163% - ao passar de R\$ 352,4 milhões, em 2003, antes do projeto do parque eólico ser iniciado, para R\$ 1,28 bi em 2007, após a conclusão da instalação do projeto, tendência que persiste até os anos mais recentes. Esta foi uma das maiores elevações do PIB, conforme gráfico 21, dando-se em apenas quatro anos. Os valores do PIB para os anos de 2006 e 2012 são os mais altos (em valores reais de dezembro de 2016), chegando a R\$ 1,67 bilhões e R\$ 1,81 bilhões respectivamente. O valor atual medido do produto interno bruto do município - último valor disponível é de 2014 - é de R\$ 1.141.903.000 (IBGE, 2016).



Fonte: elaborado pela autora com base em dados do IBGE (2016).

Reitera-se que em 2006, ano em que os primeiros três parques do complexo eólico ficaram prontos, é notável o aumento do PIB real. O maior pico da série é em 2012, anterior à inauguração dos últimos 73 moinhos (em funcionamento após 2014).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se notar determinado consenso entre os autores utilizados como referência neste trabalho quanto aos benefícios da introdução da energia eólica na matriz elétrica brasileira, principalmente no que se refere ao uso da terra e aos impactos socioeconômicos. Existe ainda um receio quanto aos impactos negativos (ambientais, visuais e sonoros principalmente) que não incluem mudança na função da terra. São poucos estudos divulgados sobre o assunto, e os existentes são, em sua maioria, estrangeiros. Com base na revisão da literatura e na verificação dos dados respectivos ao município de Osório, constata-se que a implantação de complexos eólicos em áreas rurais, apesar de ocupar uma parte do território, permite o aumento da produtividade agrícola, além de elevar a renda do município e da região próxima, permitindo que indicadores do desenvolvimento estejam em constante avanço.

A diferença entre as políticas públicas para energias renováveis na Alemanha e no Brasil influencia as dimensões e a distribuição de parques eólicos, que por sua vez, impactam os indicadores de maneiras distintas. Apesar disso, os resultados da análise sobre Steinfurt e Osório permitem constatar que a inserção de fazendas eólicas no meio rural traz vantagens para os produtores agrícolas e para a comunidade local. No período analisado, pode-se afirmar que as regiões vivenciaram o aumento da renda, direta e indiretamente, e da qualidade de vida, além de estarem diretamente conectadas com uma mentalidade que valoriza a tecnologia e seus avanços, devido à instalação das fazendas eólicas. O fato de 75% da mão de obra demandada pela construção, operação e manutenção de parques eólicos serem locais proporciona transferência de conhecimento, tecnologia e renda em favor da região, promovendo ainda, a redução dos níveis de desemprego.

Apesar de a energia eólica ter um investimento inicial mais alto, ela é renovável e limpa. Estando este recurso cada vez mais acessível, depender do petróleo, que é um recurso finito, limitado e sujeito à manipulação dos preços, é considerado um atraso pela comunidade científica. Isto posto, o Brasil pode aprender com as ideias alemãs que levaram o país europeu à posição de liderança no ramo da energia eólica, seja por meio da conscientização da necessidade de se obter independência e segurança energéticas; da importação de tecnologias eficientes na busca por geração de energia limpa; da contratação de pessoal capacitado para produzir estes equipamentos em território nacional; ou na melhor das hipóteses, por meio da capacitação da população brasileira para que o país seja capaz de produzir complexos eólicos desde o projeto até a sua construção e a sua operação. Por conseguinte, os efeitos

multiplicadores gerariam ainda mais renda – de forma mais distribuída – e desenvolvimento socioeconômico.

O trabalho, porém, teve limitações para obter dados que tivessem paridade metodológica, impossibilitando uma comparação mais direta entre os municípios de Steinfurt e Osório. Uma análise histórica da formação destas cidades também se faz imprescindível para compreender as mais diversas implicações dos parques eólicos nos indicadores socioeconômicos e na produção local, além de os diferentes níveis de desenvolvimento social e econômico dos países nos quais elas se localizam influenciarem diretamente tais efeitos. Outros aspectos ainda precisam ser verificados, como os fatores externos aos dados que foram pesquisados, que podem ter afetado os indicadores de alguma forma, interferindo na análise. Todos estes pontos podem ser abordados ou mesmo tornarem-se objeto de novos estudos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA - ABEEÓLICA. **Boletim anual de geração eólica 2016**. 2016a. Disponível em: <[http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424\\_Boletim\\_Anual\\_de\\_Geracao\\_Eolica\\_2016\\_Alta.pdf](http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2016_Alta.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Energia eólica: O setor**. [2016b]. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/energia-eolica-o-setor/>>. Acesso em: 23 maio 2017.

AMARAL, Bianca Mesquita. Energia eólica. In: \_\_\_\_\_. **Modelos VARX para geração de cenários de vento e vazão aplicados à comercialização de energia**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. p. 21-51. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19308/19308\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19308/19308_3.PDF)>. Acesso em: 16 out. 2017.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE - BMWi. **Dossier Erneuerbare Energien**. Berlim, [2017a]. Disponível em: <<http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>>. Acesso em: 26 maio 2017.

\_\_\_\_\_. **Erneuerbare Energien 2016**. Berlim, 2017b. Disponível em: <<http://www.bmwi.de>>. Acesso em: 26 maio 2017.

BUNDESVERBAND WINDENERGIE - BWE. **Installierte Windenergieleistung in Deutschland**. Berlim, 2016. Disponível em: <<https://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken/deutschland/installierte-windenergieleistung-deutschland>>. Acesso em: 16 out. 2017.

\_\_\_\_\_. **Potenzial der Windenergienutzung an Land**. Berlim, 2012. Disponível em: <[https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/studie-zum-potenzial-der-windenergienutzung-land/bwe\\_potenzialstudie\\_kurzfassung\\_2012-03.pdf](https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/studie-zum-potenzial-der-windenergienutzung-land/bwe_potenzialstudie_kurzfassung_2012-03.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2017.

CASTRO, Nivalde Júnior de. et al. A importância das fontes alternativas e renováveis na evolução da matriz elétrica brasileira. In: SEMINÁRIO DE GERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 5., 2009, São Paulo. **Coletânea de textos...** São Paulo: Fundación Mapfre, 2009. Disponível em: <[http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL\\_-\\_Estudo\\_Mapfre\\_-\\_260809\[1\].pdf](http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL_-_Estudo_Mapfre_-_260809[1].pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2017.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA - CEPAL. **Las energías renovables no convencionales en la matriz de generación eléctrica: Tres estudios de caso**. Santiago, fevereiro 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/8zwY36>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

COSTA, Ana Thereza. et al. Análise dos determinantes da matriz elétrica brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 10., 2016, Gramado. **Anais...** Itajubá: SBPE, 2016. Disponível em:

<[http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/46\\_xcbpe0058.pdf](http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/46_xcbpe0058.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2017.

DANTAS, Guilherme de A.; LEITE, André Luis da Silva. **Os custos da energia eólica brasileira**. Rio de Janeiro: GESEL, 2009. (TDSE, 9). Disponível em: <[http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/19\\_TDSE9.pdf](http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/19_TDSE9.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2017.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG - DIW ECON GMBH. Modul 1: Windenergie an Land in Deutschland. In: \_\_\_\_\_. **Die ökonomische Bedeutung der Windenergiebranche**. Berlin, 2014. p. i-17. Disponível em: <<https://goo.gl/Bn3UgM>>. Acesso em: 16 maio 2017.

ELECNOR RENOVABLES. **Relación proyectos Osorio-Palmares**: operación, construcción, adjudicados. 2014. Disponível em: <<http://www.elecnor.com.br/Common/pdf/enerfin/osorio-palmares.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.

EMPRESA PÚBLICA DE ENERGIA - EPE. **Balanço energético nacional**. 2016. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano decenal de expansão de energia 2026**. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/PDE/Documents/Arquivos/PDE2026/PDE2026\\_versao\\_para\\_ConsultaPublica.pdf](http://www.epe.gov.br/PDE/Documents/Arquivos/PDE2026/PDE2026_versao_para_ConsultaPublica.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.

ERNST & YOUNG - EY. Renewable energy country attractiveness indices – Vol 31, nov. 2011. Disponível em: <[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable\\_energy\\_country\\_attractiveness\\_indices\\_-\\_Issue\\_31/\\$FILE/EY\\_RECAI\\_issue\\_31.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable_energy_country_attractiveness_indices_-_Issue_31/$FILE/EY_RECAI_issue_31.pdf)>. Acesso em: 7 nov. 2017.

FANKHAUSER, S. et al. Climate change, innovation and jobs. **Climate Policy**, v.8, n.4, p.241, ago. 2008. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.365.7468&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

FARREL, John. **Democratizing the electricity system**: a vision for the 21st century grid. The New Rules Project, junho 2011. Disponível em: <<http://ilsr.org/wp-content/uploads/files/democratizing-electricity-system.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

FRAUNHOFER INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME - FRAUNHOFER ISE. Freiburg, 2017. **Installierte Netto-Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland**. Disponível em: <[https://www.energy-charts.de/power\\_inst.htm](https://www.energy-charts.de/power_inst.htm)> Acesso em: 05 out. 2017.

GIRARDI, Eduardo Paulon. **Proposição teórico-metodológica de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira**. 2008. 347 f. Tese (Doutorado em ...) - Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente: [s.n], 2008 : il. Disponível em: <<http://www2.fct.unesp.br/nera/atlas/downloads.htm>>. Acesso em: 08 out. 2017.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC. **Global wind energy outlook 2016**. Bruxelas, 2016. Disponível em: <<http://www.gwec.net/publications/global-wind-energy-outlook/>>. Acesso em: 16 maio 2017.

\_\_\_\_\_. **Global wind report 2007**. Bruxelas, 2008. Disponível em: <[http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/gwec-08-update\\_FINAL.pdf](http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/gwec-08-update_FINAL.pdf)>. Acesso em: 25 mai 2017.

\_\_\_\_\_. **Global wind report 2010**. Bruxelas, 2011. Disponível em: <[http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/GWEC\\_annual\\_market\\_update\\_2010\\_-\\_2nd\\_edition\\_April\\_2011.pdf](http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/GWEC_annual_market_update_2010_-_2nd_edition_April_2011.pdf)>. Acesso em: 25 mai 2017.

\_\_\_\_\_. **Global wind report 2012**. Bruxelas, [2013]. Disponível em: <[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual\\_report\\_2012\\_LowRes.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual_report_2012_LowRes.pdf)>. Acesso em: 25 mai 2017.

\_\_\_\_\_. **Global wind report 2013**. Bruxelas, 2014. Disponível em: <[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/04/GWEC-Global-Wind-Report\\_9-April-2014.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/04/GWEC-Global-Wind-Report_9-April-2014.pdf)>. Acesso em: 25 mai 2017.

\_\_\_\_\_. **Global wind report 2014**. Bruxelas, [2015]. Disponível em: <[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/03/GWEC\\_Global\\_Wind\\_2014\\_Report\\_LR.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/03/GWEC_Global_Wind_2014_Report_LR.pdf)>. Acesso em: 25 mai 2017.

\_\_\_\_\_. **Global wind report 2016**. Bruxelas, 2017. Disponível em: <<http://files.gwec.net/files/GWR2016.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Séries históricas e estatísticas: agropecuária**. 2017. Disponível em: <[https://serieestatisticas.ibge.gov.br/lista\\_tema.aspx?op=0&no=1](https://serieestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&no=1)>. Acesso em: 20 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **IBGE Cidades@**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431350&search=rio-grande-do-sul|osorio>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

INTERNATIONAL ENERGY ASSOCIATION - IEA. **Key world energy statistics**. Paris, setembro 2017. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **World energy outlook**. Paris, [2008]. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2008-1994/WEO2008.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

KREIS STEINFURT. **Kreisportrait: Städte und Gemeinden**. 2017. Disponível em: <[https://www.kreissteinfurt.de/kv\\_steinfurt/Kreisportrait/St%C3%A4dte%20&%20Gemeinden/](https://www.kreissteinfurt.de/kv_steinfurt/Kreisportrait/St%C3%A4dte%20&%20Gemeinden/)>. Acesso em: 22 nov. 2017.

LANDSCHAFTSVERBAND WESTFALLEN-LIPPE - LWL. **Zahlen, Daten und Fakten**. 2017. Disponível em: <<http://www.statistik.lwl.org/de/zahlen/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

MARQUES, J. de. Turbinas eólicas: conceitos e componentes. In: \_\_\_\_\_. **Turbinas eólicas: modelo, análise, e controle do gerador de indução com dupla alimentação**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004, p. 37-64. Disponível em: <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_arquivos/7/TDE-2008-01-04T185458Z-1224/Publico/JEFERSON%20MARQUES.pdf](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/7/TDE-2008-01-04T185458Z-1224/Publico/JEFERSON%20MARQUES.pdf)>. Acesso em:

MORALEZ, Rafael; FAVARETO, Arilson. Energia, desenvolvimento e sustentabilidade: definições conceituais, usos e abusos. In: FAVARETO, Arilson; MORALEZ, Rafael. (Org.) **Energia, desenvolvimento e sustentabilidade**. Porto Alegre: Zouk, 2014. Disponível em: <[https://favaretoufabr.files.wordpress.com/2013/06/favaretomoralez\\_energiadesenvolvimento\\_sustentabilidade.pdf](https://favaretoufabr.files.wordpress.com/2013/06/favaretomoralez_energiadesenvolvimento_sustentabilidade.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2017.

MOSHER, J. N.; CORSCADDEN, Kenneth. Agriculture's contribution to the renewable Energy Sector: Policy and Economics - Do they add up? **Renewable and sustainable energy reviews**. Nova Scotia, v. 16, p. 4157-4164, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112002109>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

NATIONAL GEOGRAPHIC NEWS. **Planting wind energy on farms may help crops, say researchers**. 21/12/2011. Disponível em: <<http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2011/12/111219-wind-turbines-help-crops-on-farms/>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

OLIVEIRA, Adilson de; PEREIRA, Osvaldo Soliano; VEIGA, José Eli da. (Org.). **Energia eólica**. São Paulo: Senac, 2011.

RAIZER, Leandro. Modelos e cenários de desenvolvimento energético. In: **Sociedade e inovação: Energias Alternativas no Brasil e Canadá**. 2011. 365 f. Tese (Doutorado em Sociologia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Cap. 2, p. 97-126. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/36124>> Acesso em: 19 abr. 2017.

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=en&nrm=isso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=en&nrm=isso)>. Acesso em: 23 maio 2017.

SOUZA, Hamilton Moss de; DUTRA, Ricardo Marques; MELO, Sérgio. Principais parques eólicos implementados e projeções: workshop em energia eólica. In: **Anais...** Natal: 30 out. 2008. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/apresentacoes/20081030\\_natal\\_br08.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/apresentacoes/20081030_natal_br08.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.

THE SHIFT PROJECT. **World power generation capacities from all energy sources in 2014 (GW)**. 2015. Disponível em: <<http://www.tsp-data-portal.org/Breakdown-of-Electricity-Capacity-by-Energy-Source#tspQvChart>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142012000100017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100017&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 23 maio 2017.

UNITED NATIONS - UN. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. onde?, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Global trends in sustainable energy investment 2009**. 2009. Disponível em: <[http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0906\\_UNEP\\_-\\_Global\\_trends\\_report\\_2009.pdf](http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0906_UNEP_-_Global_trends_report_2009.pdf)>. Acesso em:

WINDPARK HOLLICH GMBH. **Bürgerwindpark Hollich**. Steinfurt, [2017a]. Disponível em: <<http://www.windpark-hollich.de/buergerwindpark-hollich/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **Bürgerwindpark Hollich Sellen**. Steinfurt, [2017b]. Disponível em: <<http://www.windpark-hollich.de/buergerwindpark-hollich-sellen/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

WORLD BANK. **Brazil low-carbon: Country Case Study**. Washington, 2010. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/topics/energy>>. Acesso em: 16 maio 2017.

WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION - WWEA. Special issue: world wind energy report 2014. **WWEA Quarterly Bulletin**. Bonn, 2015. Disponível em: <[http://www.wwindea.org/download/wwea\\_quaterly\\_bulletin/Bulletin2015.pdf](http://www.wwindea.org/download/wwea_quaterly_bulletin/Bulletin2015.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2017.