



IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

São Paulo, julho de 2020

Equipe

Gesner Oliveira – Presidente do Conselho Administrativo de Defesa Econômica/CADE (1996-2000); Presidente da Sabesp (2007-10); Ph.D em Economia pela Universidade da Califórnia/Berkeley; Professor da Fundação Getúlio Vargas-SP desde 1990. Professor Visitante da Universidade de Columbia nos EUA (2006); Sócio da GO Associados.

Andréa Zaitune Curi – Doutora em Economia pela Escola de Economia da Fundação Getúlio Vargas-SP. Mestre em Economia pelo Instituto de Pesquisas Econômicas da FEA/USP. Possui mais de dez anos de experiência em consultoria econômica. Especialista na área de pesquisa econômica, com ênfase em métodos e modelos matemáticos, econométricos e estatísticos, atuando principalmente nas áreas de inteligência de mercado, estimação e projeção de demanda, regulação e defesa da concorrência. Coordenadora de Projetos da GO Associados.

Patrícia Silva Felini – Mestre em Economia Aplicada pela Faculdade de Economia e Administração de Ribeirão Preto (FEARP/USP). Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade do Estado de Santa Catarina (ESAG/UDESC). Possui experiência em modelagem econométrica com ênfase em macroeconomia. Analista da GO Associados.

Thomas R A Ficarelli - Doutor em Saúde Global e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Mestre em Ciência Geoespacial & Tecnologia na Università Roma II (Tor Vergata). Especialista em Tecnologias Ambientais pela FATEC-SP e Bacharel em Geografia pela USP. Profissional liberal após cumprir dez anos de serviços no setor público, atuando como Geógrafo na SABESP (2009-2011) e na CETESB (2011-2019) em gestão de recursos hídricos, avaliações de impacto ambiental, processos de licenciamento ambiental, projetos de saneamento básico e de hidrelétricas, estudos territoriais e geoprocessamento. Consultor Especial da GO Associados.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | DESCRIÇÃO DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA..... | 11 |
| 3 | ESTIMATIVAS DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DO SETOR EÓLICO NA ECONOMIA NACIONAL..... | 22 |
| 3.1 | Revisão bibliográfica | 22 |
| 3.2 | Impactos econômicos estimados dos investimentos no setor eólico no Brasil | 26 |
| 4 | ANÁLISE DO AUMENTO SUSTENTÁVEL DA RENDA FAMILIAR POR MEIO DO ARRENDAMENTO DE TERRAS..... | 31 |
| 4.1 | Pagamentos de arrendamento de terras no setor eólico nas Regiões Nordeste e Sul 31 | |
| 4.2 | Impactos econômicos estimados dos pagamentos de arrendamento de terras no setor eólico nas Regiões Nordeste e Sul..... | 32 |
| 5 | ANÁLISE DAS EXTERNALIDADES POSITIVAS NAS REGIÕES EM QUE O SETOR SE DESENVOLVE | 38 |
| 5.1 | Revisão bibliográfica | 39 |
| 5.2 | Base de dados | 40 |
| 5.3 | Resultados estimados | 46 |
| 5.3.1 | Relação entre o IDHM e a instalação de parques eólicos nos Municípios | 46 |
| 5.3.2 | Relação entre o PIB-Municipal e a instalação de parques eólicos nos Municípios .. | 48 |
| 5.3.3 | Relação entre o Índice de Gini e a instalação de parques eólicos nos Municípios ... | 50 |
| 5.3.4 | Relação entre o atendimento de água e a instalação de parques eólicos nos Municípios | 52 |

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6 | BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS DA ENERGIA EÓLICA..... | 54 |
| 6.1 | Diminuição da Poluição do Ar e da Emissão de Gases do Efeito Estufa (GEEs) ... | 54 |
| 6.2 | Contribuições do Licenciamento Ambiental dos Parques Eólicos e Regularização Fundiária no Brasil | 57 |
| 6.3 | Otimização do Uso e Ocupação do Solo | 60 |
| 6.4 | A Latência do Reuso e Logística Reversa no Setor Eólico | 65 |
| 7 | CONCLUSÕES..... | 69 |
| | REFERÊNCIAS | 72 |
| | ANEXO I - METODOLOGIA DE INSUMO-PRODUTO..... | 75 |
| | ANEXO II – FORMULÁRIO PESQUISA GO ASSOCIADOS/ABEEÓLICA | 80 |
| | ANEXO III – DIFERENÇAS EM DIFERENÇAS | 81 |
| | ANEXO IV – ESTIMADORES DE EFEITOS FIXOS E ALEATÓRIOS | 83 |

SUMÁRIO DE QUADROS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 1: OUTORGAS PARA CENTRAIS GERADORAS EÓLICAS EMITIDAS PELA ANEEL (2006 – 2018) | 13 |
| QUADRO 2: MAPA DO APROVEITAMENTO EÓLICO NO BRASIL E LOCALIZAÇÃO DAS USINAS EÓLICAS..... | 15 |
| QUADRO 3: CAPACIDADE INSTALADA, PARTICIPAÇÃO QUANTO À INSTALAÇÃO NACIONAL E QUANTIDADE DE PARQUES | 16 |
| QUADRO 4: PREÇO MÉDIO POR FONTE (R\$/MWH)..... | 19 |
| QUADRO 5: PREÇO-MÉDIO DA EÓLICA NOS LEILÕES (R\$/MWH) | 20 |
| QUADRO 6: MAPA DE CARREIRAS DA ENERGIA EÓLICA..... | 25 |
| QUADRO 7: EVOLUÇÃO DOS INVESTIMENTOS NO SETOR EÓLICO (EM MILHÕES) | 26 |
| QUADRO 8: DECOMPOSIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NO SETOR EÓLICO..... | 27 |
| QUADRO 9: IMPOSTOS E CONTRIBUIÇÕES NÃO INCLUSOS NA MIP..... | 29 |
| QUADRO 10: PARÂMETROS ANALISADOS PELA MIP..... | 29 |
| QUADRO 11: IMPACTOS DOS INVESTIMENTOS NO SETOR EÓLICO NA ECONOMIA DAS REGIÕES NORDESTE E SUL | 30 |
| QUADRO 12: DISTRIBUIÇÃO DA DESPESA DE CONSUMO NA MÉDIA MENSAL FAMILIAR BRASILEIRA (ZONA RURAL) E SEU RESPECTIVO SETOR NA MIP..... | 34 |
| QUADRO 13: IMPACTOS DO ARRENDAMENTO DE TERRAS DO SETOR EÓLICO NA ECONOMIA DAS REGIÕES NORDESTE E SUL | 36 |
| QUADRO 14: NÚMERO DE PARQUES EÓLICOS POR UFS | 41 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 15: DESCRIÇÃO DO CÁLCULO DO IDHM..... | 43 |
| QUADRO 16: FAIXAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL | 43 |
| QUADRO 17: NÚMERO DE PARQUES EÓLICOS INSTALADOS DE 2001 A 2010 POR UF | 44 |
| QUADRO 18: EXERCÍCIO ECONOMETRICO E PERÍODO..... | 46 |
| QUADRO 19: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O IDHM E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS | 48 |
| QUADRO 20: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O PIB-MUNICIPAL E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS | 49 |
| QUADRO 21: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE GINI E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS | 51 |
| QUADRO 22: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O ATENDIMENTO DE ÁGUA E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS | 53 |
| QUADRO 23: USO DE FONTES DE ENERGIA E QUANTIDADE EQUIVALENTE PARA EMIÇÃO DE 3.505.319,00 TON DE CO ₂ E PRODUÇÃO DE 4.965,96 GWH | 55 |
| QUADRO 24: ARRENDAMENTO DE AEROGERADORES SEGUNDO 16 EMPRESAS EÓLICAS..... | 60 |
| QUADRO 25: ÁREA OCUPADA POR AEROGERADORES | 61 |
| QUADRO 26: ESQUEMATIZAÇÃO DOS CENÁRIOS “1” E “2” DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM PARQUES EÓLICOS | 63 |
| QUADRO 27: COMPARAÇÃO DE ÁREA NECESSÁRIA PARA OPERAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS EM DOIS CENÁRIOS | 64 |
| QUADRO 28: ESTRUTURA BÁSICA DE UMA MATRIZ INSUMO-PRODUTO..... | 76 |

QUADRO 29: ESQUEMA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO PROVENIENTE DE UM CHOQUE
SOBRE UM DADO SETOR DA ECONOMIA 77

QUADRO 30: FORMULÁRIO SOBRE ARRENDAMENTO DE TERRAS PARA COLOCAÇÃO
DE AEROGERADORES..... 80

QUADRO 31: ESQUEMA DE DIFERENÇAS EM DIFERENÇAS 82

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste Estudo é avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no país.

Energia eólica é a transformação da energia do vento em energia útil, tal como na utilização de aerogeradores para produzir eletricidade, moinhos de vento para produzir energia mecânica ou velas para impulsionar veleiros.

A energia eólica é uma fonte limpa, renovável e abundante no Brasil, com destaque para as Regiões Nordeste e Sul do país. É uma atividade produtiva complementar às demais atividades econômicas, pois ocupa menos de 10% da área dedicada à instalação das máquinas, sendo possível o convívio com atividades agrícolas e pecuária. Por ser uma energia proveniente da natureza, do vento, seu processo de produção não emite gases de efeito de estufa.

Devido à sua característica complementar às demais atividades econômicas, a fonte eólica traz um importante incremento à renda das regiões produtoras e, tendo em vista o valor da energia elétrica, essa renda complementar se torna a principal fonte de renda das áreas dedicadas à sua produção. Isto ocorre, pois grande parte dos parques eólicos utilizam o modelo de arrendamento de pequenas propriedades e não as compram, o que permite uma geração de renda aos pequenos proprietários, geralmente pequenos produtores rurais e agricultores de subsistências. Soma-se a isso, o importante impacto positivo nas comunidades onde chega devido, entre outros motivos, a dinamização da economia local.

O setor está organizado e representado por meio da Associação Brasileira de Energia Eólica (“ABEEólica”), uma Associação privada, sem fins lucrativos, que congrega e representa a indústria de energia eólica no Brasil, incluindo as empresas de toda a cadeia produtiva, desde os investidores em parques eólicos, os fabricantes de aerogeradores, os fabricantes de componentes até os fornecedores de serviços.

Este documento está dividido em sete seções, incluindo esta Introdução.

Na Seção 2 é descrito o setor de energia eólica. Na Seção 3 são apresentados os impactos econômicos dos investimentos realizados no setor eólico na economia das Regiões Nordeste e Sul, em termos de produção, geração de emprego e renda e arrecadação de tributos, estimados utilizando a metodologia da Matriz Insumo Produto Regional (“MIP-Regional”) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (“IBGE”). A Seção 4, por sua vez, a partir dessa mesma metodologia, aborda os impactos do pagamento de arrendamento de terras realizados pelo setor eólico na economia dessas regiões, que impulsiona o consumo de bens e serviços.

A Seção 5 aborda, a partir da estimação de modelos econométricos pela metodologia de Diferenças em Diferenças, as externalidades positivas nas regiões em que o setor se desenvolve, com destaque para os impactos sociais locais, como o aumento do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (“IDHM”) e do Produto Interno Bruto (“PIB”) e a redução da desigualdade social. Essa metodologia permite a comparação da evolução desses indicadores econômicos entre regiões em que foram instalados os parques eólicos e aquelas em que esse investimento não ocorreu.

A Seção 6 discorre sobre os principais benefícios da energia eólica, destacando os esforços de profissionais e empresas do setor em soluções institucionais, operacionais e tecnológicas, para firmarem a sustentabilidade da atividade no Brasil.

Uma seção final sumariza as principais conclusões extraídas deste Estudo.

Este documento foi elaborado com base em fontes públicas e fornecidas pela ABEEólica, devidamente citadas ao longo do texto.

Além disso, foram disponibilizados dados sobre arrendamento de terra para parque eólicos pelas empresas associadas à ABEEólica a partir de formulário realizado pela GO Associados. Para garantir a confidencialidade dessas informações recebidas, sua divulgação ocorre de forma agregada, desde que obtida de, pelo menos, três empresas

associadas. Assim, foram consideradas válidas e passíveis de uso no estudo apenas aquelas informações respondidas por, pelo menos, três empresas associadas¹.

¹ Para mais informações sobre a política de *compliance* da GO Associados: <https://goassociados.com.br/compliance/>.

2 DESCRIÇÃO DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA

O objetivo desta seção é fazer uma breve descrição do setor de energia eólica. O uso da energia eólica para produção comercial ligada à rede elétrica pública teve início na Dinamarca, no ano de 1976 (Aneel, 2003).

Outros países de condições geográficas semelhantes e favoráveis em termos de velocidade de seus ventos, como Holanda, Bélgica, Suécia, Reino Unido e o Norte da Alemanha, também passaram a adotar os ventos como opção para a produção de energia elétrica.

O investimento na energia eólica nesses países e, poucos anos depois nos Estados Unidos, se tratou, também, de uma resposta frente a Crise do Petróleo no início dos anos 1970 (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION²) para a contenção de custos e a garantia da segurança energética às nações.

A primeira turbina eólica no Brasil foi instalada na ilha de Fernando de Noronha em 1992, por iniciativa da Universidade Federal do Pernambuco (“UFPE”) junto à Companhia Energética de Pernambuco (“Celpe”), financiada pelo *Folkecenter*, instituto de pesquisa dinamarquês. Já a primeira usina eólica que entrou em operação no país foi uma usina experimental situada em Gouveia/MG em 1994, cuja capacidade produtiva era de 1,0 MW, segundo a Agência Brasileira de Energia Elétrica (“Aneel”), em 2003.

A primeira usina a entrar em operação no país foi no ano de 1999, o qual corresponde ao parque Eólico de Prainha no município de Aquiraz/CE, com capacidade de 5MW por meio de dez aerogeradores de 44m de altura (Moreira et al., 2013). No entanto, a Aneel registrou pela primeira vez a energia eólica como fonte para o Sistema

² Disponível em: <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/history-of-wind-power.php>

Interligado Nacional (“SIN”) no mês de junho de 2006, com um total de 3,56 GWh despachados no sistema³, o que equivaleu na época a 0,001% da energia elétrica mensal produzida no país. Já começava a ser visível o resultado das primeiras outorgas da Aneel que foram concedidas entre os anos de 2000 e 2004 para a implantação dos primeiros parques eólicos para distribuição comercial.

A partir de 2006, a proporção da energia eólica junto às demais fontes de energia elétrica da matriz nacional somente aumentou, conforme apresentado no Quadro 1. Foram constantemente outorgadas⁴ autorizações e ampliações de parques eólicos por meio da Aneel, sendo que este processo foi normatizado por meio da Resolução Aneel 391/2009. No ano de 2014, houve um aumento exponencial de outorgas, tendo em vista a importância e o reconhecimento do incremento das eólicas como fonte de energia alternativa à hidrelétrica que, na época, passou por dificuldades operacionais devido à estiagem severa em grande parte do país. De acordo com a própria Aneel, em junho de 2019 o quadro foi bastante diferente, sendo que o total despachado foi de 4.965,96 GWh no sistema, ou 11,3% da energia elétrica mensal produzida no país.

³ Há uma pequena controvérsia entre os órgãos oficiais a respeito do início da geração de energia eólica em escala nacional. Pois, segundo o histórico do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o primeiro registro foi realizado no mês de abril de 2006 pela usina Rio do Fogo, no Rio Grande do Norte.

⁴ A necessidade de outorga teve início somente a partir de 15/03/2004, quando foi aprovada a Lei 10.848/2004 que definiu à Aneel esta atribuição.

QUADRO 1: OUTORGAS PARA CENTRAIS GERADORAS EÓLICAS EMITIDAS PELA ANEEL (2006 – 2018)

| Outorgas Aneel/ ano | Ampliações | Ampliações (via leilões) | Autorizações | Autorizações (via leilões) | Potência Geração*(MW) |
|---------------------|------------|--------------------------|--------------|----------------------------|-----------------------|
| 2006 | 0 | 0 | 1 | 0 | 60 |
| 2007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2009 | 17 | 0 | 2 | 0 | 37 |
| 2010 | 3 | 0 | 1 | 70 | 1807 |
| 2011 | 31 | 0 | 25 | 65 | 2328 |
| 2012 | 2 | 0 | 25 | 112 | 3524 |
| 2013 | 17 | 0 | 16 | 7 | 676 |
| 2014 | 16 | 17 | 13 | 216 | 5535 |
| 2015 | 24 | 0 | 51 | 70 | 2786 |
| 2016 | 26 | 0 | 4 | 35 | 1135 |
| 2017 | 3 | 2 | 5 | 0 | 168 |
| 2018 | 23 | 4 | 0 | 55 | 1748 |

Fonte: Aneel, 2019 (<http://www.Aneel.gov.br/dados/geração>). Elaboração: GO Associados. Notas (*): somatória do potencial outorgado no período pelas 4 modalidades.

Até o fim de 2018, verificou-se que a somatória de Potência Geração das outorgas emitidas pela Aneel foi de 28,788 GW. Entretanto, subtraindo-se as usinas que ainda estão em fase de implantação e aquelas para as quais não foi ou ainda deverá ser executado o projeto, a capacidade instalada em dezembro de 2019 foi de 15,4 GW distribuídos entre 619 parques eólicos instalados em 12 estados do país. Em 2023 a expectativa é que a capacidade instalada alcance cerca de 21,2 GW, considerando os contratos viabilizados em leilões já realizados e no mercado livre (ABEEólica, 2019).

Com relação à capacidade total de produção no país, o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro conforme CEPTEL (2001) estimou em 143,5 GW em terra firme (*onshore*), o que indica haver possibilidades amplas de expansão do setor no longo prazo. Embora não haja ainda uma atualização deste atlas, muitos atlas estaduais foram produzidos nos últimos anos, neste sentido, a ABEEólica estima um potencial de mais de 800 GW *onshore* considerando o avanço da tecnologia com aerogeradores mais altos e potência de máquina maior, aumentando em grande grau a produtividade por máquina e permitindo a identificação de potenciais antes não explorados.

A conversão da energia eólica em energia elétrica se dá por meio de aerogeradores, também chamados de turbinas eólicas, formados basicamente por três estruturas, de acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017), além de um quarto segmento industrial responsável pela montagem das partes para preparar as turbinas para uso:

- **Pás:** agem diretamente com o vento, geralmente em conjunto de três que formam ângulo de 120°, com formato aerodinâmico propício para o giro dentro do intervalo de mínimo e máximo de velocidade para a qual foi designada. O material delas pode ser constituído por plásticos (PVC, PU ou PET, madeira balsa e fibra de vidro).
- **Naceles (ou naves):** abriga os componentes eletromecânicos (gerador, transformador⁵, rotor, conversor, refrigerador, dentre outros) e situado junto ao eixo da hélice formada pelas pás, no qual a energia mecânica da rotação das pás é convertida em energia elétrica.
- **Torres:** sustenta as pás e nacele a uma altura variável propícia para o recebimento dos ventos no local (de 10m a 80m [CEPEL, 2001]). Em geral, elas são constituídas por aço e/ou concreto.

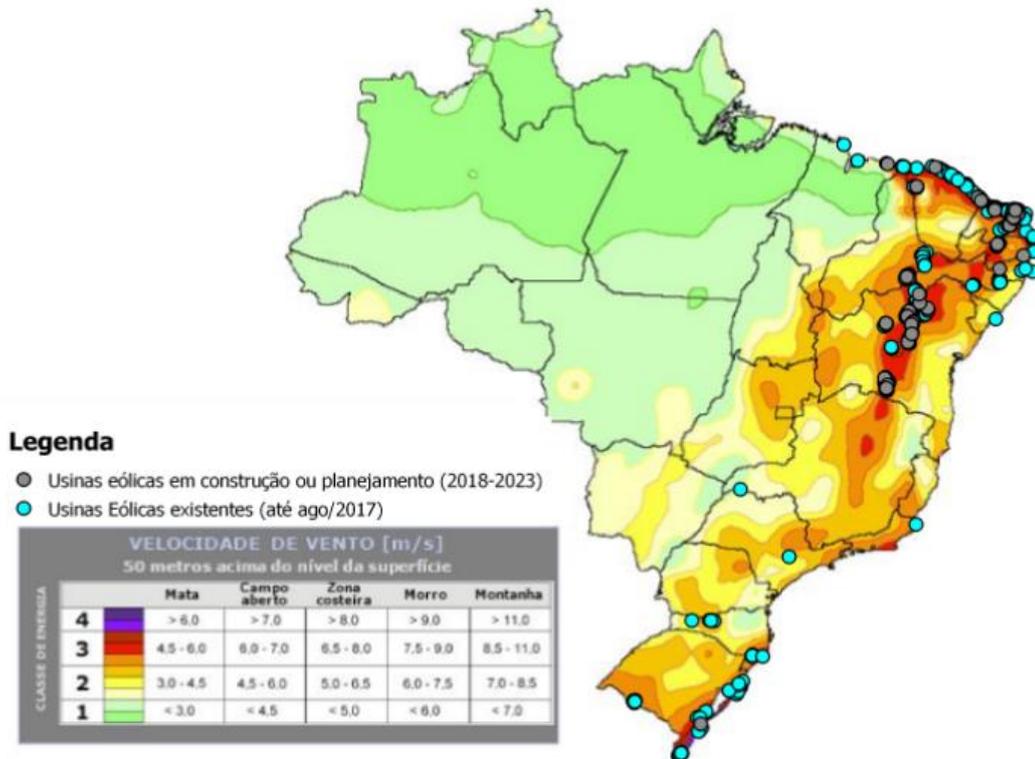
Em dezembro de 2019, a ABEEólica contabilizou 619 parques eólicos em operação no país, que contam com 7.578 aerogeradores. A capacidade instalada de cada turbina é variável. Conforme a classificação da Aneel (2003), há três tipos de classificações: pequena (<500kW), média (entre 500kW e 1MW) e grande (>1MW). Conforme histórico levantado pela ABEEólica até 2011, a média da potência nominal do aerogerador instalada era cerca de 1,4MW com estruturas completas variando de 60 metros a 95 metros. Desde 2018, as novas turbinas comercializadas têm chegado a até

⁵ Há também modelos de turbinas nas quais o transformador pode se situar na base da torre.

5MW de potência nominal, sendo que a estrutura completa pode alcançar até 250m de altura.

A produção de energia eólica depende primariamente da velocidade dos ventos onde os aerogeradores são instalados, sem necessidade de outras matérias primas senão aquelas utilizadas em suas estruturas e equipamentos. Por ser altamente dependente de condições geográficas e climáticas, especialmente anemométricas (relacionadas à velocidade dos ventos), a localização dos parques eólicos prioriza áreas com velocidades médias anuais de vento elevadas, preferencialmente a partir de 6 m/s, inclusive para viabilizar os investimentos nas estruturas. Isso é confirmado no mapa de potencial eólico do Brasil e na localização dos parques eólicos, situados sobretudo nos estados das regiões Sul e Nordeste do país, conforme o Quadro 2.

QUADRO 2: MAPA DO APROVEITAMENTO EÓLICO NO BRASIL E LOCALIZAÇÃO DAS USINAS EÓLICAS.



Fontes: Aneel, 2003; EPE (Webmap), 2019. Elaboração: GO Associados. Nota (*): A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) disponibiliza ao público somente a localização de 455 usinas existentes (até agosto/2017) e outras 163 que estavam planejadas para até 2023. Entretanto, o planejamento não previu as usinas menores de 5 MW, isentas de outorga, bem como novas ofertas e leilões nos anos de 2018 e 2019.

Dadas as localizações, é notável o fato de a produção de energia eólica ocorrer nos estados com condições geográficas favoráveis aos empreendimentos da categoria. No Quadro 3, estão apresentadas as potências (em MW) instaladas por estado e as respectivas participações (em %) quanto à instalação nacional e quantidade de parques.

QUADRO 3: CAPACIDADE INSTALADA, PARTICIPAÇÃO QUANTO À INSTALAÇÃO NACIONAL E QUANTIDADE DE PARQUES

| Estado | Potência (MW) | % da Potência Eólica Nacional | Qtde. Parques |
|--------------------------|------------------|-------------------------------|---------------|
| Rio Grande do Norte (RN) | 4.159,5 | 26,97 | 154 |
| Bahia (BA) | 4.074,4 | 26,42 | 165 |
| Ceará (CE) | 2.045,5 | 13,26 | 79 |
| Rio Grande do Sul (RS) | 1.831,9 | 11,88 | 80 |
| Piauí (PI) | 1.638,1 | 10,62 | 60 |
| Pernambuco (PE) | 782,0 | 5,07 | 34 |
| Maranhão (MA) | 426,0 | 2,76 | 15 |
| Santa Catarina (SC) | 238,5 | 1,54 | 14 |
| Paraíba (PB) | 157,2 | 1,02 | 15 |
| Sergipe (SE) | 34,5 | 0,22 | 1 |
| Rio de Janeiro (RJ) | 28,1 | 0,18 | 1 |
| Paraná (PR) | 2,5 | 0,01 | 1 |
| Total Brasil | 15.418,20 | 100,0 | 619 |

Fonte: ABEEólica, 2019. Elaboração: GO Associados.

Outros estados que não estão nesta lista também têm se empenhado em estudos a respeito da viabilidade para a instalação de parques eólicos. Por exemplo, no Estado de São Paulo em 2012 foi apresentado pelo governo o Atlas Eólico do Estado de São Paulo que indica que o estado tem um potencial de instalação de 13 GW, sendo que em 2017 foi instalado o primeiro parque eólico no Município de Porto Primavera, com capacidade de produzir até 620 MWh de energia⁶. O Estado do Espírito Santo desenvolveu seu atlas (ASPE, 2009) e este prevê 1,79 MW de capacidade de instalação para uma altura 75 metros acima do relevo e velocidade do vento de 6,5 m/s. Os estados de maior destaque

⁶ Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/negocios/cesp-coloca-em-operacao-primeiros-geradores-eolicos-de-sao-paulo,70002024684>

na geração, como o Ceará, o Rio Grande do Norte, Bahia e Rio Grande do Sul, também tiveram seus atlas elaborados em âmbito estadual.

Considerado então o vento como sua matéria prima, o debate sobre condicionar o potencial de energia eólica como patrimônio da União e, por consequência, atribuir ao poder público a tributação de seu uso tomou maior proporção em 2015 no Congresso Nacional com a apresentação da Proposta de Emenda à Constituição nº 97 (“PEC 97/2015”)⁷.

Esta emenda estabelece para a União, os estados e os municípios a participação no resultado da exploração de recursos hídricos, eólicos e solares para fins de geração de energia elétrica. O texto inclui na Constituição como bens da União os “potenciais de energia eólica e solar”⁸. Isso significaria fazer do sol e do vento patrimônios da União.

Embora a PEC 97/2015 ainda esteja em tramitação no Congresso, o debate sobre os *royalties* já foi praticamente vencido, já que não faz sentido falar em *royalties* para energia eólica. Mas, com o avanço da eólica, novas discussões sobre outras formas de novas tributações devem tomar corpo, tais como:

- Tributação para beneficiar estados onde a energia é produzida e não somente naqueles onde a energia é consumida;
- Equalização da exploração energética com outros segmentos do campo (ex: hidrelétricas e termelétricas) e controvérsias frente a infinitude do vento como recurso;

⁷Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=C2D4CE24BCBC8F759C0869FB6E1D5947.proposicoesWebExterno1?codteor=1631472&filename=Avulso+-PEC+97/2015

⁸ Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,senador-quer-a-criacao-de-royalties-sobre-energia-solar-e-eolica,70003057396>

- Direcionamento da tributação para produtores e/ou consumidores de energia e impacto nas tarifas;
- Priorização de energias renováveis e com baixa emissão de Gases de Efeito Estufa (“GEEs”) para que o Brasil cumpra o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas (2015); e
- O fato de não haver *royalties* para o vento, da forma como se pretende estabelecer na PEC, em nenhum outro país do mundo.

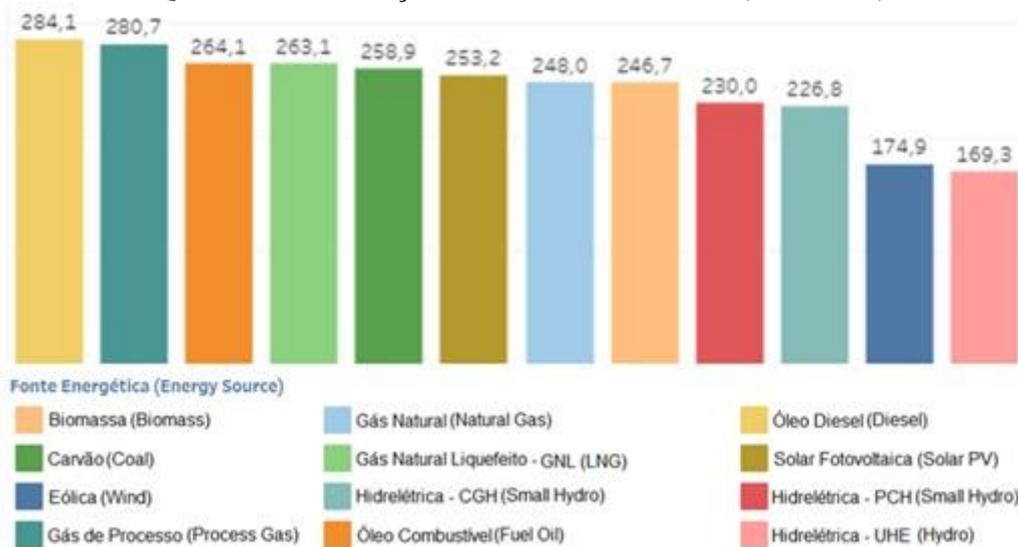
Os *royalties* surgiram para resolver conflitos de direito de propriedade. Por exemplo, a Constituição brasileira de 1988 definiu que a posse de petróleo, gás natural, minérios e da água utilizada para geração de energia é da União e, portanto, o pagamento de uma taxa seria uma compensação pela cessão desse direito de propriedade a terceiros. Entretanto, para especialistas, não há como comparar essas situações com a geração de energia fotovoltaica e eólica, porque tanto o vento quanto o sol são recursos ilimitados e sua exploração não inviabiliza outras atividades econômicas ou mesmo a exploração de outras matérias primas. Esta medida pode afetar negativamente o investimento no setor, dado o desestímulo que a taxação pode causar.

O preço estipulado para a cobrança da empresa geradora de energia elétrica é definido por meio de um teto limite para o custo do MWh, estabelecido nos leilões organizados pela Aneel, sendo que a participante que propuser o menor preço torna-se vencedora. Nesse sentido, o aumento da produção de energia de fonte eólica também foi incentivado pela competitividade que ela vem apresentando no mercado, inclusive com propostas significativamente abaixo dos tetos estipulados nos leilões de energia. Por exemplo, em abril de 2018 o leilão de geração A-4 estabeleceu um teto de R\$ 208,00⁹ por

⁹ Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_geracao/documentos/EDITAL_leilao_03-2019_aneel_A-4_29len.pdf

MWh de energia eólica. Porém, no final, a empresa vencedora se disponibilizou a vender o MWh desta categoria por R\$ 67,60, valor cerca de 73,49% inferior ao teto inicialmente estabelecido. A competitividade da eólica se reflete também no histórico de preços por fonte dos leilões apresentado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (“CCEE”). O Quadro 4 apresenta claramente este fato, sendo o preço da fonte eólica o segundo menor no país.

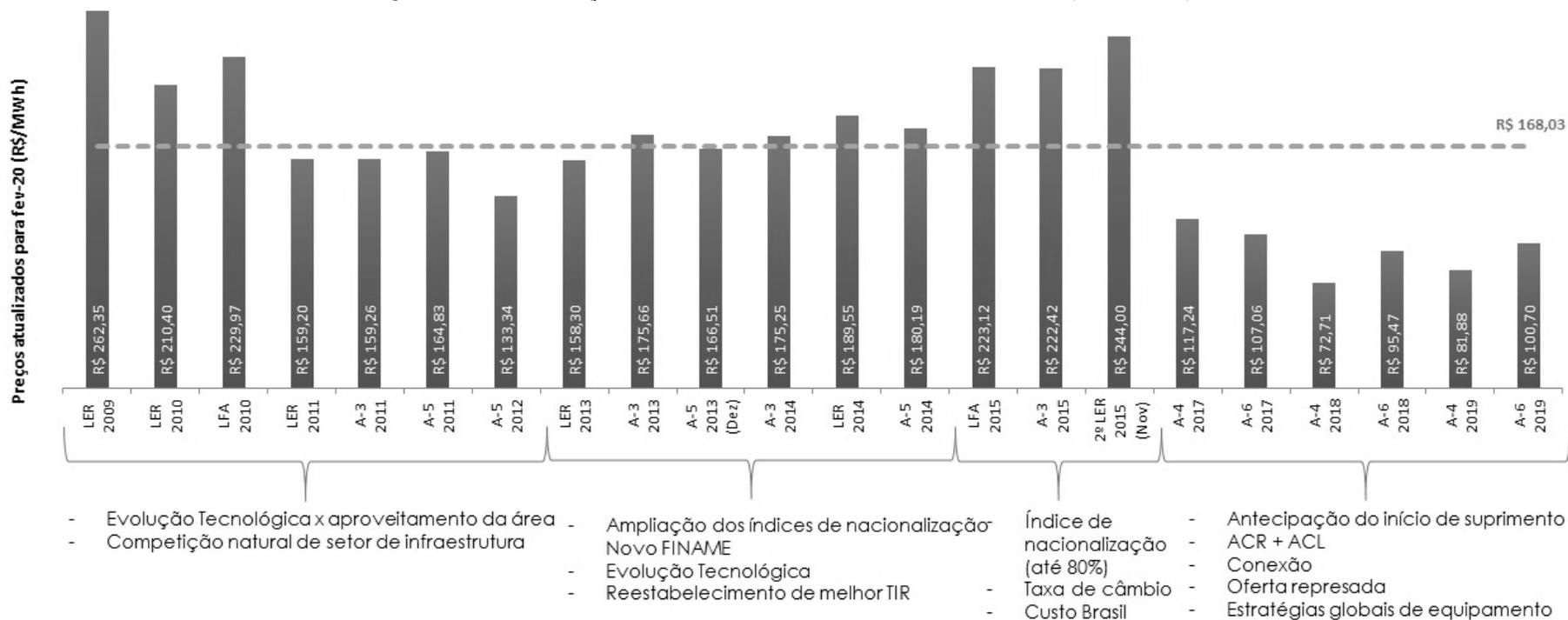
QUADRO 4: PREÇO MÉDIO POR FONTE (R\$/MWH)



Fonte: CCEE.

O Quadro 5 mostra a evolução dos preços da energia eólica nos leilões regulados para o período de 2009 a 2019. Neste período o preço médio do MWh desta categoria foi de R\$168,93 e, destaca-se, há uma tendência de queda dos preços para o período em análise. No leilão realizado em 2009, o preço do MWh foi de R\$262,35 enquanto no último leilão realizado em 2019 o preço do MWh foi de R\$100,70 e, portanto, houve uma redução de 61,6% no preço do MWh da energia eólica.

QUADRO 5: PREÇO-MÉDIO DA EÓLICA NOS LEILÕES (R\$/MWh)



Fonte: CCEE e ABEEólica

Os vultuosos investimentos no setor de aproximadamente US\$ 3,12 bilhões de média ano, no período entre 2011 e 2018 de acordo com a ABEEólica baseada em cálculos da Bloomberg New Energy Finance, junto ao constante aumento da participação da energia eólica na Matriz Elétrica Brasileira vêm transformando a realidade econômica, social e ambiental de diferentes formas pelo país, como será destacado nas próximas seções. A geração de empregos diretos e indiretos, o empreendedorismo e as indústrias de fabricação de peças, montagem e manutenção dos equipamentos e parques eólicos e o vínculo com demais partes interessadas como prefeituras, demais órgãos governamentais, meio acadêmico e científico vêm mobilizando outras esferas que vão muito além da produção de energia.

3 ESTIMATIVAS DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DO SETOR EÓLICO NA ECONOMIA NACIONAL

O objetivo desta seção é estimar os possíveis impactos econômicos na cadeia produtiva das Regiões Nordeste e Sul do país da expansão do setor eólico nacional. Para tanto, é utilizada a metodologia da Matriz Insumo-Produto Regional (“MIP-Regional”) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (“IBGE”)¹⁰.

A metodologia da MIP considera que a economia constitui um sistema integrado de diversos setores interdependentes. Assim, os impactos sofridos por um setor influenciam os demais segmentos em maior ou menor grau, dependendo da importância relativa de suas relações na economia¹¹. Como os parques eólicos estão localizados nas Regiões Sul e Nordeste¹², foi utilizada a metodologia de regionalização da MIP.

Nessa seção são realizadas estimativas dos impactos diretos e indiretos (inclusive efeito renda) na cadeia produtiva nacional, em termos de produção, massa de renda, emprego e arrecadação de impostos, da realização de investimentos no setor eólico.

3.1 Revisão bibliográfica

A geração de empregos é um aspecto chave para a avaliação do desenvolvimento econômico em uma região. O setor de energias renováveis tem grande potencial gerador de empregos, direta e indiretamente. Alguns estudos, porém, focam apenas no número de

¹⁰ Metodologia detalhada no Anexo I.

¹¹ A matriz insumo-produto utilizada neste estudo foi estimada a partir da metodologia apresentada por Guilhoto & Sesso (2005). A matriz utiliza as tabelas de Usos e Recursos das Contas Nacionais publicadas pelo IBGE em sua construção, as quais contêm 110 produtos e 56 setores.

¹² Apenas um no Estado do Rio de Janeiro.

empregos gerados pelas energias renováveis, sem considerar a sua qualidade, como em Llera sastresa et al. (2010).

Simas (2012) mensura o potencial de geração de empregos pela energia eólica no Brasil, não só pela avaliação dos empregos diretos, mas também os empregos indiretos gerados na economia devido à demanda de insumos. Para tanto, são utilizadas metodologias de avaliação de ciclo de vida¹³, entrevistas semi-estruturadas¹⁴, matriz insumo-produto e elaboração de cenários¹⁵.

Os resultados encontrados apontam para uma contribuição significativa na geração de empregos, em que Simas (2012) estima que o número de empregos-ano por megawatt no ciclo de vida da energia eólica é 15,20 empregos-ano/MW¹⁶. No início de 2020, de acordo com ABEEólica, havia cerca de 15.400 MW de capacidade instalada, enquanto a expectativa de capacidade instalada para o final de 2020 é 17.323,4 MW, de acordo com ABEEólica. Logo, estima-se que haverá aproximadamente 29.236 empregos gerados ao longo do ano.

Segundo Simas (2012), a contribuição mais significativa, tanto em termos quantitativos como em termos qualitativos, no sentido de contribuir para o desenvolvimento sustentável, é a geração de empregos nos setores de construção e de

¹³ A avaliação de ciclo de vida (ACV) enfoca os potenciais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto, desde a extração de matéria-prima, produção, uso, até a disposição final (SIMAS,2012).

¹⁴ A entrevista semi-estruturada é um dos métodos usados para a coleta de dados em pesquisas, especialmente para a obtenção de dados qualitativos.

¹⁵ A construção de cenários é frequentemente usada para a formulação e avaliação de políticas e de planejamento de energia. As premissas para a elaboração de cenários de inserção de tecnologias de energias renováveis regularmente incluem políticas governamentais, desenvolvimento tecnológico, barreiras, tendências de crescimento, evolução dos custos, entre outras. (SIMAS,2012).

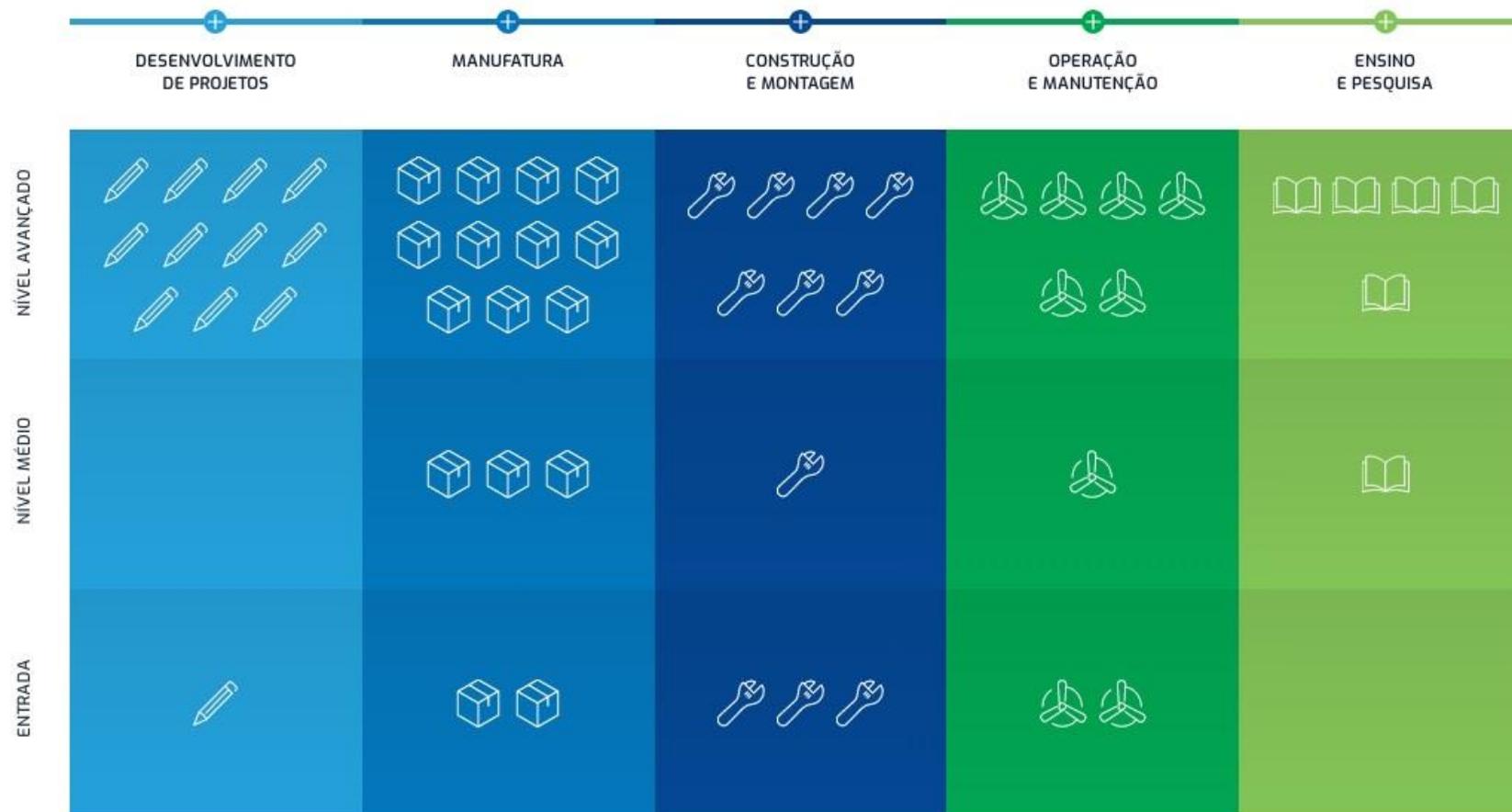
¹⁶ O valor refere-se ao número de empregos totais (soma de empregos diretos e indiretos) ao longo do ciclo de vida da energia eólica considerando torres de concreto. O valor para as torres de aço é de 14,75 empregos-ano/MW.

operação e manutenção (“O&M”). Ressalta-se que os empregos em O&M geram postos de trabalho permanentes, os quais estarão presentes durante toda a vida útil do projeto. Ambas as atividades, construção e O&M, têm um potencial elevado para a geração de empregos no nível local, fornecendo oportunidades de geração de renda, muitas vezes em localidades rurais com baixas oportunidades de crescimento e desenvolvimento econômico. Portanto, a energia eólica tem potencial para contribuir para o desenvolvimento sustentável no Brasil, conforme Simas (2012).

Destaca-se que o setor eólico possui uma vasta gama de opções de carreira. As opções de atuação nesta indústria estão apresentadas no Quadro 6 que ilustra um mapa de carreiras, iniciativa da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (“ABDI”) com apoio da FGV Projetos.

No mapa é possível obter uma descrição detalhada das possibilidades de emprego, gráficos de possíveis progressões entre eles e identificação do que seria necessário para estes avanços. Para facilitar o entendimento, as atividades contempladas dos perfis profissionais estão divididas por cada segmento da cadeia de bens e serviços do setor eólico. Ao todo são 54 profissões mapeadas, separadas em 5 áreas de atuação com diferentes níveis de experiência.

QUADRO 6: MAPA DE CARREIRAS DA ENERGIA EÓLICA



Fonte: ABDI. Informação disponível em: <http://sitesinteligencia.abdi.com.br/sites/carreiras-eolica/>

3.2 Impactos econômicos estimados dos investimentos no setor eólico no Brasil

O ano de 2019 encerrou com US\$ 3,4 bilhões (R\$ 13 bilhões) investidos no setor eólico, representando 53% dos investimentos realizados em renováveis (solar, eólica, biocombustíveis, biomassa e resíduos, PCHs e outros) no Brasil, mais especificamente nas Regiões Nordeste e Sul do país (Quadro 7). No período de 2011 a 2019, esse número totalizou cerca de US\$ 31,3 bilhões (R\$ 88,1 bilhões)¹⁷.

QUADRO 7: EVOLUÇÃO DOS INVESTIMENTOS NO SETOR EÓLICO (EM MILHÕES)

| Ano | US\$ | R\$* |
|--------------|---------------------|----------------------|
| 2011 | \$ 4.866,67 | R\$ 8.152,08 |
| 2012 | \$ 3.526,00 | R\$ 6.892,15 |
| 2013 | \$ 2.403,03 | R\$ 5.184,94 |
| 2014 | \$ 3.253,30 | R\$ 7.655,56 |
| 2015 | \$ 5.138,65 | R\$ 17.116,84 |
| 2016 | \$ 4.009,17 | R\$ 13.985,99 |
| 2017 | \$ 3.266,70 | R\$ 10.431,39 |
| 2018 | \$ 1.387,95 | R\$ 5.072,49 |
| 2019 | \$ 3.448,53 | R\$ 13.606,46 |
| Total | \$ 31.300,00 | R\$ 88.097,91 |

Fonte: BNEF – Bloomberg New Energy Finance. Elaboração e análise: GO Associados em ABEEólica (2019). Nota (*): Foi utilizada a média anual da cotação do dólar comercial para venda em Real (R\$).

Para estimar os impactos na economia nacional desses investimentos realizados utilizando a metodologia da MIP-IBGE, assumiu-se que os investimentos realizados no setor eólico impactam diretamente o segmento de máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos, e o segmento da construção.

¹⁷ Fonte: BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA, ABEEólica (2018). Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Boletim-Anual_2018.pdf

Além disso, foi considerado que o peso dos investimentos realizados no setor de construção é de 20%, enquanto no setor de máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos, é de 80% e que 70% dos investimentos realizados neste setor são destinados para a aquisição de produtos e a contratação de serviços no mercado doméstico, e o restante é gasto com produtos importados (Quadro 8). As importações não são consideradas na análise, dado que não contribuem para o aquecimento da economia nacional e no caso do setor eólico, cerca de 80% de um aerogerador é produzido no Brasil (ABEEólica).

QUADRO 8: DECOMPOSIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NO SETOR EÓLICO

| Setores | Part. % | R\$ MILHÕES |
|---------------------------------------------------------|------------|----------------------|
| Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos | 80% | R\$ 70.478,33 |
| produto nacional | 70% | R\$ 49.334,83 |
| produto importado | 30% | R\$ 21.143,50 |
| Construção | 20% | R\$ 17.619,58 |
| Total nacional | | R\$ 66.954,41 |

Fonte: BNEF – Bloomberg New Energy Finance. Elaboração e análise: GO Associados em ABEEólica (2019).

Assim, a realização dos investimentos para expansão do setor eólico brasileiro implicou em ganho de valor na economia das Regiões Nordeste e Sul do país da ordem de R\$ 66,95 bilhões nos dois setores considerados. Esse ganho de investimento não afeta apenas os setores de máquinas e equipamentos e da construção, mas toda a economia local.

A lógica da metodologia proposta é a de que uma expansão (ou realização) de investimentos no setor eólico, aumenta a demanda nos setores de máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos, e da construção (**efeito direto**), o que aumenta a produção de outros segmentos para fazer frente à expansão inicial gerada pelos recursos alocados. Setores que fornecem insumos a estes setores diretamente afetados vão produzir mais para atender a esta nova realidade, de modo que um choque positivo gera um efeito em cadeia, com um efeito maior do que o choque inicial (**efeito indireto**).

Por sua vez, o choque inicial, ocorrido em função do aumento dos investimentos no setor eólico, tem impacto sobre os rendimentos do trabalho e, por conseguinte, sobre

o consumo das famílias (**efeito renda**), caracterizando um impacto do aumento da produção sobre os salários e, conseqüentemente, sobre o consumo.

Em síntese, o efeito direto ocorre nos setores ligados aos investimentos previstos, os setores de máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos, e da construção. O efeito indireto ocorre pelo aumento do consumo dos insumos necessários para atender à maior demanda destes setores diretamente afetados. O aumento na demanda do setor de construção, por exemplo, gera uma expansão na demanda por insumos para esse setor, como cimento, asfalto, brita e assim por diante.

Finalmente, o efeito renda é consequência do impacto sobre o consumo pelas famílias de diversos bens e serviços, em função da aceleração econômica, dado que mais trabalhadores precisam ser contratados para atender a maior demanda dos setores direta e indiretamente afetados pelos investimentos.

A partir das informações contidas na MIP, é possível obter multiplicadores de impacto, que são medidas de quanto se gera na economia local em termos de produção, emprego, massa salarial, impostos indiretos e valor adicionado em decorrência de um estímulo monetário (positivo ou negativo) em um setor específico. A metodologia permite analisar a configuração do novo equilíbrio da economia a partir do choque exógeno inicial.

Especificamente em relação aos impostos calculados na MIP, são abrangidos pela metodologia: Imposto sobre importação, ICMS sobre produtos nacionais, ICMS sobre produtos importados, IPI/ISS sobre produtos nacionais e IPI/ISS sobre produtos importados. Dessa forma, os impostos e as contribuições de competência da União que não entram na metodologia da MIP estão ilustrados no Quadro 9.

QUADRO 9: IMPOSTOS E CONTRIBUIÇÕES NÃO INCLUSOS NA MIP

| Os impostos de competência da União que estão faltando na MIP: | As contribuições de competência da União que estão faltando na MIP: |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Imposto de Exportação (IE) | Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) |
| Imposto sobre Operações Financeiras (IOF) | Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) |
| Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) | Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) |
| Imposto de Renda Pessoa Física (IRPF) | Instituto Nacional da Seguridade Nacional (INSS) |
| Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) | Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) |
| | Programa de Integração Social e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) |

Fonte: Guilhoto, 2011. Elaboração e análise: GO Associados.

O Quadro 10 sintetiza os parâmetros analisados pela MIP-IBGE.

QUADRO 10: PARÂMETROS ANALISADOS PELA MIP



A receita do governo é obtida através do pagamento de impostos pelas empresas e pelos indivíduos

- Imposto sobre importação (II)
- ICMS sobre produtos nacionais
- ICMS sobre produtos importados
- IPI/ISS sobre produtos nacionais
- IPI/ISS sobre produtos importados



O multiplicador de produção que indica o quanto se produz para cada unidade monetária gasta no consumo final



O multiplicador de empregos indica a quantidade de empregos criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado



A renda da economia é gerada através da remuneração do trabalho, capital e terra agrícola

Fonte: Guilhoto, 2011. Elaboração e análise: GO Associados.

Assim, estima-se que os investimentos para expansão do setor eólico de R\$ 66,95 bilhões no período de 2011 a 2019 (Quadro 8) tiveram potencial expandir a produção das Regiões Nordeste e Sul do país (valor agregado) na ordem de R\$ 262 bilhões, gerando mais de 498 mil empregos por ano, em média, e R\$ 45,2 bilhões em massa salarial. Além disso, foram arrecadados R\$ 22,4 bilhões em tributos relacionados, sendo R\$ 11,8 bilhões em ICMS e R\$ 1,9 bilhão em IPI (Quadro 11).

QUADRO 11: IMPACTOS DOS INVESTIMENTOS NO SETOR EÓLICO NA ECONOMIA DAS REGIÕES NORDESTE E SUL

| Produção (R\$ milhões) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Produção direta | 66.954,41 | 0,00 | 66.954,41 | 0,00 |
| Produção indireta | 84.510,02 | 480,18 | 47.731,52 | 36.298,32 |
| Produção efeito-renda | 110.770,48 | 7.639,32 | 44.617,66 | 58.513,50 |
| Total | 262.234,91 | 8.119,50 | 159.303,59 | 94.811,82 |
| Empregos (unidades/média ano) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
| Empregos diretos | 103.776 | 0 | 103.776 | 0 |
| Empregos indiretos | 132.304 | 3.870 | 33.785 | 94.649 |
| Empregos efeito-renda | 262.038 | 57.712 | 42.439 | 161.887 |
| Total | 498.118 | 61.581 | 180.000 | 256.536 |
| Salários (R\$ milhões) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
| Salários diretos | 12.892,57 | 0,00 | 12.892,57 | 0,00 |
| Salários indiretos | 13.614,50 | 73,22 | 5.533,98 | 8.007,29 |
| Salários efeito-renda | 18.709,22 | 1.238,17 | 4.796,41 | 12.674,63 |
| Total | 45.216,28 | 1.311,39 | 23.222,96 | 20.681,93 |
| Impostos (R\$ milhões) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
| Impostos diretos | 6.855,03 | 0,00 | 6.855,03 | 0,00 |
| Impostos indiretos | 5.851,09 | 21,71 | 4.178,39 | 1.650,98 |
| Impostos efeito-renda | 9.792,82 | 401,09 | 6.177,11 | 3.214,62 |
| Total | 22.498,93 | 422,80 | 17.210,53 | 4.865,60 |
| ICMS diretos | 3.722,47 | 0,00 | 3.722,47 | 0,00 |
| ICMS indiretos | 2.748,22 | 12,81 | 2.194,94 | 540,47 |
| ICMS efeito-renda | 5.380,84 | 237,14 | 3.915,51 | 1.228,19 |
| Total | 11.851,53 | 249,95 | 9.832,92 | 1.768,66 |
| IPI diretos | 1.155,24 | 0,00 | 1.155,24 | 0,00 |
| IPI indiretos | 285,37 | 0,20 | 285,09 | 0,08 |
| IPI efeito-renda | 535,37 | 2,27 | 533,03 | 0,07 |
| Total | 1.975,98 | 2,47 | 1.973,36 | 0,16 |

Fontes: ABEEólica (2019) e MIP-IBGE. Elaboração e análise: GO Associados.

4 ANÁLISE DO AUMENTO SUSTENTÁVEL DA RENDA FAMILIAR POR MEIO DO ARRENDAMENTO DE TERRAS

O objetivo desta seção é estimar os possíveis impactos econômicos na cadeia produtiva das Regiões Nordeste e Sul do país, em termos de produção, massa de renda, emprego e arrecadação de impostos, do pagamento do arrendamento de terras para a instalação e operação de aerogeradores. Para tanto, é utilizada a metodologia da matriz insumo-produto regional do IBGE, destacada na Seção 3.

4.1 Pagamentos de arrendamento de terras no setor eólico nas Regiões Nordeste e Sul

A fim de mensurar o impacto do pagamento de arrendamento de terras para colocação e operação de aerogeradores, foi elaborado um formulário solicitando para as empresas associadas à ABEEólica algumas informações relativas aos arrendamentos de terra para parques eólicos (Quadro 30)¹⁸.

Na pesquisa realizada foram elaboradas nove questões a respeito, por exemplo, do número de aerogeradores em operação, número de famílias que recebem pelo arrendamento (pré-operação e operação) e valor médio mensal pago por aerogerador arrendado (pré-operação e operação).

Para garantir a total confidencialidade de todas as informações recebidas, a divulgação das informações ocorre de forma agregada, desde que obtida de, pelo menos, três empresas associadas. Assim, foram consideradas válidas e passíveis de

¹⁸ Formulário disponível no Anexo II

uso no estudo apenas aquelas informações respondidas por, pelo menos, três empresas associadas.

Os dados de arrendamento de terras foram fornecidos por 56,01% do total de projetos em operação (o que corresponde a 8.672,3 MW em potência instalada) e foram compilados pela GO Associados. A partir deles, extrapolam-se as informações para o total do setor.

O ano de 2018 encerrou com 14,71 GW de potência eólica instalada, esse total eólico representa 9% da matriz elétrica brasileira¹⁹. Nesse mesmo ano, ao considerar o valor médio mensal pago por aerogerador arrendado (pré-operação e operação) e o número de famílias que receberam arrendamento (pré-operação e operação) ao longo do ano, estima-se um total de R\$ 169,7 milhões pagos em arrendamentos de terras para instalação e operação de aerogeradores no ano de 2018.

4.2 Impactos econômicos estimados dos pagamentos de arrendamento de terras no setor eólico nas Regiões Nordeste e Sul

Para estimar os impactos na economia local desses pagamentos realizados para as famílias referentes ao arrendamento de terras, foi utilizada a metodologia da MIP Regional-IBGE. A principal hipótese é que o valor recebido pelas famílias pelo arrendamento é utilizado principalmente para consumo em bens e serviços.

Primeiramente, foi considerada a importância relativa dos gastos realizados pelas famílias agregados em doze macro setores no orçamento das famílias brasileiras que vivem na zona rural, dado que os parques eólicos estão comumente localizados em

¹⁹ Informação disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Boletim-Anual_2018.pdf

áreas rurais (Simas e Pacca, 2013). Para tanto, foram utilizados os dados mais recentes da Pesquisa de Orçamentos Familiares (“POF”) do IBGE (Quadro 12).

A POF visa principalmente mensurar as estruturas de consumo das famílias e possibilita traçar um perfil das condições de vida da população a partir da análise de seus orçamentos domésticos. As informações da pesquisa são utilizadas para atualizar as estruturas de ponderações, necessárias para a produção dos Índices de Preços ao Consumidor (Índices, calculados e publicados mensalmente pelo IBGE, que indicam a variação média ocorrida nos preços do conjunto de bens consumidos e de serviços utilizados pela população) e também na atualização da participação das despesas das famílias no cálculo das Contas Nacionais. Além disso, permitem estudar a evolução dos hábitos de consumo das famílias e possibilitam os mais variados estudos e planejamentos sobre: distribuição, concentração e desigualdade de renda, aspectos demográficos e socioeconômicos, quantidades adquiridas de alimentos per capita²⁰.

Após a estimativa do montante gastos pelas famílias, em média, nesses macro setores indicados pela POF, foram escolhidos seus pares na MIP. Os onze setores selecionados são: Alimentos e bebidas; Produtos do fumo; Artigos do vestuário e acessórios; Perfumaria, Higiene e limpeza; Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana; Transporte, armazenagem e correio; Serviços imobiliários e aluguel; Serviços prestados às empresas; Serviços prestados às famílias e associativas; Educação mercantil e Saúde mercantil.

A participação do setor de recreação e cultura no orçamento familiar foi dividida igualmente na MIP entre os setores de serviços prestados às empresas e serviços prestados às famílias e associativas. Além disso, o setor de despesas diversas, que tem uma participação de 2,5% nos orçamentos familiares da zona rural, não foi incluído na análise.

²⁰ Informação disponível em: <https://metadados.ibge.gov.br/consulta/estatisticos/operacoes-estatisticas/OE>

Assim, estima-se que a realização dos pagamentos de arrendamentos do setor eólico brasileiro em 2018 implicou em ganho de valor na economia das Regiões Nordeste e Sul da ordem de R\$ 165,5²¹ milhões, ao se excluir o setor de despesas diversas. Esse ganho não afeta apenas os onze segmentos da MIP citados, mas toda a economia local.

QUADRO 12: DISTRIBUIÇÃO DA DESPESA DE CONSUMO NA MÉDIA MENSAL FAMILIAR BRASILEIRA (ZONA RURAL) E SEU RESPECTIVO SETOR NA MIP

| Setor POF | Participação | SETOR MIP |
|---------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Alimentação | 23,8% | Alimentos e Bebidas |
| Habitação - Serviços imobiliários e aluguel | 23,4% | Serviços imobiliários e aluguel |
| Habitação - Serviços e taxas | 7,5% | Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana |
| Vestuário | 4,7% | Artigos do vestuário e acessórios |
| Transporte | 20,0% | Transporte, armazenagem e correio |
| Higiene e cuidados pessoais | 4,5% | Perfumaria, higiene e limpeza |
| Assistência à saúde | 8,0% | Saúde mercantil |
| Educação | 2,3% | Educação mercantil |
| Recreação e cultura | 1,8% | Serviços prestados às empresas e Serviços prestados às famílias e associativas |
| Fumo | 0,5% | Produtos do fumo |
| Serviços pessoais | 0,9% | Serviços prestados às famílias e associativas |
| Despesas diversas | 2,5% | ----- |
| Total | 100% | 97,5% |

Fonte: POF/IBGE 2017-18 e MIP/ IBGE. Elaboração e análise: GO Associados.

²¹ Destaca-se que a diferença de valor (inicialmente R\$ 169,7 milhões e agora R\$165,5 milhões) deve-se aos gastos em “Despesas Diversas” os quais tem uma participação de 2,5% nos orçamentos familiares da zona rural, de acordo com dados da POF, e que não foram alocadas na MIP conforme anteriormente mencionado.

Para estimar como esse valor se multiplica nos demais setores da economia, foi utilizada a MIP Regional.

A lógica da metodologia proposta é a de que uma expansão (ou realização) dos pagamentos de arrendamentos de terra do setor eólico, aumenta a demanda nos onze setores (**efeito direto**), o que aumenta a produção de outros segmentos para fazer frente à expansão inicial gerada pelos recursos alocados. Setores que fornecem insumos a estes setores diretamente afetados vão produzir mais para atender a esta nova realidade, de modo que um choque positivo gera um efeito em cadeia, com um efeito maior do que o choque inicial (**efeito indireto**).

Por sua vez, o choque inicial, ocorrido em função do aumento dos pagamentos de arrendamento no setor eólico, tem impacto sobre os rendimentos do trabalho e, por conseguinte, sobre o consumo das famílias (**efeito renda**), caracterizando um impacto do aumento da produção sobre os salários e, conseqüentemente, sobre o consumo.

Em síntese, o efeito direto ocorre nos onze segmentos selecionados na MIP. O efeito indireto ocorre pelo aumento do consumo dos insumos necessários para atender à maior demanda destes setores diretamente afetados. O aumento na demanda do setor de vestuário, por exemplo, gera uma expansão na demanda por insumos para esse setor, como algodão, lã, elastano e assim por diante.

Finalmente, o efeito renda é consequência do impacto sobre o consumo pelas famílias de diversos bens e serviços, em função da aceleração econômica, dado que mais trabalhadores precisam ser contratados para atender a maior demanda dos setores direta e indiretamente afetados pelos pagamentos de arrendamentos de terras.

A partir das informações contidas na MIP, é possível obter multiplicadores de impacto, que são medidas de quanto se gera na economia local em termos de produção, emprego, massa salarial, impostos indiretos e valor adicionado em decorrência de um estímulo monetário (positivo ou negativo) em um setor específico. A metodologia permite analisar a configuração do novo equilíbrio da economia a partir do choque exógeno inicial.

Assim, considerando os dados de 2018, os pagamentos de arrendamento de terras para expansão do setor eólico em torno de R\$ 165,5 milhões ao ano, têm potencial de levar a uma expansão da produção das Regiões Nordeste e Sul (valor agregado) da ordem de R\$524,6 milhões, gerando mais de 8 mil empregos e R\$ 43,2 milhões em massa salarial. Além disso, são arrecadados R\$ 45,4 milhões em tributos relacionados, sendo quase R\$ 25,5 milhões em ICMS e R\$ 2,5 milhões em IPI (Quadro 13).

QUADRO 13: IMPACTOS DO ARRENDAMENTO DE TERRAS DO SETOR EÓLICO NA ECONOMIA DAS REGIÕES NORDESTE E SUL

| Produção (R\$ milhões) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
|------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Produção direta | 165,51 | 0,00 | 69,84 | 95,67 |
| Produção indireta | 160,69 | 22,35 | 65,73 | 72,62 |
| Produção efeito-renda | 198,38 | 13,68 | 79,91 | 104,79 |
| Total | 524,58 | 36,03 | 215,47 | 273,08 |
| Empregos (unidades) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
| Empregos diretos | 1.844 | 0 | 765 | 1.079 |
| Empregos indiretos | 3.315 | 1.331 | 383 | 1.601 |
| Empregos efeito-renda | 3.754 | 827 | 608 | 2.319 |
| Total | 8.914 | 2.158 | 1.756 | 5.000 |
| Salários (R\$ milhões) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
| Salários diretos | 18,88 | 0,00 | 3,85 | 1,18 |
| Salários indiretos | 12,32 | 3,34 | 2,77 | 6,22 |
| Salários efeito-renda | 12,02 | 0,80 | 3,08 | 8,14 |
| Total | 43,22 | 4,14 | 9,70 | 15,54 |
| Impostos (R\$ milhões) | Total | Agropecuária | Indústria | Serviços |
| Impostos diretos | 15,87 | 0,00 | 12,48 | 3,39 |
| Impostos indiretos | 12,04 | 1,21 | 7,68 | 3,15 |
| Impostos efeito-renda | 17,54 | 0,72 | 11,06 | 5,76 |
| Total | 45,44 | 1,93 | 31,22 | 12,30 |
| ICMS diretos | 9,49 | 0,00 | 8,66 | 0,83 |
| ICMS indiretos | 6,32 | 0,71 | 4,49 | 1,12 |
| ICMS efeito-renda | 9,64 | 0,42 | 7,01 | 2,20 |
| Total | 25,45 | 1,14 | 20,16 | 4,15 |
| IPI diretos | 1,24 | 0,00 | 1,24 | 0,00 |
| IPI indiretos | 0,33 | 0,01 | 0,33 | 0,00 |
| IPI efeito-renda | 0,96 | 0,00 | 0,95 | 0,00 |
| Total | 2,53 | 0,01 | 2,52 | 0,00 |

Fontes: Pesquisa GO Associados/ABEEólica e MIP-IBGE. Elaboração e análise: GO Associados.

Ressalta-se que além dos proprietários rurais receberem remuneração pelo arrendamento e utilização de suas propriedades, os parques eólicos são compatíveis com

outros usos do terreno, por exemplo, o proprietário da terra pode continuar a realizar a criação de gado e atividades agrícolas. Além disso, as empresas que pagam pelo arrendamento assumem o compromisso com a regularização fundiária das propriedades que vão fazer parte do parque eólico, tema abordado em detalhes na Seção 6.2.

As comunidades próximas aos parques eólicos também se beneficiam dos investimentos realizados na infraestrutura local, em que ocorrem melhoramentos nas estradas e acessos que serão utilizados para transporte de equipamentos e movimentação de cargas durante a construção dos parques, mas que permanecem como herança para os municípios. Destaca-se que o uso e ocupação do solo devido ao arrendamento de terras para a instalação dos parques eólicos são analisadas na Seção 6.3.

5 ANÁLISE DAS EXTERNALIDADES POSITIVAS NAS REGIÕES EM QUE O SETOR SE DESENVOLVE

A fonte eólica tem um importante impacto positivo nas comunidades onde chega devido, entre outros motivos, a dinamização da economia local. O Estudo ABEEólica (2018) destaca seus principais impactos socioeconômicos:

- Uma das melhores relações custo-benefício na tarifa de energia, a energia eólica tem apresentado na média dos leilões, o segundo melhor custo benefício, e considerada a segunda fonte de energia mais competitiva do Brasil (conforme ilustrado no Quadro 4), e desde 2017 tem apresentado na média os melhores preços, menor inclusive que Belo Monte.
- Gera renda e melhoria de vida para proprietários de terra com arrendamento para colocação das torres. Ressaltamos ainda que os pagamentos dos arrendamentos sofrem tributação e também contribuem para a arrecadação do setor público;
- Regularização fundiária das terras nas quais serão implantadas as estruturas necessárias aos parques eólicos;
- Permite que o proprietário da terra siga com plantações ou criação de animais;
- A geração de emprego, pagamento de arrendamentos a proprietários de terra, possibilidade de coexistência de atividades de agricultura e pecuária com as eólicas, entre outros motivos, colaboram com a fixação do homem no campo;
- Fortalecimento e ampliação das cadeias produtivas locais, como de coco, mandioca, milho, feijão, mel, leite, entre outros, com objetivo de melhorar renda da população e promover o desenvolvimento sustentável;
- Fomento ao turismo, arte, gastronomia e cultura regionais por meio de festivais, cursos, treinamentos e concursos;

Nesta seção são realizadas estimativas econométricas pela metodologia de Diferenças em Diferenças, a fim de mensurar a importância da presença do setor eólico nos municípios em termos de aumento do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (“IDHM”) e do PIB, de redução da desigualdade e de melhoria das condições hídricas. Pretende-se investigar a relação entre a instalação de parques eólicos em alguns municípios e a evolução de indicadores socioeconômicos comparativamente àquelas localidades onde não há parques eólicos.

5.1 Revisão bibliográfica

A literatura de crescimento e desenvolvimento econômico aponta para a existência de uma relação positiva entre crescimento econômico e elevação do consumo de energia, como, por exemplo, mostram os estudos de Chang (2008), Apergis e Payne (2010), Fröling (2011) e Liddle (2013). Além do caráter econômico relacionado ao crescimento do consumo de energia, aumentaram nas últimas décadas as discussões em relação aos impactos ambientais do aumento da demanda energética. Este rápido crescimento pode gerar externalidades negativas que, devido ao aumento dos níveis de gases do efeito estufa²² na atmosfera, resultam no aquecimento global.

Dentre as fontes alternativas de energia ao combustível fóssil, a energia eólica avança significativamente quanto à geração elétrica brasileira. Em 2018, a fonte eólica alcançou a segunda posição em termos de capacidade instalada na matriz elétrica nacional, em torno de 9,0%, ficando atrás apenas das hidrelétricas, cerca de 59,9% da capacidade instalada²³.

²² Os principais gases do efeito estufa são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). O CO₂ é principalmente liberado pela combustão de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo.

²³ Informação disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Boletim-Anual_2018.pdf

Portanto, a expansão da energia eólica, fonte limpa, renovável e competitiva, contribui para a diversificação da matriz elétrica brasileira e, portanto, do aumento da segurança do suprimento de energia, da sua competitividade e da sua sustentabilidade econômica, social e ambiental.

A implantação de parques eólicos produz, além de maior capacidade energética, externalidades voltadas ao desenvolvimento industrial brasileiro porque é uma atividade intensiva em capital. Além disso, como mencionado na seção anterior, há a geração de emprego e, conseqüentemente, de renda. De acordo com Simas (2012) e utilizado pela ABEEólica, a cada MW instalado são gerados em média 15 empregos.

5.2 Base de dados

Esta seção busca analisar, pela metodologia de diferenças em diferenças²⁴, a relação entre a instalação de parques eólicos em alguns municípios brasileiros e a evolução de indicadores socioeconômicos, como o IDHM – desagregado em renda, educação e longevidade –, o PIB, o Índice de Gini e o nível de atendimento de água, comparativamente a municípios que não têm parques eólicos.

Portanto, além de estimar o impacto econômico dos parques eólicos nos municípios, busca-se estimar os impactos sociais locais, como a redução da desigualdade e a melhoria das condições hídricas (maior cobertura de atendimento de água).

Para a aplicação dessa metodologia, a amostra de municípios é dividida em dois grupos: (1) um grupo de controle que não foi afetado pelo evento; e (2) um grupo de tratamento que foi afetado pelo evento (no caso analisado, o “evento” é a instalação do parque eólico). A principal hipótese dessa metodologia é que a trajetória temporal da

²⁴ Metodologia detalhada no Anexo III.

variável de resultado para o grupo de controle representa o que teria ocorrido com a variável de resultado dos tratados na ausência do tratamento.

Desde a instalação do primeiro parque eólico no Brasil em 1999, o qual corresponde ao parque Eólico de Prainha no município de Aquiraz/CE, até o período de outubro de 2019, o país teve 609 parques eólicos instalados distribuídos em 93 municípios em 12 estados (BA, CE, MA, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RS, SC e SE), conforme apresentado no Quadro 14.

QUADRO 14: NÚMERO DE PARQUES EÓLICOS POR UFs

| UF | Freq. | Percentual |
|--------------|------------|----------------|
| BA* | 161 | 26,44% |
| CE | 79 | 12,97% |
| MA | 14 | 2,30% |
| PB | 15 | 2,46% |
| PE | 34 | 5,58% |
| PI | 60 | 9,85% |
| PR | 1 | 0,16% |
| RJ | 1 | 0,16% |
| RN** | 153 | 25,12% |
| RS | 76 | 12,48% |
| SC | 14 | 2,30% |
| SE | 1 | 0,16% |
| Total | 609 | 100,00% |

Fonte: ABEEólica. Elaboração: GO Associados. Notas: (*) um parque eólico abrange dois municípios; (**) três parques eólicos abrangem dois municípios cada.

Para estimar as externalidades sociais locais causadas pela instalação dos parques eólicos, primeiramente foi realizado um exercício econométrico em que se estima, utilizando a metodologia de Diferenças em Diferenças, a relação entre a instalação de parque eólico em um município e o **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (“IDHM”)** e suas desagregações: IDHM Renda, IDHM Educação e IDHM Longevidade.

Em 2012, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (“PNUD”) Brasil, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (“Ipea”) e a Fundação João Pinheiro

assumiram o desafio de adaptar a metodologia do IDH Global²⁵ para calcular o IDHM dos 5.565 municípios brasileiros. Esse cálculo foi realizado a partir das informações dos três últimos Censos Demográficos do IBGE, realizados em 1991, 2000 e 2010, e conforme a malha municipal existente em 2010. O IDHM brasileiro considera as mesmas três dimensões do IDH Global, longevidade, educação e renda, mas vai além: adequa a metodologia global ao contexto brasileiro e à disponibilidade de indicadores nacionais.

Embora meçam os mesmos fenômenos, os indicadores utilizados no IDHM são mais adequados para avaliar o desenvolvimento dos municípios brasileiros. O Quadro 15 explica como é calculado o IDHM.

O IDHM é um número que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano de um município. No Quadro 16 encontram-se as faixas do desenvolvimento humano municipal.

²⁵ O IDH Global compreende quatro variáveis. Na saúde, a variável é a esperança de vida ao nascer. Na educação, é a combinação de duas variáveis – média de anos de estudo da população com 25 anos ou mais e anos esperados de escolaridade. Na renda, a variável é a Renda Nacional Bruta per capita. No IDH Global as três dimensões têm o mesmo peso, as médias são geométricas, e as faixas de desenvolvimento humano são fixas, sendo: Baixo Desenvolvimento Humano menor que 0,550, médio entre 0,550 e 0,699, Alto entre 0,700 e 0,799 e Muito Alto Desenvolvimento Humano acima de 0,800. Informação disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/

QUADRO 15: DESCRIÇÃO DO CÁLCULO DO IDHM

Vida longa e saudável é medida pela expectativa de vida ao nascer, calculada por método indireto, a partir dos dados dos Censos Demográficos do IBGE. Esse indicador mostra o número médio de anos que uma pessoa nascida em determinado município viveria a partir do nascimento, mantidos os mesmos padrões de mortalidade.

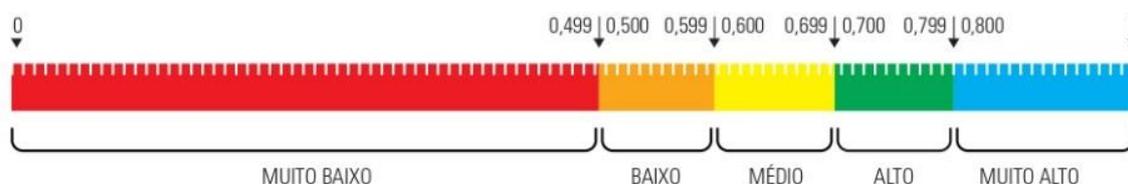
Acesso a conhecimento é medido por meio de dois indicadores. A escolaridade da população adulta é medida pelo percentual de pessoas de 18 anos ou mais de idade com ensino fundamental completo - tem peso 1. O fluxo escolar da população jovem é medido pela média aritmética do percentual de crianças de 5 a 6 anos frequentando a escola, do percentual de jovens de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental, do percentual de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo e do percentual de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo - tem peso 2. A medida acompanha a população em idade escolar em quatro momentos importantes da sua formação. Isso facilita aos gestores identificar se crianças e jovens estão nas séries adequadas nas idades certas. A média geométrica desses dois componentes resulta no IDHM Educação. Os dados são do Censo Demográfico do IBGE.

Padrão de vida é medido pela renda municipal *per capita*, ou seja, a renda média dos residentes de determinado município. É a soma da renda de todos os residentes, dividida pelo número de pessoas que moram no município – inclusive crianças e pessoas sem registro de renda. Os dados são dos Censos Demográficos do IBGE.



Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano.

QUADRO 16: FAIXAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL



Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano.

Dada a disponibilidade de dados do IDHM, o exercício econométrico compreendeu os anos de 2000 e 2010. Neste período foram instalados no Brasil 44 parques eólicos em 21 municípios distribuídos em oito estados (CE, PB, PE, PI, RJ, RN, RS e SC). Logo, nesse estudo, a composição do grupo de municípios “tratados”, os quais tiveram instalação de parques eólicos entre o período de 2001 até 2010, compreende esses

21 municípios. O Quadro 17 mostra o número de parques eólicos por estados para o período em análise.

QUADRO 17: NÚMERO DE PARQUES EÓLICOS INSTALADOS DE 2001 A 2010 POR UF

| UF | Freq. | Percentual |
|--------------|-----------|----------------|
| CE | 15 | 34,09% |
| PB | 12 | 27,27% |
| PE | 5 | 11,36% |
| PI | 1 | 2,27% |
| RJ | 1 | 2,27% |
| RN | 3 | 6,82% |
| RS | 4 | 9,09% |
| SC | 3 | 6,82% |
| Total | 44 | 100,00% |

Fonte: ABEEólica. Elaboração e análise: GO Associados

O grupo de municípios “controles” (grupo de comparação), os quais não tiveram instalação de parques eólicos no período em análise, possui 46 municípios. O critério de seleção dos municípios controles foi a proximidade geográfica com os municípios do grupo de tratamento. Portanto, todos os municípios do grupo de controle são municípios limítrofes aos municípios tratados. Além dessas variáveis, também são utilizadas variáveis binárias (*dummies*²⁶) para controlar efeitos específicos das unidades federativas que não são relacionados à instalação de parques eólicos, mas que afetam o IDHM.

No segundo exercício realizado, a fim de verificar a relação entre a instalação dos parques eólicos e a evolução da economia dos municípios, foram utilizados os dados anuais do **Produto Interno Bruto Municipal (“PIB Municipal”)** para o período de 1999

²⁶ Variável *dummy* é uma variável categórica que foi transformada em numérica.

a 2017, disponibilizados pelo IBGE. Os valores nominais foram deflacionados pelo IPCA-IBGE.

A amostra foi restrita aos doze estados (BA, CE, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RS, SC e SE) dos municípios em que foram instalados parques eólicos neste período. Os municípios desses estados com os parques e o respectivo ano de instalação compõem o grupo de tratamento, totalizando 503 parques instalados. Os demais anos e municípios dos doze estados em que foram instalados parques eólicos formam o grupo de controle.

Além dessas variáveis, também são utilizadas variáveis binárias (*dummies*) para controlar efeitos específicos das unidades federativas e dos anos considerados que não estão relacionados com a instalação de parques eólicos na região. Assim, busca-se “expurgar” (“limpar”) todos os efeitos no PIB do Município que não têm relação com a instalação do parque eólico.

O terceiro exercício busca verificar a relação entre a instalação dos parques eólicos e a desigualdade dos municípios a partir dos dados do **Índice de Gini da renda domiciliar per capita** disponibilizados pelo DATASUS. Os dados disponíveis são oriundos dos Censos Demográficos realizados em 1991, 2000 e 2010²⁷. Considera-se como renda domiciliar per capita a soma dos rendimentos mensais dos moradores do domicílio, em reais, dividida pelo número de seus moradores.

O valor do índice variar de 0 a 1. Quando não há desigualdade (as rendas de todos os indivíduos têm o mesmo valor) o índice tem valor 0. Por outro lado, quando a desigualdade é máxima (apenas um indivíduo possui toda a renda da sociedade e a renda de todos os outros indivíduos é nula) o índice tem valor 1.

²⁷ Informação disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/ginidescr.htm#origem>

Para esse indicador foram realizados dois exercícios econométricos. O primeiro compreendeu os anos de 2000 e 2010, em que foram instalados no Brasil 44 parques eólicos em 21 municípios distribuídos em oito estados (CE, PB, PE, PI, RJ, RN, RS e SC), que compõem o grupo de municípios “tratados” (como feito para o IDHM). O segundo considera todos os municípios dos estados nos quais houve a instalação de parques eólicos (semelhante aos exercícios do PIB).

Por fim, para verificar a relação entre a instalação dos parques eólicos e o nível de saneamento dos municípios, foram utilizados os dados sobre o **Índice de atendimento total de água** disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (“SNIS”). São utilizados dados municipais anuais de 2001 a 2018. O saneamento dos municípios melhora a qualidade de vida da população e contribui para a proteção ao meio ambiente urbano e, portanto, está diretamente relacionado ao desenvolvimento urbano e sustentável de um país.

Destaca-se que para a estimação de cada um dos modelos econométricos usou-se um período diferente de análise, porque os dados são divulgados com periodicidades distintas. O Quadro 18 mostra o período em que cada indicador foi analisado.

QUADRO 18: EXERCÍCIO ECONOMÉTRICO E PERÍODO

| Exercício Econométrico | Período |
|-------------------------------------|----------------|
| IDHM e suas desagregações | 2000 e 2010 |
| PIB Municipal | 1999 a 2017 |
| Índice de Gini | 2000 e 2010 |
| Índice de atendimento total de água | 2001 a 2018 |

Elaboração: GO Associados.

5.3 Resultados estimados

5.3.1 Relação entre o IDHM e a instalação de parques eólicos nos Municípios

Conforme mencionado, o IDHM é um número que varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano de um município.

Os resultados da estimação dos modelos econométricos para o IDHM e suas desagregações, considerando o modelo de efeitos aleatórios²⁸, indicam que a instalação de parques eólicos tem relação positiva e significativa com o IDHM, assim como para suas desagregações, isto é, nos municípios em que foram instalados parques eólicos entre 2001 e 2010, o IDHM aumentou mais, em média, do que nos municípios de controle, em que não ocorreu esse evento.

Nesses modelos são utilizadas como variáveis explicativas, além da variável instalação do parque eólico, variáveis binárias para controlar efeitos específicos das unidades federativas (*dummy* de unidade federada - “duf”), as quais não são relacionados à instalação de parques eólicos, mas que afetam o IDHM.

Segundo a estimativa para o período entre 2000 e 2010, a instalação de parques eólicos aumenta, em média, o IDHM em 20,19%²⁹. Em relação às desagregações do IDHM, considerando o mesmo horizonte temporal, os resultados do modelo estimado para o IDHM Renda mostram que a instalação de parques eólicos aumenta, em média, o IDHM Renda em 11,86%. A estimativa para o IDHM Educação, indica que a instalação de parques eólicos aumenta, em média, o IDHM Educação em 44,69%. Por fim, ao analisar a relação com o IDHM Longevidade, a estimativa aponta que a instalação de parques eólicos aumenta, em média, o IDHM Longevidade em 7,82% (Quadro 19).

O alto impacto percentual no IDHM Educação pode ser explicado pelo baixo nível educacional das regiões analisadas. Assim, mesmo uma pequena variação sobre uma base de cálculo baixa, resulta em grande impacto percentual.

²⁸ Metodologia detalhada no Anexo IV.

²⁹ Impacto parque (%) = [exp(coef)-1].

QUADRO 19: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O IDHM E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS

| Estimador | EFEITO ALEATÓRIO | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---------------|------------|---------------|---------------|---------------|------------------|--------------|
| | IDHM | | IDHM Renda | | IDHM Educação | | IDHM Longevidade | |
| | Coef. | P> z | Coef. | P> z | Coef. | P> z | Coef. | P> z |
| Parque eólico | 0,1839 | 0,000 | 0,1121 | 0,000 | 0,3694 | 0,000 | 0,0753 | 0,000 |
| duf1 (CE) | -0,1648 | 0,000 | -0,2362 | 0,000 | -0,1413 | 0,072 | -0,1162 | 0,000 |
| duf2 (PB) | -0,2683 | 0,000 | -0,2372 | 0,000 | -0,3651 | 0,001 | -0,2026 | 0,000 |
| duf3 (PE) | -0,1951 | 0,000 | -0,2085 | 0,000 | -0,2639 | 0,001 | -0,1124 | 0,000 |
| duf4 (PI) | -0,2374 | 0,001 | -0,2261 | 0,000 | -0,3180 | 0,022 | -0,1680 | 0,000 |
| duf5 (RJ) | -0,0411 | 0,556 | -0,0429 | 0,403 | -0,0360 | 0,799 | -0,0447 | 0,039 |
| duf6 (RN) | -0,2015 | 0,000 | -0,2199 | 0,000 | -0,2475 | 0,004 | -0,1365 | 0,000 |
| duf7 (RS) | 0,0513 | 0,219 | 0,0555 | 0,061 | 0,0945 | 0,274 | 0,0168 | 0,241 |
| duf8 (SC) | 0,0000 | | 0,0000 | | 0,0000 | | 0,0000 | |
| Constante | -0,4813 | 0,000 | -0,4152 | 0,000 | -0,8047 | 0,000 | -0,2251 | 0,000 |
| num. obs. | | 134 | | 134 | | 134 | | 134 |
| Impacto | | 20,19% | | 11,86% | | 44,69% | | 7,82% |

Fontes: PNUD Brasil e ABEEólica. Estimções e análise: GO Associados.

5.3.2 Relação entre o PIB-Municipal e a instalação de parques eólicos nos Municípios

A análise da relação entre a instalação de parques eólicos e a atividade econômica para o período entre 1999 a 2017 aponta uma relação positiva e estatisticamente significativa. Isto é, os municípios que tiveram parques eólicos instalados apresentaram, em média, maior crescimento econômicos real total e per capita do que os municípios do mesmo estado que não têm parques eólicos.

Os resultados estimados, para o período entre 1999 a 2017, considerando o PIB real, pelo modelo de efeitos aleatórios, mostram que a instalação dos parques eólicos aumenta, em média, o PIB real em 21,15%. Enquanto para o PIB per capita real, também considerando o modelo de efeitos aleatórios, a instalação dos parques eólicos aumenta, em média, esta variável em 19,69% (Quadro 20).

Nesses modelos são utilizadas como variáveis explicativas, além da variável instalação do parque eólico, variáveis binárias para controlar efeitos específicos das unidades federativas (*dummy* de unidade federada – “duf”) e dos anos (*dummy* de ano –

“dano”), que não estão relacionados com a instalação de parques eólicos na região. Logo, como mencionado anteriormente, busca-se “expurgar” (“limpar”) os efeitos no PIB do Município que não têm relação com a instalação do parque eólico.

QUADRO 20: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O PIB-MUNICIPAL E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS

| Estimador | EFEITO ALEATÓRIO | | | |
|----------------------|------------------|--------|---------------------|--------|
| | PIB REAL | | PIB PER CAPITA REAL | |
| | Coef. | P> z | Coef. | P> z |
| Parque Eólico | 0,1919 | 0,0010 | 0,1798 | 0,0010 |
| duf1 (MA) | -0,6182 | 0,0000 | -1,4694 | 0,0000 |
| duf2 (PI) | -1,5255 | 0,0000 | -1,4706 | 0,0000 |
| duf3 (CE) | -0,1907 | 0,0520 | -1,3080 | 0,0000 |
| duf4 (RN) | -0,9347 | 0,0000 | -1,0497 | 0,0000 |
| duf5 (PB) | -1,1530 | 0,0000 | -1,2286 | 0,0000 |
| duf6 (PE) | 0,0038 | 0,9700 | -1,1557 | 0,0000 |
| duf7 (SE) | -0,2428 | 0,1020 | -0,8278 | 0,0000 |
| duf8 (BA) | -0,2901 | 0,0000 | -1,2149 | 0,0000 |
| duf9 (RJ) | 1,8440 | 0,0000 | 0,0462 | 0,4900 |
| duf10 (PR) | 0,1533 | 0,0630 | -0,1917 | 0,0000 |
| duf11 (SC) | 0,1451 | 0,1220 | -0,0026 | 0,9240 |
| duf12 (RS) | 0,0000 | | 0,0000 | |
| dano1 (1999) | -0,7803 | 0,0000 | -0,6720 | 0,0000 |
| dano2 (2000) | -0,7115 | 0,0000 | -0,6104 | 0,0000 |
| dano3 (2001) | -0,6968 | 0,0000 | -0,5985 | 0,0000 |
| dano4 (2002) | -0,7163 | 0,0000 | -0,6228 | 0,0000 |
| dano5 (2003) | -0,6091 | 0,0000 | -0,5203 | 0,0000 |
| dano6 (2004) | -0,5951 | 0,0000 | -0,5106 | 0,0000 |
| dano7 (2005) | -0,5966 | 0,0000 | -0,5160 | 0,0000 |
| dano8 (2006) | -0,5059 | 0,0000 | -0,4290 | 0,0000 |
| dano9 (2007) | -0,4250 | 0,0000 | -0,3517 | 0,0000 |
| dano10 (2008) | -0,3281 | 0,0000 | -0,2867 | 0,0000 |
| dano11 (2009) | -0,2957 | 0,0000 | -0,2593 | 0,0000 |
| dano12 (2010) | -0,2241 | 0,0000 | -0,1744 | 0,0000 |
| dano13 (2011) | -0,1546 | 0,0000 | -0,1084 | 0,0000 |
| dano14 (2012) | -0,1325 | 0,0000 | -0,0899 | 0,0000 |
| dano15 (2013) | -0,0334 | 0,0000 | -0,0201 | 0,0000 |
| dano16 (2014) | 0,0005 | 0,8900 | 0,0102 | 0,0060 |
| dano17 (2015) | -0,0343 | 0,0000 | -0,0283 | 0,0000 |

| Estimador | EFEITO ALEATÓRIO | | | |
|----------------------|------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | PIB REAL | | PIB PER CAPITA REAL | |
| | Coef. | P> z | Coef. | P> z |
| dano18 (2016) | -0,0222 | 0,0000 | -0,0195 | 0,0000 |
| dano19 (2017) | 0,0000 | | 0,0000 | |
| Constante | 12,4623 | 0,0000 | 10,3808 | 0,0000 |
| num. obs. | | 56.398 | | 56.398 |
| Impacto | | 21,15% | | 19,69% |

Fontes: IBGE e ABEEólica. Estimções e análise: GO Associados.

5.3.3 Relação entre o Índice de Gini e a instalação de parques eólicos nos Municípios

O Índice de Gini tem valor entre 0, quando não há desigualdade, e 1, quando a desigualdade é máxima. As estimativas para o período entre 2000 e 2010 apontam uma relação negativa e significativa entre a instalação de parques eólicos nos municípios e esse índice de desigualdade, o que significa que nos municípios em que os parques foram instalados observa-se uma redução da desigualdade quando comparado com os municípios do mesmo estado que não sofreram este evento.

Para esse indicador foram utilizadas duas amostras de municípios para a composição do grupo de controle: uma considerando todos os municípios dos estados em que houve a instalação de parques eólicos (semelhante aos exercícios do PIB), e outra considerando apenas municípios próximos (como feito para o IDHM).

Nesses modelos são utilizadas como variáveis explicativas, além da variável instalação do parque eólico, variáveis binárias para controlar efeitos específicos das unidades federativas (*dummy* de unidade federada – “duf”) que não estão relacionados com a instalação de parques eólicos na região. Busca-se, assim, “expurgar” (“limpar”) os efeitos no índice de Gini do Município de fatores que não têm relação com a instalação do parque eólico.

Os resultados estimados para o período entre 2000 e 2010, considerando o modelo de efeitos aleatórios, para o Índice de Gini³⁰ em que são analisados todos os municípios das UFs com instalação de parques eólicos entre 2001 e 2010, mostram que a instalação dos parques eólicos diminui, em média, o valor desse índice de desigualdade em **0,02%** (Quadro 21).

Da mesma forma, as estimações, também considerando o modelo de efeitos aleatórios, do Índice de Gini em que é utilizado como controle o grupo formado por municípios próximos para o período entre 2000 e 2010, indicam que a instalação dos parques eólicos também diminui a desigualdade dos municípios, levando a redução no valor desse índice em **0,04%**, em média. Portanto, a instalação de parques eólicos tem um efeito estatisticamente significativo na redução da desigualdade dos municípios para as amostras analisadas.

QUADRO 21: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE GINI E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS

| Estimador | EFEITO ALEATÓRIO | | | |
|----------------------|---------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | TODOS OS MUNICÍPIOS | | MUNICÍPIOS SELECIONADOS | |
| | Coef. | P> z | Coef. | P> z |
| Parque Eólico | -0,019 | 0,110 | -0,042 | 0,001 |
| duf2 (CE) | 0,070 | 0,000 | -0,009 | 0,880 |
| duf3 (RN) | 0,094 | 0,000 | -0,072 | 0,238 |
| duf4 (PB) | 0,046 | 0,000 | -0,074 | 0,207 |
| duf5 (PE) | 0,015 | 0,050 | -0,064 | 0,282 |
| duf6 (RJ) | 0,079 | 0,000 | -0,031 | 0,640 |
| duf7 (SC) | 0,024 | 0,005 | -0,109 | 0,365 |
| duf8 (RS) | -0,061 | 0,000 | -0,052 | 0,428 |
| Constante | -0,670 | 0,000 | -0,559 | 0,000 |
| Num. obs. | | 4.126 | | 134 |
| Impacto | | -0,02% | | -0,04% |

Fontes: IBGE e ABEEólica. Estimções e análise: GO Associados.

³⁰ Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def>

5.3.4 Relação entre o atendimento de água e a instalação de parques eólicos nos Municípios

A instalação de parques eólicos nos municípios também apresentou relação significativa na melhoria de indicador de atendimento de água quando comparados a seus pares, municípios em que não houve a instalação de parques eólicos, para o período entre 2001 a 2018.

Os resultados estimados para o período entre 2001 a 2018, considerando o modelo de efeitos aleatórios, da relação entre a instalação de parques eólicos e o índice de atendimento total de água, em que são analisadas todas as UFs com instalação de parques eólicos entre 2001 e 2018, mostram que a instalação dos parques eólicos aumenta, em média, o índice de atendimento total de água em **6,98%** (Quadro 22).

Nesses modelos são utilizadas como variáveis explicativas, além da variável instalação do parque eólico, variáveis binárias para controlar efeitos específicos das unidades federativas (*dummy* de unidade federada – “duf”), que não estão relacionados com a instalação de parques eólicos na região, a fim de “expurgar” (“limpar”) os efeitos no atendimento de água do Município que não têm relação com a instalação do parque eólico.

Dessa forma, a instalação de parques eólicos tem um efeito estatisticamente significativo para o período entre 2001 a 2018 no aumento do índice de atendimento total de água e, portanto, no desenvolvimento das condições de saneamento dos municípios para as amostras em análise.

QUADRO 22: ESTIMATIVAS DA RELAÇÃO ENTRE O ATENDIMENTO DE ÁGUA E A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NOS MUNICÍPIOS

| Estimador | EFEITO ALEATÓRIO | |
|----------------|------------------|--------------|
| | Coef. | P> z |
| Parque Eólico | 0,067 | 0,015 |
| duf1 (MA) | -0,623 | 0,000 |
| duf2 (PI) | -0,208 | 0,000 |
| duf3 (CE) | -0,436 | 0,000 |
| duf4 (RN) | 0,026 | 0,377 |
| duf5 (PB) | -0,120 | 0,000 |
| duf6 (PE) | -0,076 | 0,012 |
| duf7 (SE) | 0,163 | 0,000 |
| duf8 (BA) | -0,028 | 0,183 |
| duf9 (RJ) | 0,129 | 0,000 |
| duf10 (PR) | 0,202 | 0,000 |
| duf11 (SC) | -0,034 | 0,154 |
| duf12 (RS) | 0,000 | |
| Constante | 4,144 | 0,000 |
| Num. Obs. | | 40.129 |
| Impacto | | 6,98% |

Fontes: SNIS e ABEEólica. Estimções e análise: GO Associados.

6 BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS DA ENERGIA EÓLICA

O objetivo desta seção é discutir os principais benefícios de natureza socioambiental da energia eólica em seus empreendimentos.

A energia eólica é limpa e renovável, não produz resíduos atmosféricos ou nos corpos d'água em seu processo de geração e pouco afeta a direção e a velocidade dos ventos, pois as próprias hélices se adaptam e se orientam em direção a posição favorável para giro. As melhorias tecnológicas que visam a otimização de processos e a redução das perdas de energia na fonte geradora também têm tornado a energia eólica ainda mais sustentável.

Entretanto, o crescimento exponencial do uso da energia e a instalação de parques eólicos no Brasil e ao redor do mundo têm tomado atenção de comunidades locais, governos e profissionais da área ambiental sobre eventuais efeitos negativos que afetam ou que possam afetar o meio ambiente e estas populações. Considerando-se, ainda, toda a cadeia produtiva do setor eólico, os aspectos a serem levados em conta se tornam ainda mais amplos.

6.1 Diminuição da Poluição do Ar e da Emissão de Gases do Efeito Estufa (GEEs)

Para o cálculo comparativo com as fontes de energia fóssil e biomassa (bagaço da cana-de-açúcar), foi utilizada a ferramenta *Greenhouse Gas Equivalence Calculator*, formulada pela *Environment Protection Agency* (“EPA”) dos Estados Unidos, que estipula valores referentes à produção de energia elétrica (kWh) de diferentes fontes e calcula o total em toneladas de Dióxido de carbono (“CO₂”) emitido.

O valor escolhido para este fim foi o de 4.965,96 GWh, o total de energia despachado pelas eólicas no Sistema Interligado Nacional (“SIN”), somente no mês de

junho de 2019. Como resultado, a calculadora apontou o valor de 3.505.319,00 toneladas de CO₂ emitidas para a energia elétrica indicada.

Em seguida, foi feito um outro cálculo com base nas informações da *Energy Information Administration* (“EIA”) dos Estados Unidos, para saber o equivalente necessário de outras fontes de energia para se produzir o mesmo montante de 4.965,96 GWh. Apesar das diferentes fontes serem medidas frequentemente por outras unidades como galões, barris, tonelada (não métrica) e m³, todas elas foram convertidas para massa em toneladas métricas (1.000 kg) para facilitar a comparação.

O resultado comparativo da quantidade de CO₂ correspondente ao uso das outras fontes de energia, assim como a quantidade dessas para equivalência da produção de energia constatada no mês de junho de 2019 é destacado no Quadro 23.

QUADRO 23: USO DE FONTES DE ENERGIA E QUANTIDADE EQUIVALENTE PARA EMISSÃO DE 3.505.319,00 TON DE CO₂ E PRODUÇÃO DE 4.965,96 GWH

| Fonte de energia | Toneladas queimadas para emitir 3.505.319,00 ton de CO ₂ | Toneladas equivalentes para produzir 4.965,96 GWh |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Carvão | 1.735.943,96 | 812.865,73 |
| Gasolina | 1.125.315,14 | 401.867,63 |
| Diesel | 1.091.882,83 | 391.110,89 |
| Petróleo | 1.136.177,70 | 424.990,83 |
| propano (gás de cozinha ³¹) | 1.168.439,12 | 361.049,37 |
| biomassa (bagaço de cana-de-açúcar) | 316.531,02 ³² | 16.553.200,00 ³³ |

Fontes: EPA, 2019; EIA, 2019; Oliveira, J.G. 2007. Elaboração e Análise: GO Associados.

³¹ Apesar do gás de cozinha ter composição química diversificada dependendo da jazida de gás natural, aqui foi considerada como a fonte de energia mais próxima o propano, visto o gás natural conter grande percentual deste, junto a mistura de outros gases como o metano (CH₄). No caso, a EPA considerou um gás composto de 81% de propano. Na medição, considerou-se a massa de 18 libras por cilindro (EPA, 2018) e a massa de 0,78kg por m³ deste gás.

³² Baseado no valor estimado de 0,268 toneladas de CO₂ por MWh conforme pesquisa de OLIVEIRA, J. G. 2007.

³³ Adotou-se o valor de 300 KWh por tonelada de bagaço queimado.

A emissão equivalente de CO₂ ou das toneladas de insumo necessárias para a produção de energia para aquele junho de 2019 põe em evidência a eficiência da energia eólica no que tange ao cumprimento dos protocolos internacionais quanto à diminuição de emissões no setor elétrico. Além da emissão zero de CO₂ e demais GEEs, a energia eólica tem sua pegada ecológica³⁴ melhorada por não necessitar de infraestrutura como oleodutos e gasodutos, nem mesmo do transporte rodoviário e ferroviário para transporte de matéria prima para sua operação. Entretanto, cabe lembrar que, a depender do uso e da finalidade de cada fonte de energia, a eólica não é aplicável, tal como em veículos automotores movidos a derivados de petróleo e etanol, assim como na eficiência do carvão e do gás para produção de energia térmica (necessária especialmente para alguns ramos industriais como siderurgia e cimento).

Considerando-se parâmetros de poluição atmosférica e emissão de GEEs, foram notados os seguintes benefícios:

- A energia eólica é alternativa essencial para a diminuição das emissões relacionados à produção de energia elétrica no país e ao cumprimento dos protocolos internacionais;
- O fato de os parques eólicos não exigirem a constante circulação por meios rodoviários ou ferroviários para o transporte de matéria-prima diminui ainda mais as emissões de GEEs na produção de energia elétrica, em especial naquelas de origem veicular³⁵;
- A eólica em sua etapa de operação também evita a emissão de qualquer tipo de gás que seja nocivo à saúde pública como dióxido de enxofre (SO₂),

³⁴ Termo utilizado para agrupamento de indicadores de impactos ambientais de determinada pessoa, estabelecimento ou atividade econômica.

³⁵ Não foi considerado neste item, a etapa inerente de construção, necessária a todas as fontes de energia. No caso, estima-se que para cada aerogerador sejam necessárias 10 viagens de carretas.

dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO) e materiais particulados (MP₁₀ e MP_{2,5}), entre outros.

6.2 Contribuições do Licenciamento Ambiental dos Parques Eólicos e Regularização Fundiária no Brasil

Originalmente, a legislação de âmbito federal como a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981³⁶) e a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (“CONAMA”) nº 237/1997³⁷ (“CONAMA 237/1997”) que estabelecem os procedimentos de Licenciamento Ambiental, não previram que haveria aerogeradores no país, o que levou os parques eólicos a não serem classificados nos diplomas legais como passíveis de licenciamento ambiental.

Somente em 2001, por meio da Resolução CONAMA 279/2001³⁸ foi definido que os projetos de parques eólicos deveriam ser submetidos para análise dos órgãos ambientais, acompanhados minimamente de um Relatório Ambiental Simplificado (“RAS”).

Enquanto os estados assumiram o papel de avaliar ambientalmente a implantação e a operação dos parques eólicos, em 2014 foi aprovada a Resolução CONAMA 462/2014³⁹ que deu diretrizes e detalhamento aos estudos de impacto ambiental (“EIAs”) e aos estudos simplificados como os RASs. A elaboração da referida

³⁶ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm

³⁷ Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>

³⁸ Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=277>

³⁹ Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>

resolução teve ampla participação dos atores do setor eólico e da sociedade, no intuito de viabilizar os empreendimentos e minimizar (ou isentar) os impactos negativos.

Os benefícios trazidos pelo Licenciamento Ambiental como instrumento de política ambiental auxiliaram os governos, empreiteiras e empresas do setor eólico a definirem melhores ações, soluções e alternativas ambientais para os parques eólicos, prevendo-se:

- Alternativas locacionais que minimizam (ou isentam) a supressão de vegetação nativa e a recolocação de habitações, comunidades e atividades econômicas já existentes;
- A preservação de áreas e bens de interesse público como sítios arqueológicos, Unidades de Conservação (“UCs”), áreas de preservação permanente (“APPs”), terras indígenas e quilombolas;
- A compensação ambiental, pela qual um percentual do valor total do empreendimento é encaminhado para a implantação e/ou a manutenção de UCs quando os parques eólicos se encontram em áreas de amortecimento (art. 36º da Lei Federal 9.985/2000⁴⁰);
- A fiscalização dos órgãos ambientais e o acompanhamento constante do atendimento das condicionantes das licenças ambientais e da legislação ambiental;
- A prospecção arqueológica nas áreas afetadas pelos empreendimentos, por obrigatoriedade legislativa no âmbito do licenciamento ambiental. Tais ações contribuem para o resgate do patrimônio arqueológico e histórico nacional, tendo em vista as descobertas de sítios e os artefatos antes desconhecidos.

⁴⁰ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm

Um ponto relevante também tratado no processo de Licenciamento Ambiental é o interesse em se regularizar as terras nas quais serão implantadas as estruturas necessárias aos parques eólicos. Os parques eólicos não demandam desapropriação de áreas por raramente se caracterizarem por uma ocupação permanente. Assim como os aerogeradores, as subestações dos parques eólicos também podem ser acordadas por meio do arrendamento da área, cuja vigência média é de 20 anos.

A prática do arrendamento foi regulamentada pelo Decreto Federal n. 59.566/1966⁴¹, o qual é descrito por ser:

“Art. 1º. Parceria são contratos agrários que a lei reconhece, para o fim de posse ou uso temporário da terra, entre o proprietário, **quem detenha a posse** ou tenha a livre administração de um imóvel rural.”

Neste caso, além do contrato, é necessária a comprovação da posse para que a terra possa se tornar objeto de um contrato, o que obriga a regularização de posseiros de imóveis rurais a registrá-lo em cartório. Outro motivo pode decorrer de registros cujos proprietários e áreas não condizem com as escrituras, por exemplo, em vendas de imóveis rurais que ocorreram mediante contrato, porém sem haver atualização dos proprietários e/ou das matrículas, ou nos casos de herança.

No entanto, por ser necessário arcar com os custos para regularização de Cartórios de Registro de Imóveis e com serviços topográficos para demarcação, em muitas ocasiões os proprietários não têm condições financeiras para tal. Dessa forma, para viabilizar o arrendamento e dar segurança jurídica para as partes, as empresas do setor realizam esta tarefa para os proprietários, bem como definem nos contratos a repartição da renda nas etapas de pré-operação e operação.

⁴¹ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D59566.htm

As vantagens do arrendamento como opção provisória e de longo prazo nem sempre representam a única solução, sendo a compra do imóvel mais uma alternativa. Na pesquisa realizada com empresas do setor, destacada na subseção 4.1, representantes de cerca de 55% de toda a produção no país, foi observado que a maioria delas opta pelo arrendamento, conforme o Quadro 24, o que demonstra que a compra do imóvel (ou a titularidade deste antes da implantação do empreendimento) ocorrem em casos pontuais.

QUADRO 24: ARRENDAMENTO DE AEROGERADORES SEGUNDO 16 EMPRESAS EÓLICAS

| Empresa | Quantidade de geradores | Em arrendamento (%) |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 01 | 230 | 100% |
| 02 | 47 | 100% |
| 03 | 47 | 40% |
| 04 | 254 | 100% |
| 05 | 259 | 100% |
| 06 | 347 | 100% |
| 07 | 645 | 98% |
| 08 | 15 | 100% |
| 09 | 75 | 100% |
| 10 | 424 | 89% |
| 11 | 148 | 100% |
| 12 | 201 | 100% |
| 13 | 293 | 100% |
| 14 | 273 | 100% |
| 15 | 160 | 73% |
| 16 | 57 | 100% |
| Total de aerogeradores: | 3475 | |

Fonte: Pesquisa GO Associados/ABEEólica. Elaboração e Análise: GO Associados.

6.3 Otimização do Uso e Ocupação do Solo

Os parques eólicos de forma geral e, inclusive por questões de eficiência na produção de energia, possuem seus aerogeradores pulverizados no território, de modo a possibilitar múltiplas alternativas locais com menor interferência na realidade local. Desta forma, não somente a produção de energia se torna viável ao território, como também as atividades econômicas ligadas à indústria e ao meio rural ocorrem em concomitância.

Embora as instalações dos aerogeradores priorizem a margem de estradas já construídas, há também parques eólicos que foram implantados em áreas silvestres para as quais surgiu a necessidade de abertura de vias. Nesses casos, estudos de alternativa locacional e o Licenciamento Ambiental são mais rigorosos por conta da supressão de vegetação e impactos à fauna. Em áreas particulares, a abertura de estradas pode se tornar uma benfeitoria permanente para o proprietário, tendo em vista a maior facilidade para circulação de veículos e máquinas.

Inicialmente, foi realizada uma estimativa para a área ocupada de cada aerogerador, considerando a torre e a área superficial operacional (de terra batida ou asfaltada), também importante para sua fundação, com base em imagem de satélite de dois aerogeradores para sete municípios de estados distintos, tal como apresentado no Quadro 25.

QUADRO 25: ÁREA OCUPADA POR AEROGERADORES

| Município/Estado | Aerogerador em m ² (amostra 1) | Aerogerador em m ² (amostra 2) |
|----------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Marcolândia – PI | 2.448 | 5.254 |
| Guamaré – RN | 3.744 | 3.570 |
| Venturosa – PE | 3.808 | 3.420 |
| Cafarnaum – BA | 2.240 | 3.150 |
| São Francisco da Itabapoana – RJ | 3.080 | 3.080 |
| Água Doce – SC | 2.440 | 3.080 |
| Rio Grande – RS | 2.030 | 2.000 |

Fonte: Imagens de satélite do Google Earth, 2019. Medições e Análise: GO Associados.

A diferença nas áreas se dá principalmente por fatores como o diâmetro das pás e a capacidade instalada por aerogerador. Para o estudo, foi tomada a média da área ocupada pelos 14 aerogeradores amostrados que resultou em 3.096 m².

Com relação às distâncias entre os aerogeradores, bem como a necessidade de estradas para que possam ser acessíveis, foi observado na amostragem que a distância mínima entre os aerogeradores era de cerca 250m e a máxima de 500m, dentro de um mesmo parque eólico. Sendo assim, no próximo passo desta análise, são consideradas ambas as possibilidades de distâncias.

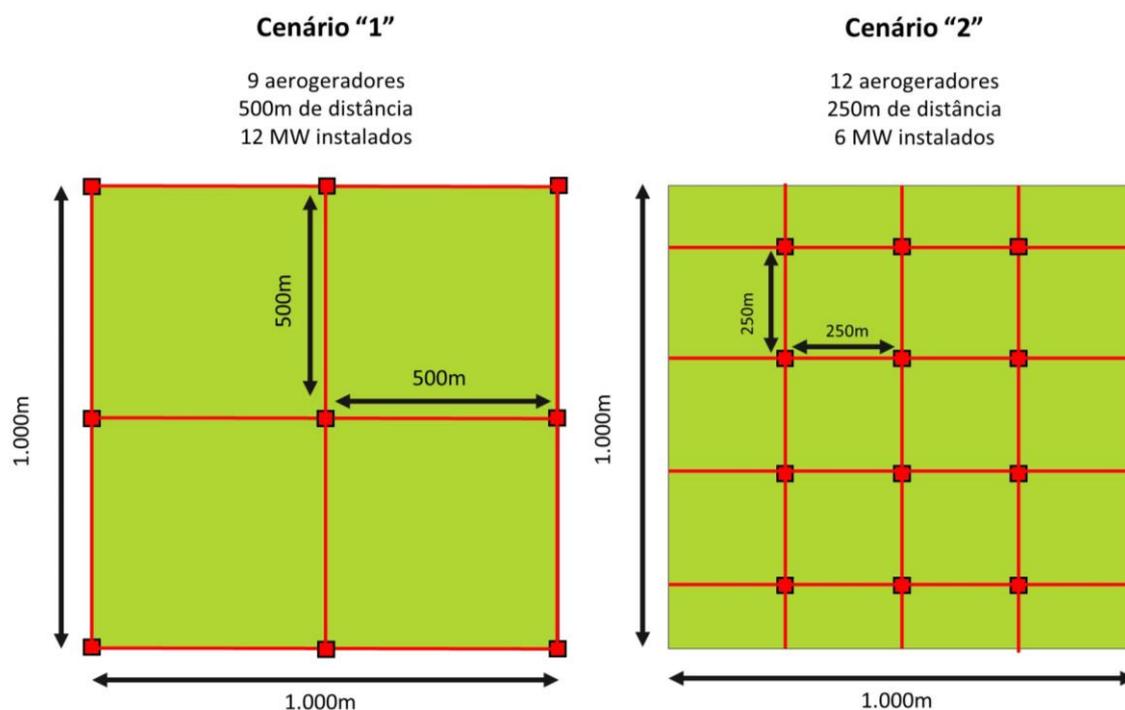
Com relação ao percentual de áreas terrestres livres para outras atividades humanas como agropecuária, indústrias ou para a preservação de flora e fauna terrestres, foram estipulados dois cenários para parques eólicos: denominado de “1”, com potência de 12 MW/km² (Montezano, 2012); e outro denominado “2” de 6 MW/km² (Sá e Dutra, 2011). Unindo-se os cenários de menor e de maior ocupação do solo, foi integrada a necessidade de estradas e da quantidade de aerogeradores para terem capacidade instalada dos respectivos valores, caracterizando-se da seguinte forma quanto à ocupação do solo:

- **Cenário “1”:** 9 aerogeradores de 1,5 MW ou mais (classificados como grandes pela Aneel), com área ocupada de 3.096m² cada, distanciamento de 500m entre eles e conectados por estradas de 6m de largura, de modo a se ter uma potência total instalada de 12 MW/100 hectares⁴².
- **Cenário “2”:** 12 aerogeradores de 0,5 MW ou menos (classificados como pequenos pela Aneel), com área ocupada de 3.096m² cada, distanciamento de 250m entre eles e conectados por estradas de 6m de largura, de modo a se ter uma potência total instalada de 6 MW/ 100 hectares.

Os dois cenários foram esquematizados no Quadro 26. Ressalta-se que, para ambos, não foram consideradas as ocupações relativas à linha de transmissão e às subestações, que também deverão ser consideradas em um caso real.

⁴² Conversão em hectares de 1,0km².

QUADRO 26: ESQUEMATIZAÇÃO DOS CENÁRIOS “1” E “2” DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM PARQUES EÓLICOS



Legenda

- Aerogerador
(3.096 m²)
- Estradas
(6m de largura*)
- Áreas livres

* Ao contrário da área dos aerogeradores, a espessura da estrada nos esquemas não condiz com a escala. A estrada foi engrossada para se tornar visível.

Fontes: Dimensionamento das estradas e dos aerogeradores: Imagens de satélite do Google Earth, 2019. Medições, análise e diagramação: GO Associados, 2020.

Dessa forma, esses dois cenários foram aplicados ao total da capacidade instalada de geração eólica no país no mês de maio de 2019 (15.100 MW) e a proporção de áreas ocupadas por aerogeradores ou estradas foi estipulado no Quadro 27.

QUADRO 27: COMPARAÇÃO DE ÁREA NECESSÁRIA PARA OPERAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS EM DOIS CENÁRIOS

| Variáveis/Usinas | Parque eólico (12 MW/100 ha e cenário "1")** | Parque eólico (6MW/100 ha e cenário "2")** |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Área para potência de 15.100 MW* (em ha) | 125.833,33 | 251.666,66 |
| Total de área ocupada por estradas e aerogeradores, em ha | 8.036,22 | 19.919,92 |
| Área livre para preservação ecológica terrestre ou atividades agropecuárias e industriais (em ha) | 117.797,11 | 231.746,74 |
| % áreas ocupadas | 6,38 % | 7,91 % |
| % áreas livres | 93,62 % | 92,02 % |

Fonte: *ABEEÓLICA, 2019; **Elaboração e Análise: GO Associados.

Mesmo no cenário "2" de maior ocupação do solo, um parque eólico permite que 92,02% de sua área seja livremente usada para outros fins, inclusive para a preservação ecológica da flora e fauna terrestres, baseando-se no índice de MW/ha. E, no caso, considerando-se haver um diferencial percentual de somente 1,6% entre os cenários "1" e "2" de uso e ocupação do solo, entende-se que as variáveis como potência instalada por aerogerador e necessidade de mais estradas afetam de forma pouco significativa em relação ao total. Entretanto, pelo fato de muitos dos parques eólicos se situarem em áreas ambientalmente sensíveis, quaisquer ganhos relativos à diminuição no uso e na ocupação do solo contribuirão para que a fauna e a flora sejam menos impactadas.

Com relação ao uso e à ocupação do solo, a energia eólica no Brasil traz os seguintes benefícios:

- Os proprietários de terra acabam por se beneficiar do arrendamento da área para os aerogeradores ou subestação, sendo que o custo-benefício da área cedida é frequentemente mais rentável do que se ocorresse uma atividade agropecuária. Além disso, podem se beneficiar da abertura de vias operacionais para o uso de veículos e máquinas, ou pedir para que sejam suprimidas no fim do contrato;
- A área operacional necessária para o funcionamento de um parque eólico indica haver boa eficiência de acordo com o indicador MW/hectare, uma vez

que a maior parte da área pode continuar com outros tipos de atividades e as construções (aerogeradores e estradas) costumam ser pontuais e pulverizados no território;

- Os parques eólicos permitem que sejam preservadas em uma ordem variável de 92,02% (cenário “2”) a 93,62% (cenário “1”), áreas para interesses ecológicos (preservação de flora e fauna terrestres), atividades agropecuárias, industriais e para outros fins dentro dos limites delimitados de seus empreendimentos, com base no indicador de MW/hectare ocupado e garantindo a boa operação dos aerogeradores.

6.4 A Latência do Reuso e Logística Reversa no Setor Eólico

A logística reversa foi estabelecida pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010⁴³) e hoje é regulamentada no Brasil por meio do Decreto nº 9.177/2017⁴⁴. Dentre os resíduos obrigatórios previstos estão os produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Além destes, quaisquer outros resíduos oriundos do setor eólico também podem ser reaproveitados ou encaminhados para tratamento e reuso, inclusive os de construção civil, previstos na Resolução CONAMA 307/2002⁴⁵.

As ações de reuso e de logística reversa no setor eólico podem gerar uma nova atividade econômica paralela e útil para o próprio setor, visando o provimento de matéria prima em ações de operação e manutenção das usinas já existentes e para a implantação de novas. Pelo fato de um aerogerador ter uma vida útil de 20 anos, ocorrerá gradualmente nos próximos anos o reparo e a substituição de aerogeradores e de seus componentes, o

⁴³ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

⁴⁴ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9177.htm

⁴⁵ Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>

que pode impulsionar ainda mais este mercado, tendo em vista que o primeiro parque eólico do país foi instalado em 1999.

Com relação à coleta de resíduos sólidos urbanos produzidos pelas empresas do setor eólico, Tavares & Leite (2016) relataram um exemplo em Maracanaú-CE de uma parceria entre uma cooperativa de catadores e uma empresa do setor eólico. A iniciativa permitiu destinar resíduos sólidos urbanos (“RSUs”) como papelão, plástico, papel e alumínio para reciclagem. Como resultado, os autores enfatizaram a vantagem da empresa eólica com relação à diminuição de 70% dos custos para a coleta de seus resíduos, bem como o encaminhamento para reciclagem de mais de 2.000 toneladas desses resíduos ao longo de 2013.

O reuso das pás eólicas se mantém um desafio, inclusive para os países pioneiros na tecnologia, havendo alguns exemplos eficientes, porém ainda em estágio experimental. Em Sorocaba-SP, uma das formas de se reaproveitar os resíduos oriundos da produção de pás eólicas como fibras de vidro e resinas epóxi foi desenvolvida por Toubia et al.(2011), Guerrero et al.(2011) e Barbosa e Mancini (2018), que apresentaram a viabilidade de incorporação de parte destes materiais a polímeros de alta resistência.

Outro projeto em curso vem sendo implantado pela empresa AERIS, fabricante de pás eólicas. Com sua fábrica situada próxima ao porto de Pecém (Região Metropolitana de Fortaleza-CE), houve esforços e investimentos na busca por materiais locais e alternativos para a fabricação de pás, o que levou a empresa a utilizar fibra de coco como substituto do plástico utilizado na produção e espirais para as pás. Enquanto no ano de 2017 foram utilizadas 0,3 toneladas de fibra de coco, em 2018 a quantidade aumentou para 5,3 toneladas (AERIS ENERGY, 2018)⁴⁶.

⁴⁶ Disponível em: <https://www.aerisenergy.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Relat%C3%B3rio-de-Sustentabilidade-2018.pdf>

Apesar de haver pesquisas no campo, há carência de documentos que certifiquem a que ponto alternativas como esta vêm sendo implementadas com relação aos resíduos das pás eólicas.

Segundo estudo da Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos (“ABIMAQ”), o mercado da reciclagem no Brasil poderia gerar uma economia de até R\$ 120 bilhões por ano⁴⁷. Dentro deste mercado, se encontram as ações de logística reversa, o qual segundo a Confederação Nacional das Indústrias (“CNI”) poderia gerar uma economia de R\$ 10 bilhões por ano⁴⁸.

No entanto, ainda não há precisão sobre o quanto o setor eólico poderia se beneficiar desta economia e reduzir seus resíduos. Para o setor eólico, as oportunidades que envolvem a reciclagem e a logística reversa de resíduos sólidos envolvem, em especial:

- As ações de reciclagem e logística reversa no setor podem baratear o custeio de produtos e serviços, bem como gerar novos empregos diretos e indiretos e diminuir a pegada ecológica dos impactos ambientais negativos relacionados aos resíduos;
- As empresas do setor (indústrias, fornecedores e geradoras) implementarem um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em seus estabelecimentos para separação e coleta de resíduos sólidos urbanos, tendo como exemplo a viabilidade apresentada por Tavares e Leite (2016) em Maracanaú/CE;

⁴⁷ Disponível em: <http://abimaq.org.br/site.aspx/Imprensa-Clipping-Tendencias-detalle?DetalleClipping=1739>

⁴⁸ Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/residuos-solidos/realidade-brasileira-na-pratica-a-historia-e-outra/logistica-reversa-envolve-industria-comerciante-e-consumidor>.

- A implantação de uma solução para a reciclagem e logística das pás eólicas com base em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), com envolvimento sinérgico dos atores do setor neste projeto e, prioritariamente, favorecendo a mão-de-obra e matéria prima disponível no país.

7 CONCLUSÕES

O objetivo desta seção é resumir as principais conclusões deste Estudo. Os seguintes dezenove pontos merecem destaque:

- i) A expansão da energia eólica, além de ser uma fonte renovável, contribui para completar e diversificar a matriz energética brasileira.
- ii) Os investimentos no setor aquecem a economia local através de seus efeitos multiplicadores, gerando emprego, renda e arrecadação tributária. Os investimentos para expansão do setor eólico de R\$ 66,95 bilhões realizados no período de 2011 a 2019 tiveram potencial expandir a produção das Regiões Nordeste e Sul do país (valor agregado) na ordem de R\$ 262 bilhões, gerando mais de 498 mil empregos por ano, em média, e R\$ 45,2 bilhões em massa salarial. Além disso, foram arrecadados R\$ 22,4 bilhões em tributos relacionados, sendo R\$ 11,8 bilhões em ICMS e R\$ 1,9 bilhão em IPI (Quadro 11).
- iii) Os pagamentos de arrendamento de terras, considerando os dados de 2018, para expansão do setor eólico em torno de R\$ 165,5 milhões ao ano, têm potencial de levar a uma expansão da produção das Regiões Nordeste e Sul (valor agregado) da ordem de R\$524,6 milhões, gerando mais de 8 mil empregos e R\$ 43,2 milhões em massa salarial. Ademais, são arrecadados R\$ 45,4 milhões em tributos relacionados, sendo quase R\$ 25,5 milhões em ICMS e R\$ 2,5 milhões em IPI (Quadro 13).
- iv) A instalação de parques eólicos tem relação positiva e significativa com o IDHM, assim como para suas desagregações, isto é, nos municípios em que foram instalados parques eólicos entre 2001 e 2010, o IDHM aumentou mais, em média, do que nos municípios de controle, nos quais não ocorreu tal evento.
- v) A análise da relação entre a instalação de parques eólicos e a atividade econômica aponta uma relação positiva e estatisticamente significativa. Isto é, os municípios que tiveram parques eólicos instalados apresentaram, em

média, maior crescimento econômicos real total e *per capita* do que os municípios do mesmo estado que não têm parques eólicos.

- vi) A instalação de parques eólicos aumenta, em média, o IDHM em **20,19%**. Em relação às desagregações foram estimados os seguintes impactos: IDHM Renda de 11,86%; IDHM Educação de 44,69%; e IDHM Longevidade de 7,82% (Quadro 19).
- vii) A análise da relação entre a instalação de parques eólicos e a atividade econômica aponta uma relação positiva e estatisticamente significativa.
- viii) Os resultados estimados considerando o PIB real, mostram que a instalação dos parques eólicos aumenta, em média, o PIB real em **21,15%**. Enquanto para o PIB per capita real, o impacto estimado é de, em média, **19,69%** (Quadro 20).
- ix) As estimativas apontam uma relação negativa e significativa entre a instalação de parques eólicos nos municípios e o índice de desigualdade, o que significa que nos municípios em que os parques foram instalados observa-se uma redução da desigualdade quando comparado com os municípios do mesmo estado que não sofreram este evento.
- x) Os resultados estimados para o Índice de Gini mostram que a instalação dos parques eólicos diminui a desigualdade, reduzindo o valor desse índice entre **0,02% e 0,04%**, em média, dependendo do grupo de controle utilizado (Quadro 21).
- xi) A instalação de parques eólicos nos municípios também apresentou relação significativa na melhoria de indicador de atendimento de água.
- xii) Os resultados estimados da relação entre a instalação de parques eólicos e o índice de atendimento total de água, mostram que a instalação dos parques eólicos aumenta, em média, o índice de atendimento total de água em **6,98%** (Quadro 22).
- xiii) Estimativas econométricas realizadas neste estudo corroboram a relação positiva entre a instalação de parques eólicos nos municípios e a evolução de indicadores socioeconômicos comparativamente a municípios onde não tem parques eólicos.

- xiv) O setor eólico também apresenta benefícios ambientais relevantes por ser renovável e não demandar insumos em sua produção.
- xv) A produção de energia elétrica nos parques eólicos emite quantidade neutra de CO₂ e de outros gases de efeito estufa, não agravando assim a qualidade do ar e questões climáticas e de saúde pública vinculadas.
- xvi) O Licenciamento Ambiental solicitado no processo de implantação dos parques eólicos incentiva os projetistas a conceberem alternativas que minimizem os impactos negativos à flora, à fauna e à população de entorno.
- xvii) Anteriormente às instalações dos parques, a regularização fundiária é proposta pelas próprias empresas eólicas aos proprietários de terra de modo a viabilizá-las juridicamente como objeto dos contratos de arrendamento. Portanto, além da garantia de renda, os proprietários também se beneficiam em terem suas terras regularizadas.
- xviii) Os impactos no uso e na ocupação do solo são de baixa magnitude, dado que o percentual de área livre dentro dos limites dos parques eólicos, indicam a viabilidade de se manterem atividades agropecuárias e industriais, as populações residentes e as áreas de preservação de fauna e flora terrestres nas áreas situadas entre os aerogeradores.
- xix) O reuso e a logística reversa de materiais e equipamentos produzidos e usados pelo setor podem otimizar ainda mais os custos das atividades de implantação, operação e manutenção, bem como gerar mais empregos e diminuir os impactos em função do descarte de resíduos.

REFERÊNCIAS

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017. Disponível em: http://inteligencia.abdi.com.br/wp-content/uploads/2017/08/2018-08-07_ABDI_relatorio_6-1_atualizacao-do-mapeamento-da-cadeia-produtiva-da-industria-eolica-no-brasil-WEB.pdf. Acesso em outubro de 2019.

Aneel, Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia, 2003. Disponível em: [http://www2.Aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.Aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf). Acesso em outubro de 2019.

APERGIS, N.; PAYNE, J. Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. **Energy Economics**, v. 32, 2010.

BRASIL, Aeris Energy. Relatório de sustentabilidade 2018. Ceará: Aeris Energy, 2018. Disponível em: <https://www.aerisenergy.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Relat%C3%B3rio-de-Sustentabilidade-2018.pdf>. Acesso em março de 2020.

CRESESB, CEPEL. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em outubro de 2019.

EÓLICA, A. B. E. Associação Brasileira de Energia Eólica, 2019. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/08/Infovento_PT-comp.pdf. Acesso em outubro de 2019.

GUERRERO, P. C.; MANCINI, S. D.; TOUBIA, C. M. Caracterização e Reciclagem Química via Pirólise de Resíduos de Fabricação de Pás Eólicas. *Holos Environment*, v.11 n.2, 2011.

GUILHOTO, J. J. M. & U. SESSO FILHO. Estimação da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. **Economia Aplicada**, Vol. 9, N. 2. Abril-Junho, pp. 277-299. 2005.

GUILHOTO, J. J. M. Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos. Disponível em <<http://guilhotojjmg.wordpress.com/apresentacoes-power-point/analise-de-insumo-produto-teoria-fundamentos-e-aplicacoes/>>. 2011.

HIRATUKA, et al. Importância Socioeconômica da Cadeia de Serviços de Saneamento Básico no Brasil, 2009.

FRÖLING, M. Energy use, population and growth, 1800–1970. **Journal of Population Economics**, v. 24, p. 1133–1163, 2011.

LEE, C.C; CHANG, C.P. Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data. **Resource and Energy Economics**, v. 30, p. 50–65, 2008.

LEONTIEF, W. A economia do insumo-produto. Tradução de Maurício Dias David. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

LIDDLE, B. The Energy, Economic Growth, Urbanization Nexus Across Development: Evidence from heterogeneous Panel Estimates Robust to Cross-Sectional Dependence. **The Energy Journal**, v. 34, n. 2, p. 223–244, 2013.

LLERA SASTRESA, E.; USÓN, A. A.; BRIBIÁN, I. Z.; SCARPELLINI, S. Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 2, p. 679–690, fev 2010.

MONTEZANO, B. M. E. Estratégias para Identificação de Sítios Eólicos Promissores usando Sistema de Informação Geográfica e Algoritmos Evolutivos. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2012. Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, J. G. (2007). Perspectivas para a cogeração com bagaço de cana-de-açúcar: potencial de mercado de carbono para o setorsucro-alcooleiro paulista. Dissertação (Mestrado)–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PHARES, L. Literature review of employment impact studies of power generation technologies. **National Energy Technology Laboratory**, 2009

REYNA, O. T, Panel Data Analysis Fixed and Random Effects using Stata. Princeton University. Disponível em: <https://www.princeton.edu/~otorres/Panel101.pdf>. Acesso em outubro de 2019.

RODRIGUES, R. E. A, et al. Efeitos da construção de parques eólicos sobre indicadores econômicos e fiscais municipais. ANPEC, 2016. Disponível em: https://www.anpec.org.br/nordeste/2019/submissao/arquivos_identificados/038-fedbedc1f4901276c3460adaaa03e2bc.pdf. Acesso em outubro de 2019.

SÁ, A. L. D.; DUTRA, R. M., 2011, Relatório Técnico da Prospecção de Sítios Eólicos no Estados de Goiás. Centro de Pesquisas de Energia Eólica. 2011. Rio de Janeiro.

SIMAS, M. S. Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. 2012. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. Estudos avançados, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

TAVARES, R.N.; LEITE, A. O. S. Operacionalização da logística reversa entre uma empresa eólica e uma cooperativa de catadores. Revista Tecnologia. v. 37, n. 1, p. 67-77, jun. 2016. Fortaleza.

TOUBIA, C. M. GUERRERO, P. C.; MANCINI, S. D. Reaproveitamento de Resíduos da Fabricação de Pás Eólicas. 11º Congresso Brasileiro de Polímeros. 2011. Campos do Jordão.

WOOLDRIDGE Jeffrey M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. MIT Press, 2002.

ANEXO I - METODOLOGIA DE INSUMO-PRODUTO

Metodologia de Insumo-Produto (MIP)

A metodologia de insumo-produto considera que a economia constitui um sistema integrado de diversos setores interdependentes. Assim, os impactos sofridos por um setor influenciam os demais setores em maior ou menor grau, dependendo da importância relativa de suas relações na economia.

Esse sistema de interdependência foi desenvolvido pelo economista Wassily Leontief por meio de uma tabela de insumo-produto (Guilhoto, 2011).⁴⁹ Os setores da economia compram e vendem uns para os outros e, em geral, um determinado setor interage com alguns outros apenas. A metodologia desenvolvida pelo autor mostra como as diferentes atividades se interligam direta ou indiretamente, caracterizando o equilíbrio entre oferta e demanda na economia.

Em um sistema econômico, a parcela da produção total utilizada por outros setores produtivos é denominada de consumo intermediário. A produção que é consumida pelas famílias, pelo governo, pelos investimentos ou exportada representa a demanda final. Estes dois componentes constituem a demanda total (Quadro 28).

⁴⁹ Disponível em: <http://guilhotojjmg.wordpress.com/apresentacoes-power-point/analise-de-insumo-produto-teoria-fundamentos-e-aplicacoes/>.

QUADRO 28: ESTRUTURA BÁSICA DE UMA MATRIZ INSUMO-PRODUTO

| | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| | SETORES DE DESTINO | | | |
| SETORES DE ORIGEM | CONSUMO INTERMEDIÁRIO (MATRIZ Z) | | DEMANDA FINAL (Y) | PRODUÇÃO TOTAL (X) |
| | IMPORTAÇÃO (I) | | | |
| | IMPOSTOS INDIRETOS LÍQUIDOS (IIL) | | | |
| | VALOR ADICIONADO (W) | | | |
| | PRODUÇÃO TOTAL (X ^T) | | | |

Fonte: HIRATUKA, et al (2009).

A estrutura de oferta e demanda de uma economia, dada pelas compras e vendas intersetoriais, foi caracterizada por Leontief (1988) em uma matriz. Nas colunas estão representadas as compras dos setores e todo o seu processo produtivo. Nas linhas da matriz, por sua vez, constam as vendas e a estrutura de demanda (consumo intermediário e final).

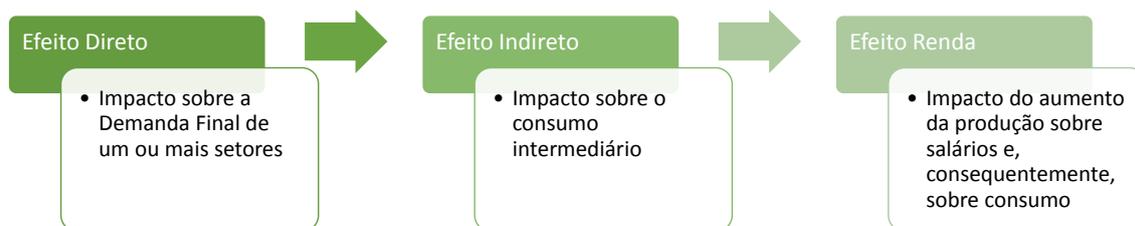
Intuitivamente, a metodologia desenvolvida por Leontief considera que um aumento na produção de um determinado setor, decorrente, por exemplo, de um choque em sua demanda final, estimula a produção de outros setores para fazer frente àquele aumento. Assim, setores fornecedores de insumos vão produzir mais para atender a essa demanda nova, de modo que um choque positivo gera um efeito maior do que o choque inicial. O contrário pode acontecer, caso a produção de um determinado setor seja reduzida.

O efeito total resultante da situação descrita acima pode ser decomposto em três:

- (i) efeito direto, que corresponde ao choque inicial aplicado;
- (ii) efeito indireto, que é representado pelo impacto do choque inicial sobre as variáveis dos setores acionados; e

- (iii) efeito renda, decorrente dos impactos do choque inicial sobre os rendimentos do trabalho e, por conseguinte, sobre o consumo das famílias (Quadro 29).

QUADRO 29: ESQUEMA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO PROVENIENTE DE UM CHOQUE SOBRE UM DADO SETOR DA ECONOMIA



Elaboração: GO Associados.

O primeiro efeito, o direto, representa o impacto do choque sobre o próprio setor de interesse. Por exemplo, se aumentar a demanda final do setor de alimentos e bebidas em R\$ 1 bilhão em decorrência, por exemplo, de uma expansão do consumo das famílias por esses tipos de bens, a produção do setor sofrerá um incremento de R\$ 1 bilhão para fazer frente a essa nova demanda. Logo, a produção da economia aumentará na mesma magnitude em resposta ao maior volume de produção de alimentos e bebidas.

Os efeitos do choque sobre a demanda final de alimentos e bebidas, no entanto, não se restringem apenas ao próprio setor. Para fazer frente a esse choque em sua demanda final, o setor de alimentos e bebidas vai precisar comprar mais insumos de outros setores da economia, elevando suas compras setoriais. Justamente este aumento de aquisições de outros segmentos vai estimular sua produção. Assim, o aumento de R\$ 1 bilhão da demanda final de alimentos e bebidas vai gerar um aumento correspondente de produção superior a R\$ 1 bilhão na economia: R\$ 1 bilhão no próprio setor e um determinado montante em outras atividades econômicas. Este montante será determinado pela importância relativa da atividade na economia. Este efeito é denominado de efeito indireto.

Por fim, o terceiro efeito decorrente do aumento da demanda final de alimentos e bebidas é o chamado efeito renda. Tal impacto deriva do aumento no consumo das famílias produzido pelo crescimento da massa salarial da economia. Assim, o aumento

da produção no setor de alimentos e bebidas, com o conseqüente estímulo à produção de outros setores da economia, faz as empresas demandarem um número maior de trabalhadores em seus processos produtivos. O acréscimo no estoque de trabalhadores implica em mais salários a serem pagos. Este aumento na massa salarial impulsiona o consumo das famílias de bens e serviços em geral.

A partir das informações contidas na matriz de insumo-produto, é possível obter multiplicadores de impacto, que são medidas de quanto se gera em termos de produção, emprego, massa salarial, impostos indiretos e valor adicionado em decorrência de um estímulo monetário em um setor específico. A metodologia permite analisar a configuração do novo equilíbrio da economia a partir do choque exógeno inicial. No exemplo em questão, os multiplicadores permitem avaliar em quanto aumentaria a produção total da economia, bem como quantos novos empregos seriam gerados, e assim por diante.

A matriz insumo-produto utilizada neste estudo foi estimada a partir da metodologia apresentada por Guilhoto & Sesso (2005). A matriz leva em conta as tabelas de Usos e Recursos das Contas Nacionais publicadas pelo IBGE em sua construção, as quais contêm 110 produtos e 56 setores.

Modelo de insumo-produto para uma região

Dentre as técnicas de regionalização da MIP, destaca-se a que faz uso do quociente locacional (QL). Segundo Richardson (1978), esse elemento compara a importância relativa de um setor para a economia de uma região e sua importância relativa para a economia nacional (ou estadual).

Assim, para o setor i :

$$QL_i = \frac{X_i^r / X^r}{X_i^n / X^n}$$

Em que:

X_i^r : é a produção na região r do setor i ;

X^r : é a produção total da região r ;

X_i^n : é a produção nacional (ou estadual) do setor i ;

X^n : é a produção total nacional (ou estadual).

Assim, se $QL_i \geq 1$, o setor i é mais concentrado na região r do que no país (ou no estado), e, por isso, supõe-se que ele seja capaz de atender à demanda por insumos dos outros setores de sua região. Nessa situação, admite-se que o coeficiente técnico da região seja igual ao do país. Se $QL_i < 1$, então a região r precisa importar o insumo produzido por i para atender à sua demanda por tal insumo. Nesse caso, o coeficiente técnico regional é obtido através da multiplicação do coeficiente técnico nacional pelo quociente locacional de i ($a_i^r = * QL_i$).

Em que,

a_i^r é o coeficiente técnico na região r do setor i e

a_i^n é o coeficiente técnico nacional do setor i .

ANEXO II – FORMULÁRIO PESQUISA GO ASSOCIADOS/ABEEÓLICA

QUADRO 30: FORMULÁRIO SOBRE ARRENDAMENTO DE TERRAS PARA COLOCAÇÃO DE AEROGERADORES

| Pesquisa sobre arrendamento de terras para colocação de aerogeradores | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|-----------|
| Favor responder os espaços em amarelo | | | |
| Empresa | | | |
| Dado | Período | Unidade | Resultado |
| Número de aerogeradores em operação | jul/19 | Unidades | |
| Todos os aerogeradores em operação de sua empresa estão em terras arrendadas? Caso não estejam, precisamos saber o número de aerogeradores em terras arrendadas | jul/19 | Unidades | |
| Valor total gasto com pagamento de arrendamento (pré-operação e operação) | jul/19 | R\$ | |
| Número de famílias que receberam pelo arrendamento (pré-operação e operação) | jul/19 | Unidades | |
| Valor médio pago de arrendamento por MW instalado | jul/19 | R\$ | |
| Valor médio pago de arrendamento por aerogerador arrendado (pré-operação e operação) | jul/19 | R\$ | |
| Valor médio mensal pago de arrendamento por MW instalado | 2018 | R\$ | |
| Valor médio mensal pago por aerogerador arrendado (pré-operação e operação) | 2018 | R\$ * | |
| Número de famílias que receberam arrendamento (pré-operação e operação) | 2018 | Unidades | |

* Nos casos dos arrendamentos que não completaram os 12 meses, fazer a conta proporcional

Elaboração: GO Associados/ABEEólica.

ANEXO III – DIFERENÇAS EM DIFERENÇAS

Metodologia Diferenças em Diferenças (DED)

A metodologia de diferenças em diferenças é aplicada para avaliação de programas de treinamento, efeito da lei dos direitos civis, impacto de imigrantes sobre salário, salário-mínimo, entre outros.

A ideia básica é poder observar dois grupos diferentes (tratados e controles) em dois períodos no tempo (antes e depois) e comparar as evoluções temporais (depois-antes) entre os dois grupos. O efeito tratamento deve ser capturado por essa diferença em diferença. A seleção ao tratamento pode ter sido feita com base em características observáveis ou não. A condição de identificação é que na ausência do tratamento, os dois grupos evoluiriam paralelamente. Assim, desvios das trajetórias paralelas indicariam o efeito do tratamento.

Em economia, muitas pesquisas são feitas analisando os chamados experimentos naturais, os quais ocorrem quando algum evento exógeno, como, por exemplo, uma mudança de política do governo, muda o ambiente no qual os indivíduos, famílias, firmas ou cidades operam conforme Wooldridge (2002).

Para se analisar um experimento natural é preciso ter um grupo de controle, isto é, um grupo que não foi afetado pela mudança, e um grupo de tratamento, que foi afetado pelo evento, ambos com características semelhantes. Ao contrário de um experimento real, em que os grupos de tratamento e de controle são escolhidos aleatoriamente para impedir viés nas estimativas, os grupos em um experimento natural emergem da forma com que a mudança é efetuada.

Para estudar diferenças entre os dois grupos, precisamos de dados antes e depois do evento para os dois grupos. Assim, a amostra é dividida em quatro grupos: (i) o grupo de controle antes da mudança, (ii) o grupo de controle depois da mudança, (iii) o grupo de tratamento antes da mudança e (iv) o grupo de tratamento depois da mudança.

QUADRO 31: ESQUEMA DE DIFERENÇAS EM DIFERENÇAS

| | Antes | Depois | Diferenças |
|------------|-------|--------|-------------|
| Controle | A | B | A-B |
| Tratamento | C | D | C-D |
| Diferenças | A-C | B-D | (A-B)-(C-D) |

Elaboração: GO Associados.

As diferenças A-B e C-D representam em que medida o grupo de controle e o grupo de tratamento se alteram, respectivamente, entre o período anterior e o posterior ao evento que está sendo examinado. Como por hipótese o grupo de controle não sofreu impacto do evento, essas mudanças se devem a outros fatores, que também podem ter influenciado o grupo de tratamento. Já A-C e B-D representam as diferenças entre os grupos de controle e de tratamento antes e depois do evento, respectivamente.

Subtraindo então A-B de C-D (ou A-C de B-D, que é exatamente a mesma coisa) temos a diferença verificada entre os grupos entre os dois períodos, ou a diferença verificada entre os dois períodos entre cada um dos grupos.

ANEXO IV – ESTIMADORES DE EFEITOS FIXOS E ALEATÓRIOS

Metodologia Efeitos Fixos (EF)

O modelo de efeitos fixos (EF) é utilizado quando busca-se analisar o impacto de variáveis que mudam ao longo do tempo. O EF explora a relação entre as variáveis explicativas e a variável dependente entre entidades (país, município, pessoa, empresa etc). Cada entidade tem sua própria característica individual que pode ou não influenciar as variáveis explicativas (por exemplo, ser homem ou mulher pode influenciar na opinião em relação a determinado assunto).

Quando se usa EF assume-se que alguma coisa na entidade pode influenciar ou viesar as variáveis explicativas ou a variável dependente e, portanto, é necessário controlar este efeito. O EF remove o efeito da característica que não varia no tempo, logo é possível conhecer o efeito líquido das variáveis explicativas sobre a variável dependente.

Outra importante premissa deste modelo é que a característica que não varia no tempo é única para cada indivíduo e não deve ser correlacionada com a característica invariante no tempo de outro indivíduo. Cada entidade é diferente e por isso o termo de erro da entidade e a constante do modelo (que captura a característica individual) não deve ser correlacionado com as outras variáveis. Se os termos de erro são correlacionados então o EF não é aplicável porque as inferências podem não estar corretas.

Metodologia Efeitos Aleatórios (EA)

Diferentemente do EF, no EA a diferença entre entidades é assumida ser aleatória e não correlacionada com as variáveis independentes. Se há algum motivo para crer que as diferenças entre as entidades têm alguma influência na variável dependente, então deve-se usar EA. Uma vantagem do EA é que se pode incluir variáveis invariantes no tempo (por exemplo, gênero). No modelo de EF essas variáveis são absorvidas pelo intercepto.

Confidencialidade: Os entendimentos tratados neste texto permanecerão absolutamente confidenciais, sendo discutidos e conhecidos apenas entre as partes. A GO Associados se compromete a guardar confidencialidade de números e informações que lhe forem fornecidos pela Contratante e só utilizá-los para fins previamente acordados e em ocasiões expressamente autorizadas pela Contratante. A GO Associados não divulgará e fará com que os membros de sua equipe não divulguem, sob as penas da lei, a terceiros, sem a autorização da Contratante ou pessoas por elas indicadas por escrito, quaisquer informações ou dados de natureza técnica ou tecnológica, administrativa, financeira, bem como todas e quaisquer informações de natureza fiscal, comercial e econômica da Contratante, seus sócios, administradores ou quaisquer pessoas físicas ou jurídicas relacionadas. Todas as atividades da GO Associados são regidas por meio do Código de Ética que abrange desde a Relação com o Cliente até a Responsabilidade Ambiental e Social, passando pela Condução dos Serviços Profissionais. Além do Código de Ética, todos os profissionais da equipe GO Associados, inclusive seus sócios e consultores especiais, estão vinculados ao Termo de Confidencialidade, cuja observância se inicia a partir de seu ingresso na Consultoria e permanece mesmo após seu desligamento desta, sob pena de responsabilidade civil e criminal. Para maiores informações sobre o Código de Ética e o Termo de Confidencialidade, acesse www.goassociados.com.br.

Limitação de responsabilidade: Este Parecer foi elaborado com base nas informações fornecidas pelo Contratante, para as quais a GO Associados não assume qualquer responsabilidade sobre seu conteúdo, veracidade, consistência ou suficiência. As análises e conclusões deste Parecer restringem-se estritamente aos aspectos solicitados pelo Contratante. A Contratante se compromete, em caráter irrevogável e irretroatável a manter a GO Associados, suas afiliadas, seus representantes, consultores, sócios, diretores e empregados, isentos de responsabilidade por prejuízos, perdas ou danos causados à Contratante e/ou a terceiros, que possam vir a ser demandados, reclamados ou causados, direta ou indiretamente. Obriga-se, igualmente, a indenizar a GO Associados de todos os custos e despesas judiciais ou extrajudiciais e/ou honorários advocatícios que venham a ser demandados ou reclamados por terceiros, em decorrência da imputação de qualquer responsabilidade à GO Associados no âmbito deste Contrato, desde que tais prejuízos tenham, comprovadamente, origem em informações incorretas fornecidas pela Contratante.