

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA  
EP – FEA – IEE – IF**

**MOANA SILVA SIMAS**

**ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO  
BRASIL: ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE EMPREGOS POR  
MEIO DE UMA MATRIZ INSUMO-PRODUTO AMPLIADA**

**SÃO PAULO  
2012**

MOANA SILVA SIMAS

ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL:  
ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE EMPREGOS POR MEIO DE UMA MATRIZ  
INSUMO-PRODUTO AMPLIADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica / Faculdade de Economia e Administração / Instituto de Eletrotécnica e Energia / Instituto de Física) para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Sergio Almeida Pacca

Versão Original

(versão original disponível na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP)

SÃO PAULO  
2012

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

### **FICHA CATALOGRÁFICA**

Simas, Moana Silva.

Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada / Moana Silva Simas; orientador Sergio Almeida Pacca – São Paulo, 2012.

220f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

1. Energia Eólica 2. Matriz Insumo-produto Ampliada  
3. Desenvolvimento Sustentável 4. Empregos. I. Título

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA  
EP – FEA – IEE – IF**

**MOANA SILVA SIMAS**

*“Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada”*

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Julgadora:

---

Prof. Dr. Sergio Almeida Pacca – PPGE/USP  
Orientador e Presidente da Comissão Julgadora

---

---

Aos meus pais que ao, mesmo  
tempo que me ensinaram a  
sonhar alto, me ensinaram  
nunca desistir de correr atrás  
dos meus sonhos

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao grande culpado pela minha presença no Mestrado e que esteve presente na minha vida acadêmica me orientando pelos últimos três anos, o Prof. Dr. Sergio Pacca.

Gostaria de agradecer ainda ao grupo de pesquisa montada no IEE para compartilhar ideias, métodos, questionamentos e dúvidas, e que muito me ajudaram durante minha passagem pelo Mestrado: à Professora Dra. Dominique Mouette, que muito me ajudou para o entendimento da matriz insumo-produto; às colegas Camila França e Bruna Vicente, pelo trabalho em conjunto para a construção da nossa MIP; às colegas Rachel Arduin e Kátia Punhagui, pelas “aulas” de ACV; e à querida amiga Kerstin Oebels, pela companhia durante a pesquisa de campo e na sala do IEE durante inúmeras horas.

Gostaria ainda de agradecer ao apoio da ABEEólica, e por acreditarem no potencial deste trabalho. Em especial, agradeço ao Pedro Perrelli e à Dra. Élbina Melo.

Agradeço a todas as empresas que me fornecerem informações preciosas para a elaboração deste trabalho e me receberam com muita simpatia e atenção.

Agradeço profundamente aos meus colegas do PPGE, que se tornaram grandes amigos e me auxiliaram com opiniões e críticas ao meu trabalho (às vezes mais críticas que opiniões!), e às horas de rica discussão na mesa do Rei ou da Bio.

Ao PPGE e a todos os docentes, que colaboraram imensamente para minha formação.

À CAPES, pelo auxílio financeiro que permitiu a realização do Mestrado, e ao CNPq e ao Laboratório de ACV, que me forneceram auxílio financeiro para a realização da pesquisa de campo.

Finalmente, agradeço a todos os meus amigos que compreenderam minhas longas ausências nos últimos meses.

Obrigada!

*"As we recover from this recession, the transition to clean energy has the potential to grow our economy and create millions of jobs - but only if we accelerate that transition. Only if we seize the moment."*

[Enquanto nos recuperamos desta recessão, a transição para a energia limpa tem o potencial para desenvolver nossa economia e criar milhões de empregos – mas apenas se nós aceleramos esta transição. Apenas se aproveitarmos o momento.]

(Tradução livre)

*Barack Obama, 2010*

## RESUMO

SIMAS, Moana Silva. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: Estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada.** 2012. 220 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

A preocupação com as questões ambientais e a busca pela mitigação das mudanças climáticas levaram a uma corrida pelo desenvolvimento e inserção de tecnologias de energias renováveis na matriz elétrica em diversos países. Dentre as tecnologias, a energia eólica foi a que recentemente obteve maior sucesso, tendo um crescimento de quase 15 vezes entre 2000 e 2011. A adoção de políticas de incentivo, muitas vezes baseadas em subsídios, levou à discussão dos benefícios sociais e econômicos trazidos por esta tecnologia, principalmente sobre o impacto no nível de empregos. Neste contexto, diversos estudos têm sido realizados para quantificar os empregos gerados pelas tecnologias de energias renováveis, chegando à conclusão de que estas são mais intensivas em empregos que as tecnologias tradicionais a combustíveis fósseis. No entanto, os estudos que buscam a avaliação da geração de empregos por estas tecnologias diferem em metodologias e premissas adotadas e apresentam os resultados de maneira agregada, não permitindo a comparação entre estes, além de não haver estudos disponíveis para mercados eólicos na América Latina. No Brasil, o crescimento da energia eólica passou por um longo período de lento crescimento, porém, nos últimos três anos, a contratação de projetos eólicos deverá elevar a capacidade instalada em operação em quase cinco vezes em apenas cinco anos, fazendo-se necessária a avaliação do impacto deste crescimento no nível de empregos no país. A presente dissertação buscou quantificar 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 isso, foram integradas as ferramentas de avaliação de ciclo de vida, entrevistas semi-estruturadas, matriz insumo-produto e elaboração de cenários. Os resultados obtidos permitem afirmar que a energia eólica pode oferecer uma contribuição significativa para a geração de empregos, gerando até 330 mil empregos-ano até 2020. Os empregos diretos correspondem a cerca de 70% dos empregos totais, e a maior contribuição é dada pela atividade de construção, que possui ainda grande potencial para a criação de empregos locais em diversas localidades rurais. Assim, a energia eólica tem potencial para contribuir para o desenvolvimento sustentável no Brasil.

Palavras-chave: Energia eólica, matriz insumo-produto ampliada, desenvolvimento sustentável, empregos.



## ABSTRACT

SIMAS, Moana Silva. **Wind energy and sustainable development in Brazil: estimating job creation through an extended input-output approach.** 2012. 220 f. Master's Dissertation – Graduate Program on Energy, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

The concern on environmental impacts and the search for climate change mitigation have led many countries on the run to accelerate the development and the deployment of renewable energy technologies. Among those, wind power was recently the most successful technology, having achieved a growth of almost 15 times between 2000 and 2011. The adoption of incentive policies, especially those based on subsidies, has led to the discussion of social and environmental benefits brought by this technology, focusing efforts on the assessment of the impacts on employment levels. Several studies have been made to quantify job creation by renewable energy technologies, and the main conclusion has been that they are more labor intensive than traditional fossil fuels technologies. However, the studies differ in methods and assumptions, and results are often published in an aggregated manner, making it difficult to compare the results. There are no studies available applied to the Latin American region. Wind power in Brazil has grown in a slow pace for over a decade. However, in the last three years, the projects contracted should increased wind power installed capacity in almost five times in only five years. This rapid estimated growth demands the assessment of impacts in the employment level. The present dissertation aimed to quantify the job creation potential of wind energy in Brazil. We have quantified not only direct jobs but also indirect jobs created in the Brazilian economy by the demand of inputs. To achieve this goal, we created a model that integrates life cycle assessment, semi-structured interviews, input-output models and scenario building. The obtained results let us affirm that wind energy can offer a significant contribution to job creation in Brazil, creating over 300 thousand job-years until 2020. Direct jobs account for around 70% of total jobs, and major contribution is found to be in the construction stage, which also has high potential to create local jobs in several rural areas. Thus, wind energy has the potential to contribute to sustainable development in Brazil.

Keywords: Wind energy, extended input-output model, sustainable development, employment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capacidade eólica instalada total no mundo entre 1996 e 2011 .....	26
Figura 2 – Capacidade eólica instalada por ano por continente entre 2003 e 2011 .....	27
Figura 3 – Matriz elétrica brasileira em 16 de abril de 2012.....	28
Figura 4 – Geração de energia elétrica em 2011 no Brasil, por fonte.....	29
Figura 5 – Emissão de CO <sub>2</sub> entre 1970 e 2004 por setor.....	32
Figura 6 – Curva de Kuznets para os impactos ambientais e estágios de desenvolvimento e o conceito de <i>leapfrogging</i> .....	37
Figura 7 - Aspectos do desenvolvimento regional e local das energias renováveis.....	42
Figura 8 – Índices de geração de emprego por MW instalado de diferentes tecnologias de geração de energia encontrados na literatura.....	57
Figura 9 – Esquema de uma matriz insumo-produto.....	65
Figura 10 – Fluxograma das metodologias e dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa .....	69
Figura 11 – Visão de ciclo de vida da cadeia da geração da energia eólica.....	71
Figura 12 – Visão de insumo-produto da cadeia de geração de energia eólica.....	74
Figura 13 – Empregos diretos e indiretos por R\$ 1.000.000 de produção em setores selecionados, com destaque para os setores de produção de cimento e de aço e derivados.....	76
Figura 14 - Velocidade média anual do vento a 50 metros de altura .....	83
Figura 15 – Potência dos aerogeradores instalados no Brasil entre 1998 e 2011 .....	84
Figura 16 – Previsão da variação mensal da energia armazenada total nas hidrelétricas brasileiras entre 2011 e 2020, em porcentagem da energia armazenável máxima. 85	
Figura 17 – Geração eólica mensal verificada entre 2007 e 2011, em MW médios.....	85
Figura 18 - Evolução da energia armazenável máxima em relação à carga de energia . 86	
Figura 19 – Participação dos projetos contratados no PROINFA na capacidade eólica instalada entre 2006 e 2011 .....	90
Figura 20 – Mapa do Sistema Interligado Nacional em 2010 com planejamento para 2013 .....	92
Figura 21 – Contratação anual de energia elétrica por tecnologia e combustível no mercado regulado entre 2005 e 2011.....	95

Figura 22 – Participação das tecnologias de geração de energia nos no mercado regulado entre 2009 e 2011, em relação à garantia física contratada .....	97
Figura 23 – Preços de contratação da energia eólica nos leilões entre 2009 e 2011 ....	100
Figura 24 – Fator de capacidade das usinas eólicas contratadas nos leilões entre 2009 e 2011 .....	100
Figura 25 – Capacidade instalada de energia eólica e participação desta tecnologia na matriz elétrica brasileira entre 2006 e 2011 e estimado para 2012 a 2016.....	101
Figura 26 – Participação dos fabricantes de aerogeradores na capacidade instalada antes e durante o PROINFA .....	103
Figura 27 – Número de fabricantes de aerogeradores com fábricas no brasil entre 2007 e 2011 e estimado para 2012 e 2013 .....	104
Figura 28 – Estimativa da participação dos fabricantes de aerogeradores na capacidade instalada prevista para 2015 .....	105
Figura 29 – Fábricas de naceles, torres e pás, em operação, construção e planejadas em março de 2012 .....	106
Figura 30 – Foto de trecho da rodovia estadual RN-120, entre os municípios de Parazinho e João Câmara (RN), onde serão construídos 45 parques eólicos com mais de 1,2 GW de capacidade até 2016.....	110
Figura 31 – Capacidade instalada de energia eólica em operação, contratada e capacidade prevista em três planejamentos de expansão de energia da empresa de pesquisa energética, .....	115
Figura 32 – Evolução da capacidade eólica instalada, em MW, nos três cenários .....	119
Figura 33 – Índices de empregos-ano/MW no ciclo de vida da energia eólica, diferenciados entre aerogeradores com torres de aço e com torres de concreto...	123
Figura 34 – Fabricação de uma torre de aço.....	125
Figura 35 – Foto de segmento de torre de aço armazenada no local de montagem do aerogerador .....	125
Figura 36 – Fotos da fabricação de uma torre de concreto.....	126
Figura 37 – Foto de fábrica de torres de concreto e insumos armazenados para a preparação de concreto na fábrica .....	126
Figura 38 – Foto de montagem de aerogerador.....	127
Figura 39 – Foto de pás eólicas armazenadas em local de montagem do aerogerador	127
Figura 40 – Foto de nacele e hub armazenados em local de montagem do aerogerador .....	128

Figura 41 – Foto de construção de uma fundação de aerogerador com estacas .....	129
Figura 42 – Fotos da construção de uma fundação de aerogerador sem estacas.....	129
Figura 43 – Insumos utilizados em cada etapa de fabricação e construção, em toneladas por MW .....	130
Figura 44 – Participação relativa dos materiais a cada 1 MW de energia eólica instalado no país, em peso .....	131
Figura 45 – Participação dos insumos no índice de empregos-ano indiretos da energia eólica.....	134
Figura 46 – Comparação dos custos de produção, sem tributação, de produtos de aço entre Brasil, Rússia, China, Turquia, Estados Unidos e Alemanha.....	135
Figura 47 – Comparação dos tributos sobre produtos de aço voltado para o mercado doméstico, em porcentagem sobre o preço sem tributos, entre Brasil, Rússia, China, Turquia, Estados Unidos e Alemanha.....	136
Figura 48 – Comparação do custo total de produtos de aço, com tributos, entre Brasil, Rússia, China, Turquia, Estados Unidos e Alemanha .....	136
Figura 49 – Participação dos empregos diretos e indiretos nos empregos totais na energia eólica por atividade .....	138
Figura 50 – Empregos-ano gerados no cenário de referência por atividade, por ano e acumulados no período .....	140
Figura 51 – Empregos-ano gerados no cenário de referência por atividade, por ano e acumulados no período .....	141
Figura 52 – Empregos-ano gerados no cenário otimista por atividade, por ano e acumulados no período .....	142
Figura 53 – Empregos-ano acumulados entre 2010 e 2020 nos três cenários .....	143
Figura 54 – Geração de empregos-ano acumulados para a geração de 454,5 MW médios de energia eólica e de gás natural .....	145
Figura 55 – Empregos gerados nas etapas de fabricação, construção e operação de um projeto de energia eólica de 1.010 MW.....	146
Figura 56 – Empregos gerados nas etapas de fabricação, construção e operação de um projeto de termelétrica a gás natural de 505 MW .....	146
Figura 57 – Pecuária em área dos Parques Eólicos de Osório (RS) e RN 15 – Rio do Fogo (RN).....	148
Figura 58 – Produção de pinus para extração comercial em área do Parque Eólico de Palmares (RS).....	148

Figura 59 – Atividades de piscicultura e rizicultura em área do Parque Eólico Osório (RS).....	149
Figura 60 – Produção de cocos no Parque Eólico Bons Ventos (CE).....	149
Figura 61 – Área ocupada pelo Parque Eólico Osório (RS).....	150
Figura F.1 – Empregos-ano gerados no Cenário de Referência, por atividade ao ano e acumulado ao final do período.....	208
Figura F.2 – Análise de sensibilidade do Cenário de Referência.....	210
Figura F.3 – Empregos-ano gerados no Cenário Exploratório, por atividade ao ano e acumulado ao final do período .....	211
Figura F.4 – Análise de sensibilidade do Cenário Exploratório.....	213
Figura F.5 – Empregos-ano gerados no Cenário Otimista, por atividade ao ano e acumulado ao final do período .....	214
Figura F.6 – Análise de sensibilidade do Cenário Otimista .....	216

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos empregos na energia eólica e suas características .....	46
Tabela 2 – Serviços prestados e perfis profissionais ligados à atividade de desenvolvimento tecnológico para a energia eólica .....	48
Tabela 3 – Serviços prestados e perfis profissionais ligados à atividade de instalação e desinstalação de parques eólicos .....	49
Tabela 4 - Serviços prestados e perfis profissionais ligados à atividade de operação e manutenção de parques eólicos .....	52
Tabela 5 - Síntese de premissas consideradas para quantificação de empregos em energias renováveis em diferentes estudos analisados .....	59
Tabela 6 - Principais diferenças metodológicas entre a avaliação de ciclo de vida e a matriz insumo-produto ampliada.....	67
Tabela 7 - Empresas entrevistadas por atividade.....	73
Tabela 8 – Índices de nacionalização utilizados como referência para a modelagem dos empregos nos cenários propostos .....	79
Tabela 9 – Índices de utilização de torres de aço e concreto para a modelagem de empregos nos cenários propostos .....	79
Tabela 10 – Projetos eólicos contratados no âmbito do PROINFA .....	89
Tabela 11 – Características dos ambientes de contratação regulado e livre.....	94
Tabela 12 – Características das diferentes modalidades de leilões de comercialização de energia elétrica no ambiente de contratação regulado.....	96
Tabela 13 – Estimativa de parques eólicos em operação no final de 2016 .....	102
Tabela 14 – Características dos consumidores livres e especiais.....	107
Tabela 15 – Evolução da capacidade eólica instalada, em MW, nos três cenários.....	119
Tabela 16 – Índices totais de empregos-ano/MW na fabricação de aerogeradores com torres de aço e de concreto .....	121
Tabela 17 – Índice total de empregos-ano/MW na construção de parques eólicos.....	121
Tabela 18 – Índice total de empregos-ano/MW na operação de parques eólicos.....	122
Tabela 19 – Índices de empregos-ano/MW no ciclo de vida da energia eólica, diferenciados entre aerogeradores com torres de aço e com torres de concreto...	123
Tabela 20 – Valores médios de insumos utilizados em cada etapa de fabricação e construção, em toneladas por MW .....	130

Tabela 21 – Produção, preço por unidade produzida e multiplicadores de empregos dos setores utilizados da MIP.....	132
Tabela 22 – Índices de empregos-ano/MW por etapa do ciclo de vida e por insumo..	133
Tabela 23 – Índices de empregos-ano indiretos por MW.....	134
Tabela 24 – Índices de empregos diretos, indiretos e totais ao longo do ciclo de vida da energia eólica, em empregos-ano/MW .....	137
Tabela 25 – Capacidade instalada anual e acumulada no período entre 2010 e 2020, no Cenário de Referência .....	139
Tabela 26 – Capacidade instalada anual e acumulada no período entre 2010 e 2020, no Cenário Exploratório .....	140
Tabela 27 – Capacidade instalada anual e acumulada no período entre 2010 e 2020, no Cenário Otimista.....	142
Tabela 28 – Subcenário de produção nacional de equipamentos com menor geração de empregos.....	143
Tabela B.1 – Multiplicadores de emprego da MIP-ampliada, em pessoas ocupadas por R\$ 1.000.000 de demanda do setor .....	184
Tabela C.1.1 – Capacidade anual de produção, número de empregados e índice de empregos-ano/MW de três fábricas de nacelle em 2011 .....	186
Tabela C.1.2 – Capacidade anual de produção, número de empregados e índices de empregos-ano/MW para duas fábricas de torres de aço em 2011 .....	187
Tabela C.1. 3 – Capacidade anual de produção, número de empregados e índice de empregos-ano/MW para uma fábrica de torres de concreto em 2011 .....	187
Tabela C.1.4 – Capacidade anual de produção, número de empregados e índice de empregos-ano/MW para uma fábrica de pás eólicas em 2011 .....	187
Tabela C.2.1 – Índices de empregos-ano/MW instalado no transporte de equipamentos em 5 parques eólicos.....	189
Tabela C.2.2 – Número de trabalhadores no pico de construção, tempo de construção e índice de empregos-ano/MW para sete parques eólicos.....	190
Tabela C.3.1 – Número de trabalhadores e índices de empregos-ano/MW na operação e manutenção <i>in situ</i> de cinco parques eólicos.....	190
Tabela C.3.2 – Número de trabalhadores e índices de empregos-ano/MW na operação e manutenção <i>ex situ</i> em duas empresas .....	191
Tabela D.1.1.1 – insumos utilizados para a fabricação de três torres de aço .....	193

Tabela D.1.1.2 – Quantidade de insumos, em kg/m <sup>3</sup> , para a produção de concreto fck 45 MPa com cimento CP-V.....	193
Tabela D.1.1.3 – Insumos utilizados para a fabricação de uma torre de concreto .....	193
Tabela D.1.1.4 – Insumos utilizados para a fabricação de dois conjuntos de três pás .	194
Tabela D.1.1.5 – Insumos utilizados para a fabricação de duas naceles .....	194
Tabela D.1.2.1 – Quantidade de insumos, em kg/m <sup>3</sup> , para a produção de concreto fck 30 MPa.....	195
Tabela D.1.2.2 – Volume de concreto, cimento, areia e brita utilizados na fundação de 21 parques eólicos .....	196
Tabela D.1.2.3 – Quantidade de aço utilizada na fundação de 6 parques eólicos.....	197
Tabela D.2.1 – Produção, preço por unidade produzida e multiplicadores de empregos dos setores utilizados da MIP .....	197
Tabela D.2.1.1 – Índice de emprego indireto na fabricação da nacele, em empregos-ano/MW .....	198
Tabela D.2.1.2 – Índice de emprego indireto na fabricação da torre de aço, em empregos-ano/MW .....	198
Tabela D.2.1.3 – Índice de emprego indireto na fabricação da torre de concreto, em empregos-ano/MW .....	199
Tabela D.2.1.4 – Índice de emprego indireto na fabricação de pás, em empregos-ano/MW .....	199
Tabela D.2.1.5 – Índice de emprego indireto na construção de parques eólicos com aerogeradores com torres de aço, em empregos-ano/MW .....	199
Tabela D.2.1.6 – índice de emprego indireto na construção de parques eólicos com aerogeradores com torres de concreto, em empregos-ano/MW .....	200
Tabela E.1 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de naceles para 1 GW, por setor .....	201
Tabela E.2 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de pás para 1 GW, por setor .....	202
Tabela E.3 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de torres de aço para 1 GW, por setor.....	203
Tabela E.4 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de torres de concreto para 1 GW, por setor.....	204
Tabela E.5 – Impacto econômico e empregos indiretos na construção com torres de aço para 1 GW, por setor.....	205



Tabela E.6 – Impacto econômico e empregos indiretos na construção com torres de concreto para 1 GW, por setor.....	206
Tabela F.1 – Índices de nacionalização utilizados na análise de sensibilidade.....	207
Tabela F.2 – Índices de utilização de torres de aço e de concreto.....	207
Tabela F.3 – Capacidade instalada anual e acumulada, em MW, entre 2010 e 2020 no Cenário de Referência .....	208
Tabela F.4 – Empregos-ano criados entre 2010 e 2020 no Cenário de Referência, por atividade .....	208
Tabela F.5 – Análise de sensibilidade de índice de nacionalização de equipamentos e de utilização de torres de aço e concreto, por atividade, no Cenário de Referência	209
Tabela F.6 – Capacidade instalada anual e acumulada, em MW, entre 2010 e 2020 no Cenário Exploratório .....	211
Tabela F.7 – Empregos-ano criados entre 2010 e 2020 no Cenário Exploratório, por atividade .....	211
Tabela F.8 – Análise de sensibilidade de índice de nacionalização de equipamentos e de utilização de torres de aço e concreto, por atividade, do Cenário Exploratório ...	212
Tabela F.9 – Capacidade instalada anual e acumulada, em MW, entre 2010 e 2020 no Cenário Otimista.....	214
Tabela F.10 – Empregos-ano criados entre 2010 e 2020 no Cenário Otimista, por atividade .....	214
Tabela F.11 – Análise de sensibilidade de índice de nacionalização de equipamentos e de utilização de torres de aço e concreto, por atividade, do Cenário Otimista.....	215
Tabela G.1.1 – Insumos utilizados para a construção de uma termelétrica a gás natural .....	217
Tabela G.1.2 – Empregos indiretos na construção de uma usina termelétrica a gás natural de 505 MW de potência.....	217
Tabela G.1.3 – Características da UTE Açu II.....	218
Tabela G.1.4 – Empregos indiretos por ano na operação de uma usina termelétrica a gás natural de 505 MW de potência.....	218
Tabela G.2.1 – Empregos diretos na fabricação de aerogeradores e construção de uma usina eólica de 1.010 MW de potência.....	219
Tabela G.2.2 – Empregos indiretos na construção de uma usina eólica de 1.010 MW de potência.....	219

Tabela G.2.3 – Comparação entre empregos gerados em usinas eólicas e em termelétricas a gás natural, em relação aos empregos diretos e indiretos gerados na fabricação, construção e operação .....	220
---	-----

## LISTA DE ABREVIACÕES

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABEEólica: Associação Brasileira de Energia Eólica  
ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica  
ACL: Ambiente de Contratação Livre  
ACR: Ambiente de Contratação Regulado  
ACV: Avaliação de Ciclo de Vida  
ACVS: Avaliação de Ciclo de Vida Simplificada  
BA: Bahia  
BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CBEE: Centro Brasileiro de Energia Eólica  
CDE: Conta de Desenvolvimento Energético  
CE: Ceará  
CELPE: Companhia Energética de Pernambuco  
CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono  
CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente  
EIO-LCA: Economic Input-Output Life Cycle Assessment  
EPE: Empresa de Pesquisa Energética  
GEE: Gases de Efeito Estufa  
GN: Gás Natural  
GNL: Gás Natural Liquefeito  
GW: Gigawatt (medida de potência)  
IBAMA: Instituto Brasileiro de Recursos Naturais e Meio Ambiente  
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICG: Instalação de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada  
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change  
ISO: International Organization for Standardization  
kV: Quilovolt (medida de tensão elétrica)  
kW: Quilowatt (medida de potência)  
MIP: Matriz Insumo-Produto  
MIP-ampliada: Matriz Insumo-Produto Ampliada

MMA: Ministério do Meio Ambiente  
MME: Ministério de Minas e Energia  
MRE: Mecanismo de Realocação de Energia  
MW: Megawatt (medida de potência)  
NBR: Norma Brasileira  
ONS: Operador Nacional do Sistema  
O&M: Operação e Manutenção  
P&D: Pesquisa e Desenvolvimento  
PCH: Pequena Central Hidrelétrica  
PDE: Plano Decenal de Expansão de Energia  
PE: Pernambuco  
PIB: Produto Interno Bruto  
PNE: Plano Nacional de Energia  
PROEÓLICA: Programa Emergencial de Energia Eólica  
PROINFA: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica  
PNUMA: Programa da Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
RN: Rio Grande do Norte  
RS: Rio Grande do Sul  
SC: Santa Catarina  
SIN: Sistema Interligado Nacional  
SP: São Paulo  
UHE: Usina hidrelétrica  
USP: Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS .....	24
1.1. Objetivos.....	31
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	32
2.1. Benefícios sociais e econômicos das energias renováveis .....	34
2.2. Geração de empregos pela energia eólica.....	46
2.3. Metodologias de quantificação dos empregos em energias renováveis .....	53
2.4. Criação e utilização de índices de empregos gerados por capacidade instalada	56
2.5. Considerações do capítulo .....	60
3. METODOLOGIA.....	62
3.1. Metodologias utilizadas .....	62
3.2. Aplicação das metodologias à pesquisa.....	68
3.3. Considerações do capítulo .....	80
4. RESULTADOS .....	81
4.1. A energia eólica no Brasil .....	82
4.2. Cenários de crescimento da energia eólica no Brasil .....	117
4.3. Empregos diretos na energia eólica .....	120
4.4. Empregos indiretos .....	124
4.5. Índice de empregos totais .....	137
4.6. Evolução dos empregos até 2020 .....	138
4.7. Comparação com o gás natural.....	144
4.8. Outros benefícios sociais da energia eólica.....	147
4.9. Considerações do capítulo .....	151
5. DISCUSSÃO .....	153
5.1. O <i>boom</i> da energia eólica no Brasil.....	153
5.2. Os empregos na energia eólica .....	158

5.3. Limitações da Matriz Insumo-Produto Ampliada .....	162
5.4. Sugestões para trabalhos futuros .....	164
5. CONCLUSÃO.....	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	167
APÊNDICES .....	180
Apêndice A – Roteiro para a elaboração da entrevista semi-estruturada .....	181
Apêndice B – Tabela com os multiplicadores da MIP-ampliada brasileira .....	184
Apêndice C – Cálculo de valores médios de empregos diretos na cadeia da energia eólica.....	186
Apêndice D – Cálculo de valores médios de empregos indiretos na cadeia da energia eólica.....	192
Apêndice E – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de aerogeradores e construção de parques eólicos para 1 GW, por setor .....	201
Apêndice F – Modelagem de cenários e análise de sensibilidade .....	207
Apêndice G – Comparação entre empregos no gás natural e na energia eólica .....	217

## 1. INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

A adoção de energias alternativas tem sido amplamente buscada a partir da década de 1970, quando as Crises do Petróleo levaram a diversos países a procurarem a segurança no fornecimento energético e na redução da dependência da importação de energia. As recentes preocupações ambientais levaram, também, à busca de alternativas mais limpas de produção de energia. Entre essas alternativas, a energia eólica é uma que despertou significativa atenção durante as últimas décadas.

A energia dos ventos é utilizada há mais de 5 mil anos para a navegação. Porém, só no século III d.C. surgiram as primeiras máquinas capazes de transformar a energia dos ventos em trabalho. Durante séculos a energia dos ventos foi utilizada para a moagem de grãos, produção de óleos vegetais e para o bombeamento de água, mas somente no século XIX ela começou a ser utilizada para a produção de eletricidade. Com a descoberta de grandes reservas de petróleo a tecnologia eólica entrou em declínio, concentrando seu uso em locais afastados das redes de distribuição que levavam energia elétrica para as cidades (DUTRA, 2008).

Após os choques do petróleo, em 1973, retornaram os esforços para o desenvolvimento de tecnologias alternativas para a geração de energia. Surgiram, então, novos programas para o desenvolvimento e implantação de energia eólica. O aumento do preço do petróleo tornou a energia eólica mais competitiva, e em alguns casos, economicamente viável, levando ao rápido desenvolvimento de sistemas mais eficientes e de menor custo.

Mesmo com o preço do petróleo estabilizado, no final da década de 1990 foi observada uma intensificação dos programas de incentivo ao desenvolvimento e utilização de energias renováveis. Diferentemente da década de 1970, quando o preço da energia foi o principal motivador na busca de alternativas, a década de 1990 traz as preocupações com os problemas ambientais como principal motor para as políticas de energias renováveis.

A preocupação com as mudanças climáticas e os esforços para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), a partir da assinatura do Protocolo de Quioto, em 1997, levaram à intensificação da busca por alternativas que pudessem suprir as necessidades

econômicas e, ao mesmo tempo, gerar menos impactos ambientais. Entre as medidas, uma das mais populares foi o investimento crescente em fontes de energias renováveis, dentre as quais a energia eólica. Segundo o Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), a energia eólica oferece um potencial significativo para a redução das emissões de GEE, sendo o principal uso dessa tecnologia em grandes parques eólicos conectados à rede principal de energia, tanto continentais (*onshore*) quanto marinhos (*offshore*). O potencial técnico de aproveitamento da energia eólica é maior que a produção mundial de eletricidade, apesar de distribuído de maneira não uniforme entre os países. Considerando barreiras políticas, econômicas e tecnológicas, a energia dos ventos poderia suprir até 20% da demanda mundial de energia elétrica até 2050 (IPCC, 2011a).

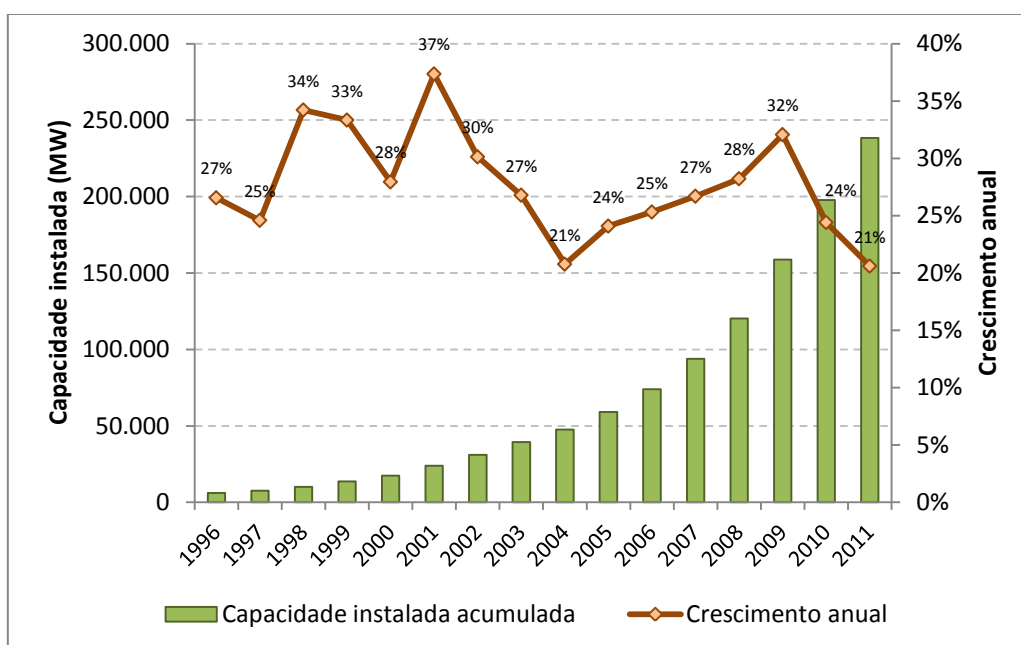
Os altos custos iniciais da energia eólica, junto com o estágio inicial de desenvolvimento desta tecnologia em relação às tecnologias tradicionais de geração de eletricidade comercialmente disponíveis no mercado, conferiam à energia eólica uma característica de baixa competitividade devido aos altos preços da energia. As barreiras técnicas e econômicas levaram à necessidade de incentivos econômicos e regulatórios para esta tecnologia, culminando na adoção de políticas de inserção de energias renováveis em diversos países. Em 2005 apenas 55 países adotavam algum tipo de incentivo às fontes renováveis, enquanto que no início de 2011, tais políticas estavam presentes em 118 países (REN21, 2011).

As políticas de incentivo às energias renováveis podem ser de diversas modalidades. As mais comuns são a implementação de incentivos fiscais e subsídios, como a isenção de impostos e a adoção de tarifas-prêmio (*feed-in tariffs*), as quais remuneram os geradores de energias renováveis a um preço acima do mercado, refletindo os custos de capital da tecnologia; e adoção de metas obrigatórias, como é o caso do *Renewable Portfolio Standards*, nos Estados Unidos, e do *Renewables Obligation*, no Reino Unido, os quais adotam a obrigação de as distribuidoras fornecerem uma participação crescente da oferta de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Alguns estudos mostram que a adoção de tarifas-prêmio aumenta a penetração de fontes renováveis em estágio inicial de desenvolvimento ao reduzir os riscos dos investidores (AGNOLUCCI, 2007; BUTLER; NEUHOFF, 2008; LESSER; SU, 2008; COUTURE; GAGNON, 2010), enquanto que a adoção de quotas e metas de energias renováveis garante o crescimento



da participação destas tecnologias na matriz elétrica (MENZ; VACHON, 2006; DELMAS; MONTES-SANCHO, 2011).

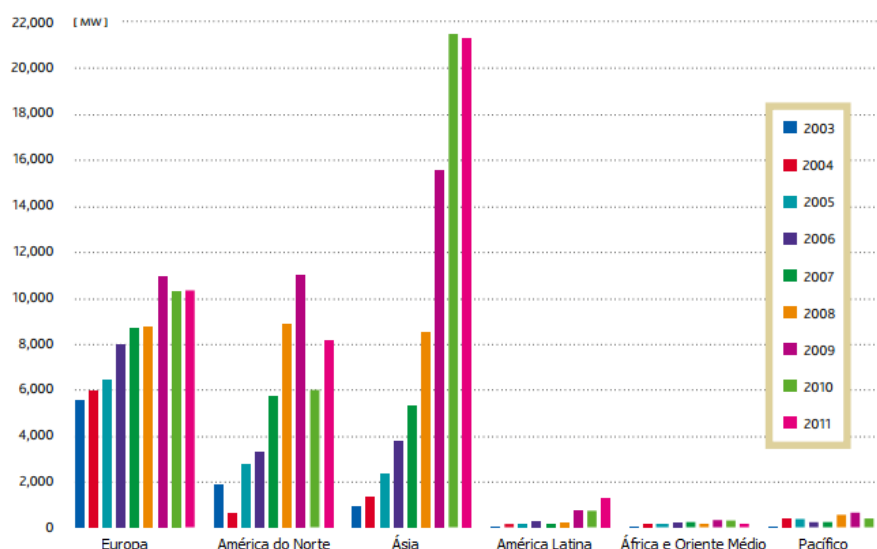
A adoção de incentivos para a energia eólica resultou no aumento da participação desta tecnologia em diversos países. Esta fonte teve um alto crescimento a partir de 1996 e ganhou força a partir de 2004, mantendo um crescimento crescente até 2009, quando houve uma desaceleração devido aos efeitos da crise financeira, como mostra a figura 1. Em 2011, a capacidade eólica em operação no mundo chegou a 238 GW (GWEC, 2012).



**Figura 1 – Capacidade eólica instalada total no mundo entre 1996 e 2011**

Fonte: Elaboração própria a partir de (GWEC, 2012)

Com a crise financeira de 2008 o mercado de energia eólica teve redução significativa na Europa e nos Estados Unidos, principais mercados para esta tecnologia, como pode ser visto pela diminuição do ritmo de crescimento da tecnologia, que vinha crescendo desde 2004, nas figuras 1 e 2. Apesar da lenta recuperação destes mercados, houve uma diminuição do investimento nesta tecnologia, de 90 bilhões de dólares em 2010 para 72 bilhões de dólares em 2011. A crise financeira foi responsável ainda pela queda no preço dos aerogeradores, de 1,21 milhões de euros por MW em 2009 para 0,91 milhões de euros por MW no final de 2011, uma queda de 25% (BLOOMBERG, 2012).



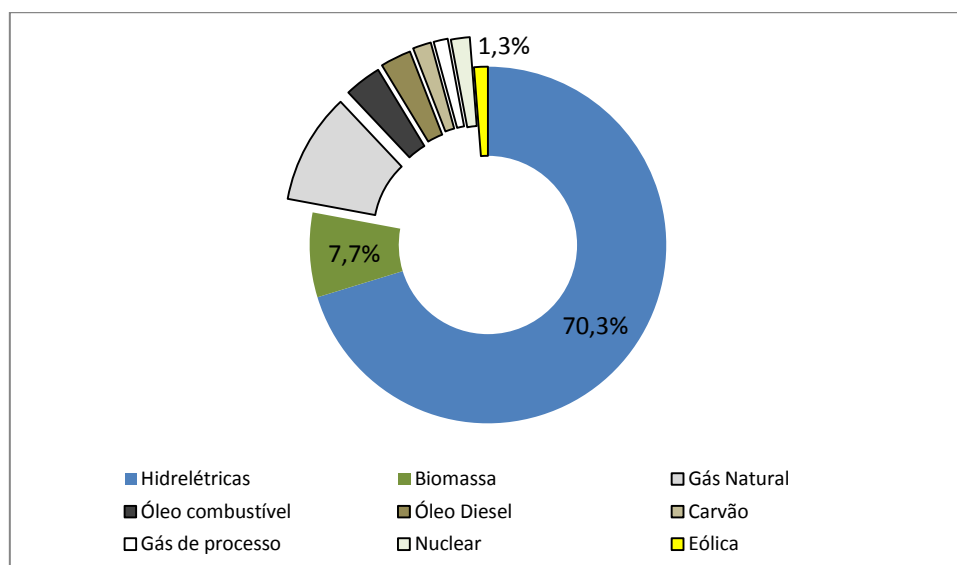
**Figura 2 – Capacidade eólica instalada por ano por continente entre 2003 e 2011**

Fonte: (GWEC, 2012)

O desaquecimento dos tradicionais mercados levou a uma diversificação, possibilitando o surgimento de novos mercados, principalmente na Ásia. Em 2010 a China posicionou-se como líder mundial em capacidade total instalada e, ao final de 2011, mais de um quarto de toda a capacidade eólica instalada no mundo estava presente em territórios chineses (GWEC, 2012). Com a redução dos tradicionais mercados, grandes empresas buscaram diversificar a atuação, voltando seus investimentos para mercados emergentes, como o Brasil.

Após ser o país pioneiro na instalação de empreendimentos eólicos na América Latina e de implementar políticas de incentivo a esta tecnologia no continente, o Brasil teve grande crescimento no volume de projetos eólicos contratados a partir de 2009, e se tornou o mercado mais atrativos no continente latino-americano. Em 2011, o mercado eólico brasileiro foi considerado o 9º melhor mercado mundial para investimentos.

Os motivos que levaram ao Brasil a investir em fontes alternativas, especialmente em energia eólica, são diferentes dos citados anteriormente, como por exemplo a diminuição das emissões de GEE. Isso se deve ao Brasil possuir uma das matrizes elétricas mais renováveis no mundo. No início do segundo trimestre de 2012, a capacidade de geração de energia de fontes renováveis correspondia a 79,3%, como mostra a figura 3.

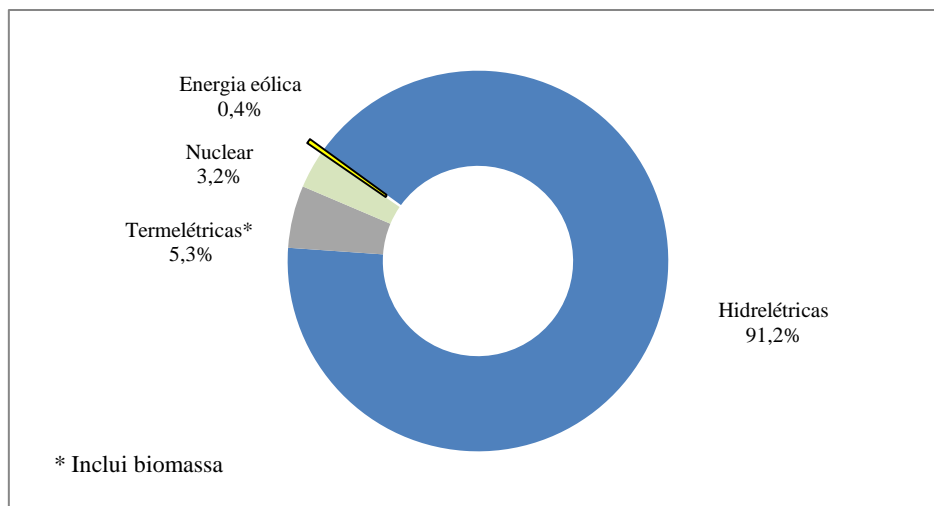


**Figura 3 – Matriz elétrica brasileira em 16 de abril de 2012**

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2012a)

No entanto, a oferta de energia é prioritariamente hidrelétrica, sendo as demais tecnologias de geração<sup>1</sup> geralmente utilizadas para complementar a geração em períodos de maior carga e de menor nível dos reservatórios. Em 2011 as usinas hidrelétricas contabilizaram mais de 90% da geração de eletricidade no país, como mostra a figura 4, além da importação de eletricidade de usinas binacionais ou de países vizinhos. No Brasil, o incentivo às energias renováveis relaciona-se com a busca pela diversificação da matriz elétrica, segurança no fornecimento de energia, diminuição dos impactos ambientais da expansão de grandes hidrelétricas, incentivo ao desenvolvimento de novas indústrias e à geração de empregos.

<sup>1</sup> Com exceção de usinas nucleares e térmicas não flexíveis



**Figura 4 – Geração de energia elétrica em 2011 no Brasil, por fonte**

Fonte: Elaboração própria a partir de (ONS, 2012)

Uma questão central observada no discurso em apoio às energias renováveis em nível mundial é a busca pelo desenvolvimento sustentável. A definição de desenvolvimento sustentável, surgida no ano de 1987 no relatório intitulado “Nosso Futuro Comum”, é aquele que supre as necessidades das gerações presentes sem, no entanto, comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Apesar de não definir quais são as necessidades, o relatório deixa claro que o desenvolvimento sustentável está relacionado não só com a economia, mas também com o meio ambiente e a sociedade. Conforme o relatório, “A mais básica de todas as necessidades é para o sustento: isto é, emprego” (**tradução nossa**) (UNITED NATIONS, 1987, p. 64). Às vésperas da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, torna-se importante a discussão sobre a geração de empregos em uma economia de baixo carbono.

Durante as últimas décadas, diversos estudos têm sido feitos para avaliar os efeitos econômicos e ambientais da utilização das energias renováveis, principalmente em relação à mitigação das emissões de GEE dos sistemas energéticos e os efeitos das políticas climáticas na economia.

Devido às preocupações com o aumento do preço da energia decorrente da utilização de sistemas renováveis de energia, surgem diversos estudos para verificar sua consequência sobre o nível de emprego e o potencial para a geração de empregos por

esses sistemas, focando-se principalmente na quantidade de empregos gerados pelas tecnologias de geração de energias renováveis.

No entanto, apesar de a noção de que geração de empregos é mais intensiva em energias renováveis que em energias fósseis é praticamente um consenso (UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008; RUTOVITZ; ATHERTON, 2009), os estudos previamente realizados diferem enormemente entre os resultados encontrados. A análise destes estudos permite afirmar que não há consenso entre a adoção de premissas e metodologias para as estimativas, e os dados disponibilizados de maneira agregada não permitem a comparação entre os resultados ou a utilização destes para estimativas em outros contextos senão o estudado.

Nota-se, ainda, que grande parte dos estudos de estimativa de empregos em tecnologias de energias renováveis concentra-se na América do Norte ou Europa, havendo poucos estudos aplicados para mercados emergentes, onde a tecnologia e a produção ainda se encontram em nível de desenvolvimento inicial. Há ainda pouca consideração sobre a importância da importação e exportação de equipamentos no nível de empregos.

Como visto nas figuras 3 e 4, a energia eólica ainda oferece baixa contribuição na capacidade de geração de energia elétrica no Brasil, e ainda menor é sua participação na oferta de energia. No entanto, nos últimos anos o setor de energia eólica presenciou um rápido aumento no número de projetos contratados, e a capacidade instalada de energia eólica deve aumentar em mais de 450% em apenas cinco anos. A indústria de aerogeradores também vem experimentando rápido aumento desde 2012, e é esperado que a capacidade de produção aumente significativamente entre 2012 e 2013.

Diante deste panorama, é essencial a avaliação do impacto que o rápido crescimento do setor eólico pode trazer para a economia brasileira, principalmente em relação ao potencial de geração de empregos desta tecnologia, de modo a oferecer uma base para subsidiar a criação e gestão de políticas energéticas e industriais para o setor eólico e avaliar seu potencial de contribuição para o desenvolvimento sustentável.

A dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos. No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre os benefícios sociais e econômicos das energias renováveis, focando na geração de empregos. Foram levantadas as metodologias comumente utilizadas para a quantificação dos empregos em tecnologias de energias renováveis, e buscou-se comparar as premissas adotadas nos diferentes estudos.

O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada. Inicialmente é feita uma breve explicação das metodologias utilizadas para a pesquisa. Em seguida é apresentada a aplicação ao estudo, mostrando como cada método e ferramenta foram utilizados para formar o modelo para a quantificação dos empregos diretos e indiretos. Este capítulo apresenta ainda um detalhamento da pesquisa de campo realizada para a coleta dos dados.

O capítulo 4 contém todos os resultados da pesquisa. Este capítulo encontra-se organizado em 9 itens, que dividem a apresentação dos resultados por assunto. O primeiro item apresenta um panorama da energia eólica no Brasil, realizado por meio de uma análise crítica da bibliografia, documentos e estatísticas oficiais e informações obtidas em entrevistas, seguida pela apresentação dos cenários utilizados para a modelagem dos empregos. Seguem as apresentações dos resultados da quantificação dos empregos diretos, indiretos e totais, seguido pelos resultados da modelagem dos empregos nos cenários, a comparação da geração de empregos entre a eólica e uma termelétrica a gás e, finalmente, discutem-se outros benefícios sociais da energia eólica no Brasil.

O capítulo 5 oferece uma discussão dos principais pontos da dissertação, e busca responder aos objetivos propostos, que se encontram no item 1.1 abaixo. Finalmente, o capítulo 6 apresenta a conclusão do estudo.

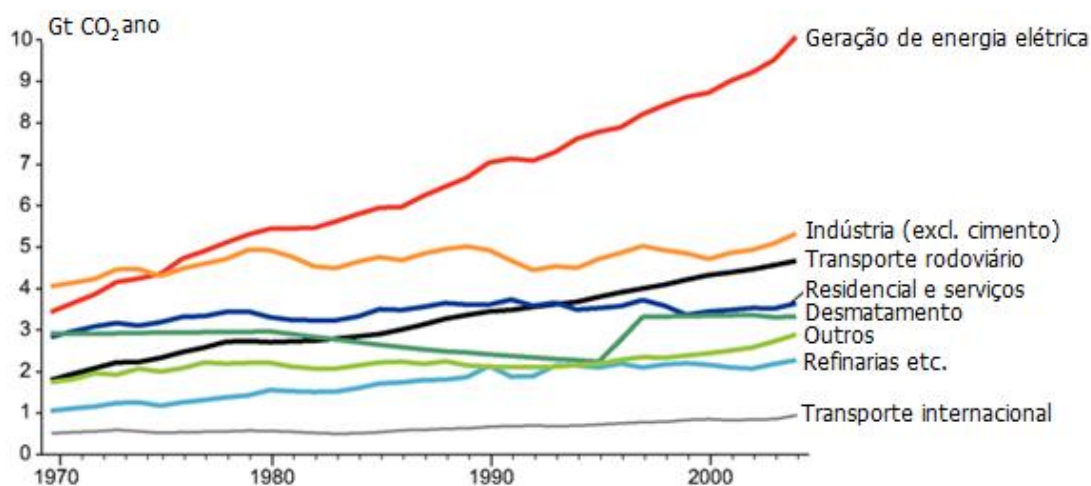
### **1.1. Objetivos**

A presente pesquisa foi desenvolvida tendo como principal objetivo verificar a contribuição da energia eólica para a geração de empregos no Brasil. De modo mais específico, pode-se dizer que o estudo visou:

- Oferecer uma visão atual do setor eólico brasileiro;
- Quantificar os empregos diretos gerados pela produção de aerogeradores e pela instalação de parques eólicos no Brasil;
- Quantificar os empregos indiretos na economia brasileira decorrentes da produção de aerogeradores e pela instalação de parques eólicos;
- Contribuir para o desenvolvimento da ferramenta Matriz Insumo-Produto Ampliada para a avaliação da sustentabilidade de sistemas energéticos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A utilização de fontes renováveis de energia se tornou a principal estratégia para a mitigação global dos gases de efeito estufa (GEE), devido à importante participação do setor energético nas emissões globais. O setor de energia corresponde a cerca de 70% das emissões desses gases, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis para a geração de energia térmica e elétrica e para o transporte. O principal responsável pelas emissões no ano de 2004 foi o setor de geração de energia elétrica, como pode ser visto na figura 5, que correspondeu a 27% de todas as emissões de CO<sub>2</sub> estimadas (ROGNER *et al.*, 2007; SIMS *et al.*, 2007).



**Figura 5 – Emissão de CO<sub>2</sub> entre 1970 e 2004 por setor**

Fonte: (ROGNER *et al.*, 2007, p. 104)

A busca por soluções para a mitigação das mudanças climáticas exige esforços, portanto, para encontrar tecnologias de geração de energia que ofereçam segurança energética no longo prazo, preços acessíveis e baixos impactos ambientais. No entanto, estes três objetivos muitas vezes competem entre si. Enquanto as reservas de carvão, petróleo e gás natural oferecem baixos custos, a distribuição das reservas e reservas limitadas oferecem risco à segurança energética no longo prazo, e sua queima produz altos impactos ambientais. Por outro lado, fontes renováveis de energia, sobretudo

novas fontes renováveis<sup>2</sup>, apresentam rápido crescimento, mas oferecem barreiras econômicas, sociais e ambientais e, portanto, dependem de políticas públicas para maior inserção (RÍO; UNRUH, 2007; DUTRA, 2007; SIMS *et al.*, 2007; VERBRUGGEN *et al.*, 2010; ARENT *et al.*, 2011; IPCC, 2011b; SHEN *et al.*, 2011).

Políticas para a promoção de energias renováveis têm sido adotadas em diversos países. Enquanto em 2005 apenas 55 países adotavam metas ou incentivos a estas tecnologias, no início de 2011 foram registrados 118 países nestas condições. Destes, mais da metade são países em desenvolvimento. As políticas de incentivo à promoção de energias renováveis podem ocorrer de três maneiras: através de regulação, mecanismos fiscais, ou financiamento público. Entre os mecanismos regulatórios mais comumente aplicados, as tarifas-prêmio, ou *feed-in tariffs*, são as mais comumente utilizadas, existentes em 61 países até o início de 2011 (REN21, 2011).

Diversos estudos mostram a relação entre a adoção de políticas e o crescimento das energias renováveis. Bird *et al.* (2005) e Delmas e Monte-Sancho (2011) verificaram que as políticas baseadas na obrigação da compra de energia por fontes renováveis e em incentivos fiscais para produtores foram cruciais para elevar a participação das tecnologias renováveis na matriz elétrica dos Estados Unidos, tendo maior eficiência que políticas de adesão voluntária. Já alguns autores argumentam que, em um momento inicial de inserção destas tecnologias no mercado de energia, a tarifa-prêmio é o mecanismo mais eficaz, uma vez que reduz o risco do projeto e garante o retorno do investimento (AGNOLUCCI, 2007; BUTLER; NEUHOFF, 2008; LESSER; SU, 2008; COUTURE; GAGNON, 2010).

Por um lado, há autores que argumentam que as políticas baseadas em subsídios governamentais podem ter impactos negativos sobre a economia, ao tornar o custo da energia mais cara, e os benefícios obtidos são pouco mensuráveis (FRONDEL *et al.*, 2010; HILLEBRAND *et al.*, 2006). Porém, uma análise crítica da evolução do consumo mundial de energia e da recente preocupação ambiental e adoção de políticas de mitigação das mudanças climáticas mostra que o caminho a seguir nos próximos anos é de redução da participação de fontes de energia historicamente mais baratas e atualmente abundantes, como é o caso dos combustíveis fósseis, para tecnologias renováveis, cujo desenvolvimento tecnológico é ainda recente e, portanto, seus custos

---

<sup>2</sup> Excluindo biomassa tradicional e grandes hidrelétricas



são maiores. Assim, em longo prazo, será inevitável o aumento o custo da energia em relação aos custos atuais, e os impactos negativos deste aumento tenderão a se tornar mais visíveis (PHARES, 2009).

É comum encontrar estudos que defendam os incentivos à transição a uma economia de baixo carbono, ao afirmar que investimentos em energias renováveis oferecem custos e benefícios que não estão internalizados no custo da tecnologia e que precisam ser levados em conta para a formulação de políticas mais benéficas do ponto de vista social. Jochem e Madlener (2003) distinguem dois tipos de benefícios das políticas climáticas. O primeiro tipo são os co-benefícios, que são aqueles efeitos econômicos que são levados em conta na formulação das políticas. O segundo tipo, e mais importante para a avaliação social das políticas, são os benefícios secundários, não explicitados como um objetivo da política formulada e não necessariamente quantificáveis economicamente, mas que resultam em mudanças econômicas, ambientais e sociais.

Entre os benefícios secundários comumente encontrados na literatura, e abordados com maior detalhamento neste capítulo, estão: a inovação, a transferência de tecnologia, o desenvolvimento tecnológico e industrial, a criação de empregos qualificados, o acesso à energia e o desenvolvimento regional (JOCHEM; MADLENER, 2003; PFAFFENBERGER *et al.*, 2006; LEHR *et al.*, 2008; RÍO; BURGUILLO, 2009; LLERA SASTRESA *et al.*, 2010; MORAES *et al.*, 2010; CARLEY *et al.*, 2011).

O presente capítulo oferece uma breve revisão da literatura existente sobre os benefícios socioeconômicos das energias renováveis e os efeitos destas tecnologias na criação de empregos. São discutidas, ainda, as principais metodologias para a quantificação dos empregos no setor de energias renováveis, e a utilização de índices de empregos gerados por capacidade de geração de energia instalada.

## **2.1. Benefícios sociais e econômicos das energias renováveis**

É consenso que a inserção de energias renováveis leva à mitigação das emissões de GEE. Outros impactos ambientais, como emissões de poluentes atmosféricos e aquáticos, impactos ambientais no ciclo de vida das tecnologias de geração de energia, mudanças no uso da terra e impactos na biodiversidade vêm sendo amplamente estudados. O impacto da inserção das tecnologias de energias renováveis na rede, e a

segurança energética pela redução da importação de combustíveis também são temas que aparecem com frequência em publicações científicas, congressos, e pesquisas de universidades e instituições variadas. No entanto, a discussão aprofundada dos impactos socioeconômicos destas tecnologias ainda é escassa. Esta discussão torna-se ainda mais importante em períodos de baixo crescimento econômico (FRANKHAUSER *et al.*, 2008; LEHR *et al.*, 2008).

Entre os principais benefícios socioeconômicos trazidos pelas energias renováveis podem ser citados: a inovação tecnológica, o *leapfrogging*<sup>3</sup> e o desenvolvimento industrial; a geração distribuída e a universalização do acesso à energia; o desenvolvimento regional e local, principalmente em zonas rurais; e a criação de empregos. Estes benefícios encontram-se detalhados a seguir.

### **2.1.1. Inovação tecnológica, *leapfrogging* e desenvolvimento industrial**

Segundo Laitner *et al.* (1998), análises de políticas climáticas e energéticas não levam em conta a dinâmica da inovação tecnológica, ao associar frequentemente a redução no consumo de energia e nas emissões de GEE com perdas econômicas. Pelo contrário, a inovação e a difusão de tecnologias limpas e eficientes podem levar a ganhos líquidos na economia. A inovação tecnológica deve ser vista além do horizonte imediato, e deve ser incentivada por políticas que reduzam as barreiras institucionais e de mercado para novas tecnologias. Como exemplo de políticas fundamentais para o incentivo à inovação tecnológica, os autores ressaltam metas obrigatórias para energias renováveis, investimento massivo em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e atividades de educação e disseminação da informação, e incentivos de mercado para reduzir o custo de novas tecnologias e acelerar a sua produção comercial.

A inovação tecnológica faz com que negócios tradicionais ganhem competitividade e, muitas vezes, reduzam custos com a utilização mais eficiente dos recursos. De acordo com o Programa da Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), estas práticas serão incorporadas cada vez mais a todos os processos de produção, e a inovação será essencial para conservar empregos existentes, além de criar novos postos de trabalho (UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008).

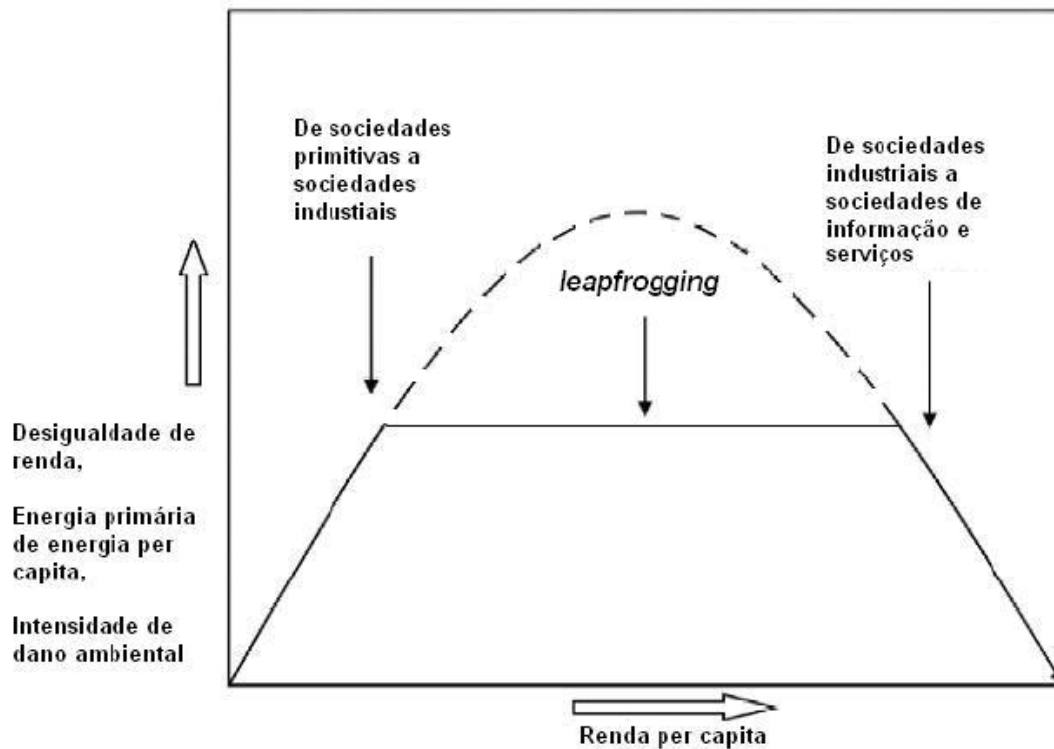
---

<sup>3</sup> O conceito de *leapfrogging* está definido no próximo item.

Frankhauser *et al.* (2008) argumentam que a inovação tecnológica e a criação de novas oportunidades para investimento e crescimento econômico são consequências das políticas climáticas. As mudanças tecnológicas e inovação, no longo prazo, aumentariam a demanda por trabalho e qualificação. Os autores ainda ressaltam o papel de boas políticas direcionadas a favorecerem a inovação tecnológica. Neste contexto, os países pioneiros no desenvolvimento de tecnologias limpas têm potencial para a liderança regional. Os autores utilizam o caso da Alemanha, a qual hoje se posiciona como líder em exportação de tecnologias limpas.

As tecnologias de energia renovável são intensivas em capital, e a maior parte do investimento concentra-se na fase inicial do projeto – o custo dos equipamentos corresponde a até 75% do investimento total de um parque eólico (RÍO; BURGUILLO, 2008). Assim, implantação de projetos de energias renováveis tende a oferecer oportunidade para o desenvolvimento de indústrias de equipamentos para consumo interno e até mesmo para a exportação (BERGMANN *et al.*, 2006; FRANKHAUSER *et al.*, 2008; TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011).

Em países em desenvolvimento é comum verificar consumo de energia *per capita* menor que em países desenvolvidos, uma vez que estes países encontram-se em fase de desenvolvimento e expansão da produção de bens e serviços, assim como redução de desigualdades ao acesso à energia. A incorporação de tecnologias de energias renováveis e eficiência energética no início do processo de desenvolvimento acelera a eficiência na utilização de recursos, contrapondo o pensamento de que, para haver desenvolvimento, é preciso que ocorram impactos ambientais (GOLDEMBERG, 1998). A adoção de energias renováveis em projetos de desenvolvimento pode cumprir os objetivos dos países sem passar pela intensidade de consumo de combustíveis fósseis com que foi marcado o crescimento de países desenvolvidos (ZERRIFFI; WILSON, 2010). A este efeito se dá o nome de *leapfrogging*, que pode ser visualizado na figura 6.



**Figura 6 – Curva de Kuznets para os impactos ambientais e estágios de desenvolvimento e o conceito de *leapfrogging***

Fonte: (GOLDEMBERG; LUCON, 2007)

Países em desenvolvimento são dependentes de tecnologia produzida, aplicada e utilizada em países desenvolvidos. A importação de equipamentos utilizados e/ou de baixa eficiência é uma prática comum e pode desacelerar a transição para a inserção de tecnologias mais eficientes, tornando os custos reais destas importações mais altos que o valor dos equipamentos (JOCHER; MADLENER, 2003).

A transferência de tecnologia de países desenvolvidos para países em desenvolvimento deve considerar três características. A primeira é a ausência de conflitos comerciais e a possibilidade de que os acordos sejam benéficos para ambas as partes. A segunda é a existência de legislação nos países em desenvolvimento que garantam remuneração justa para as patentes. A terceira é a disponibilidade de infraestrutura local e de mão de obra qualificada para a absorção da tecnologia (GOLDEMBERG, 1998). Os limites à adoção de tecnologias novas por países em desenvolvimento devem ser identificados e avaliados para o planejamento de estratégias para acelerar o *leapfrogging* (GALLAGHER, 2006).

São necessárias políticas para a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes na economia, já que a adoção destas tecnologias depende da capacidade dos indivíduos de adaptação a estas tecnologias e de tomar medidas que resultem em riscos econômicos e do desejo de modificar os processos de produção e consumo (MURPHY, 2001).

Os riscos são inerentes à inovação. Riscos desnecessários podem ser evitados ao se focar na adoção de tecnologias que se ajustem a objetivos específicos de desenvolvimento, à formação de parcerias entre empresas de países desenvolvidos e em desenvolvimento, e a elaboração de projetos multilaterais, onde instituições de desenvolvimento assumam parte dos riscos. (GOLDEMBERG, 1998).

### **2.1.2. Geração distribuída e acesso à energia**

Além da segurança energética e da busca por fontes de energia que reduzam as emissões de GEE, um desafio para o setor energético é aumentar o acesso à energia. Atualmente cerca de 1,5 bilhão de pessoas não possuem acesso à eletricidade – cerca de 20% da população mundial – e a maioria encontra-se em áreas rurais. 99,7% destas pessoas são habitantes de países em desenvolvimento. O impacto da universalização do acesso à energia elétrica a populações rurais será considerável, uma vez que esta energia é fundamental para o fornecimento de água potável, saneamento e serviços de saúde, assim como serviços residenciais de iluminação, refrigeração e telecomunicação (IEA, 2010).

O conceito de *leapfrogging* incorpora tanto produtos como processos. Em áreas rurais, por exemplo, o acesso à eletricidade deve ultrapassar diversas barreiras, como consumo baixo e disperso, distância da rede de distribuição de energia, e baixa possibilidade da população de arcar com os custos da energia (ZERRIFFI; WILSON, 2010). A construção de extensas linhas de transmissão pode ser inviável técnica e economicamente e, portanto, a incorporação de tecnologias de geração distribuída, como painéis fotovoltaicos, constitui uma opção para a universalização do acesso à eletricidade (GOLDEMBERG, 1998).

### 2.1.3. Desenvolvimento regional e local

A convergência entre os campos do planejamento energético e do desenvolvimento econômico pode ser visto em diversas políticas de energia, como no *American Recovery and Reinvestment Act of 2009*, cujo investimento previsto de 50 bilhões de dólares seria destinado tanto à inovação de tecnologias de geração de energia quanto à criação de empregos. A esta convergência se dá o nome de “desenvolvimento econômico baseado em energia” (*energy-based economic development*), e é um processo no qual diversos *stakeholders* colaboram para a formação de políticas de eficiência energética e de tecnologias de geração de energia de modo a contribuir para a criação e retenção de empregos e para o desenvolvimento econômico regional. Os principais objetivos desta nova disciplina são aumentar a autossuficiência e a diversificação energética, contribuir para o crescimento e o desenvolvimento econômico e para o desenvolvimento industrial, aumentar o empreendedorismo e incentivar a inovação tecnológica e aumentar o nível de emprego e a capacitação (CARLEY *et al.*, 2011).

O aumento da autossuficiência e da diversificação energética, em nível subnacional, amplia a competitividade regional e oferece potencial para a criação e retenção de empregos, principalmente quando o foco são as energias renováveis. Este aspecto inclui o desenvolvimento e implantação de tecnologias de energias de baixo carbono e de eficiência energética, a implantação de *smart grids*, o uso de geração distribuída, a utilização de fontes de energia que utilizem recursos e insumos locais ou regionais e o aumento do acesso à energia.

O crescimento econômico se refere à criação ou expansão de atividades econômicas, o que leva ao aumento do emprego e da renda, e ao aumento do PIB estadual e municipal, da oferta de bens e serviços e da arrecadação de impostos. O desenvolvimento econômico adiciona aspectos qualitativos ao foco quantitativo do crescimento econômico, como a diversificação da economia regional, capacitação da mão de obra, e melhoria da educação e da qualidade de vida. Nos Estados Unidos o desenvolvimento regional foca-se na especialização das atividades econômicas e do desenvolvimento industrial e na capacitação dos trabalhadores. É comum ver, por exemplo, políticas energéticas com objetivos voltados ao desenvolvimento industrial, como é o caso de políticas de incentivo às tecnologias de energias renováveis como a eólica, a solar e os biocombustíveis.

A criação de novos negócios é um aspecto chave para o desenvolvimento regional, incentivando principalmente pequenas e médias empresas. Devem ser implantadas políticas de incentivo ao empreendedorismo e à inovação para prover aos potenciais empreendedores a assistência técnica e o capital necessário para começar novos negócios e permitir a produção comercial de novos produtos. Estas políticas devem estar alinhadas com fortes políticas de incentivo a P&D.

Todos estes aspectos dependem da disponibilidade de trabalhadores capacitados. O aumento da capacitação deve permitir aos trabalhadores o alcance da qualificação necessária para cumprir os requisitos de emprego necessários pela implantação de novas tecnologias, ao mesmo tempo em que as empresas devem ter profissionais qualificados para aumentar sua competitividade. É fundamental para a capacitação a expansão de cursos e treinamentos em nível local e regional, de acordo com as demandas das empresas de energias renováveis, exigindo assim uma cooperação entre o planejamento público e privado da educação e as empresas.

A presença de projetos de energias renováveis em áreas rurais, principalmente áreas que carecem de desenvolvimento econômico, pode trazer diversos benefícios para a comunidade. Características socioeconômicas de muitas regiões, principalmente áreas rurais, faz com que seja vantajoso o investimento em tecnologias de energias renováveis. Podem ser citadas a dependência do crescimento econômico no setor de agricultura, onde muitas vezes o setor está em declínio; altas taxas de desemprego, falta de alternativas de desenvolvimento econômico e altas taxas de migração da população economicamente ativa. A redução do nível de desemprego e a melhora da qualidade dos empregos, a redução da pobreza e a participação social são aspectos que devem ser levados em conta para avaliar a sustentabilidade social. A implantação de projetos de energias renováveis, como oportunidade de criação de empregos e alternativa para o setor agrário, pode contribuir para o desenvolvimento rural (RÍO; BURGUILLO, 2008). Mesmo que o número de empregos criados em uma localidade não seja significativo para a economia, pode ser significativo para a região (RÍO; BURGUILLO, 2009)

Estudo feito por Bergmann *et al.* (2006) na Escócia mostrou que a população rural tem maior percepção dos benefícios sociais das energias renováveis que a população rural, principalmente a geração de empregos. As usinas de geração de energias renováveis são frequentemente menores e mais dispersas que usinas tradicionais, e por este motivo encontram-se muitas vezes situadas em áreas rurais de baixa densidade demográfica.

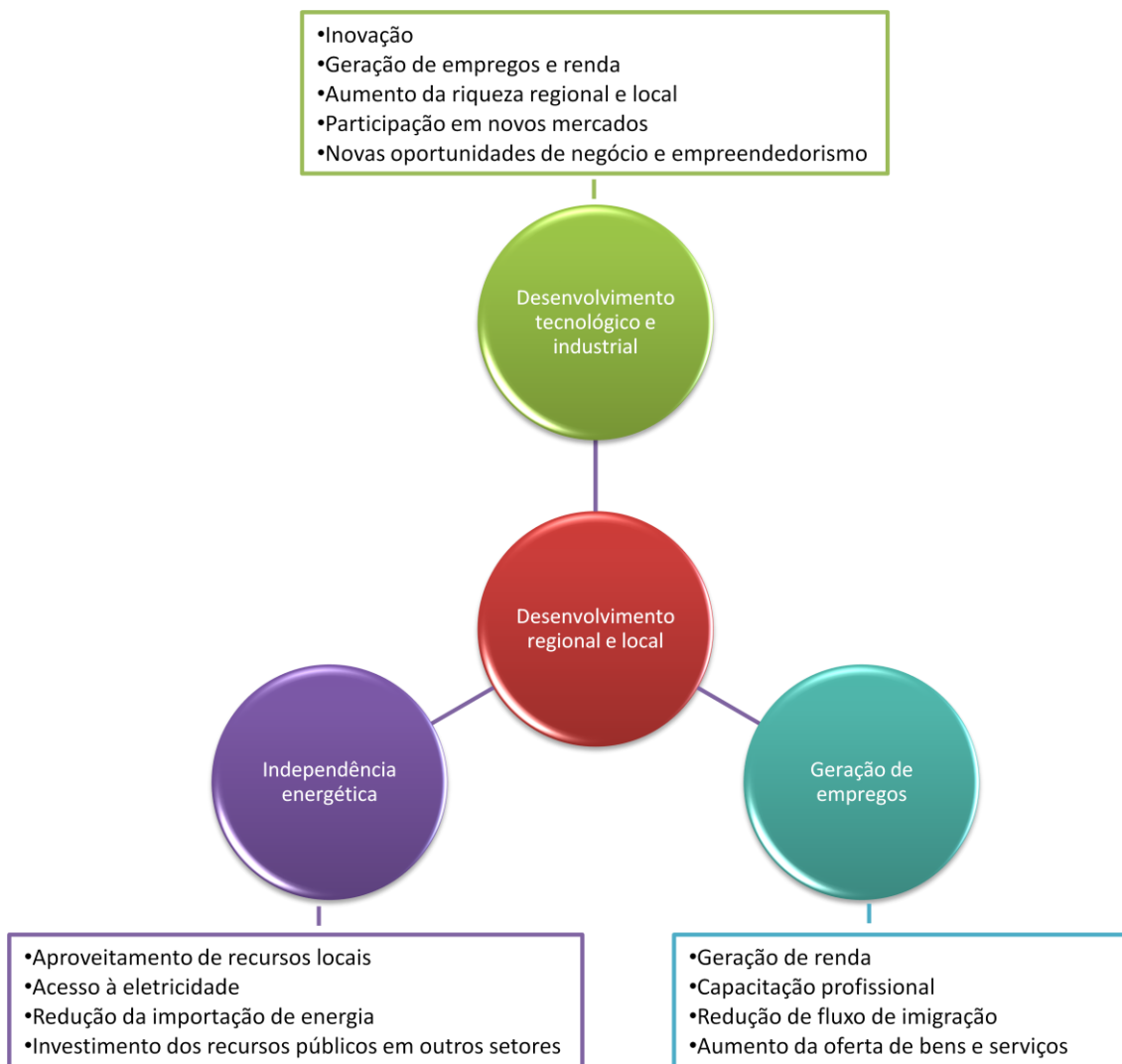
Devido a esta característica, a construção destas usinas demanda maior quantidade de mão de obra, e gera potencial para a capacitação e emprego de populações rurais em diversas localidades (NGUYEN, 2007). Além da geração de empregos na construção, a maioria destes de caráter temporário, há oportunidades de empregos na operação e manutenção das usinas, em menor número, mas de longa duração.

Outro aspecto importante é também o aluguel de terras, principalmente por parques eólicos. Devido ao fato de que os aerogeradores ocupam apenas uma pequena fração da área, o dinheiro arrecadado pelo arrendamento da área pode ser investido para outras atividades produtivas na propriedade (RÍO; BURGUILLO, 2008; SIGH; FEHRS, 2001).

Além dos proprietários de terras diretamente envolvidos com a implantação das usinas e os trabalhadores na construção e O&M, outros atores locais podem ser beneficiados com os projetos de energias renováveis. Durante o período de construção, há um aumento na demanda por bens e serviços para o volume de pessoas envolvidas na obra, como por exemplo, hospedagem e alimentação. Fornecedores de bens e serviços dentro das comunidades podem ser beneficiados com a construção do projeto, e aumentar a renda total da comunidade, além de criar oportunidades de empregos temporários fora da obra. Dependendo do projeto, também podem haver compensações às comunidades, como reforma de escolas e de infraestrutura pública, fornecimento de energia elétrica a custo reduzido, construção de bibliotecas, entre outros (RÍO; BURGUILLO, 2008).

Uma síntese dos benefícios do desenvolvimento regional e local trazido pelo investimento em fontes renováveis de energia está ilustrada na figura 7.





**Figura 7 - Aspectos do desenvolvimento regional e local das energias renováveis**

Fonte: Elaboração própria a partir de (SIGH; FEHRS, 2001; RÍO; BURGUILLO, 2008; LLERA SASTRESA *et al.*, 2010; CARLEY *et al.*, 2011)

Apesar do potencial de trazer diversos benefícios para o desenvolvimento local e regional, o incentivo às fontes renováveis de energia não deve ser considerado como uma política de desenvolvimento, mas é uma política que, se aplicada em conjunto com outras políticas sociais, poderá trazer imensa colaboração para o desenvolvimento destas comunidades (RÍO; BURGUILLO, 2009).

#### 2.1.4. Criação de empregos

A geração de empregos é um aspecto chave para a avaliação do desenvolvimento econômico em uma região. No entanto, a maioria dos estudos anteriores focados nos benefícios sociais das energias renováveis avaliam apenas no número de empregos gerados, sem levar em conta a sua qualidade (LLERA SASTRESA *et al.*, 2010). Deve-se ter em mente que a simples quantificação dos empregos gerados não é um indicador suficiente para a tomada de decisões. A qualidade dos empregos e a eficiência do serviço final buscado pela tecnologia devem estar presentes na formulação de políticas. Um bom exemplo é a mecanização de atividades de fabricação e construção, que demandam menor quantidade de trabalhadores, mas oferece ganhos de escala e produtividade (PHARES, 2009). Outro exemplo é a comparação entre a cultura da cana-de-açúcar e da soja, ambas utilizadas para a produção de biocombustíveis. Enquanto a primeira gera mais empregos, a segunda oferece empregos mais qualificados (MORAES *et al.*, 2010). A tomada de decisões para a formulação de políticas e para o planejamento, portanto, deve ser realizada levando em conta indicadores integrados, que permitam obter maiores ganhos econômicos, sociais e ambientais.

Um conceito que vem ganhando espaço nas discussões de benefícios sociais e econômicos em uma economia de baixo carbono é o de empregos verdes, ou *Green Jobs*. Segundo o PNUMA, empregos verdes são aqueles que contribuem substancialmente para preservar ou recuperar a qualidade ambiental. Estes empregos estão localizados em diversos setores da economia, e incluem empregos em eficiência energética, tecnologias limpas, eficiência na utilização de recursos naturais, e em atividades de baixa emissão de GEE. No entanto, a simples criação de empregos nestes setores não os caracteriza como empregos verdes, devendo eles oferecer condições decentes de trabalho, como salários adequados, segurança e cumprir com os direitos trabalhistas. Existem milhões de empregos nas indústrias de energias renováveis que oferecem condições degradantes, falta de equipamentos de segurança e longas jornadas de trabalho, os quais não podem ser considerados “verdes” (UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008).

Enquanto a economia se orienta para maior sustentabilidade, os empregos serão afetados de quatro maneiras diferentes. Primeiro, serão criados empregos adicionais, principalmente na produção e oferta de novos produtos e serviços. Em seguida, alguns

empregos serão substituídos, devido à mudança de tecnologias e recursos, p. ex., trabalhadores e empresas ligadas a combustíveis fósseis poderão migrar para energias renováveis. Alguns empregos serão perdidos, sem substituição direta. Finalmente, alguns empregos existentes, como empregos na construção, irão simplesmente transformar-se, ajustando-se às exigências de uma economia mais sustentável (UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008).

Diferentemente desta análise, Hillelbrand *et al.* (2006) identificam apenas dois momentos nos quais os empregos serão afetados por políticas de energias renováveis, em especial baseada em subsídios governamentais. Os autores identificam um primeiro momento de “euforia”, no qual haveria um grande aumento no número de empregos, devido principalmente aos altos investimentos, produção de equipamentos, e construção de usinas e infraestrutura. Porém, os incentivos poderão levar à contratação de fontes renováveis além de um equilíbrio econômico, gerando aumento no preço da energia. Assim, ao serem diminuídos os investimentos nessas fontes em longo prazo, poderá haver um período de contração, onde os empregos gerados pelas energias renováveis não compensarão a perda de empregos pela queda da produção levada pelo encarecimento da energia. No entanto, esta visão não incorpora a tendência mundial de intensificação no uso de fontes renováveis de energia, que deverá, em curto prazo, aumentar o custo da energia em nível internacional.

A discussão sobre a geração de empregos pelas energias renováveis, que ganhou força no início da década de 2000, teve início devido às incertezas sobre a efetividade econômica de políticas de energias renováveis e seus efeitos sobre a economia, principalmente aquelas baseadas em fortes subsídios governamentais. Este assunto é ainda palco de relevantes discussões. A análise sobre efeitos líquidos das políticas de energias renováveis sobre os empregos no restante da economia, porém, ainda é escassa.

Lehr *et al.* estudaram o efeito dos incentivos às energias renováveis na economia da Alemanha, chegando a resultados positivos, onde seriam criados mais de 300 mil empregos na economia do país entre 2005 e 2030, mas ressaltam o papel da indústria voltada à exportação para atingir os efeitos positivos na economia em longo prazo. Ziegelmann (2000) cita ainda a geração adicional de empregos devido à substituição da importação de energéticos por tecnologias renováveis fabricadas e instaladas no país como fator para o balanço positivo nos empregos. Um estudo feito nos Estados Unidos mostrou que, devido à maior intensidade de geração de empregos por unidade de

energia produzida pelas energias de baixo carbono em relação às formas tradicionais de energia – gás natural e carvão – o efeito líquido ao adotar uma política agressiva de redução de emissões de GEE no setor energético levaria à criação de 4 milhões de empregos-ano<sup>4</sup> entre 2009 e 2030 (WEI *et al.*, 2010). Conclusão semelhante foi atingida em estudo sobre o impacto no nível de emprego das metas de adoção de energias renováveis na Grécia (TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011).

Cai *et al.* (2011) perceberam que, ao contabilizar os efeitos diretos no emprego pelas políticas de mitigação adotadas pela China, entre os anos de 2006 e 2009 houve perda de 44 mil postos de trabalho no setor de geração de energia elétrica. No entanto, verificaram que as tecnologias de energias renováveis têm maior efeito nos empregos indiretos, e houve um ganho líquido de 457 empregos na economia entre 2006 e 2010, principalmente pela instalação de painéis fotovoltaicos. Os autores chegaram à conclusão de que a cada 1% de aumento na instalação de energia solar fotovoltaica, contabilizou-se 0,68% de aumento no emprego líquido no país no ano de 2010.

Além de contabilizar a geração de empregos pelas tecnologias, muitos autores focam seus estudos nos impactos da geração de empregos em nível nacional ou regional.

Del Río e Burguillo (2008, 2009) trazem à discussão o papel das energias renováveis na sustentabilidade local, como forma de trazer benefícios a populações residentes em áreas rurais, às quais são oferecidas, no geral, oportunidades limitadas de emprego e crescimento econômico. Llesa Sastresa *et al.* (2010) consideram a criação de empregos como o ponto de partida para a avaliação do desenvolvimento de uma região, uma vez que apresenta múltiplas conexões e repercussões nas áreas social, ambiental, econômica e tecnológica.

Moreno e López (2008) analisaram os efeitos da indústria das energias renováveis sobre os empregos gerados na província de Astúrias, na Espanha. As autoras incluem à análise quantitativa dos empregos gerados os perfis profissionais exigidos pelas diferentes indústrias e a necessidade de capacitação dos profissionais para a demanda futura de empregos no setor. Com isso, enfatizam a importância da qualificação dos trabalhadores, particularmente relevante na criação de oportunidades de trabalho local.

---

<sup>4</sup> Empregos-ano é uma medida que indica o número de postos de trabalho ocupados para a atividade durante o período de um ano. É muitas vezes aplicada para empregos temporários. Um mesmo trabalhador, se permanece durante cinco anos em um mesmo posto de trabalho, terá ocupado 5 “empregos-ano” nesta atividade.

Cai *et al.* (2011) também citam a importância da capacitação para sustentar os empregos gerados por estas tecnologias.

Portanto, além da quantificação dos empregos, deve-se atentar também para os efeitos da implantação de tecnologias renováveis na economia, aos impactos sociais e econômicos que estas tecnologias podem gerar no local de implantação, e aos gargalos tecnológicos e de capacitação que o setor de energias renováveis pode apresentar.

## 2.2. Geração de empregos pela energia eólica

Estudos com empresas do setor eólico na União Europeia mostraram a falta de profissionais qualificados, principalmente em posições que demandam maior nível de capacitação (EWEA, 2008; BLANCO; RODRIGUES, 2009).

Podem-se agrupar os empregos gerados pela energia eólica e outras energias renováveis em três categorias, de acordo com características de volume de empregos gerados, localização dos mesmos, natureza temporal e nível de especialização. A primeira categoria se refere a empregos gerados em desenvolvimento tecnológico, e incluem P&D e fabricação de equipamentos. A segunda categoria se refere a empregos na instalação e descomissionamento de usinas, e incluem planejamento, gestão de projetos, transporte e construção de usinas. A terceira categoria é a de operação e manutenção (O&M), e inclui, além dos próprios serviços de O&M da usina, a geração e distribuição de energia. As características encontram-se resumidas na tabela 1.

**Tabela 1 – Classificação dos empregos na energia eólica e suas características**

Categoria	Volume de empregos	Localização dos empregos <sup>(1)</sup>	Natureza temporal	Nível de especialização
<b>Desenvolvimento tecnológico</b>	Médio	De não-local para local	Estável	Muito alta
<b>Instalação e descomissionamento</b>	Alto	De local para não-local	Temporário	Alta
<b>Operação e manutenção</b>	Baixo	Local	Estável	Média

(1) De maior para menor probabilidade

Fonte: (LLERA SASTRESA *et al.*, 2010)

Para melhorar a geração de empregos locais, são necessárias duas abordagens. A primeira é a busca por inovação, que ao trazer o desenvolvimento tecnológico para o nível regional, cria empregos estáveis e de alta qualificação. A segunda abordagem é o investimento em capacitação, para aumentar o número de trabalhadores locais em instalação e descomissionamento, com o fim de diminuir a quantidade de trabalhadores trazidos de outros locais. O treinamento dos trabalhadores é um ponto chave para o desenvolvimento das energias renováveis. Além de aumentar o volume de mão de obra local, a qualificação se torna um ativo adicional para as empresas, aumentando sua competitividade e favorecendo novas oportunidades de investimento e negócios (LLERA SASTRESA *et al.*, 2010).

Ao mesmo tempo, devido a que grande parte dos empregos gerados pela energia eólica é de caráter temporário, ou seja, no momento inicial do projeto, deve haver políticas para aumentar ou pelo menos manter o volume de projetos instalados a cada ano.

Seguindo classificação proposta acima, podem ser definidos os serviços prestados e qualificações necessárias para cada categoria.

### **2.2.1. Desenvolvimento tecnológico**

Os empregos gerados pelo desenvolvimento tecnológico são divididos em duas categorias: empregos em P&D, tanto nas empresas fabricantes de componentes quanto em instituições variadas; e empregos para a fabricação dos componentes. Os empregos nesta etapa ocorrem geralmente afastados do local de implantação dos projetos, ou mesmo fora do país, no caso de importação de equipamentos e de tecnologias.

Fica claro, portanto, a necessidade de investimentos em P&D e inovação tecnológica, e de uma política de desenvolvimento industrial que atraia os fabricantes de equipamentos para aumentar o conteúdo nacional.

Tais atividades e qualificações necessárias encontram-se resumidos na tabela 2.

**Tabela 2 – Serviços prestados e perfis profissionais ligados à atividade de desenvolvimento tecnológico para a energia eólica**

Tipo de empresa	Área de atuação	Principais perfis profissionais exigidos
<b>Consultorias, entidades legais, instituições financeiras, empresas de engenharia, seguradoras, centros de pesquisa, entre outros</b>	Pesquisa, desenvolvimento de tecnologia e divulgação de informações relacionadas à energia eólica	Programadores e meteorologistas para análise de regime de ventos e previsões de geração de energia; Engenheiros especializados em aerodinâmica, dinâmica de fluidos e outras áreas de P&D; Engenheiros ambientais; Especialistas em política energética; Especialistas em inquéritos sociais, treinamento e comunicação; Financistas e economistas; Advogados especializados em energia e questões ambientais;
		Pessoal de marketing e organização de eventos. Engenheiros químicos, eletricitistas, mecânicos e de materiais altamente qualificados, que lidem com P&D, design de produtos, gestão e controle de qualidade do processo produtivo; Trabalhadores qualificados para a cadeia de produção; Especialistas em saúde e segurança do trabalho; Pessoal técnico para O&M e reparo de turbinas eólicas; Outro pessoal de suporte, como corpo administrativo, gerentes de vendas, marketing, contadores, entre outros.
<b>Fabricantes</b>	Fabricação de turbinas eólicas, incluindo fabricação dos principais componentes e fábricas de montagem	Pessoal de marketing e organização de eventos. Engenheiros químicos, eletricitistas, mecânicos e de materiais altamente qualificados, que lidem com P&D, design de produtos, gestão e controle de qualidade do processo produtivo; Trabalhadores qualificados para a cadeia de produção; Especialistas em saúde e segurança do trabalho; Pessoal técnico para O&M e reparo de turbinas eólicas; Outro pessoal de suporte, como corpo administrativo, gerentes de vendas, marketing, contadores, entre outros.
		Pessoal de marketing e organização de eventos. Engenheiros químicos, eletricitistas, mecânicos e de materiais altamente qualificados, que lidem com P&D, design de produtos, gestão e controle de qualidade do processo produtivo; Trabalhadores qualificados para a cadeia de produção; Especialistas em saúde e segurança do trabalho; Pessoal técnico para O&M e reparo de turbinas eólicas; Outro pessoal de suporte, como corpo administrativo, gerentes de vendas, marketing, contadores, entre outros.

Fonte: (EWEA, 2008)

Não há muita literatura sobre a geração de emprego em P&D. Levantamento feito pela Associação Europeia de Energia Eólica (EWEA, 2008) mostra que há falta de profissionais capacitados para atender à demanda em instituições de pesquisa e tecnologia, devido ao alto nível de especialização necessário. Estudo realizado por Alfano *et al.* (2003) mostram que os principais trabalhos de P&D são realizados por empresas de produção de energia e de equipamentos, instituições de pesquisa públicas ou privadas, universidades e instituições de ensino tecnológico e empresas de consultoria. Os perfis profissionais mais atrativos para este tipo de atividade seriam de profissionais com ensino superior e pós-graduação.

Empregos voltados à produção de equipamentos, por outro lado, são mais bem abordados. A qualificação necessária é, geralmente, alta, mas não há tanta dificuldade para a contratação. No geral, a maior demanda de profissionais é de nível técnico, com

habilidades em mecânica, elétrica e eletrônica, similar a outras atividades industriais, os quais recebem treinamento adicional dentro da própria empresa. Também são necessários engenheiros industriais e de produção para a supervisão das atividades e profissionais especializados em saúde e segurança do trabalho.

### 2.2.2. Instalação e descomissionamento

As atividades de instalação e descomissionamento de parques eólicos incluem o desenvolvimento de projetos, a construção e o descomissionamento das usinas. Este último aspecto não é bem coberto nos estudos de empregos. Porém, as atividades realizadas nesta etapa podem ser comparadas com aquelas realizadas durante a construção da usina e, portanto, os profissionais envolvidos podem apresentar os mesmos requisitos de qualificação. Os empregos gerados no desenvolvimento de projetos normalmente ocorrem fora do local de instalação da usina, enquanto os empregos gerados na construção e descomissionamento tendem a ter participação de mão de obra local.

As atividades e qualificações necessárias durante esta etapa encontram-se resumidos na tabela 3.

**Tabela 3 - Serviços prestados e perfis profissionais ligados à atividade de instalação e desinstalação de parques eólicos**

<b>Tipo de empresa</b>	<b>Área de atuação</b>	<b>Principais perfis profissionais exigidos</b>
<b>Desenvolvedores</b>	Desenvolvimento de projetos eólicos, como planejamento, licenciamento e construção	Gestores de projetos (engenheiros, economistas) para coordenação das atividades; Engenheiros ambientais e especialistas afins para avaliar os impactos ambientais de parques eólicos; Programadores e meteorologistas para previsões e modelagem da produção de energia eólica; Advogados e economistas para lidarem com aspectos legais e financeiros do desenvolvimento de projetos; Outro pessoal de suporte, como corpo administrativo, gerentes de vendas, marketing, contadores, entre outros.

*Continua...*



*Tabela 3 – Serviços prestados e perfis profissionais ligados à atividade de instalação e desinstalação de parques eólicos - continuação*

Tipo de empresa	Área de atuação	Principais perfis profissionais exigidos
<p><b>Construção e desinstalação de usinas<sup>5</sup></b></p>	<p>Construção dos parques eólicos</p>	<p>Engenheiros civis e eletricitas para coordenar o trabalho de construção;</p> <p>Especialistas em saúde e segurança do trabalho;</p> <p>Especialistas em transporte de materiais pesados;</p> <p>Eletricitas;</p> <p>Pessoal técnico especializado em instalação de turbinas eólicas;</p> <p>Trabalhadores semi-qualificados ou pouco qualificados para o processo de construção;</p> <p>Outro pessoal de suporte, como corpo administrativo, gerentes de vendas, marketing, contadores, entre outros.</p>

Fonte: (EWEA, 2008)

O desenvolvimento de projetos é uma etapa que requer grande especialização dos profissionais envolvidos e, ao mesmo tempo, é um processo interdisciplinar. O desenvolvimento de um projeto de energia eólica envolve a escolha e arrendamento de áreas, avaliação de recursos, análise da viabilidade técnica e econômica, revisão dos aspectos técnicos, legais e financeiros, desenho do parque eólico, e o planejamento de sua construção e operação. É durante esta etapa que são realizados os estudos de impactos ambientais e o licenciamento junto a órgãos competentes. São necessários profissionais de áreas diversas, como economia e finanças, direito, engenharias, ciências biológicas e ambientais, entre outros.

As principais atividades durante esta etapa são a de planejamento de projetos, avaliação de impactos ambientais e licenciamento, avaliação de recursos, avaliação da viabilidade técnica, legal e financeira do projeto, levantamento de recursos financeiros e negociação de contratos e gestão e auditoria de projetos (ALFANO *et al.*, 2003)

Durante a construção de um parque eólico, uma grande parte dos postos de trabalho é ocupada por trabalhadores da construção civil, técnicos de instalação de aerogeradores e

<sup>5</sup> O estudo original (EWEA, 2008) não contém informações sobre profissionais ligados à desinstalação de parques eólicos. Foi assumido que as demandas profissionais são as mesmas que para a construção de usinas.

operadores de guindaste, além de profissionais de segurança do trabalho. São necessários também engenheiros de supervisão e coordenação da obra. A construção de parques eólicos envolve o transporte e armazenamento dos equipamentos (pás, torres e nacelles); a remoção da vegetação; a abertura de vias, acessos e plataformas; a remoção de solo e concretagem das bases e fundações dos aerogeradores; a montagem dos aerogeradores; o cabeamento e a conexão dos aerogeradores às subestações, além da construção da infraestrutura necessária para a operação do parque.

O descomissionamento de parques eólicos envolve a remoção das estruturas sobre o nível do solo (aerogeradores, transformadores, redes coletoras e subestação), remoção das estruturas sob o solo (fundação dos aerogeradores), restauração do solo, reflorestamento e período de dois anos para o monitoramento e remediação da área (AMERICAN CONSULTING PROFESSIONALS OF NEW YORK, PLLC, 2009).

### **2.2.3. Operação e manutenção**

As atividades envolvidas nesta categoria incluem tanto a própria operação e manutenção da usina, quanto a geração e venda da energia produzida. Os empregos na etapa de operação e monitoramento diário da usina são empregos locais, enquanto que a operação e monitoramento remoto, serviços especializados de manutenção e a venda da energia geram empregos geralmente fora do local de implantação do projeto.

As atividades e perfis profissionais exigidos durante estas etapas encontram-se resumidos na tabela 4.

Os postos de trabalho ocupados em O&M incluem a supervisão de operação, a operação local e inspeção geral do parque, que requerem baixa qualificação; a manutenção técnica preventiva, serviços de emergência e reparo de componentes danificados, e a operação e monitoramento remoto do desempenho do parque eólico (ALFANO *et al.*, 2003).

**Tabela 4 - Serviços prestados e perfis profissionais ligados à atividade de operação e manutenção de parques eólicos**

Tipo de empresa	Área de atuação	Principais perfis profissionais exigidos
<b>Reparo e O&amp;M</b>	Operação, inspeções regulares e atividades de reparo em parques eólicos	Pessoal técnico para O&M e reparo de turbinas eólicas; Especialistas em meio ambiente; Especialistas em saúde e segurança do trabalho; Especialistas em transporte de materiais pesados; Eletricistas; Outro pessoal de suporte, como corpo administrativo, gerentes de vendas, marketing, contadores, entre outros.
<b>Concessionárias de energia</b>	Operação dos parques eólicos e venda da eletricidade produzida	Financiadores, vendedores e pessoal de marketing para vender a energia produzida; Outro pessoal de suporte, como corpo administrativo, gerentes de vendas, marketing, contadores, entre outros.

Fonte: (EWEA, 2008)

Um relatório sobre o desenvolvimento de força de trabalho para as energias renováveis (HARDCASTLE *et al.*, 2009) revelou que as habilidades fundamentais para o trabalho de técnicos de manutenção de aerogeradores são, em grande parte, as mesmas encontradas por profissionais de manutenção de outras fontes de energia e também de diversos setores da indústria. Segundo o relatório, ainda, a maior preocupação dos empregadores seria na capacitação de técnicos para atender à demanda futura trazida pelo rápido crescimento previsto para a energia eólica nos próximos anos. Os técnicos em manutenção de aerogeradores devem possuir conhecimentos de ambos os campos de elétrica e mecânica. O reparo de componentes exige ainda conhecimentos de eletrônica. O técnico de manutenção e reparo de turbinas eólicas deve estar treinado e capacitado física e psicologicamente para os riscos de sua profissão, que inclui trabalhar em alturas elevadas e em ambientes de baixo conforto térmico e ambiental. O nível de capacitação deste trabalho é técnico, mas especializado em sistemas mecânicos e elétricos. O trabalho técnico pode ser dividido em técnicos de manutenção, que realizam os serviços de rotina, e em especialistas ou técnicos de campo, que realizam serviços especializados de emergência, e que possuem maior nível de capacitação.

### **2.3. Metodologias de quantificação dos empregos em energias renováveis**

A avaliação da geração de empregos pelas tecnologias de energias renováveis tem estado cada vez mais em voga. Esta análise se dá através quantificação dos empregos existentes na economia em números absolutos, podendo ser aplicada em cenários de crescimento ou na elaboração de índices de geração de emprego por capacidade de geração de energia instalada.

A quantificação de empregos na economia é comumente realizada por meio de duas metodologias: métodos analíticos baseados em dados coletados através de questionários e entrevistas estruturadas com agentes do setor, e por meio de matriz insumo-produto.

A seguir encontram-se detalhadas estas metodologias.

#### **2.3.1. Métodos analíticos**

A coleta de dados por meio de questionários e entrevistas com agentes do setor é o ponto de partida para a determinação dos empregos gerados pelas empresas e indústrias do setor estudado.

O primeiro passo para a realização da análise é a delimitação do escopo do estudo, ou seja, a escolha das atividades a serem incorporadas. Não há uma classificação oficial e, portanto, podem ser identificadas diferenças nos resultados de estudos desenvolvidos para uma mesma tecnologia<sup>6</sup>. O segundo passo é a delimitação da amostra a ser estudada.

O questionário a ser aplicado deve ser corretamente elaborado, com perguntas diretas, pertinentes e facilmente entendidas pelos participantes. No entanto, a quantidade de respostas obtidas tende a ser substancialmente menor que a amostra escolhida, e frequentemente os resultados devem ser completados com dados secundários, como relatórios de empresas e estudos de associações. Estas informações secundárias devem ser analisadas de maneira crítica, uma vez que sua validade depende da confiabilidade dos dados e de sua atualização (BLANCO; RODRIGUES, 2009).

---

<sup>6</sup> Esta diferença entre o escopo de diferentes estudos encontra-se detalhada no item 2.4.

A transparência da fonte dos dados utilizados é de extrema importância para a análise dos resultados do estudo. Ao mesmo tempo em que dados primários são mais confiáveis que dados secundários, informações fornecidas pelas próprias empresas ou por associações de empresas podem refletir seus interesses comerciais. Outras variáveis analisadas também devem ser bem definidas e identificadas, como setores considerados, estágio de desenvolvimento da tecnologia estudada, tamanho das instalações consideradas<sup>7</sup> e a qualidade dos empregos gerados (LLERA SASTRESA *et al.*, 2010).

As principais vantagens da utilização deste método são a obtenção de dados primários e de dados qualitativos, além da maior facilidade de interpretação dos resultados. Porém, este método contabiliza apenas empregos diretos, e não permite verificar os efeitos líquidos na economia (p. ex. os empregos gerados na cadeia de insumos e a perda de empregos no setor de combustíveis fósseis).

Como exemplos de estudos de utilização de métodos analíticos para a quantificação de empregos em tecnologias de energias renováveis, podem ser citados o estudo de diversas tecnologias renováveis nos Estados Unidos, por Sigh e Fehrs (2001), e o estudo do setor de energia eólica na União Europeia, por Blanco e Rodrigues (2009).

### **2.3.2. Matriz Insumo-Produto**

A metodologia de matriz insumo-produto (MIP)<sup>8</sup> permite a visão da cadeia produtiva de um produto ou processo, contabilizando insumos e serviços consumidos durante a etapa de produção e a relação entre os diferentes setores da economia.

A utilização deste modelo permite quantificar tanto a geração de empregos diretos quanto indiretos, estes últimos sendo considerados os empregos gerados pelas outras atividades ligadas à cadeia de suprimentos de bens e serviços da tecnologia avaliada. Podem ser também quantificados os empregos induzidos, que são aqueles gerados na economia pelo efeito-renda, ou seja, ao aumentar a renda pela criação de empregos diretos e indiretos.

---

<sup>7</sup> Há estudos que consideram a totalidade dos empregos gerados no país, como por exemplo estudo desenvolvido por Blanco e Rodrigues (2009) para o setor eólico na União Europeia, enquanto outros estudos focam-se em empreendimentos específicos, como Sigh e Fehrs (2001).

<sup>8</sup> A metodologia de matriz insumo-produto encontra-se descrita no item 3.1.3.

No entanto, modelos de insumo-produto são de elaboração mais complexa, devido ao nível de detalhamento dos dados necessários para a produção destes modelos, e mais complexos de serem interpretados. Outra desvantagem da MIP refere-se à indisponibilidade de dados desagregados e consideram, portanto, tecnologias e produtos dentro de um mesmo setor como sendo homogêneos (BLANCO; RODRIGUES, 2009; WEI *et al.*, 2010). As MIP são geralmente baseadas em informações oficiais, o que pode resultar em resultados subestimados em países com alto nível de emprego informal.

Como exemplos de estudos de utilização de modelos de insumo-produto para quantificar os empregos gerados por energias renováveis, podem ser citados os estudos do setor eólico na Alemanha por Lehr *et al.* (2008), e das políticas de implantação de energias renováveis nos Estados Unidos por Pollin *et al.* (2008) e na Grécia por Tourkalias e Mirasgedis (2011).

### **2.3.3. Combinação de questionários com modelos de insumo-produto**

A quantificação de empregos por qualquer uma destas metodologias acarreta em uma dificuldade para a avaliação de impactos no nível de emprego por indústrias de tecnologias limpas em países em desenvolvimento. Isso se dá pelo alto nível de informalidade no emprego, e pelo fato de que tais metodologias não captam os efeitos da inovação industrial (WEI *et al.*, 2010).

A utilização das metodologias combinadas oferecem a vantagem de captar tanto efeitos diretos como indiretos e reduzir incertezas quanto à informalidade dos empregos, além de contabilizar tanto os impactos quantitativos como qualitativos. A coleta dos dados primários junto às empresas fornece não só os empregos diretos nos setores de energias renováveis – fabricação de equipamentos, construção, operação e manutenção – quanto a quantidade e a procedência dos insumos utilizados por estas indústrias. A quantificação dos insumos locais utilizados serve de base para a quantificação dos empregos indiretos e induzidos pela MIP. No entanto, o resultado obtido será uma imagem do momento estudado, e é necessária constante atualização dos estudos para refletir os efeitos da inovação do setor de energias renováveis (BLANCO; RODRIGUES, 2009; TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011).

Os resultados obtidos pela quantificação dos empregos podem ser usados para modelar efeitos de políticas de incentivo a energias renováveis por meio da criação de cenários. No entanto, algumas considerações devem ser incorporadas à modelagem de cenários. Primeiramente, devem-se elaborar previsões realistas acerca da utilização da tecnologia, tendo em conta os gargalos e obstáculos técnicos, de infraestrutura, de mercado e de disponibilidade de mão de obra. Devem-se apresentar resultados desagregados por atividade, como fabricação, construção e O&M, e indicar a capacitação necessária para tais empregos o mais detalhado possível (PHARES, 2009).

#### **2.4. Criação e utilização de índices de empregos gerados por capacidade instalada**

Uma abordagem comum para avaliar os empregos gerados pelas tecnologias de geração de energia, utilizada muitas vezes para a construção de cenários futuros de empregos, é a criação de índices de empregos gerados por capacidade instalada. A denominação geralmente utilizada é “empregos/MW” ou “empregos-ano/MW”. O cálculo comumente utilizado para a criação deste índice é feito através da seguinte equação linear:

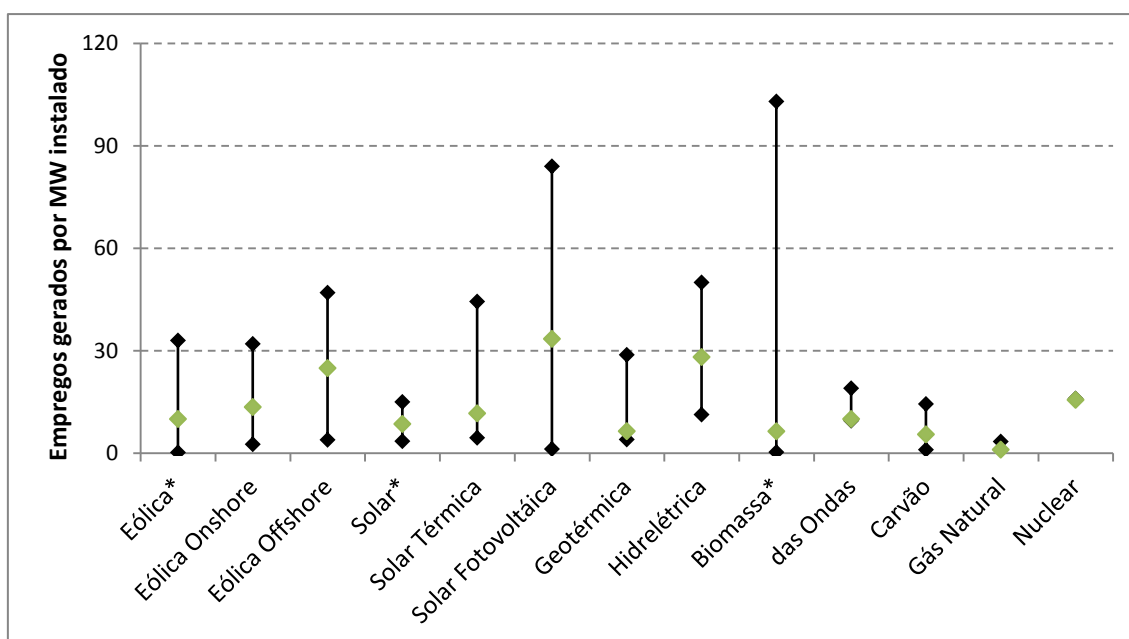
$$I_E = E_a / P_a$$

Onde  $I_E$  é o índice de emprego, expresso em “empregos/MW” ou “empregos-ano/MW”,  $E_a$  é o número de empregos totais gerados em atividades ligadas ao setor no ano  $a$ , e  $P_a$  é a capacidade total instalada da tecnologia de geração de energia no ano  $a$ . Por exemplo, se em um ano foram criados 10.000 empregos em atividades ligadas a energia eólica, e no mesmo ano foram instalados 500 MW de energia eólica no país, o índice de emprego será 20 empregos/MW.

Dalton e Lewis (2011) argumentam que esta não é uma medida eficaz para a avaliação dos benefícios das energias renováveis sobre o emprego, uma vez que esta medida não computa os benefícios do emprego para a economia e para a população. Países com indústrias voltadas para exportação terão um alto índice de emprego, o que não reflete a geração de empregos por capacidade instalada. Um exemplo citado é o caso da

Dinamarca em 2007, que foi o segundo país com maior quantidade de empregos gerados neste ano devido à indústria voltada para exportação, mas que excepcionalmente instalou apenas 3 MW, gerando um índice incomum de 7.833 empregos/MW. Mudanças em políticas voltadas às energias renováveis pode influenciar enormemente a capacidade instalada em um determinado ano. Os autores sugerem então a adoção de índices de empregos por MW acumulado e emprego total por mil habitantes, que mostrariam os ganhos econômicos de maneira mais realista.

Uma comparação fornecida por Blanco e Rodrigues (2009) de estudos anteriores para quantificar a geração de empregos pela energia eólica mostra que os índices de emprego por MW instalado pode variar significativamente entre os estudos, devido às premissas, à metodologia e às fronteiras adotadas nos estudos. A figura 8 resume a grande variação entre os índices de empregos gerados por MW instalado encontrados na literatura, sendo o ponto verde a mediana entre os valores encontrados.



\* Não especifica a tecnologia

**Figura 8 – Índices de geração de emprego por MW instalado de diferentes tecnologias de geração de energia encontrados na literatura**

Fonte: Elaboração própria a partir de (EWEA, 2008; BLANCO, M. I.; RODRIGUES, 2009; MORENO; LÓPEZ, 2008; UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008; RUTOVITZ; ATHERTON, 2009; WEI *et al.*, 2010; DALTON; LEWIS, 2011; TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011)



A grande variação nos índices de geração de empregos deriva de dois fatores. O primeiro é a diferença local e temporal, que inclui o índice de nacionalização da tecnologia<sup>9</sup>, a potência instalada no ano, o nível de desenvolvimento da tecnologia<sup>10</sup> no país, a exportação de componentes, entre outros. O segundo fator é a diferença metodológica, que inclui não somente a ferramenta utilizada para a quantificação, mas também o escopo, as premissas e as fontes de dados utilizadas. Assim, cada caso deve ser analisado separadamente, e não é possível utilizar índices produzidos em outros contextos para estimar a geração de emprego por uma tecnologia de energia renovável em outro período ou local (BLANCO; RODRIGUES, 2009; DALTON; LEWIS, 2011).

A principal diferença entre as premissas dos estudos é a definição de empregos diretos e indiretos. No geral, as atividades de fabricação dos principais componentes, construção de usinas e O&M são consideradas empregos diretos. No entanto, outros estudos incluem o planejamento e gestão do projeto, pesquisa e desenvolvimento, empresas de energia elétrica, distribuidoras, bancos, e outros serviços. Porém, a definição de empregos indiretos é ainda mais vaga. Enquanto alguns autores estimam, através do uso de MIP, os efeitos indiretos na cadeia de suprimentos, outros estudos consideram como indiretos a fabricação de componentes secundários e consultorias diversas não relacionadas ao setor. Há ainda estudos que incluem empregos induzidos na quantificação final. A diferença das premissas adotadas em diferentes estudos de quantificação de emprego em tecnologias de geração de energia encontra-se resumida na tabela 5.

O tratamento das diferenças entre empregos temporários e permanentes também é uma questão que muitas vezes não fica claro nos estudos. Os empregos diretos podem ser divididos em duas categorias. A primeira refere-se aos empregos na fabricação de equipamentos e na construção de usinas, e são empregos de caráter temporário. Estes empregos são gerados no início do ciclo de vida de um projeto, mas nos 20 anos subsequentes da operação da usina eles não estão presentes. Estes empregos são geralmente chamados de “empregos-ano”. A segunda categoria refere-se a empregos em operação e manutenção da usina, e têm caráter não-temporário, ou seja, estarão

---

<sup>9</sup> O índice de nacionalização da tecnologia refere-se à quantidade de componentes e equipamentos que são produzidos no país em relação ao total de componentes e equipamentos utilizados. Os índices podem ser calculados em relação ao valor ou ao peso.

<sup>10</sup> A quantidade de trabalhadores envolvidos com a fabricação e instalação das tecnologias tende diminuir com o tempo e com a quantidade produzida, devido a ganhos de escala, de produtividade e de automação (LEHR *et al.*, 2008; LLERA SASTRESA *et al.*, 2010).

presentes durante a vida útil do projeto. A estes últimos é geralmente chamado de “empregos”. Nota-se, portanto, que é exigido tratamento diferenciado para ambas as categorias. Uma solução é normalizar todos os empregos temporários ao longo do ciclo de vida do projeto, dividindo a quantidade de empregos-ano pelo tempo de operação da usina e, ao comparar diferentes tecnologias, dividir pelo fator de capacidade e obter uma média de empregos por MW médio. No entanto, apesar de apresentar uma métrica comum e comparável, não reflete o real impacto gerado por tecnologias que apresentam altas taxas de crescimento e potencial para a geração de grandes quantidades de emprego em um ano, como as tecnologias de energias renováveis (WEI *et al.*, 2010).

**Tabela 5 - Síntese de premissas consideradas para quantificação de empregos em energias renováveis em diferentes estudos analisados**

Fonte	Empregos diretos	Empregos indiretos	Empregos induzidos
(CAPROS <i>et al.</i> , 1992)	I+C+O&M <sup>(1)</sup>	CS <sup>(5)</sup>	Sim
(SIGH; FEHRS, 2001)	I+C+O&M <sup>(1)</sup>	Nenhum	Não
(EWEA, 2008)	I+C+O&M <sup>(1)</sup> +OS <sup>(3)</sup>	OSNR <sup>(4)</sup>	Não
(LEHR <i>et al.</i> , 2008)	I+O&M <sup>(1)</sup>	CS <sup>(5)</sup>	Sim
(MORENO; LÓPEZ, 2008)	I+C+O&M <sup>(1)</sup>	Nenhum	Não
(POLLIN <i>et al.</i> , 2008)	I+C+O&M <sup>(1)</sup>	CS <sup>(5)</sup>	Sim
(THORNLEY <i>et al.</i> , 2008)	O&M <sup>(1)</sup>	C <sup>(1)</sup> +CS <sup>(5)</sup>	Sim
(BLANCO, M. I.; RODRIGUES, 2009)	I+C+O&M <sup>(1)</sup> +OS <sup>(3)</sup>	OSNR <sup>(4)</sup>	Não
(RUTOVITZ; ATHERTON, 2009)	I+C+O&M <sup>(1)</sup>	Nenhum	Não
(MORAES <i>et al.</i> , 2010)	ND <sup>(6)</sup>	ND <sup>(6)</sup>	Não
(WEI <i>et al.</i> , 2010)	I+C+O&M <sup>(1)</sup> +PG <sup>(2)</sup>	CS <sup>(5)</sup>	Sim
(DALTON; LEWIS, 2011)	I+C+O&M <sup>(1)</sup>	Nenhum	Não
(TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011)	I+C+O&M <sup>(1)</sup>	CS <sup>(5)</sup>	Sim

(1) Indústria + Construção + O&M

(2) Planejamento e gestão de projetos

(3) Outros serviços, como P&D, comercializadores e distribuidores de energia, bancos; inclui planejamento e gestão de projetos

(4) Outros serviços não diretamente relacionados com o setor, como fabricação de componentes secundários e consultorias diversas

(5) Empregos na cadeia de suprimento (por meio de matriz insumo-produto)

(6) Não disponível

Fonte: Elaboração própria

## 2.5. Considerações do capítulo

As fontes renováveis apresentam rápido crescimento. No entanto, barreiras técnicas, econômicas, sociais e ambientais levam à necessidade de políticas públicas de incentivo à sua inserção em larga escala. Um grande motivador para o incremento destas tecnologias é a busca pela mitigação das mudanças climáticas, devido à relevante participação do setor energético nas emissões globais de gases de efeito estufa. Além da redução das emissões, no entanto, as tecnologias de energias renováveis oferecem ainda outros benefícios socioeconômicos, podendo ser citados a inovação, a transferência de tecnologia, o desenvolvimento industrial, o desenvolvimento econômico regional e local e a criação e retenção de empregos qualificados.

A criação de empregos, foco deste trabalho, é ponto de partida para avaliar o desenvolvimento econômico. A implantação de usinas de geração de energia por fontes renováveis pode ser um vetor de criação de empregos a nível nacional, regional e local. Desde o início da década de 2000 foi intensificada a busca por quantificar estes empregos, e muitos esforços foram feitos para desenvolver metodologias confiáveis para este fim. Os principais métodos utilizados são o método analítico, através da análise de dados primários coletados através de questionários, entrevistas e fontes secundárias; e o método de insumo-produto, por meio de uma olhar para a cadeia de insumos das atividades. A integração destas duas metodologias permite a obtenção de dados primários quantitativos e qualitativos, e a estimativa de empregos diretos e indiretos, maximizando os benefícios e minimizando as limitações de cada método.

Uma abordagem comum entre os estudos revisados é a criação de índices de geração de empregos por capacidade instalada, e seu uso na modelagem de cenários de crescimento das fontes renováveis. No entanto, os índices encontrados apresentam grande variação para uma mesma tecnologia, devido a aspectos locais, temporais e metodológicos. Não é possível, portanto, a aplicação de índices para outros contextos além daquele em que os mesmos foram gerados.

Para a comparação entre os estudos de quantificação de empregos é necessário, portanto, que haja uma padronização de metodologias, premissas e fontes de dados. É necessário, também, identificar os empregos gerados em cada atividade, com o fim de poder ajustar os dados para diferentes classificações de empregos diretos e indiretos. A

identificação dos empregos gerados na indústria e da quantidade de componentes importados e exportados deve ser também discriminada, de modo a verificar o peso da nacionalização da produção no nível de emprego.

Apesar de crucial para a avaliação de políticas, a simples quantificação dos empregos gerados não é um indicador suficiente para a tomada de decisões, devendo ser levados em conta indicadores integrados, que permitam avaliar os ganhos econômicos, sociais e ambientais. Portanto, deve-se atentar também para os efeitos da implantação de tecnologias renováveis na economia, aos impactos sociais e econômicos que estas tecnologias podem gerar no local de implantação, e aos gargalos tecnológicos e de capacitação que o setor de energias renováveis pode apresentar.

### **3. METODOLOGIA**

A realização deste trabalho teve como objetivo a quantificação dos empregos gerados na energia eólica no Brasil e a avaliação dos empregos em diferentes cenários de crescimento desta tecnologia. Para isso, foram quantificados os empregos diretos e indiretos, prosseguindo para a criação de índices de emprego e, por fim, a avaliação da geração de empregos em diferentes cenários.

Este capítulo descreve a metodologia utilizada para atingir o objetivo buscado pelo trabalho. No item 3.1 serão descritos os métodos e ferramentas utilizados para a realização da pesquisa. Em seguida, no item 3.2, será descrito como estes métodos e ferramentas foram utilizados e integrados no trabalho, e será detalhada a pesquisa de campo realizada para a coleta de dados e as premissas utilizadas para cada etapa.

#### **3.1. Metodologias utilizadas**

As metodologias e ferramentas utilizadas para a elaboração deste trabalho foram a avaliação de ciclo de vida, as entrevistas semi-estruturadas, a matriz insumo-produto ampliada e a construção de cenários.

A seguir encontra-se uma breve descrição de cada uma destas metodologias e suas aplicações.

##### **3.1.1. Avaliação de ciclo de vida**

A avaliação de ciclo de vida (ACV) enfoca os potenciais aspectos e impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto, desde a extração de matéria-prima, produção, uso, até a disposição final. Esta abordagem também é chamada “do berço ao túmulo”. Esta metodologia foi padronizada e estruturada pela série ISO 14.000, em 1997. No Brasil, a versão mais atual é a ABNT NRB 14.040, publicada em 21 de maio de 2009.

A visão do ciclo de vida de uma atividade permite observar, portanto, não só a atividade em si, mas todo o fluxo de materiais e energia entre os meios natural e antrópico,

constituindo-se principalmente no consumo de recursos naturais e na emissão de rejeitos.

A elaboração de uma ACV compreende a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto, a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas, e a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação ao objetivo de estudo (ABNT, 2001). Os principais usos da ACV, segundo Ribeiro (2003), são a identificação de oportunidades de melhoria de desempenho em produtos e processos e a comparação ambiental entre produtos de função equivalente.

No entanto, a construção de inventários de ciclo de vida (ICV) demandam tempo e recursos, devido ao nível de detalhamento de informações. Uma maneira de reduzir os custos e tempo do projeto é a utilização de avaliação de ciclo de vida simplificado (ACVS), que são estudos mais simples, porém de alcance mais restrito. Estes estudos podem ser qualitativos, quantitativos ou semi-quantitativos, e podem ser utilizados como primeira abordagem para a realização de estudos mais complexos (HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003). A simplificação dos estudos pode envolver a supressão de certos estágios do ciclo de vida considerados como menos relevantes, e a substituição da coleta de dados no processo estudado por informações disponíveis em bancos de dados (HUR *et al.*, 2005).

A metodologia de ACV é amplamente utilizada para a determinação de impactos ambientais de produtos e processos. Porém, geralmente não aborda os requerimentos de emprego para a produção. Uma maneira para incluir os requerimentos de trabalho na avaliação é a utilização de metodologia híbrida de matriz insumo-produto e avaliação de ciclo de vida (RUGANI *et al.*, 2012), resultando na metodologia de matriz insumo-produto ampliada (MIP-ampliada), descrita no item 3.1.3.

### **3.1.2. Entrevistas semi-estruturadas**

A entrevista semi-estruturada é um dos métodos utilizados para a coleta de dados em pesquisas, especialmente importantes para a obtenção de dados qualitativos. A partir de um roteiro prévio elaborado pelo pesquisador, o rumo da entrevista – a duração e as perguntas feitas – ocorre de acordo com as respostas do entrevistado. Este método

permite respostas livres e espontâneas por parte do entrevistado, sendo possível obter suas visões e perspectivas do objeto de estudo (TRIVIÑOS, 1987).

A elaboração do roteiro para a entrevista reflete o conhecimento do pesquisador sobre o objeto de estudo, devendo ser embasado em prévia pesquisa teórica sobre o assunto, com o fim de obter as respostas necessárias para alcançar os objetivos. As perguntas elaboradas devem ser objetivas e claras, com o fim de não causar dúvida ao entrevistado. É também fundamental a familiaridade do entrevistado com o tema estudado e a possibilidade de anonimato para manter a confidencialidade de sua identidade (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Este método já foi utilizado previamente para a obtenção de dados qualitativos e opiniões e perspectivas de agentes do setor eólico em relação ao desenvolvimento desta fonte de energia no Brasil, e os resultados podem ser vistos em trabalho desenvolvido por Nogueira (2011).

### **3.1.3. Matriz Insumo-Produto**

Modelos de insumo-produto são utilizados para modelar a economia e a interação entre os setores de produção de bens e serviços. Estes modelos fornecem uma imagem mais completa da economia, capturando os efeitos multiplicadores e os impactos macroeconômicos da mudança de investimentos entre os setores produtivos (WEI *et al.*, 2010).

O modelo de insumo-produto foi teorizado e desenvolvido por Wassily W. Leontief, no qual se quantifica, através de uma matriz, as entradas e saídas de cada setor da economia durante um determinado período (LEONTIEF, 1936), como pode ser visto na figura 9.

Distribution of Outlays (Input)	DISTRIBUTION OF OUTPUT (REVENUE)					
	A	B	C	D	E	Total
A		$A_b$	$A_c$	$A_d$	$A_e$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum A_i$
B	$B_a$		$B_c$	$B_d$	$B_e$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum B_i$
C	$C_a$	$C_b$		$C_d$	$C_e$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum C_i$
D	$D_a$	$D_b$	$D_c$		$D_e$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum D_i$
E	$E_a$	$E_b$	$E_c$	$E_d$		$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum E_i$
Total	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum i_a$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum i_b$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum i_c$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum i_d$	$\frac{\epsilon}{\alpha} \sum i_e$	S

**Figura 9 – Esquema de uma matriz insumo-produto**

Fonte: (LEONTIEF, 1936, p. 106)

Nesta figura 9, as letras A, B, C, D e E representam os setores considerados no modelo. Essa matriz mostra a distribuição dos produtos e serviços em uma dada economia, apontando a interdependência dos sistemas de produção, onde as linhas representam a demanda do setor, e as colunas, a oferta de bens e serviços. A linha final fornece a produção total, em valores econômicos, de cada setor, enquanto a coluna final fornece a demanda total, em valores econômicos, de cada setor (LEONTIEF, 1936).

A análise econômica por meio da ferramenta da matriz insumo-produto (MIP) analisa a relação entre os setores econômicos, e é utilizada extensamente em planejamento de curto e longo prazo, tendo sido incorporadas à metodologia de elaboração das Contas Nacionais (ROJAS, 2009).

As principais aplicações da MIP são a análise de impacto e a projeção de insumos primários. A primeira aplicação refere-se ao estudo do impacto de uma mudança na demanda final de um dado produto sobre a produção dos demais setores econômicos, enquanto a segunda verifica a projeção dos insumos primários na demanda final (ROJAS, 2009). Toda a análise, porém, é feita com base em valores econômicos, não incluindo externalidades da produção, como impactos socioeconômicos e ambientais.

Em 1944 foram incluídos dados de empregos na MIP, com o fim de contabilizar a relação entre consumo e empregos na economia (LEONTIEF, 1944). Em 1970 foi publicado o primeiro artigo onde são incorporadas externalidades ambientais da



produção econômica na MIP, pelo próprio criador da ferramenta, Wassily W. Leontief. O autor chama essas externalidades de “produtos indesejáveis”, considerando a poluição como subproduto das atividades econômicas, devendo ser necessariamente consideradas como parte do sistema econômico. Para isso, o autor dividiu as emissões de poluentes totais do setor pela produção total do mesmo, obtendo assim a poluição causada por cada unidade de valor monetário produzida. No artigo é utilizada pela primeira vez a palavra ampliada (*extended*) para caracterizar a análise de matrizes econômicas combinadas com coeficientes ambientais (LEONTIEF, 1970).

A Matriz Insumo-Produto Ampliada, ou MIP-ampliada, é uma ferramenta que integra o modelo Insumo-Produto convencional com a Avaliação de Ciclo de Vida, inserindo informações sociais e ambientais nas tabelas de insumo-produto. Essa ferramenta é também conhecida como Avaliação de Ciclo de Vida de Insumo-Produto Econômico (em inglês *Economic Input-Output Life Cycle Assessment – EIO-LCA*) (ROJAS, 2009; RUGANI *et al.*, 2012).

A MIP-ampliada serve, portanto, para quantificar os impactos ambientais e sociais de cada setor da economia e, ao considerar a cadeia de suprimentos e a interdependência dos setores, identifica as externalidades decorrentes de mudanças no produto de cada setor (HENDRICKSON *et al.*, 1998). Um exemplo de trabalhos realizados para a estimativa de empregos em energias renováveis utilizando a metodologia de MIP pode ser vista em pesquisa de Moraes *et al* (2010), que quantificaram o geração de empregos pela substituição da gasolina por etanol no Brasil.

A principal diferença entre a MIP-ampliada e a ferramenta original de ACV é o escopo da análise, uma vez que a ACV se foca em processos específicos, enquanto a MIP-ampliada se foca em impactos em nível nacional resultantes de atividades em um setor econômico, como resumido na tabela 6.

**Tabela 6 - Principais diferenças metodológicas entre a Avaliação de Ciclo de Vida e a Matriz Insumo-Produto Ampliada**

	ACV	MIP-ampliada
<b>Fonte dos dados</b>	Dados de unidade de processos	Dados de contas econômicas nacionais e estaduais
<b>Unidade de fluxo</b>	Unidades físicas (ex. kg)	Unidades monetárias
<b>Nível de detalhamento do processo</b>	Nível desagregado	Nível agregado
<b>Etapas de ciclo de vida consideradas</b>	Ciclo de vida completo	Etapa de pré-uso e consumo

Fonte: (ROJAS, 2009)

#### 3.1.4. Elaboração de cenários

A construção de cenários é amplamente utilizada 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 comumente incluem políticas governamentais, desenvolvimento tecnológico, barreiras, tendências de crescimento, evolução dos custos, emissões, demografia, entre outras.

A construção de cenários é uma ferramenta importante para lidar com incertezas sobre o futuro, uma vez que permitem explorar diversas alternativas. No entanto, cenários não são previsões do futuro, uma vez que lida com um alto grau de incertezas em relação a possíveis mudanças. Os cenários devem ser vistos, portanto, como ferramentas para a modelagem de alternativas. Segundo Martinot *et al.* (2007), os cenários correspondem a alternativas de “*se... então*”, ou seja, de previsão das consequências de uma determinada decisão.

Os cenários podem ser descritivos ou normativos<sup>11</sup>. Os estudos descritivos incluem *cenários de previsão*, os quais estimam possíveis futuros de acordo com as atuais tendências, utilizando extrapolações e modelagem; *cenários exploratórios*, os quais

<sup>11</sup> Em inglês, os cenários descritivos são chamados de *forecasts*, *exploratory scenarios* e *technical scenarios* e os cenários normativos, *visions*, *backcasts* e *road maps*. Quando não encontrada na literatura, foi feita uma tradução livre de acordo com o nome e características de cada um.

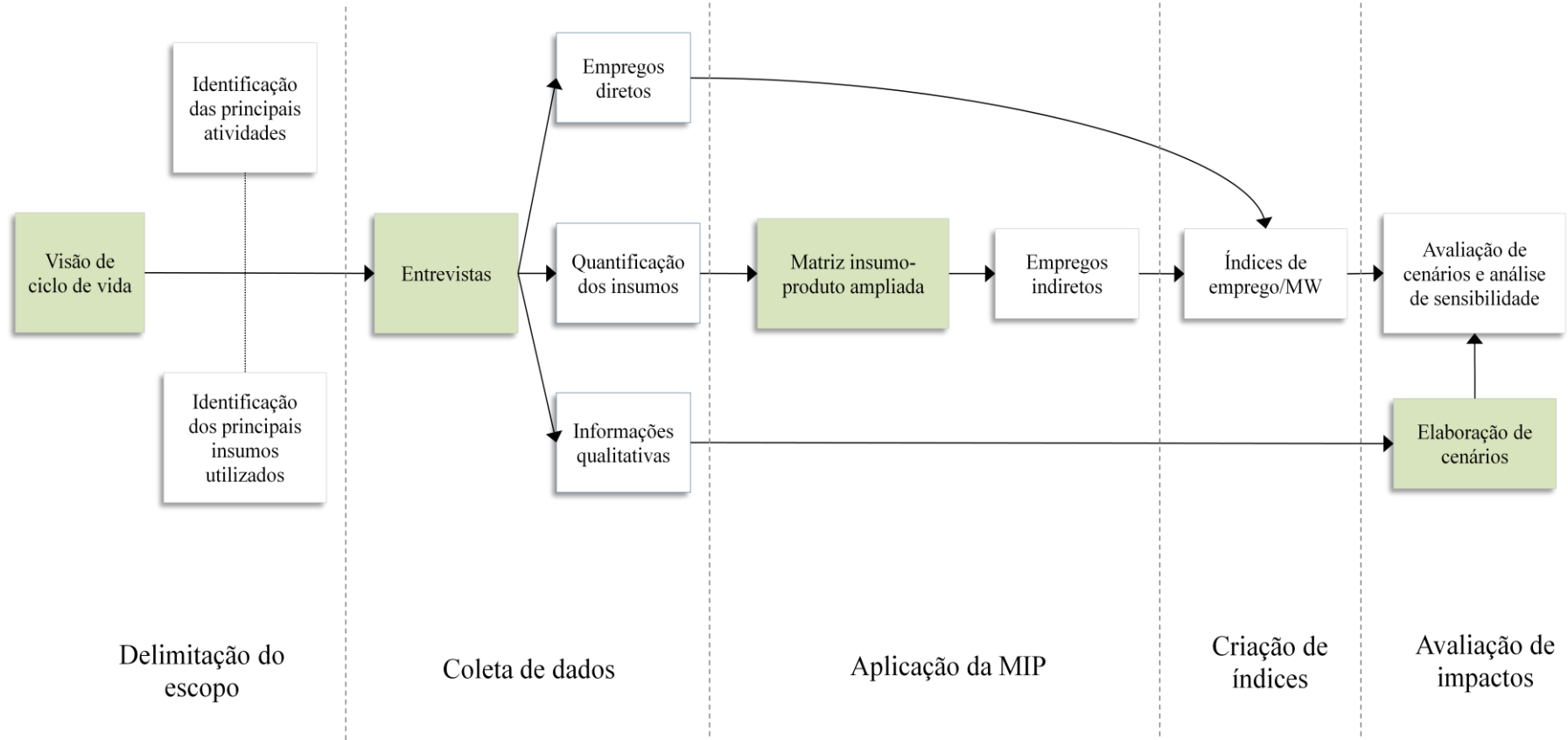
ênfatisam os elementos motivadores para os possíveis futuros, como a adoção de políticas de incentivo, sem, no entanto, especificar um final predeterminado; e *cenários técnicos*, os quais exploram as possibilidades e configurações tecnológicas, ênfatisando a viabilidade e implicações das diferentes opções. Por outro lado, os estudos normativos incluem os *cenários desejáveis*, as quais elaboram futuros desejáveis e plausíveis, ênfatisando seus benefícios; *cenários de projeção inversa*, os quais começam com um final predeterminado – um futuro desejável – e investigam os possíveis caminhos e configurações tecnológicas para atingi-lo; e *planos* ou *roteiros*, que prescrevem seqüências de políticas e medidas a serem adotadas (MCDOWALL; EAMES, 2006).

Deve-se ter em mente a adoção de premissas realistas para a elaboração de cenários. Isto é, não podem ser desconsideradas barreiras técnicas, sociais, ambientais e econômicas e nem superestimar a inserção de uma tecnologia ainda não competitiva economicamente.

### **3.2. Aplicação das metodologias à pesquisa**

Para a elaboração do estudo, foram combinadas as metodologias descritas acima para a coleta de dados, quantificação dos empregos e avaliação da evolução da geração de empregos de acordo com diferentes níveis de inserção de energia eólica na matriz elétrica brasileira e da produção nacional de equipamentos.

O modo como estas ferramentas foram utilizadas para a elaboração da pesquisa encontra-se ilustrado na figura 10. Nesta seção, será descrita a aplicação da metodologia para esta pesquisa, e será detalhada a coleta de dados, a construção da MIP-ampliada brasileira e as premissas utilizadas para a elaboração de cenários.



**Figura 10 – Fluxograma das metodologias e dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa**

Fonte: Elaboração própria

### **3.2.1. Definição do escopo da pesquisa: A visão de ciclo de vida da energia eólica**

A construção de uma ACV não é o objetivo deste trabalho. Porém, esta metodologia oferece duas contribuições importantes ao estudo. A primeira é a construção da MIP-ampliada para o Brasil, descrita no item 3.2.3. A segunda é que ela nos permite uma visão da cadeia produtiva da energia eólica, incluindo as atividades e insumos necessários desde a extração de matéria-prima até o final da vida útil do projeto.

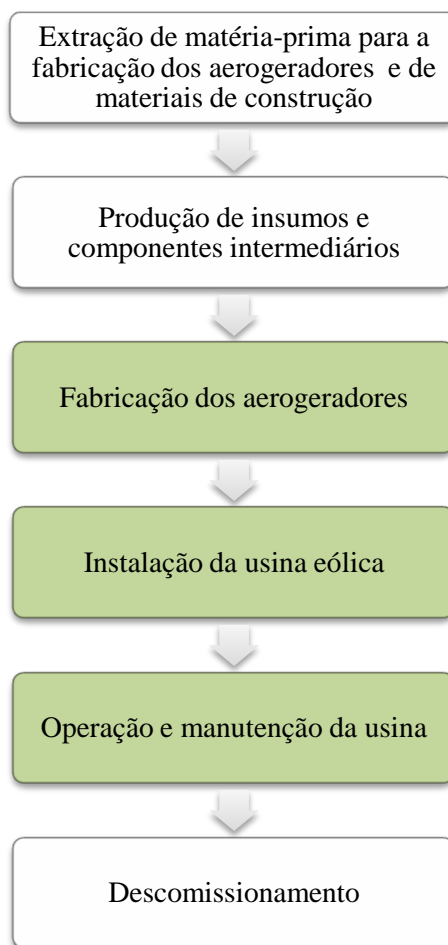
A visão do ciclo de vida da energia eólica permitiu a delimitação do escopo da pesquisa, o desenvolvimento do roteiro para a realização das entrevistas e a definição das possíveis empresas a serem entrevistadas<sup>12</sup>.

Segundo Kammen e Pacca (2004), o ciclo de vida de sistemas energéticos aborda a extração de matéria-prima, processamento do combustível, produção de equipamentos de geração de energia, construção e instalação da usina, operação e manutenção, gerenciamento de resíduos e descomissionamento. Para a energia eólica, porém, as etapas de processamento do combustível e gerenciamento de resíduos não estão presentes, uma vez que o combustível utilizado (vento) não precisa ser processado, e a operação da usina eólica não gera quantidade significativa de resíduos<sup>13</sup>. Assim, o ciclo de vida de uma usina eólica pode ser adaptado da seguinte maneira: extração de matéria-prima para a fabricação de equipamentos, fabricação dos aerogeradores, instalação da usina, operação e manutenção, e descomissionamento, conforme ilustrado pela figura 11.

---

<sup>12</sup> A etapa de coleta de dados por meio das entrevistas encontra-se detalhada no item 3.2.2.

<sup>13</sup> A manutenção e reparo podem gerar resíduos de óleos e lubrificantes e de equipamentos substituídos. No entanto, estes resíduos comumente não são contabilizados, e há pouca informação sobre os mesmos. Em relação a termelétricas, a operação de usinas de fontes renováveis gera baixo volume de resíduos.



**Figura 11 – Visão de ciclo de vida da cadeia da geração da energia eólica**

Fonte: Elaboração própria

A delimitação do escopo de atividades diretamente relacionadas à energia eólica, no âmbito desta pesquisa, se deu nas atividades de fabricação de aerogeradores e componentes<sup>14</sup>, construção de parques eólicos (incluindo o transporte dos aerogeradores<sup>15</sup>) e operação e manutenção das usinas, identificados na figura 11 na cor verde. A extração de matéria-prima para a fabricação de aerogeradores e de materiais de construção da usina eólica e a produção de insumos e componentes intermediários foram consideradas atividades indiretas<sup>16</sup>, e devido à falta de informações disponíveis, não foi considerada a etapa de descomissionamento.

<sup>14</sup> Foram considerados, neste trabalho, a nacelle, a torre e as pás.

<sup>15</sup> Foi considerado apenas o transporte rodoviário

<sup>16</sup> O tratamento desta etapa encontra-se descrito no item 3.2.3.

A coleta de dados foi realizada com empresas que atuam nas atividades diretas mencionadas acima. A etapa de coleta de dados encontra-se detalhada no próximo item.

### **3.2.2. Coleta de dados por meio de entrevistas semi-estruturadas**

A partir da visão do ciclo de vida da cadeia da geração de energia eólica descrita acima, foram definidos os dados necessários para a quantificação dos empregos necessários e para a definição de cenários de inserção da energia eólica no Brasil.

A coleta de dados se deu a partir de entrevistas semi-estruturadas, baseadas em um roteiro (apêndice A), com foco em 5 aspectos:

- 1) *Empregos diretos*: Buscou-se quantificar os empregos diretos nas atividades de fabricação, construção e O&M em relação à produção de bens e serviços;
- 2) *Empregos locais*: Foi levantado o potencial para a geração de postos de trabalho locais em cada uma das atividades;
- 3) *Capacitação*: Foram levantados quais os requisitos de capacitação para as atividades realizadas e a percepção da empresa em relação à disponibilidade de trabalhadores qualificados no presente e no futuro;
- 4) *Insumos*: Buscou-se quantificar os insumos necessários para as atividades de fabricação e de construção, e a procedência destes insumos (origem nacional ou importada) para a determinação dos empregos indiretos;
- 5) *Barreiras*: Foram levantadas as principais barreiras percebidas pelos entrevistados em relação ao crescimento da energia eólica no Brasil no atual contexto e quais as suas percepções sobre a evolução desta fonte em médio prazo.

Para a coleta de dados foi realizada uma pesquisa de campo nos Estados do Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul e São Paulo. Durante a pesquisa, foram visitados parques em construção e em operação, fábricas de aerogeradores e componentes, órgãos ambientais e empresas de transporte de equipamentos, de desenvolvimento de projetos e de construção de usinas. Foram realizadas entrevistas

com 18 agentes, representando atividades produtivas distintas, discriminados na tabela 7.

**Tabela 7 - Empresas entrevistadas por atividade**

<b>Atividade</b>	<b>Número de Empresas</b>
Fabricação e montagem de naceles	3
Fabricação de pás eólicas	1
Fabricação de torres	3
Construção civil de parques eólicos	2
Transporte e montagem de aerogeradores	2
Operação e manutenção de parques eólicos	5
Órgão ambiental de licenciamento	2

Fonte: Elaboração própria

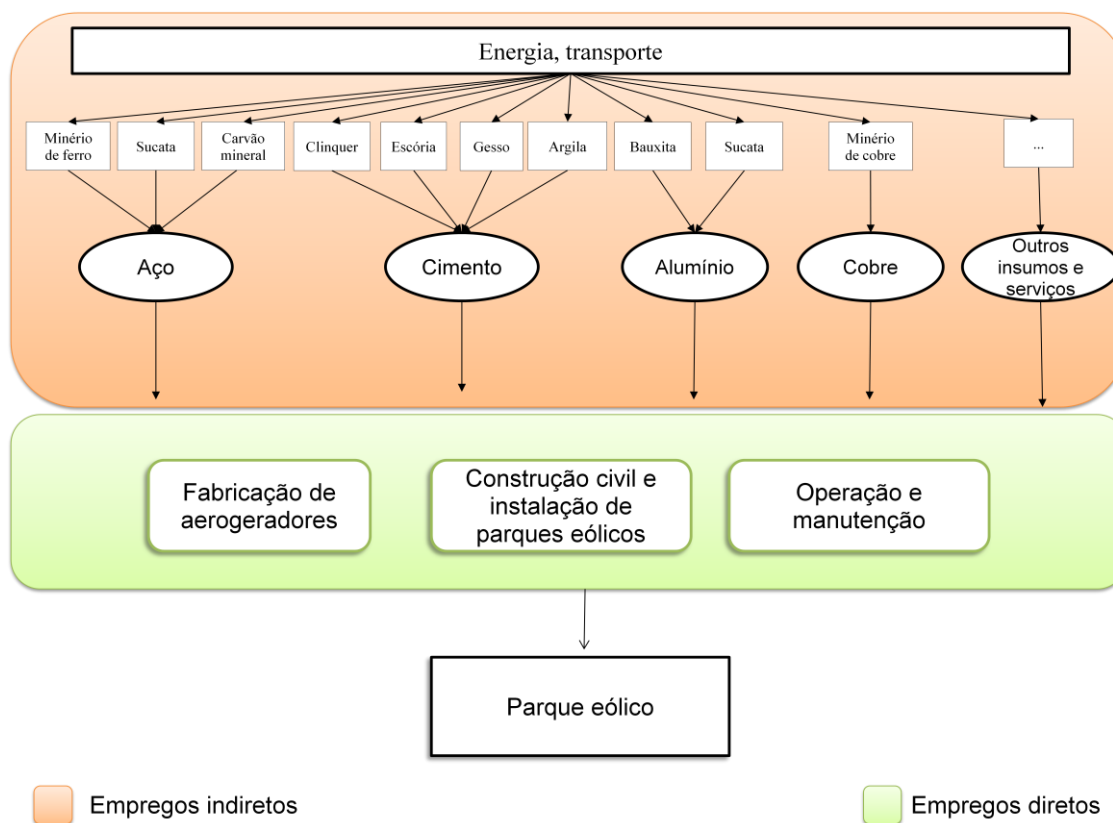
Devido a acordos de confidencialidade celebrados entre a pesquisadora e os representantes das empresas, o nome das empresas consultadas não constará relacionado às informações coletadas.

### **3.2.3. Elaboração e aplicação da Matriz Insumo-Produto Ampliada**

A metodologia de insumo-produto permite uma visão da cadeia dos materiais e insumos necessários para as atividades. Portanto, uma visão de insumo-produto à cadeia de geração de energia eólica pode ser visualizada na figura 12.

Foi elaborada uma MIP-ampliada para o Brasil com base na MIP econômica disponível de 2005. A MIP-ampliada foi utilizada para a determinação dos empregos indiretos, ou seja, gerados em atividades indiretamente relacionadas à energia eólica, na etapa de extração de matéria-prima e produção de insumos intermediários para a fabricação de aerogeradores e de materiais de construção, como mencionado no item 3.2.1.





**Figura 12 – Visão de insumo-produto da cadeia de geração de energia eólica**

Fonte: Elaboração própria

### 3.2.3.1. A Matriz Insumo-Produto Ampliada Brasileira

A MIP brasileira é publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo a mais recente referente ao ano de 2005, a qual foi publicada em 2008 e utilizada para elaboração da MIP-ampliada.

A MIP-ampliada brasileira foi elaborada em 2010 no âmbito de um grupo de pesquisa formado no Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP<sup>17</sup>. A MIP original, obtida no Sistema de Contas Nacionais, é composta por nove tabelas, as quais mostram os passos seguidos para a passagem da tabela de produção total dos setores da economia para a Matriz de Impacto Intersectorial, chamada de Matriz de Leontief. Os dados econômicos brasileiros na MIP estão agregados em 55 setores econômicos (IBGE, 2008).

<sup>17</sup> Integrantes do grupo de pesquisa: Prof. Dr. Sergio Pacca, Profa. Dra. Dominique Mouette, Bruna Vicente, Camila Isaac França e Moana Simas

No âmbito do grupo de pesquisa, a MIP original foi combinada com informações de emissões de gases de efeito estufa (MCTI, 2010), de consumo de energia primária (EPE, 2010a) e de empregos (MTE, 2010), todas relativas ao ano de 2005. As informações dos indicadores foram alocadas nos 55 setores da MIP por critério econômico. A partir dos impactos totais gerados por cada setor da economia, foram construídos multiplicadores para cada um dos indicadores.

Os multiplicadores, na esfera da MIP-ampliada, mostra o impacto global de variações na demanda final de um setor específico sobre a variável analisada. Esse efeito global pode ser decomposto em impactos direto e indireto. O impacto direto mede o impacto de variações na demanda de um setor considerando as atividades que fornecem insumos diretos a ele, enquanto o impacto indireto considera as atividades que fornecem insumo indireto ao setor (PORSSE, 2002). Por exemplo, a fabricação de partes metálicas de um aerogerador gerará impactos diretos na indústria de aço laminado, e impactos indiretos na indústria de extração do minério de ferro.

O multiplicador direto, tomando-se o indicador de emprego como exemplo, mostra a demanda por postos de trabalho por unidade de produto de cada setor, e é calculado da seguinte maneira:

$$e_i^D = E_i / X_i$$

Onde  $e_i^D$  é o multiplicador de emprego direto do setor  $i$ ,  $E_i$  é o total de empregos do setor  $i$ , e  $X_i$  é o total de produção do setor  $i$ .

O multiplicador de empregos totais, diretos e indiretos, mostra o impacto de um aumento na demanda final do setor  $i$  sobre o emprego total, e é dado pela equação:

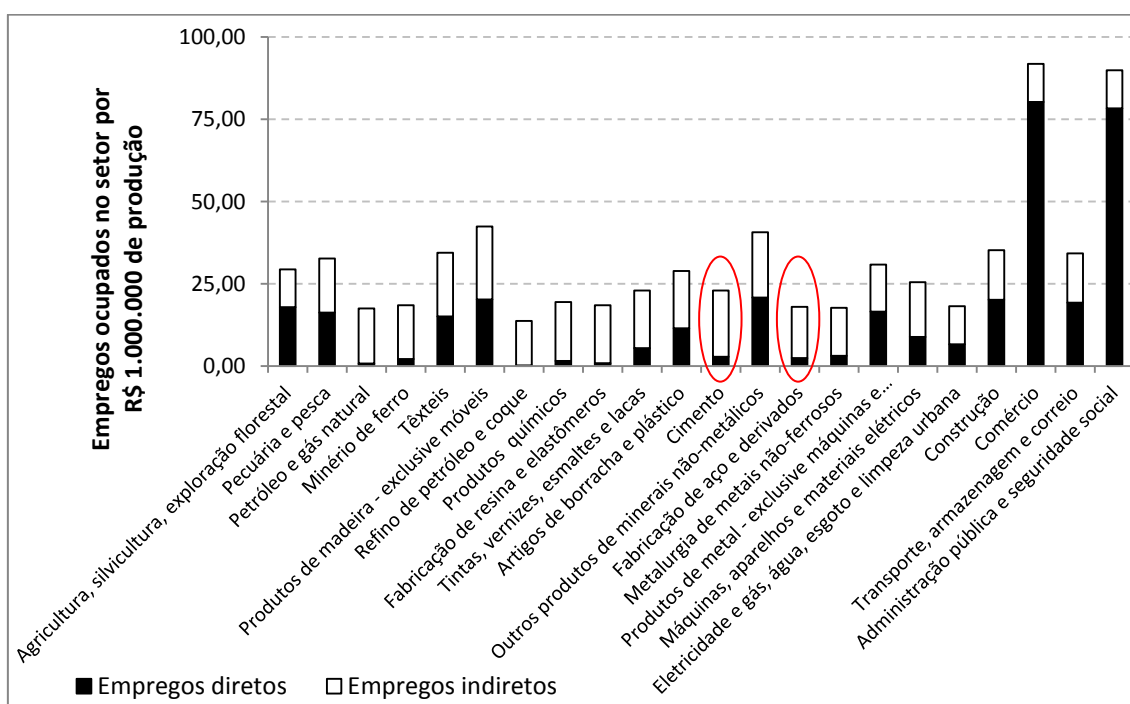
$$e^{DI} = e^D * Z$$

Onde  $e^{DI}$  é o vetor do multiplicador de emprego direto e indireto,  $e^D$  é o vetor do multiplicador de emprego direto, e  $Z$  é a Matriz de Leontief. O resultado desta equação é um vetor.

Para calcular os empregos indiretos, basta então subtrair o multiplicador direto do multiplicador direto e indireto, como é mostrado na equação abaixo:

$$e^I = e^{DI} - e^D$$

No âmbito deste trabalho, serão utilizados apenas os multiplicadores de emprego, calculados para cada setor da economia para o ano de 2005. Alguns multiplicadores selecionados podem ser vistos na figura 13, com destaque para os setores de aço e cimento. A tabela com os multiplicadores de emprego pode ser encontrada no apêndice B.



**Figura 13 – Empregos diretos e indiretos por R\$ 1.000.000 de produção em setores selecionados, com destaque para os setores de produção de cimento e de aço e derivados**

Fonte: Elaboração própria

### 3.2.4. Nova abordagem na construção de índices de emprego

A construção de índices de empregos por capacidade instalada, geralmente em empregos/MW ou empregos-ano/MW, foi discutida no item 2.4. A abordagem comumente utilizada é a relação entre empregos ocupados em um ano sobre a capacidade instalada no mesmo ano.

Neste trabalho buscou-se dar uma nova construção a este índice. A abordagem desta pesquisa difere da abordagem encontrada na literatura em três aspectos:

- 1) Os empregos não refletem os postos de trabalho ocupados no país no período estudado, mas sim o potencial de geração de empregos por cada atividade;
- 2) Os índices estão separados por atividades e por produtos, podendo ser facilmente atualizados e utilizados em análises de sensibilidade de índice de nacionalização de produtos e materiais, discutidos no item 3.2.5.
- 3) O índice de empregos é medido em empregos-ano, e empregos permanentes gerados durante a vida útil do projeto serão contabilizados para cada ano<sup>18</sup>.

Assim, a criação dos índices se deu da seguinte maneira:

$$I_{Dj} = D_j/P_j$$

Onde  $I_{Dj}$  é o índice de emprego direto da atividade  $j$ , em empregos-ano/MW,  $D_j$  é o número de empregos diretos na atividade  $j$  no ano estudado, e  $P_j$  é a capacidade da produção da atividade  $j$  no ano estudado, em MW.

Deve-se ressaltar que a atividade  $j$  encontra-se separada por produto. Assim, serão criados diferentes índices para a produção de torres, de pás, de naceles, para a construção de usina, e para O&M. A separação de índices por produto permitirá a

---

<sup>18</sup> Por exemplo, uma usina de 10 MW que possua uma vida útil de 20 anos, e 15 trabalhadores em empregos permanentes realizando atividades de O&M, terá gerado, ao longo de sua vida útil, 300 empregos-ano, e o índice de geração de empregos nesta atividade para esta usina será de 1,5 empregos-ano/MW.

análise de diferentes cenários de produção nacional de equipamentos e seus efeitos nos empregos diretos e indiretos.

O índice de empregos diretos da energia eólica, no final, será a soma dos índices para cada atividade e produto.

A criação de índices de empregos indiretos foi construída a partir do consumo de insumos e materiais para a instalação de 1 MW, sendo a somatória dos empregos gerados por todos os materiais consumidos na atividade, a partir da seguinte equação:

$$I_{ij} = \sum e^{DI}_i * Q_{i/MW}$$

Onde  $I_{ij}$  é o índice de emprego indireto da atividade  $j$ , em empregos-ano/MW,  $e^{DI}_i$  é o multiplicador de empregos totais da MIP-ampliada para o setor  $i$ , e  $Q_{i/MW}$  é a quantidade, em valor, do consumo do insumo do setor  $i$  para a instalação de 1 MW de energia eólica.

O índice total de emprego, abaixo relacionado como  $I_E$ , em empregos-ano/MW, será dado pela equação:

$$I_E = \sum I_{Dj} + \sum I_{ij}$$

### **3.2.5. Avaliação de impactos da energia eólica: construção de cenários e análise de sensibilidade**

A construção de cenários levou em conta as barreiras percebidas e as perspectivas dos agentes do setor eólico, baseadas nas entrevistas realizadas e em levantamento prévio feito por Nogueira (2011). Foram construídos três cenários de inserção de energia eólica na matriz elétrica brasileira. Estes cenários encontram-se descritos com detalhes no item 4.2.

Além dos cenários de inserção da tecnologia no sistema elétrico, foram realizadas análises de sensibilidade para o índice de nacionalização de cada equipamento e sua

influência nos empregos diretos e indiretos. Foi também modelada a influência da importação de chapas de aço para a construção de torres. Os índices de nacionalização utilizados para a análise de sensibilidade encontram-se na tabela 8.

**Tabela 8 - Índices de Nacionalização utilizados como referência para a modelagem dos empregos nos cenários propostos**

<b>Equipamento</b>	<b>Índices de Nacionalização</b>		
Nacele	25%	50%	75%
Pás	50%	75%	100%
Torres	80%	90%	100%
Chapas de aço para fabricação de torres	50%	75%	100%

Fonte: Elaboração própria

Foi feita também uma análise de sensibilidade para a utilização de diferentes materiais para a fabricação de torres eólicas. Devido a aspectos de logística e custos, diversas empresas têm buscado substituir as torres de aço por torres de concreto, aspecto que será discutido no item 4.1.5. Os índices de participação destes materiais nas torres instaladas no Brasil nos cenários previstos encontram-se na tabela 9.

**Tabela 9 – Índices de utilização de torres de aço e concreto para a modelagem de empregos nos cenários propostos**

<b>Índice</b>	<b>Torres de aço</b>	<b>Torres de concreto</b>
<b>a</b>	75%	25%
<b>b</b>	60%	40%
<b>c</b>	50%	50%

Fonte: Elaboração própria

### **3.3. Considerações do capítulo**

Este capítulo apresentou uma descrição dos métodos e ferramentas utilizados para a elaboração desta pesquisa. Foram combinados quatro métodos: a avaliação de ciclo de vida, a matriz insumo-produto, a utilização de entrevistas semi-estruturadas para a coleta de dados, e a construção de cenários.

A integração dos métodos permitiu a delimitação do escopo, coleta de dados, quantificação dos empregos diretos e indiretos e a avaliação do impacto da inserção da energia eólica em diferentes cenários. Os resultados desta pesquisa encontram-se no capítulo 4.

Uma novidade metodológica deste estudo é a abordagem diferente na criação de índices de empregos por capacidade eólica instalada, uma vez que avalia o potencial de geração de emprego real por esta tecnologia, e separa os índices por produtos, o que permite sua fácil e rápida atualização e a realização de análises de sensibilidade para verificar a influência dos materiais utilizados e da produção nacional na geração de empregos.

#### 4. RESULTADOS

A busca pela diversificação das fontes de energia elétrica ganhou força após o período de racionamento de eletricidade, em 2001. Neste contexto, surgiram iniciativas governamentais para a inclusão das fontes alternativas<sup>19</sup> no planejamento energético. O estabelecimento de políticas de incentivo contribuiu para o desenvolvimento das tecnologias de geração de energia renovável, principalmente da energia eólica.

A energia eólica é uma fonte nova no planejamento de ampliação do sistema elétrico brasileiro, apesar do grande potencial de exploração. Os custos desta tecnologia vêm caindo desde o primeiro aerogerador instalado no país, no início da década de 1990, em primeiro momento devido ao ganho na curva de aprendizagem e ao desenvolvimento da indústria de equipamentos no país, e mais recentemente, devido à crise financeira mundial, que reduziu a demanda na Europa e nos Estados Unidos e colocou o Brasil entre os mercados mais promissores para o investimento nesta tecnologia.

O grande volume de projetos contratados desde o início da década de 2000 com as políticas de incentivo<sup>20</sup>, e principalmente no final da década com a entrada da energia eólica no mercado regulado de energia<sup>21</sup>, colocou o Brasil entre os países com maior crescimento na implantação de novos parques eólicos e gerou otimismo entre os agentes públicos e privados do setor elétrico. O desenvolvimento da indústria eólica nacional gerou a discussão dos efeitos do crescimento do setor na geração de empregos e nas atividades econômicas do país, devido ao alto volume de investimento gerado.

Este trabalho buscou oferecer uma visão atual da energia eólica no Brasil e quantificar os empregos gerados pelo crescimento desta tecnologia no país. Este capítulo mostra os resultados da pesquisa, e está organizado da seguinte maneira. No item 4.1 é dado um breve panorama da energia eólica no Brasil, desde o primeiro projeto experimental até as atuais políticas de inserção desta tecnologia, desenvolvimento da indústria, volume contratado e esperado para entrar em operação nos próximos anos e as barreiras para o crescimento da energia eólica percebidas pelos agentes entrevistados do setor. Este item

---

<sup>19</sup> São consideradas fontes alternativas, no âmbito do planejamento energético, as PCH, as usinas a biomassa e as usinas eólicas, podendo ser estendido para a energia solar. Esta será a denominação doravante utilizada para se referir a estas tecnologias. Além desta denominação, podem ser encontradas também como “novas fontes renováveis” ou “outras fontes”.

<sup>20</sup> Descritas no item 4.1.1.

<sup>21</sup> Detalhada no item 4.1.2.

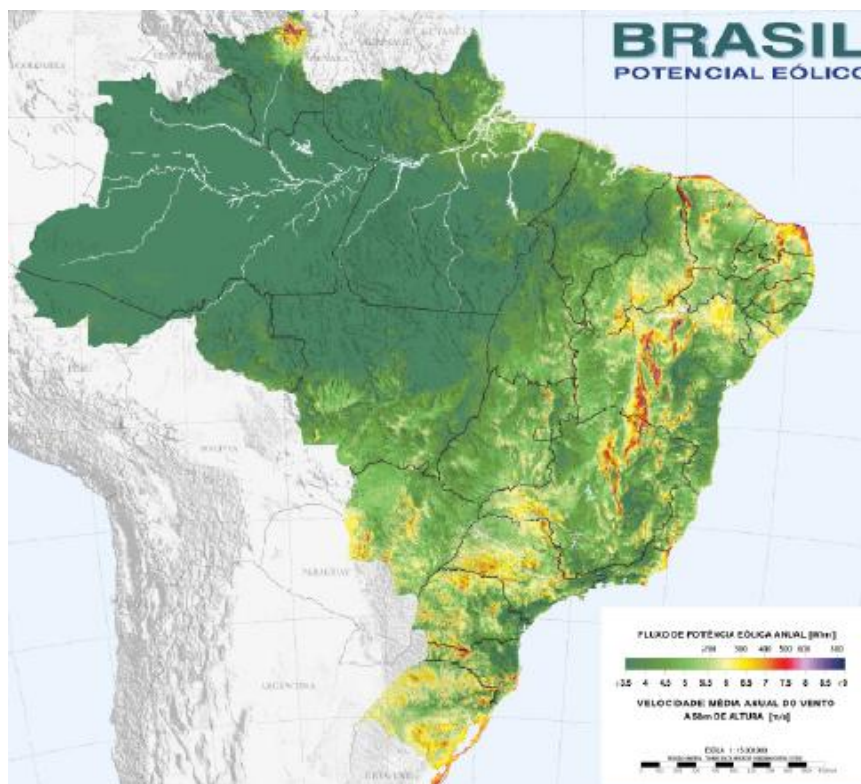


foi elaborado combinando revisão bibliográfica, análise crítica de documentos e estatísticas oficiais e informações qualitativas obtidas nas entrevistas. No item 4.2 são detalhados os cenários elaborados para o crescimento desta tecnologia até 2020. Nos itens 4.3, 4.4 e 4.5 encontram-se quantificados os empregos diretos, indiretos e totais na cadeia produtiva da energia eólica, respectivamente. No item 4.6 estão expostos os resultados da modelagem dos empregos nos cenários propostos. No item 4.7 é feita uma comparação quantitativa entre os empregos gerados pela energia eólica e aqueles gerados pela implantação de usinas termelétricas a gás natural. Finalmente, no item 4.8 são discutidos outros benefícios sociais da energia eólica além da geração de emprego, seguido por um breve resumo do capítulo no item 4.9.

#### **4.1. A energia eólica no Brasil**

O Brasil foi o país pioneiro na América Latina a instalar um aerogerador, no início da década de 1990. Este projeto foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), através de financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês *Folkecenter*. A turbina eólica de 75 kW foi instalada em Pernambuco em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha, e chegou a gerar 10% da energia elétrica consumida na ilha, economizando 70.000 litros de diesel por ano. Alguns outros projetos, muitos deles experimentais, foram realizados nos anos seguintes, nos Estados de Minas Gerais, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraná e Santa Catarina (ANEEL, 2005). Durante os dez anos seguintes, porém, pouco se avançou na consolidação da energia eólica como alternativa de geração de energia elétrica no país, em parte pela falta de políticas, mas principalmente pelo alto custo da tecnologia.

Em 2001 foi lançado o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, que estimou em 143 GW a potência tecnicamente aproveitável do Brasil (CEPEL, 2001). Segundo o inventário, as principais regiões para o aproveitamento do recurso eólico são o Nordeste, Sudeste e Sul, que junto correspondem a cerca de 90% de todo o potencial eólico brasileiro (figura 14).



**Figura 14 - Velocidade média anual do vento a 50 metros de altura**

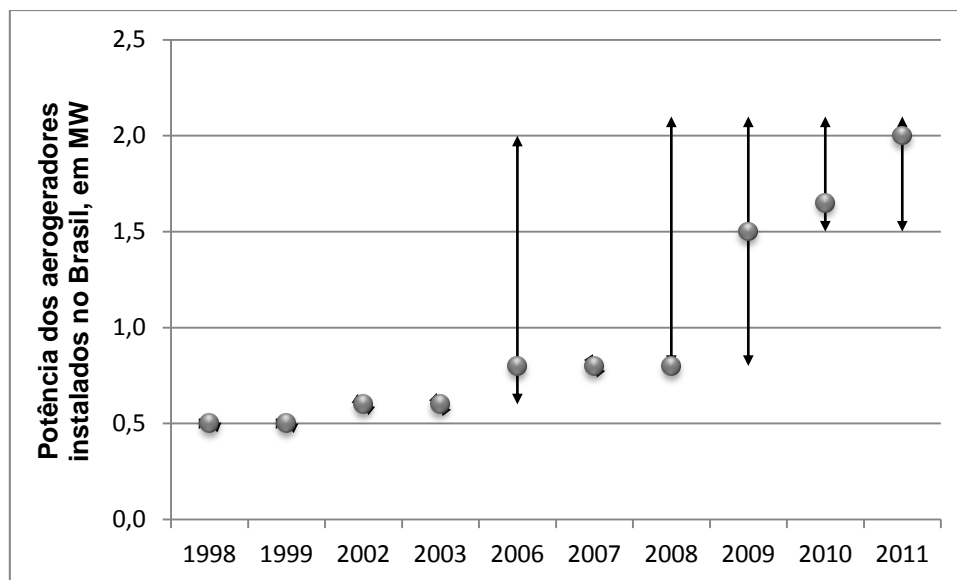
Fonte: (CEPEL, 2001, p. 27)

Este potencial, entretanto, foi estimado levando em conta a tecnologia comercialmente utilizada à época, com medições da velocidade do vento a alturas de 50 metros. A evolução da potência dos aerogeradores utilizados comercialmente aumentou consideravelmente, como pode ser visto pelos aerogeradores utilizados no país na figura 15, onde o ponto verde corresponde à mediana<sup>22</sup>. Observando a figura, percebe-se o aumento da capacidade das turbinas eólicas instaladas a cada ano. A altura das torres também aumentou de 45 metros, correspondentes aos modelos antigos de menor potência, a 108 metros, altura dos atuais modelos de maior potência instalados no país. Assim, faz-se necessária a atualização deste Atlas, com maior resolução de mapeamento, considerando alturas superiores a 100 metros e aerogeradores com potência acima de 1,5 MW<sup>23</sup>. É necessário, também, o inventário do potencial eólico

<sup>22</sup> A mediana é o ponto que corresponde à potência na qual metade dos aerogeradores instalados no ano está acima dela, e metade, abaixo. As setas acima e abaixo correspondem à potência máxima e mínima dos aerogeradores instalados no ano.

<sup>23</sup> A velocidade do vento aumenta com a altura da medição. A variação da potência retirada pelo aerogerador, entretanto, é o cubo da variação da velocidade do vento ( $v^3$ ). Assim, o aumento da velocidade do vento em uma determinada área gerará um aumento ainda maior no potencial eólico.

*offshore* (no mar), que poderá constituir uma possibilidade futura de exploração da energia eólica no Brasil, que possui mais de 7 mil quilômetros de costa e domínio da tecnologia avançada de construção de plataformas e de prospecção e exploração *offshore* de petróleo e gás natural.

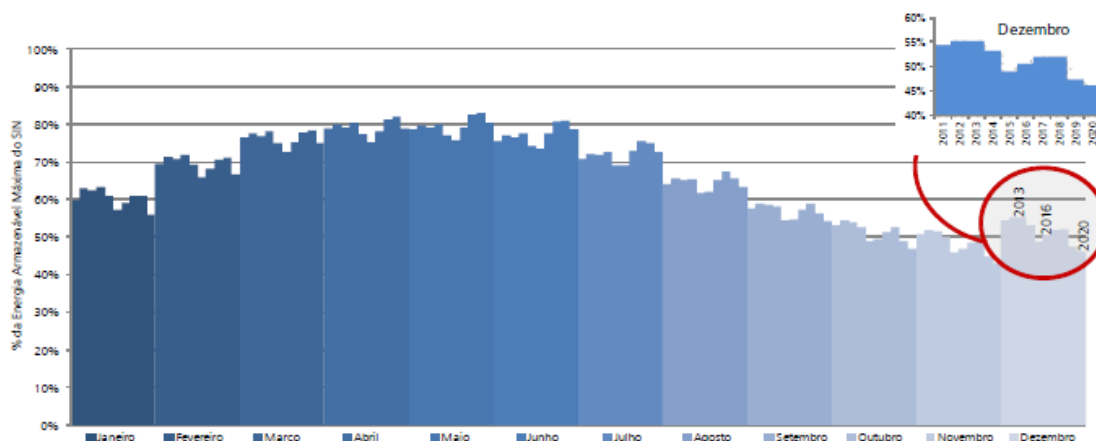


**Figura 15 – Potência dos aerogeradores instalados no Brasil entre 1998 e 2011**

Fonte: Elaboração própria

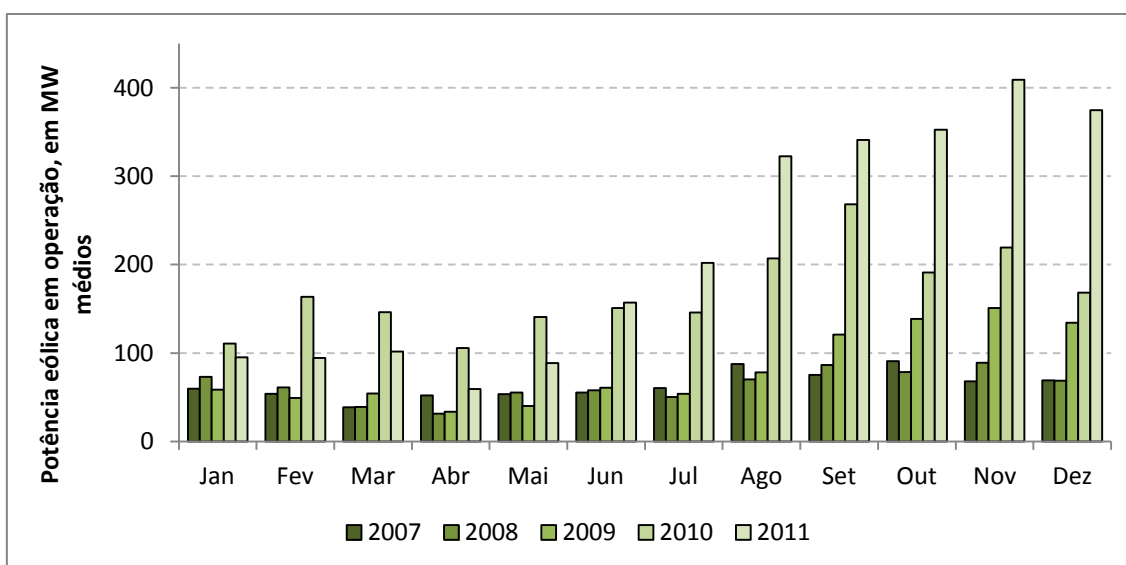
Além do grande potencial eólico inexplorado no país e localizado, muitas vezes, em áreas de baixa densidade demográfica, a energia eólica possui ainda uma vantagem em relação ao sistema elétrico brasileiro. Devido à predominância das usinas hidrelétricas (UHE), a geração de eletricidade por estas usinas ocorre de forma sazonal. A geração eólica, por sua vez, também apresenta sazonalidade, porém complementar à hidrelétrica (AMARANTE *et al.*, 2001; ANEEL, 2005), como ilustrado pelas figuras 16 e 17<sup>24</sup>. Quando bem planejada, a inserção de grandes volumes de energia eólica em sistemas predominantemente hidrelétricos pode resultar no acúmulo de energia nos reservatórios, otimizando o uso destes e aumentando a segurança no fornecimento de energia, ao atenuar os impactos de períodos de seca (DENAULT *et al.*, 2009).

<sup>24</sup> Principalmente no ano de 2011 houve grande quantidade de empreendimentos entrando em operação após outubro, devido ao prazo dos projetos do PROINFA. No entanto, nota-se uma tendência de aumento da geração nos últimos meses do ano, como se percebe pela geração dos anos anteriores.



**Figura 16 – Previsão da variação mensal da energia armazenada total nas hidrelétricas brasileiras entre 2011 e 2020, em porcentagem da energia armazenável máxima**

Fonte: (EPE, 2011, p. 69)

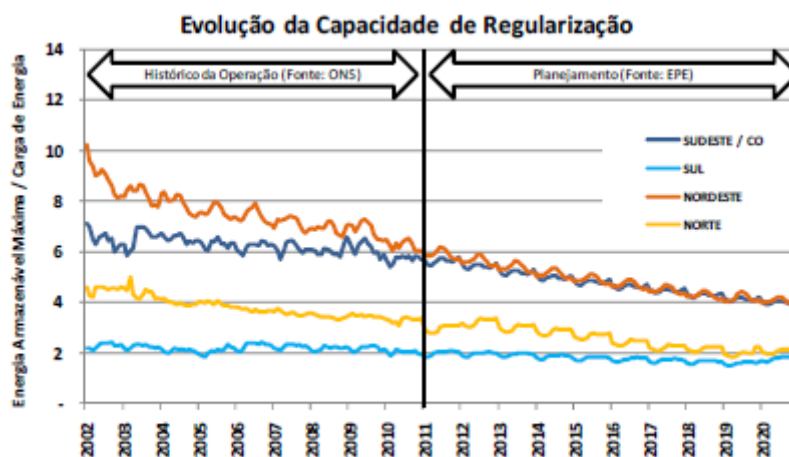


**Figura 17 – Geração eólica mensal verificada entre 2007 e 2011, em MW médios**

Fonte: Elaboração própria a partir de (ONS, 2012)

A inserção de fontes complementares à hidrelétrica é especialmente relevante devido à redução da capacidade de armazenamento dos reservatórios observada até o presente e projetada para o futuro. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 (PDE 2020) prevê que a maior parte da instalação de novos projetos de geração de energia elétrica será composta de grandes hidrelétricas. O documento analisa a evolução da capacidade

de regularização da energia armazenável nos reservatórios em relação à carga do sistema elétrico, verificando que haverá uma diminuição, como pode ser visto na Figura 18. Isso se dá, segundo o documento, pela capacidade reduzida de armazenamento das novas usinas a fio d'água<sup>25</sup>, devido principalmente a exigências socioambientais de empreendimentos hidrelétricos na região Amazônica (EPE, 2011).



**Figura 18 - Evolução da energia armazenável máxima em relação à carga de energia**

Fonte: (EPE, 2011, p. 73)

#### 4.1.1. Políticas de incentivo à energia eólica no Brasil

Entre 2001 e 2002 houve um período de racionamento energético, devido à redução dos níveis dos reservatórios<sup>26</sup>. A busca por diversificação da matriz elétrica trouxe a discussão da inserção da energia eólica para o âmbito do planejamento energético.

<sup>25</sup> Hidrelétricas a fio d'água são usinas com reservatório reduzido, capazes de regularização do fluxo de água diário. Estas usinas causam menores impactos ambientais por evitar o alagamento de grandes áreas, mas não permitem o armazenamento de água e o controle de cheias. As usinas a fio d'água podem operar com capacidade máxima apenas no período de maior vazão do rio, diferentemente das usinas com grandes reservatórios.

<sup>26</sup> A matriz elétrica brasileira é historicamente baseada em hidroeletricidade. Em 2001, as hidrelétricas correspondiam a 82,2% da capacidade instalada de geração de eletricidade no Brasil. Após o período de racionamento, buscou-se diversificar as fontes de energia, principalmente com termelétricas, com o fim de oferecer maior segurança no fornecimento de energia. Em março de 2012, as usinas hidrelétricas correspondiam a 66,8% da capacidade instalada (ANEEL, 2012a).

Criou-se então, através da Resolução nº 24 de 5 de julho de 2001, o Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA (BRASIL, 2001).

## **PROEÓLICA**

O PROEÓLICA foi o primeiro programa de incentivos ao desenvolvimento da energia eólica no Brasil. Esse programa tinha como objetivos a contratação de 1.050 MW de projetos de energia eólica integradas ao Sistema Interligado Nacional (SIN)<sup>27</sup> até dezembro de 2003; promover o aproveitamento da energia eólica como alternativa de desenvolvimento energético, econômico, social e ambiental; e promover a complementaridade sazonal da geração hidrelétrica (BRASIL, 2001). No entanto, este programa não alcançou seus objetivos, principalmente devido ao curto prazo de implantação dos projetos, de apenas 2 anos e meio.

Este programa gerou grande procura pela outorga de parques eólicos, e até janeiro de 2002, havia o registro de 38 empreendimentos eólicos autorizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que somavam 3.338 MW (ANEEL, 2002). Alguns destes projetos foram depois implementados pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA.

## **PROINFA**

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi instituído pela Lei 10.438 de 26 de abril de 2002 e regulamentado pelo Decreto nº 5.025 de 30 de março de 2004. Através dele foram obtidos resultados importantes para o incremento das novas fontes de energia elétrica na matriz energética do país, principalmente da energia eólica.

O Programa surgiu para buscar a diversificação da matriz elétrica, aumentando a participação de três tecnologias de energia renovável: as usinas a biomassa, as pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e as usinas eólicas. Com a instalação de novas usinas, o Ministério de Minas e Energia (MME) visava ainda alcançar outros benefícios não

---

<sup>27</sup> Sistema de transmissão de energia elétrica brasileiro. Este sistema será apresentado com mais detalhes no item 4.1.2.

energéticos, como o impulso da indústria nacional de equipamentos, a geração de empregos e a redução de emissões de GEE, principalmente o CO<sub>2</sub> (MME, 2012).

O PROINFA foi dividido em duas fases. A primeira fase tinha por meta a contratação de 3.300 MW de capacidade instalada entre as tecnologias contempladas, igualmente distribuída entre elas. Esta etapa visava beneficiar os produtores independentes autônomos, ou seja, aquele agente cuja sociedade não é controlada ou coligada de concessionária de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica. O programa trouxe instrumentos de incentivo para estas tecnologias, antes inexistentes no país, que reduziram os riscos de investimento, a saber: estabelecimento de tarifa-prêmio<sup>28</sup>, de acordo com o custo de capital da tecnologia; estabelecimento de cotas de contratação; contratos de venda de energia longo prazo celebrados com a Eletrobras, inicialmente de 15 anos, depois estendidos para 20 anos; e condições favoráveis de financiamento pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), sendo o montante financiável inicialmente de 70% do investimento total, e depois estendido para até 80%.

Inicialmente o prazo para a conclusão da primeira etapa estava previsto até 30 de dezembro de 2006. Devido aos atrasos ocorridos, este prazo foi prorrogado diversas vezes até o dia 31 de dezembro de 2011, quando efetivamente chegou ao fim.

Durante a segunda fase, que começaria após o término da primeira, não haveria restrições quanto aos produtores de energia. A meta seria aumentar a participação das tecnologias biomassa, PCH e eólica na matriz elétrica para que, em 20 anos, o consumo dessas fontes atingisse 10% do consumo anual. Para esta etapa, já não haveria a concessão de tarifa-prêmio, devendo ser a energia contratada a preços competitivos, porém complementados com crédito adicional da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE)<sup>29</sup>, com base no valor econômico da tecnologia. Os contratos na segunda fase do PROINFA deveriam atender a, no mínimo, 15% do incremento anual de energia elétrica. No entanto, esta fase nunca foi regulamentada, e a contratação de

---

<sup>28</sup> A tarifa paga aos produtores de energia das fontes incentivadas alcançaria pelo menos 80%, depois elevada para 90%, da Tarifa Média Nacional de Fornecimento ao consumidor final. Os gastos do subsídio ao programa seria pago entre todos os consumidores finais do SIN proporcionalmente ao consumo verificado, com exceção da Subclasse Residencial Baixa Renda (consumo inferior a 80 kWh/mês).

<sup>29</sup> A conta de Desenvolvimento Energético é um fundo criado pela Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002, que visa o desenvolvimento energético dos Estados e a competitividade da energia produzida a partir de fontes alternativas, gás natural e carvão mineral, e promover a universalização do acesso à energia elétrica em todo o território nacional.

empreendimentos posterior à primeira fase do PROINFA se deu dentro dos mecanismos vigentes do mercado elétrico brasileiro<sup>30</sup>.

O programa gerou resultados bastante significativos que permitiram a consolidação da energia eólica como alternativa energética no Brasil. O PROINFA abriu caminho para a fixação da indústria de componentes e turbinas eólicas no país. A exigência do nível de nacionalização de 60%<sup>31</sup> gerou atrasos num primeiro momento, mas incentivou o surgimento de uma cadeia de fornecimento para aerogeradores no país<sup>32</sup>.

Foram contratadas pelo PROINFA 54 usinas eólicas, que somam 1.423 MW de capacidade, a maioria no Nordeste, como pode ser visto na tabela 10. Dos projetos contratados, apenas 2 deles, localizados no Rio de Janeiro e no Rio Grande do Norte, não se concretizaram.

**Tabela 10 - Projetos eólicos contratados no âmbito do PROINFA**

<b>Região</b>	<b>Potência Contratada (MW)</b>
Nordeste	805,58
Sul	454,29
Sudeste	163,05
<b>TOTAL</b>	<b>1.422,92</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2006)

O PROINFA foi o principal motor para impulsionar o desenvolvimento do mercado eólico no Brasil. Como a primeira política pública efetiva voltada ao setor, proporcionou um ambiente com poucos riscos para o investimento em uma tecnologia ainda pouco conhecida no país. Ao final do ano de 2011, os projetos contratados no

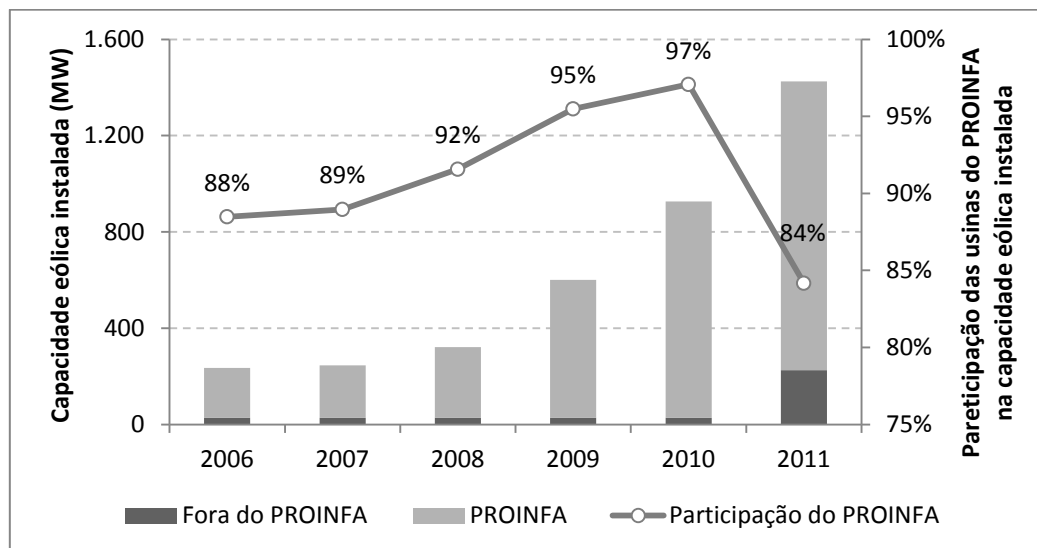
<sup>30</sup> A descrição dos mecanismos de contratação de energia do mercado elétrico brasileiro e de como se deu a inserção da eólica neste contexto está detalhada no item 4.1.2.

<sup>31</sup> Inicialmente a exigência de nacionalização era de 60% sobre os equipamentos. No entanto, devido à presença de apenas um fabricante, o que não permitia o atendimento da demanda do programa e do índice de nacionalização, a exigência foi alterada para 60% do empreendimento – incluindo serviços e mão de obra. Este fato permitiu a importação de aerogeradores, mas incentivou o surgimento de uma cadeia de fornecedores de componentes, como fundições e fábricas de torres eólicas.

<sup>32</sup> A evolução da indústria de equipamentos eólicos no Brasil encontra-se descrita no item 4.1.3.



PROINFA correspondiam a 84% da capacidade eólica em operação, como pode ser visto na figura 19<sup>33</sup>.



**Figura 19 – Participação dos projetos contratados no PROINFA na capacidade eólica instalada entre 2006 e 2011**

Fonte: Elaboração própria

O programa mostrou que a energia eólica é viável tecnicamente, e serviu como ganho de experiência para as diversas atividades que envolvem este setor. Os contratos de longo prazo de compra de energia pela Eletrobrás a uma tarifa que refletisse os custos de capital, as condições de financiamento pelo BNDES de até 80% do projeto, e a flexibilidade de geração<sup>34</sup> resultaram em um ambiente atrativo para os investidores.

Apesar do ambiente com poucos riscos, o programa não conseguiu cumprir o cronograma previsto, sendo prorrogado por cinco anos devido ao atraso na entrada em operação das usinas contratadas. No total foram necessários sete anos para a construção

<sup>33</sup> No ano de 2011 observa-se uma grande quantidade de capacidade instalada fora do PROINFA, que correspondem à entrada em operação de projetos eólicos contratados no mercado regulado de energia elétrica em 2009. Estes projetos encontram-se detalhados no item 4.1.2.

<sup>34</sup> No PROINFA, as usinas que gerarem mais energia que o comercializado com a Eletrobrás ao final de um ano receberão o valor referente ao excedente no ano seguinte, dividido em doze parcelas iguais. Do mesmo jeito, caso gerem menos energia que o contratado, não precisarão comprar energia no mercado *spot* para repor, mas pagarão o montante devedor em doze parcelas iguais no ano seguinte. Ambas as diferenças são pagas valor da energia vigente no contrato e reajustado para o ano de geração.

da capacidade contratada, além da rescisão do contrato da maior usina do programa. Foram muitos os fatores que levaram ao atraso da conexão dos parques à rede.

O PROINFA foi a primeira política que fomentou o investimento nesta fonte de energia. Apesar de abranger também as tecnologias biomassa e PCH, estas já participavam no mercado de eletricidade há alguns anos. Devido ao ambiente novo e pouco conhecido no país, houve barreiras naturais, que foram a falta de mão de obra, falta de experiência dos desenvolvedores do projeto e dos órgãos ambientais e problemas de natureza técnica e econômica.

O grande gargalo do programa foi a falta de fabricantes de aerogeradores no mercado. Até meados de 2008, havia apenas uma fábrica em operação no Brasil, a Wobben Windpower, subsidiária da gigante alemã Enercon. Segundo Ferreira (2008), devido ao monopólio desta empresa, além de longas filas para a entrega de equipamentos, os preços dos aerogeradores não eram atraentes. Com a falta de sinalização para a continuidade da demanda por aerogeradores e componentes após o término do PROINFA, junto com o momento de grande expansão no mercado eólico na Europa e nos Estados Unidos, a indústria nacional de componentes eólicos não cresceu paralela à demanda. Assim, foi necessária a revisão dos critérios de nacionalização para a participação no programa, tornando mais acessível a importação desses equipamentos.

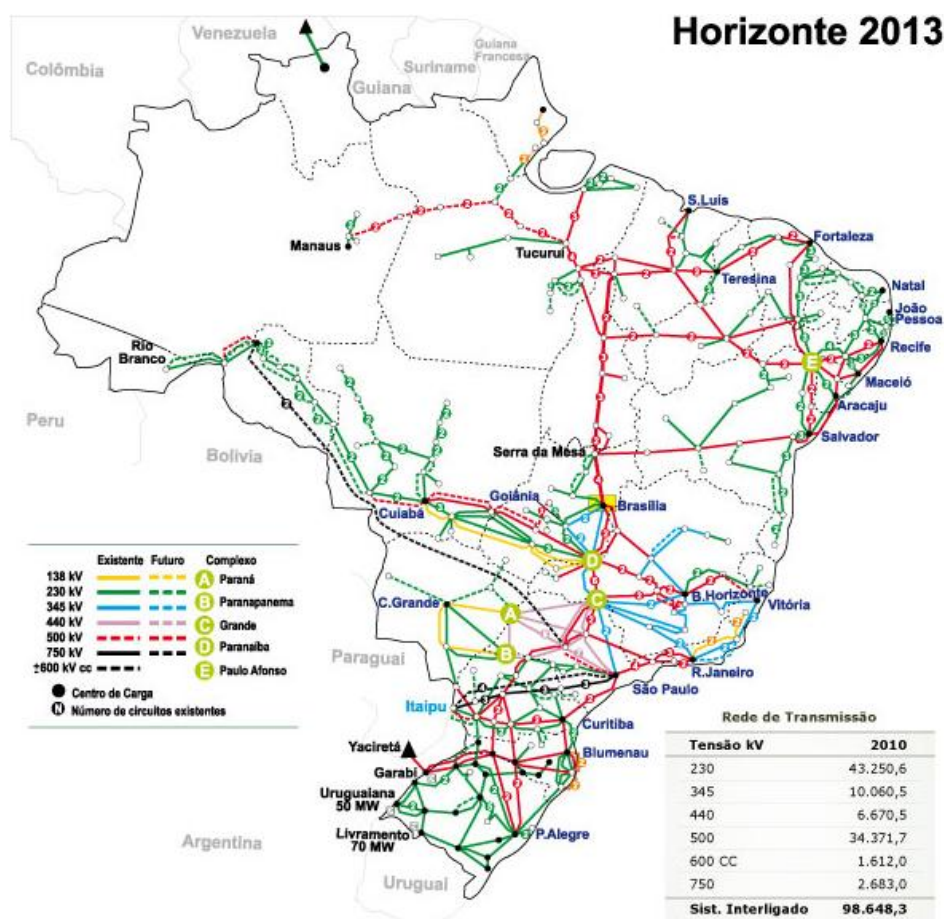
Outra grande barreira que o PROINFA enfrentou foi a dificuldade em conseguir financiamento por parte de pequenos investidores devido à burocracia e às exigências de garantias, com as quais muitos empreendedores não podiam arcar (FERREIRA, 2008; NOGUEIRA, 2011). A falta de experiência no licenciamento por parte de investidores e órgãos ambientais também pode ser citada como causa para o atraso das usinas do PROINFA, uma vez que a emissão e a renovação de licenças de instalação geraram atrasos e custos adicionais.

#### **4.1.2. A entrada da energia eólica no mercado regulado de energia elétrica**

A partir de 2009 a energia eólica passou a ser contratada pelos mecanismos tradicionais do mercado elétrico brasileiro. Para entender a mudança que este fato implicou para o setor eólico, faz-se necessária uma breve análise do sistema elétrico brasileiro e do arcabouço regulatório do setor elétrico.

## O sistema elétrico brasileiro

O sistema elétrico brasileiro tem a característica de ser interconectado. Este sistema, o Sistema Interligado Nacional (SIN), é operado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), o que permite que as variações sazonais do sistema hidrelétrico sejam compensadas regionalmente e nacionalmente, aumentando a eficiência na utilização dos reservatórios e das fontes complementares de energia elétrica, sejam elas renováveis ou não. A figura 20 ilustra as interconexões existentes em 2010 e a projeção do sistema em 2013.



**Figura 20 – Mapa do Sistema Interligado Nacional em 2010 com planejamento para 2013**

Fonte: (ONS, 2011)

Cabe ressaltar que o sistema foi desenhado em um contexto de geração elétrica concentrada, que é o caso das grandes hidrelétricas. A inserção de fontes de geração menos concentrada, de menor potência e de forma mais distribuída no território nacional, trouxe a necessidade da adição de novos mecanismos para a conexão das novas usinas baseadas em fontes alternativas. Em 2008 foi regulamentado um sistema chamado Instalação de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada (ICG), exclusivo para PCH, usinas a biomassa e usinas eólicas. As ICGs são instalações que conectam as centrais de geração à rede básica de energia, inicialmente idealizadas para o escoamento da produção de PCH e usinas a biomassa localizadas em áreas afastadas ou com sistemas de transmissão e distribuição incapazes de comportar os grandes volumes de potência. A utilização de ICGs permite a redução dos custos das usinas de fontes alternativas, uma vez que os encargos relacionados à conexão à rede são rateados entre todos os usuários, proporcionalmente à potência injetada (EPE, 2010b).

Os estudos para a ampliação do sistema de transmissão para a inserção de fontes complementares à hidrelétrica foram motivados pela necessidade de diversificação da matriz elétrica para obter maior segurança de fornecimento. A vulnerabilidade do sistema predominantemente hídrico, percebido no racionamento de energia de 2001, levou à reforma do setor elétrico brasileiro.

A reforma do setor elétrico brasileiro começou em 1993, com a extinção da equalização tarifária vigente e criou os contatos de suprimento entre geradores e distribuidores. Neste período, foram criados os conceitos de produtor independente de energia, que permitia a qualquer pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio a produção de energia e comercialização da energia gerada através de autorização do poder concedente, e de consumidores livres, aqueles com carga maior ou igual a 10 MW e tensão igual ou superior a 69 kV e que podiam negociar contratos de energia diretamente com geradores, independentes ou não (CCEE, 2012a).

No entanto, o tamanho e a complexidade do setor elétrico brasileiro, aliado à falta de planejamento efetivo da expansão da geração, à indefinição de uma estrutura regulatória e à economia instável levaram à crise de abastecimento de energia elétrica em 2001, evidenciando a necessidade de uma revisão do setor. Em 2004 foi regulamentada uma revisão da reforma do setor elétrico brasileiro, a qual trouxe novas diretrizes para a governança do setor. Entre os elementos mais importantes trazidos por esta revisão

estão a revitalização do planejamento de médio e longo prazo; a introdução de contratos de longo prazo, com o fim de garantir retorno para os investimentos em novas usinas de geração; a busca pela segurança no fornecimento, com a contratação de uma reserva de energia além da demanda estimada; e a busca pela modicidade tarifária por meio de leilões (SOUZA, F. C. DE; LEGEY, 2010).

O novo modelo do setor elétrico trouxe uma nova estrutura para a comercialização de eletricidade, dividindo o mercado em dois ambientes: o Ambiente de Contratação Regulado (ACR), ou mercado regulado, e o Ambiente de Contratação Livre, ou mercado livre, cujas características estão resumidas na tabela 11.

**Tabela 11 – Características dos ambientes de contratação regulado e livre**

	ACR	ACL
<b>Compradores</b>	Distribuidores (consumidores cativos)	Consumidores livres, consumidores especiais e comercializadores
<b>Contratação</b>	Através de leilões; até 10% pode ser obtido de geração distribuída	Contratos negociados livremente entre produtores e consumidores
<b>Duração dos contratos</b>	15 a 30 anos	Contratos negociados livremente entre produtores e consumidores

Fonte: Elaboração própria a partir de (CCEE, 2012b)

### **O mercado regulado de energia elétrica**

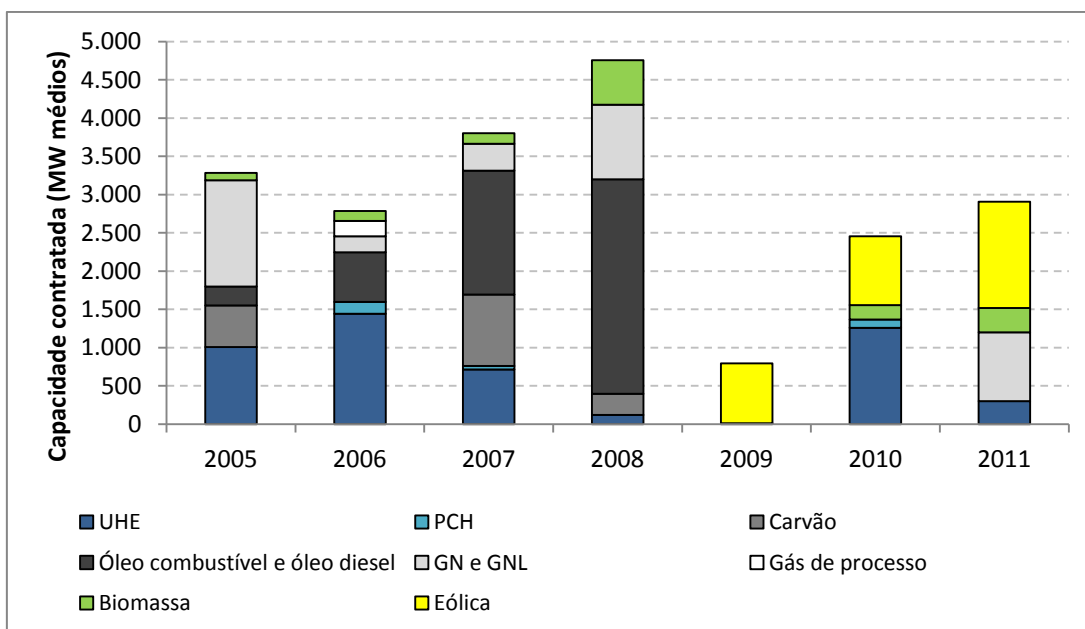
O ACR, ou ambiente regulado, é o ambiente de contratação de energia promovido pelo governo, através do qual as distribuidoras de energia elétrica obtém o montante destinado a suprir sua demanda estimada, além de uma reserva, através de leilões. Neste ambiente, os contratos são assinados entre os geradores de energia elétrica e as distribuidoras, sendo depois vendido para os consumidores cativos<sup>35</sup>.

<sup>35</sup> Consumidores cativos são aqueles atendidos pelas empresas distribuidoras de energia elétrica.

Os leilões são eventos promovidos nos quais os geradores competem entre si para vender a energia gerada por uma usina existente ou por um empreendimento a ser construído. Os vencedores destes certames são aqueles geradores que oferecem menor preço por energia vendida, em R\$/MWh, com o fim de atingir a modicidade tarifária e oferecer o menor custo possível para o consumidor final.

Este modelo de contratação de energia ocorre desde 2005. Desde então, foram realizados 18 leilões de empreendimentos novos, de diversas modalidades, que ocorrem com uma antecedência de 3 a 5 anos ao fornecimento de energia, com contratos geralmente de 15 a 30 anos de duração. Na tabela 12 podem ser observados os tipos de leilões existentes e suas características.

A figura 21 mostra a contratação de usinas de diferentes combustíveis em leilões no mercado regulado entre 2005 e 2011. Nesta figura, as cores azuis são empreendimentos hidrelétricos, as cores cinzas são combustíveis fósseis, a verde é biomassa e a amarela é eólica. Percebe-se um momento de contratação de grandes volumes de usinas a combustíveis fósseis entre 2005 e 2008, para compensar a falta de diversidade na matriz elétrica e a vulnerabilidade do sistema hidrelétrico. A partir de 2009, no entanto, são priorizadas as fontes renováveis, entre elas, a eólica.



**Figura 21 – Contratação anual de energia elétrica por tecnologia e combustível no mercado regulado entre 2005 e 2011**

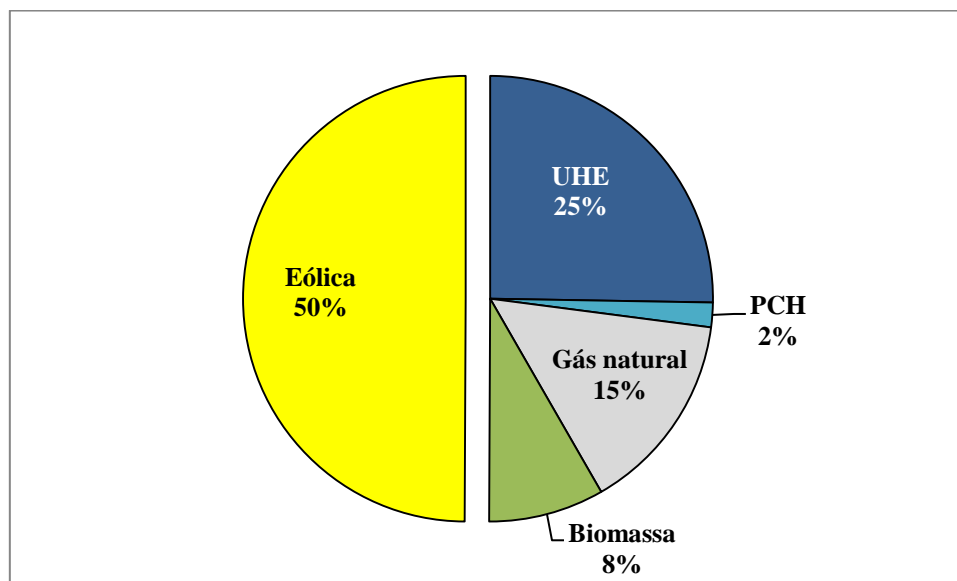
Fonte: Elaboração própria a partir de (CCEE, 2011)

**Tabela 12 – Características das diferentes modalidades de leilões de comercialização de energia elétrica no Ambiente de Contratação****Regulado**

<b>Leilão</b>	<b>Antecedência</b>	<b>Fontes</b>	<b>Duração dos contratos</b>	<b>Nº de leilões realizados</b>	<b>Realizações</b>	<b>Finalidade</b>
Leilão de Energia Existente (A-1)	1 ano	Usinas existentes	3-8 anos	8	2004-2007, 2010-2011	Venda de energia elétrica proveniente de empreendimentos existentes para atendimento às necessidades de mercado das distribuidoras
Leilão de Ajuste (A-1)	1 ano	Usinas existentes	3-9 meses	11	2006-2009, 2011	Complementar a carga de energia necessária ao atendimento do mercado consumidor das concessionárias de distribuição, até o limite de 1% dessa carga.
Leilão de Energia Nova (A-3)	3 anos	Usinas novas - qualquer fonte	15-30 anos	5	2006-2009, 2011	Atendimento às necessidades de mercado das distribuidoras mediante a venda de energia elétrica proveniente de novos empreendimentos
Leilão de Energia Nova (A-5)	5 anos	Usinas novas - qualquer fonte	15-30 anos	7	2005-2008, 2010-2011	Atendimento às necessidades de mercado das distribuidoras mediante a venda de energia elétrica proveniente de novos empreendimentos
Leilão de Fontes Alternativas (LFA)	3 anos	Usinas novas - PCH, biomassa e eólica	15-30 anos	2	2007, 2010	Um dos mecanismos para atendimento do mercado consumidor das concessionárias de distribuição, com fontes alternativas
Leilão de Energia de Reserva (LER)	3 anos	Usinas novas - PCH, biomassa e eólica	15-30 anos	4	2008-2011	Destinada a aumentar a segurança no fornecimento de energia elétrica ao Sistema Interligado Nacional - SIN, proveniente de usinas especialmente contratadas para este fim

Fonte: Elaboração própria a partir de (CCEE, 2011)

A entrada da energia eólica no mercado regulado de energia a partir de 2009, como parte da política de diversificação da matriz elétrica e de contratação prioritária de fontes renováveis, resultou em um novo marco para a inserção desta tecnologia no setor elétrico brasileiro. Desde então, empreendimentos eólicos corresponderam a 50% da capacidade de geração de energia elétrica contratada, medida em garantia física<sup>36</sup>, ou MW médios, como mostra a figura 22.



**Figura 22 – Participação das tecnologias de geração de energia nos no mercado regulado entre 2009 e 2011, em relação à garantia física contratada**

Fonte: Elaboração própria a partir de (CCEE, 2011)

### O primeiro leilão de energia eólica

No Leilão de Fontes Alternativas de 2007 e no Leilão de Energia de Reserva de 2008 foram habilitados projetos de energia eólica. No entanto, a competição com fontes de energia elétrica de menor custo inviabilizou a contratação desta tecnologia. A

<sup>36</sup> A garantia física, ou energia assegurada, dos empreendimentos de geração de energia elétrica, medidos em MW médios, é a quantidade assegurada de potência que uma usina pode entregar para o sistema. É o produto da capacidade instalada e o fator de capacidade da usina. No caso das usinas eólicas, o fator de capacidade relaciona-se à capacidade de geração de energia em relação ao recurso eólico disponível e a eficiência e disponibilidade dos aerogeradores. Caso a geração verificada seja menor que a garantia física fornecida pelo agente gerador, este estará sujeito a penalidades.



concorrência com fontes mais baratas no mesmo leilão se tornou objeto de críticas do setor eólico (COSTA *et al.*, 2009).

De acordo com Nogueira (2011), as discussões entre os agentes reguladores e investidores do setor, representados pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) resultaram na inserção desta tecnologia nos leilões de contratação de energia elétrica, resultando na criação de cláusulas que permitissem reduzir a percepção dos riscos de investimento pelo setor privado. O novo modelo de contrato resultante destas discussões foi adaptado às características de elevado investimento inicial e geração intermitente e sazonal, o que permitiu considerar a produção média ao longo dos anos e reajustes e compensações de acordo com o histórico de geração. Estes mecanismos de contrato e características dos editais para fontes renováveis foram bem discutidos por Dalbem (2010) e Nogueira (2011).

Para atender ao pleito do setor eólico, foi realizado em 14 de dezembro de 2009 um leilão exclusivo para a fonte eólica na modalidade de Leilão de Energia Reserva. O preço inicial do certame foi estabelecido em R\$ 189,00/MWh, gerando inicialmente especulações de que este preço seria muito baixo, assim como ocorreu inicialmente no PROINFA. Apesar da percepção de baixo preço, foram cadastrados 441 projetos de energia eólica. Destes, foram habilitados 339 empreendimentos, que somavam mais de 10 GW de potência.

Foram contratados por meio do Leilão 71 empreendimentos, totalizando 1.805,7 MW de potência a ser instalada até julho de 2012. O leilão teve um deságio de 21,5%, e o preço médio da energia alcançou o valor de R\$ 148,39/MWh, aproximando-se do valor das usinas térmicas<sup>37</sup>.

### **Leilões de Fontes Alternativas e Leilões de 2011**

A aproximação do preço das usinas eólicas às demais fontes permitiu sua inclusão em leilões com outras fontes alternativas. Em agosto de 2010 foram realizados dois leilões voltados a fontes renováveis, conhecidos como Leilões de Fontes Alternativas. Para o

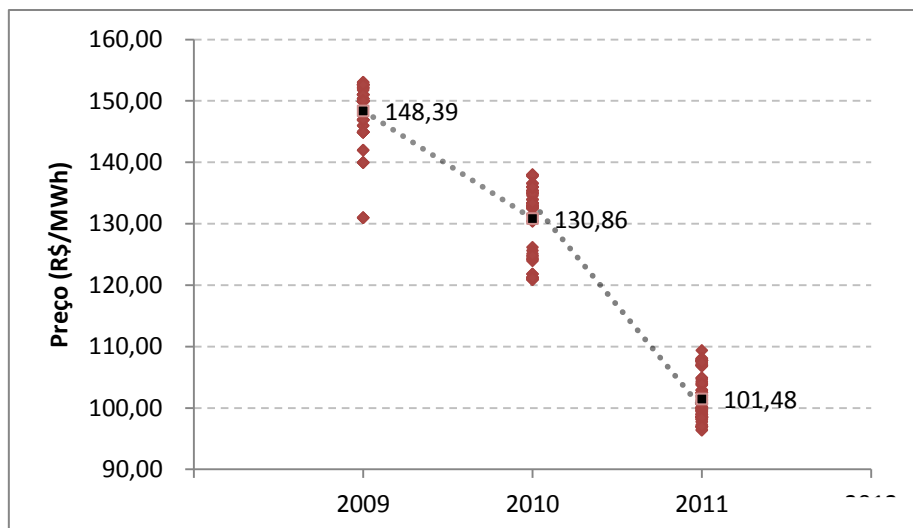
---

<sup>37</sup> No leilão A-5 de 2008 as termelétricas obtiveram os seguintes preços médios: R\$ 145,84/MWh para óleo combustível, R\$ 145,38/MWh para GNL, R\$ 140/MWh para carvão mineral e R\$ 145/MWh para bagaço de cana.

atendimento da demanda a partir de 2013, foram contratadas 70 usinas eólicas, que somam 2.047,8 MW, com preço médio de R\$ 130,86/MWh. Os projetos eólicos obtiveram maior volume de contratação e menor preço em relação às outras tecnologias participantes no certame, afirmando a competitividade da energia eólica frente às demais fontes alternativas – panorama diferente ao primeiro Leilão de Fontes Alternativas, no qual não foi contratado nenhum empreendimento eólico por não alcançarem preços competitivos. Pela primeira vez, a energia eólica passou a ser vista não apenas como uma alternativa ambiental, mas como uma alternativa econômica de geração de energia elétrica.

O ano de 2011 teve dois novos marcos para a contratação de energia eólica. O primeiro foi a inclusão em leilões junto a fontes tradicionais de geração (hidrelétricas e termelétricas a gás natural). O segundo foi a inédita participação em leilões da modalidade A-5, abrindo mais uma possibilidade para a participação desta tecnologia no mercado regulado. Nos leilões realizados em agosto, as usinas eólicas venderam energia a um preço médio de R\$ 99,54/MWh, historicamente o valor mais baixo para fontes alternativas de energia elétrica. Em dezembro, o leilão A-5 obteve preço médio de R\$ 105,12/MWh, um aumento já esperado pela ABEEólica. Durante o ano de 2011 foram contratados 2.905 MW em 117 empreendimentos, atingindo um preço médio de R\$ 101,48/MWh.

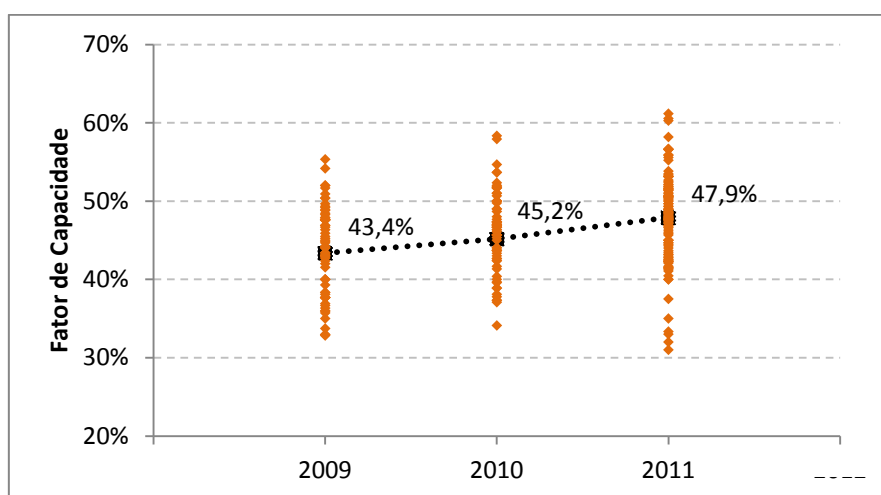
A figura 23 mostra a redução nos preços da energia eólica contratada no mercado regulado desde o início de sua participação neste mercado, em 2009, até dezembro de 2011. Os pontos em vermelho correspondem a todos os preços ofertados, por projeto, enquanto que os pontos pretos correspondem ao preço médio da energia vendida no ano.



**Figura 23 – Preços de contratação da energia eólica nos leilões entre 2009 e 2011**

Fonte: Elaboração própria a partir de (CCEE, 2011)

A redução de preços foi acompanhada do aumento do fator de capacidade dos empreendimentos, chegando a mais de 60% em projetos comercializados em 2011. O fator de capacidade das usinas eólicas depende não apenas da localização das usinas em locais de alto potencial eólico, mas também da utilização de aerogeradores mais eficientes. A figura 24 mostra os fatores de capacidade dos projetos comercializados nos leilões entre 2009 e 2011, sendo os pontos pretos os fatores de capacidade médios.

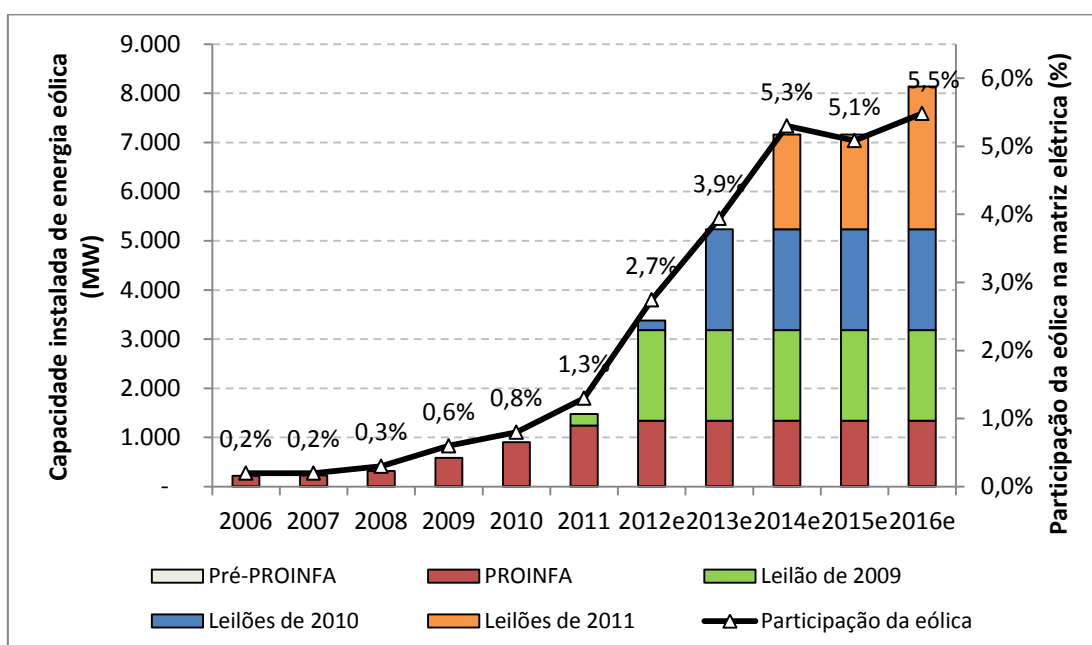


**Figura 24 – Fator de capacidade das usinas eólicas contratadas nos leilões entre 2009 e 2011**

Fonte: Elaboração própria a partir de (CCEE, 2011)

O aumento no fator de capacidade pode ser um fato preocupante para os projetos contratados. Isso ocorre porque há escassez de históricos de medição das condições atmosféricas e da velocidade e direção do vento nos locais, sendo necessários longos históricos para que seja realizada uma modelagem da geração de energia com maior confiabilidade. Apesar da possibilidade de reajuste da garantia física do empreendimento a cada quatro anos de operação baseado no histórico de geração, há penalidades para a geração fora da estipulada no contrato<sup>38</sup>.

Com a entrada em operação dos projetos contratados no mercado regulado, a capacidade instalada de energia eólica deverá alcançar 8,1 GW em 2016, com participação estimada em 5,5% da matriz elétrica brasileira<sup>39</sup>, como mostra a figura 25.



**Figura 25 – Capacidade instalada de energia eólica e participação desta tecnologia na matriz elétrica brasileira entre 2006 e 2011 e estimado para 2012 a 2016**

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2012a; CCEE, 2011)

<sup>38</sup> Há uma faixa de tolerância para a geração entre valores 10% abaixo e 30% acima do estipulado no contrato. Nesta faixa, caso o saldo seja positivo, o gerador receberá o montante em 24 parcelas no pagamento da energia; caso seja negativo, deverá ressarcir em 12 parcelas ou comprar créditos de outros projetos superavitários que tenham participado no mesmo leilão; todas as parcelas são de acordo ao preço vigente no contrato com os reajustes. Fora da faixa de tolerância, o gerador irá receber ou pagar a diferença em 12 parcelas; porém, não no preço contratado, mas 70% do preço, caso a geração seja maior que 30%, ou 115% do preço, caso o déficit na geração seja maior de 10% (DALBEM, 2010).

<sup>39</sup> Considerando a capacidade instalada na matriz elétrica em 2012 a 2016 referente ao planejamento da EPE (EPE, 2011)

A maior parte dos projetos eólicos contratados está localizados no Nordeste. A tabela 13 mostra a estimativa de parques em operação ao final de 2016, quando os projetos eólicos contratados nos leilões de 2009 a 2011 devem estar conectados à rede.

**Tabela 13 – Estimativa de parques eólicos em operação no final de 2016**

Estado	Nº de parques	Potência (MW)	Participação
<b>Rio Grande do Norte</b>	95	2.726,1	33,5%
<b>Ceará</b>	69	1.817,7	22,4%
<b>Bahia</b>	57	1.567,0	19,3%
<b>Rio Grande do Sul</b>	54	1.403,8	17,3%
<b>Santa Catarina</b>	13	236,4	2,9%
<b>Pernambuco</b>	8	102,8	1,3%
<b>Piauí</b>	4	93,6	1,2%
<b>Paraíba</b>	13	66,0	0,8%
<b>Maranhão</b>	2	57,6	0,7%
<b>Sergipe</b>	1	30,0	0,4%
<b>Rio de Janeiro</b>	1	28,1	0,3%
<b>Paraná</b>	1	2,5	0,0%
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>8.131,6</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de (CCEE, 2011; ANEEL, 2012a)

#### 4.1.3. A indústria eólica brasileira

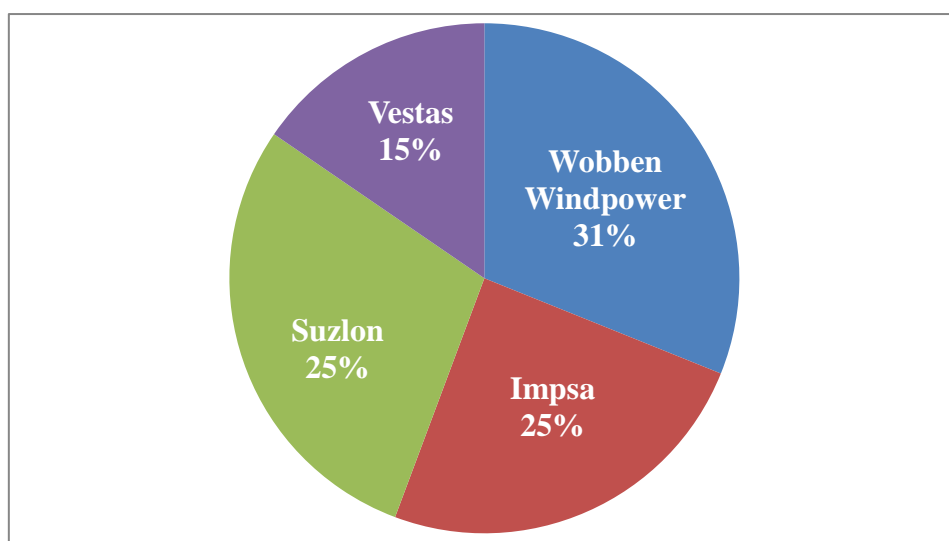
A primeira fábrica de aerogeradores instalada no Brasil foi a Wobben Windpower, erguida em Sorocaba em 1995. Até meados de 2008, foi a única empresa a produzir aerogeradores de médio e grande porte no país. O monopólio desta empresa gerou atrasos na instalação de parques do PROINFA<sup>40</sup> e descontentamento com os preços praticados durante este período. Esta empresa, subsidiária da gigante alemã Enercon, é a única empresa presente no Brasil a dominar toda a cadeia de produção de equipamentos, e atualmente possui uma fábrica de naceles e pás em Sorocaba (SP), uma fábrica de pás

<sup>40</sup> Como citado anteriormente, o PROINFA exigia 60% de índice de nacionalização dos equipamentos. Esta medida, que deveria incentivar a instalação de novas indústrias, surtiu pouco efeito, na medida em que o PROINFA não foi suficiente para atrair outras empresas sem que houvesse a sinalização de continuidade de contratação de energia eólica. No entanto, fornecedores de componentes intermediários e de torres eólicas começaram a surgir no país. A mudança da exigência do conteúdo nacional para 60% de nacionalização do empreendimento como um todo permitiu a entrada de novas empresas de fabricação de aerogeradores no mercado eólico brasileiro.

em Pecém (CE) e uma fábrica itinerante de torres de concreto em Parazinho (RN), além de parceria com uma fábrica de pré-moldados de concreto para produção de torres, a Ernesto Woebeck, em Gravataí (RS).

Em 2008 foi quebrado o monopólio da Wobben Windpower, com a abertura de uma fábrica de naceles da empresa argentina Impsa, em Suape (PE). Juntas, estas empresas dominaram a fabricação de aerogeradores até a metade de 2011, quando foram inauguradas fábricas de aerogeradores da francesa Alstom e da espanhola Gamesa, ambas em Camaçari (BA), e o início da fabricação de aerogeradores pela empresa brasileira WEG, em parceria com a espanhola M. Torres Olvega Industrial (MTOI), em Jaraguá do Sul (SC).

A participação das empresas fabricantes de aerogeradores na capacidade instalada durante o PROINFA encontra-se concentrada nos equipamentos de quatro fabricantes, como mostra a figura 26.



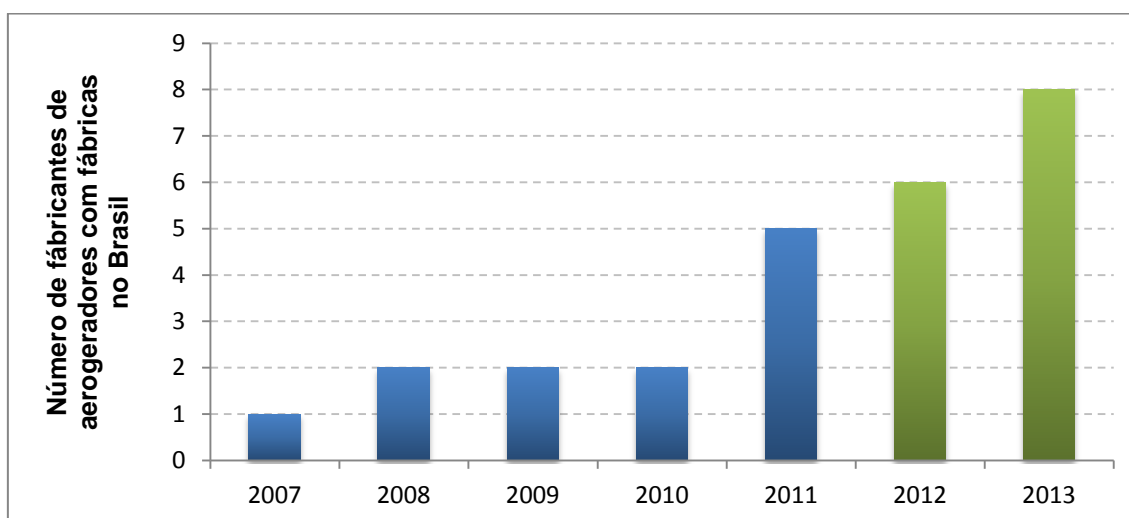
**Figura 26 – Participação dos fabricantes de aerogeradores na capacidade instalada antes e durante o PROINFA**

Fonte: Elaboração própria

A realização do primeiro leilão de energia eólica, juntamente com a sinalização da Empresa de Pesquisa Energética<sup>41</sup> (EPE) de priorização da contratação de fontes

<sup>41</sup> Instituição subordinada ao Ministério de Minas e Energia (MME) que realiza o planejamento energético brasileiro de médio e longo prazo.

renováveis e da continuidade da participação da energia eólica em leilões anuais de contratação de energia elétrica, estimulou a vinda de novas empresas internacionais e a abertura de novas fábricas de aerogeradores no Brasil. A figura 27 mostra a evolução, entre 2007 e 2011, do número de fabricantes de aerogeradores com fábricas em operação em território brasileiro, e a previsão para os anos de 2012 e 2013, com base em pronunciamentos da indústria à imprensa<sup>42</sup>.



**Figura 27 – Número de fabricantes de aerogeradores com fábricas no Brasil entre 2007 e 2011 e estimado para 2012 e 2013**

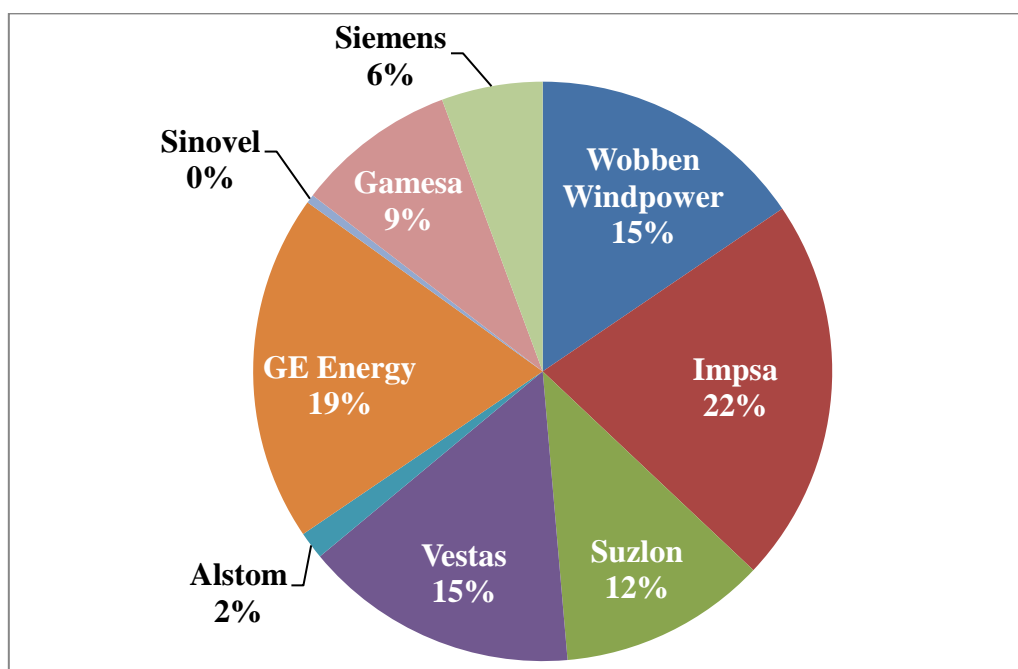
Fonte: Elaboração própria

O número crescente de grandes empresas de fabricação de aerogeradores com participação no setor mostra a atratividade deste mercado. Em novembro de 2011 a consultoria norte americana Ernst & Young publicou um índice de atratividade do mercado de energias renováveis de diversos países. Neste documento, o Brasil se posicionou em 10º país mais atrativo para investimentos em energias renováveis e 9º mercado mais atrativo para investimento em energia eólica (ERNST & YOUNG, 2011). De fato, após a crise financeira de 2008-2009, que desaqueceu mercados tradicionais na Europa e América do Norte, empresas internacionais começam a se voltar para mercados em ascensão, entre eles, o Brasil. A contratação de grandes volumes de

<sup>42</sup> Está previsto para 2012 o início da operação de uma fábrica da dinamarquesa Vestas no Ceará (VALOR ECONÔMICO, 2011a) e, para 2013, a entrada em operação de fábrica da norte americana GE na Bahia (VALOR ECONÔMICO, 2011b) e da alemã Fuhrlander no Ceará (VALOR ECONÔMICO, 2012).

aerogeradores nos leilões tornou justificável a instalação e ampliação de fábricas destes equipamentos em território nacional, visando não apenas o abastecimento do mercado brasileiro, mas também a construção de uma plataforma de exportação de aerogeradores para o promissor mercado latinoamericano (ABEEÓLICA, 2011).

A figura 28 mostra a participação das empresas fabricantes de aerogeradores na capacidade instalada prevista para 2015. Esta estimativa contabiliza as usinas em operação, e as usinas contratadas nos leilões de 2009 e 2010<sup>43</sup>, e é baseada em dados coletados por comunicação pessoal da ABEEólica e dos próprios fabricantes. A figura mostra claramente a diversificação do mercado de turbinas eólicas, o que levou à diminuição dos preços e à maior competitividade.



**Figura 28 – Estimativa da participação dos fabricantes de aerogeradores na capacidade instalada prevista para 2015**

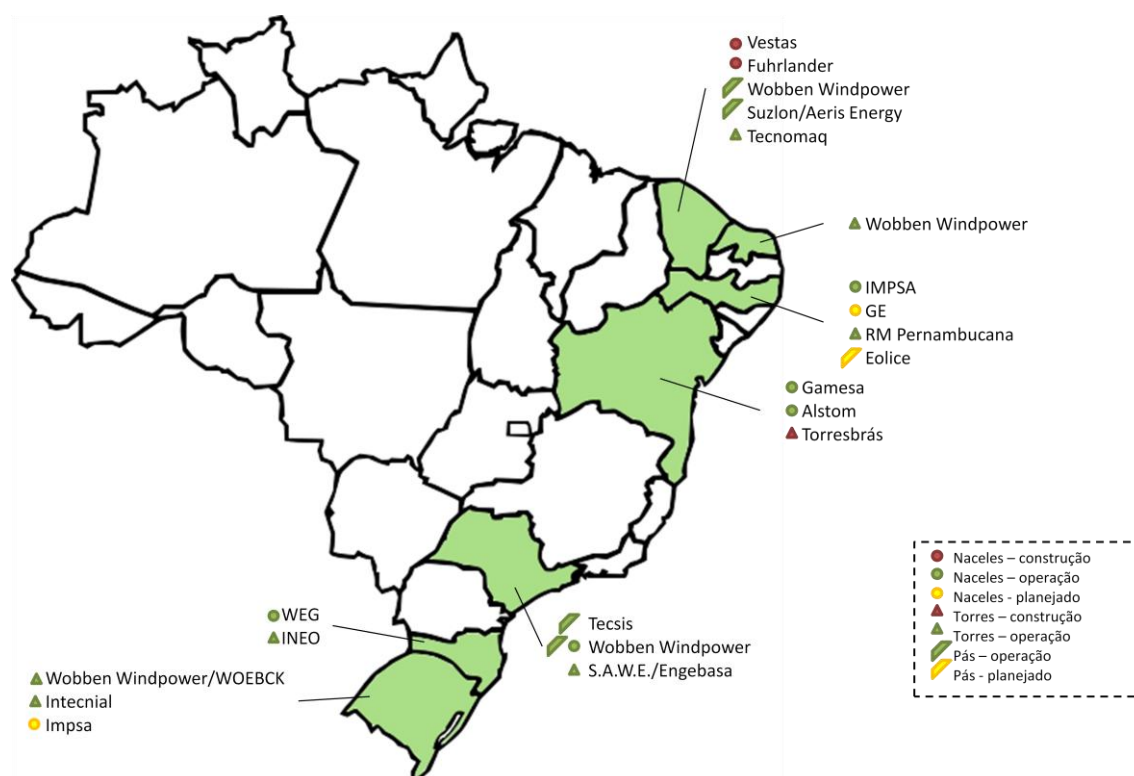
Fonte: Elaboração própria

A figura 29 mostra a localização das fábricas de aerogeradores, torres e pás eólicas em operação, construção e planejamento no Brasil. Nota-se que grande parte das empresas está localizada nas regiões Sul e Nordeste, as duas frentes de contratação de parques

<sup>43</sup> Com exceção de 38 empreendimentos, que correspondem a 13% da capacidade contratada, dos quais não foi possível identificar os fornecedores de aerogeradores.



eólicos<sup>44</sup>. As exceções são as fábricas da Wobben Windpower e da Tectis, ambas localizadas em Sorocaba (SP) e que surgiram como fábricas para a exportação de produção; e a fábrica de torres da Engebasa, localizada junto à fábrica já existente de mecânica e usinagem, em Cubatão (SP).



**Figura 29 – Fábricas de naceles, torres e pás, em operação, construção e planejadas em março de 2012**

Fonte: Elaboração própria

#### 4.1.4. Nova fronteira da energia eólica: o mercado livre de energia

O Ambiente de Contratação Livre (ACL), ou mercado livre, é aquele nos quais os consumidores de energia podem realizar contratos bilaterais com os agentes geradores para compra de energia, sem a existência de leilões regulados pelo governo. No entanto, este mercado é restrito para os consumidores livres e especiais. A tabela 14 apresenta as características desses consumidores.

<sup>44</sup> Fora das regiões Sul e Nordeste, há apenas um parque eólico em operação, contratado no PROINFA, no Estado do Rio de Janeiro. Desde então, não foram contratados outros parques em outras regiões.

**Tabela 14 – Características dos consumidores livres e especiais**

<b>Compradores</b>	<b>Consumo</b>	<b>Vendedores</b>
Consumidores livres	A partir de 3 MW	Geração de energia elétrica de qualquer tecnologia
Consumidores especiais	Entre 0,5 e 3 MW	Geração de energia elétrica a partir de fontes incentivadas (PCH; eólica, solar e biomassa com potência instalada de até 30 MW; e empreendimentos de geração de potência instalada ou inferior a 1 MW)

Fonte: Elaboração própria a partir de (ANEEL, 2006, 2009)

Atualmente há uma usina eólica em operação cuja construção se deu exclusivamente por um contrato no mercado livre, e há outras 16 usinas em construção para este ambiente. No total, elas somam 346,2 MW, e devem estar todas em operação até o final de 2012. Com os baixos preços do mercado regulado para empreendimentos eólicos, o mercado livre torna-se uma alternativa para os investidores, por oferecer preços mais atrativos.

O ACL é um ambiente com maiores riscos para o investidor em fontes alternativas de energia elétrica. Isso se dá devido à sazonalidade e intermitência da geração eólica. Diferentemente no mercado regulado, onde a operação do sistema pode compensar a flutuação da geração, o mercado livre não possui esta flexibilidade, devendo a diferença da energia gerada e da consumida ser comercializada no mercado de curto prazo. A sazonalidade também se configura como um problema, na medida em que muitos consumidores têm carga de consumo relativamente constantes durante o ano, diferentemente da geração, como visto na geração eólica. No entanto, mecanismos estão sendo discutidos para viabilizar a entrada da eólica neste mercado em maior escala. Um destes mecanismos é a venda de um portfólio de fontes de energia, que consiste na comercialização de um pacote com diversas usinas de geração de energia, de tecnologias de geração diversificadas, com o fim de minimizar a exposição ao risco devido à sazonalidade ou intermitência. Outro mecanismo é a inserção das usinas eólicas no Mecanismo de Realocação de Energia (MRE), devido à complementaridade entre as fontes eólica e hídrica<sup>45</sup> (ABEEÓLICA, 2011).

<sup>45</sup> O MRE é um mecanismo que tem por finalidade a redução e compartilhamento dos riscos hidrológicos pelas usinas hidrelétricas, operado pelo despacho centralizado do SIN. Neste mecanismo, todas as usinas

Nogueira (2011) verificou que, entre os agentes do setor eólico entrevistados, a maioria se mostrou otimista em relação à participação da eólica no ACL, devido a preços mais atrativos e menor concorrência, além de não haver a necessidade de aguardar leilões para a comercialização das usinas. No entanto, os agentes ainda percebem que algumas barreiras devem ser superadas, principalmente relativo à garantia física da geração e à duração dos contratos, que tendem a ser mais curtos que no mercado regulado.

#### **4.1.5. Perspectivas e barreiras para o crescimento da energia eólica no Brasil**

A energia eólica passou, nos últimos três anos, por um momento de grande volume de capacidade contratada e grande redução dos preços. A indústria considera 2011 como o ano-chave para o desenvolvimento da energia eólica, devido não apenas à contratação e aos preços atingidos, mas também pela diversificação de empresas e pela evolução do debate sobre esta tecnologia. A maior consideração da eólica no planejamento energético de médio prazo, a sinalização de continuidade na contratação da eólica nos leilões e a entrada do Brasil nos dez mercados mais atrativos para a energia eólica foram fatores que elevaram o potencial de sucesso desta tecnologia no país.

No entanto, muitas destas conquistas se devem não apenas a fatores estruturais do mercado, como aspectos regulatórios, facilidade de financiamento e melhorias tecnológicas e de infraestrutura, apesar destes fatores terem contribuído para as recentes conquistas do setor. A conjuntura global, com a crise financeira de 2008-2009, contribuiu para os resultados obtidos nos últimos anos.

Em entrevistas com agentes do setor, Nogueira (2011) identificou que a principal causa para a redução dos preços foi a crise financeira mundial, de maneira direta ou indireta. A redução da demanda nos mercados tradicionais da Europa e dos Estados Unidos gerou uma capacidade ociosa de fabricação de aerogeradores, reduzindo o preço dos equipamentos e levando as empresas multinacionais a buscarem novos mercados (BLOOMBERG, 2012). Neste contexto, além de facilitar a importação de componentes

---

recebem seus níveis de energia assegurada, independentemente de sua produção real de energia, desde que a geração total do MRE não esteja abaixo da energia assegurada total do sistema. O MRE funciona realocando a energia produzida, transferindo o excedente de usinas que gerem acima de sua garantia física para aquelas que tenham geração menor (CCEE, 2012c).

devido aos baixos preços, empresas de investimento, geração e fabricação de turbinas eólicas buscaram espaço para a atuação no mercado brasileiro.

Segundo a ABEEólica (2011), os mercados mais atrativos para a eólica, após a crise financeira, encontram-se na América Latina e na Ásia. A China, principal investidor nesta tecnologia, não compete intensamente por investimentos estrangeiros, uma vez que possui sua própria indústria e, agora, busca investir em outros mercados, como o brasileiro. Na América Latina, o Brasil tem se tornado o mercado mais promissor, tanto pelo potencial de demanda por bens e serviços devido ao ambiente favorável para investimentos em infraestrutura em geral quanto pelo potencial de se tornar uma base para a exportação de equipamentos para o restante do continente.

A questão da taxa de câmbio, com o enfraquecimento do dólar, também contribuiu para a redução dos preços da energia eólica, ao favorecer a importação de insumos com preços mais baixos (NOGUEIRA, 2011).

Assim, pode-se concluir que a energia eólica encontra-se hoje em uma janela de oportunidade, e a manutenção dos baixos preços e da competitividade do mercado brasileiro de energia eólica dependerá da consolidação da indústria e da velocidade de recuperação dos tradicionais mercados desta tecnologia. Nogueira (2011) cita ainda a posição que será assumida no cenário internacional dos mercados emergentes da Ásia, representados pela China e pela Índia.

#### **4.1.5.1. Barreiras e dificuldades do setor eólico**

Durante a pesquisa, foram realizadas entrevistas com agentes do setor eólico para identificação das barreiras e dificuldades que ainda existem no setor e das expectativas para avançar na consolidação da energia eólica como alternativa viável para a produção de energia elétrica em longo prazo. Foram identificados sete pontos relevantes: infraestrutura e logística, capacitação, licenciamento ambiental, financiamento, insumos e equipamentos, aspectos regulatórios e inovação e indústria nacional.

### **Infraestrutura e logística**

A infraestrutura é considerada hoje como o maior gargalo para a energia eólica no Brasil. A questão da infraestrutura e logística está relacionada com o transporte de aerogeradores, via terrestre ou marítima, e com a transmissão da energia gerada nas usinas.

A questão do transporte de equipamentos está relacionada com três aspectos.

O primeiro é a condição de tráfego nas rodovias brasileiras, principal meio de transporte de aerogeradores e componentes utilizado atualmente no Brasil. Dois fatores são cruciais para a melhoria do transporte rodoviário. O primeiro, e bastante conhecido, é a condição física das rodovias brasileiras. A maior parte dos empreendimentos contratados até o momento concentra-se na região Nordeste, a qual possui estradas em péssimas condições. Ao trafegar em automóvel pelas estradas nota-se a dificuldade que caminhões de grande porte enfrentam: pistas estreitas, com buracos e sem acostamento (figura 30). Outro problema referente às rodovias é a disponibilidade para tráfego por caminhões de grande comprimento, principalmente para os caminhões que carregam segmentos de torres de aço e pás eólicas. Os caminhões podem trafegar, em número limitado decidido pela Polícia Rodoviária Estadual, apenas durante o dia e com escolta desta polícia. Assim sendo, dependem da disponibilidade de viaturas de escolta para cada trecho, e o número de caminhões permitidos para tráfego diminui em épocas de grande fluxo de automóveis, como é o caso do verão nas estradas do litoral do Nordeste.



**Figura 30 – Foto de trecho da rodovia estadual RN-120, entre os municípios de Parazinho e João Câmara (RN), onde serão construídos 45 parques eólicos com mais de 1,2 GW de capacidade até 2016**

Fonte: Foto da autora

O segundo aspecto que envolve o transporte de equipamentos é a disponibilidade de caminhões para o transporte, principalmente das pás. As pás eólicas são extremamente grandes e delicadas, e são necessários grandes veículos e escolha de vias e locais de armazenagem (em caso de transporte por navios) com raios de curvatura que permitam a manobra destes veículos. Atualmente há número limitado de caminhões com tamanho capaz de transportar as atuais pás eólicas, de cerca de 40 metros de comprimento cada e, segundo os entrevistados, deve se configurar em um problema ainda maior, já que a previsão é de que, em poucos anos, o tamanho das pás cheguem a mais de 50 metros.

O terceiro aspecto é a necessidade de melhorias de infraestrutura para a cabotagem, como é chamado o transporte de cargas entre portos nacionais por meio de navios. A falta de estrutura de armazenamento dos portos é um dos principais problemas levantados pelos entrevistados. O transporte marítimo de cargas entre portos das regiões Sul, Sudeste e Nordeste tem o potencial de reduzir os custos de transporte de equipamentos e problemas de desgaste de componentes devido ao atrito pelas más condições das vias, mas ainda é pouco utilizado para transporte de equipamentos em território nacional.

A questão da transmissão da energia gerada também é considerada um problema para a eólica. Como mencionado anteriormente, para a conexão de parques eólicos localizados em áreas afastadas da rede de transmissão ou em locais onde a rede básica é fraca, como em parte do Nordeste, são construídas ICGs, de uso compartilhado de usinas na mesma região. No entanto, os leilões para a construção de ICGs não vêm acompanhando os leilões de geração, o que gerou um descasamento no cronograma de implantação dos empreendimentos de geração e transmissão.

Um caso é o da ICG João Câmara II, leiloadada apenas em 2010 e que deverá entrar em operação em setembro de 2013, obrigando algumas usinas a atrasarem seu cronograma de entrada em operação devido ao atraso do sistema de transmissão (ANEEL, 2011a, 2011b, 2011c).

### **Capacitação e mão de obra**

A falta de mão de obra capacitada foi considerada um problema por muitos dos entrevistados. O setor de construção civil alega a falta de trabalhadores capacitados, e

preveem que este problema será maior com a demanda de instalação dos parques eólicos contratados em um curto período de tempo<sup>46</sup>.

As empresas de fabricação de equipamentos entrevistadas não registraram, no ano de 2011, problemas para a contratação de trabalhadores qualificados. No entanto, os entrevistados preveem que, com a instalação de novas fábricas e o aumento da produção de equipamentos, este aspecto pode vir a se tornar um problema nos próximos anos.

O setor que registrou maior falta de trabalhadores capacitados foram os setores de desenvolvimento e gestão de projetos, que exigem alto nível de especialização e experiência.

### **Licenciamento ambiental**

Uma crítica recorrente no setor de energia eólica é a falta de padronização de exigência dos órgãos ambientais de licenciamento. Devido às previsões de crescente demanda por licenciamento ambiental dos projetos eólicos contratados nos leilões, foi criado um Grupo de Trabalho para discussão sobre licenciamento ambiental de projetos eólicos, em novembro de 2009, por iniciativa do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Este grupo é formado por representantes dos órgãos estaduais de meio ambiente dos Estados do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Sergipe, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Piauí e Minas Gerais. Conta, ainda, com a presença de representantes da ANEEL, do Instituto Brasileiro de Recursos Naturais e Meio Ambiente (IBAMA), e do Ministério de Minas e Energia (MME). Os objetivos deste grupo são buscar a definição e identificação de impactos ambientais de projetos eólicos no Brasil; criar diretrizes para o licenciamento ambiental de projetos eólicos; buscar o ordenamento da expansão da atividade; buscar o enquadramento dessa atividade em Resoluções CONAMA existentes ou, se possível, criar uma resolução própria; e disseminar informações técnicas sobre o licenciamento ambiental de parques eólicos.

Essas discussões visam harmonizar os processos de licenciamento ambiental desses projetos, os quais ocorrem em nível estadual e, portanto, mesmo que com tipologias e impactos similares, sujeitos a diferentes diretrizes.

---

<sup>46</sup> A construção dos parques do PROINFA, totalizando cerca de 1,3 GW de capacidade, durou 7 anos, entre 2005 e 2011. A capacidade contratada nos leilões, por outro lado, demandará a construção de 6,8 GW no período de 7 anos.

Atualmente, é exigida a Licença Prévia para a participação nos leilões de energia. Porém, devido aos curtos prazos do setor elétrico em relação aos prazos dos órgãos estaduais de meio ambiente, e ao volume crescente de projetos aguardando o licenciamento, há um conflito entre a agilidade do processo e a qualidade do licenciamento.

## **Financiamento**

A obtenção de financiamentos se constitui em um gargalo para a construção de parques eólicos. Devido às altas taxas de juros praticadas por bancos privados no Brasil, ao grande volume de recursos demandado para a construção de parques eólicos e ao incentivo governamental a projetos de infraestrutura, o principal banco financiador para projetos eólicos é o BNDES.

O BNDES oferece o financiamento de até 80% dos itens financiáveis<sup>47</sup>. Para o financiamento de parques eólicos, é requerido um índice de nacionalização de pelo menos 60% em peso e valor do empreendimento. Para o financiamento de turbinas eólicas, que custam aproximadamente 70% do valor do projeto, as torres constituem o principal alvo de produção nacional. As torres de aço correspondem a cerca de 60% do peso total do aerogerador e, devido ao alto preço das chapas de aço, correspondem a cerca de 30% do preço total do aerogerador fabricado no Brasil (GAYLORD, 2011).

No entanto, a concentração do financiamento no banco de desenvolvimento poderá gerar barreiras para a obtenção de crédito. A exigência de critérios rigorosos para a obtenção de financiamentos constitui entrave principalmente para empresas de menor porte. A entrada de volumes expressivos de energia eólica na matriz de geração pode fazer com que a obtenção de financiamento se torne uma barreira na concretização dos projetos, não só pelos recursos limitados do BNDES, mas também pelo volume de solicitações a serem analisadas em um curto período de tempo (NOGUEIRA, 2011).

---

<sup>47</sup> Entre os itens não financiáveis estão a aquisição de terrenos, custos de manutenção, transferência de ativos, aquisição de bens importados, exceto máquinas e equipamentos sem similar nacional, e despesas de internalização de bens importados, exceto para máquinas e equipamentos sem similar nacional.



### **Insumos e equipamentos**

Entrevistados no setor de fabricação de parques eólicos declararam a falta de competitividade da obtenção de insumos de fabricação nacional, principalmente de chapas de aço para a fabricação das torres.

As chapas de aço possuem baixa competitividade devido ao alto preço comparado com o preço de importação deste material. Segundo entrevistados, o baixo preço da energia eólica vendida nos últimos leilões poderá aumentar a importação de chapas de aço para a fabricação das torres no Brasil, ou mesmo a importação das torres já fabricadas. No entanto, devido ao peso das torres e aos custos de fabricação das mesmas, a importação gerará dificuldades para a obtenção de financiamento pelo BNDES.

Os altos custos do aço tornam mais atrativa a utilização de torres eólicas de concreto em novos empreendimentos, além de que estas últimas demandam menor deslocamento entre a fábrica e o parque eólico, solucionando parte do problema de transporte e logística. Uma solução adotada pela alemã Wobben Windpower é a utilização de uma fábrica itinerante de torres de concreto, montada dentro da área de construção do parque eólico, justificada em usinas de grande porte.

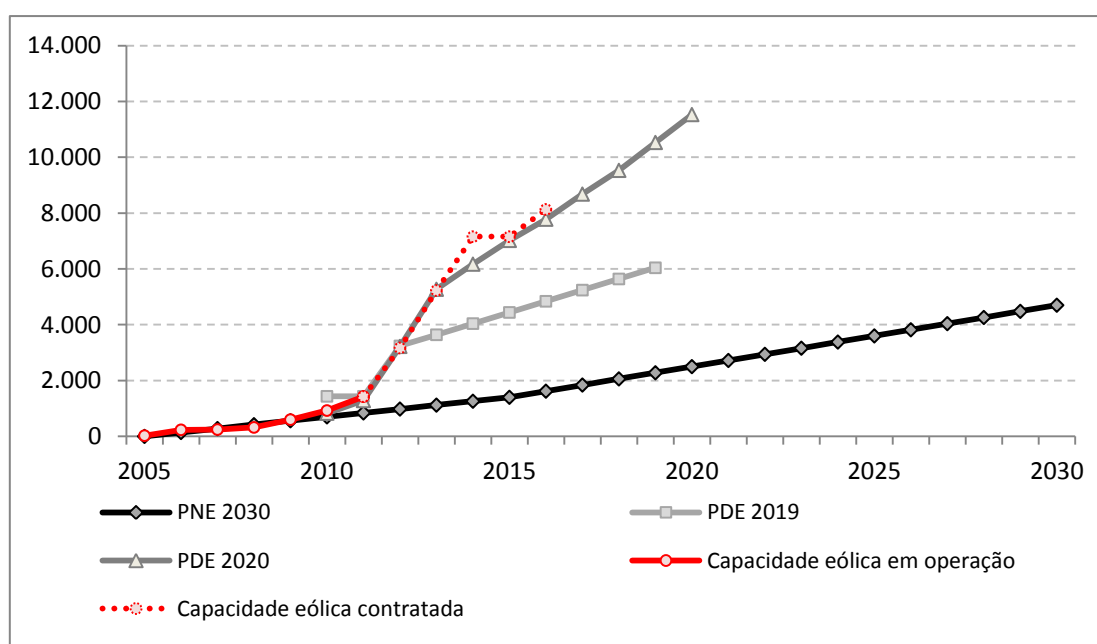
O setor de construção de parques eólicos prevê a redução na oferta e o aumento do custo do cimento e do aço para a construção, devido ao aquecimento do setor de infraestrutura. Também foi relatada a falta de guindastes de grande porte, utilizados na instalação de aerogeradores. Estes guindastes existem em números limitados no Brasil e requerem mão de obra altamente especializada, e não são de utilização exclusiva do setor eólico. A importação de guindastes para suprir a demanda de instalação deverá vir acompanhada de aumento no preço do serviço, os quais hoje correspondem a cerca de 30% do custo total da construção, e da importação de operadores. Segundo entrevistados, a redução do preço da energia eólica deverá gerar alta competição na utilização dos guindastes disponíveis.

### **Aspectos regulatórios**

O arcabouço regulatório de um setor é um dos principais aspectos que oferece segurança para os investidores. Este não é o caso da energia eólica no Brasil, onde alguns entrevistados se mostraram com receio da atual situação, devido à falta de garantia de continuidade da grande demanda de equipamentos e serviços vista nos

últimos anos. De fato, apesar de o governo sinalizar que deverá continuar a contratação anual de eólicas por meio de leilões, estes certames são anunciados com menos de um ano de antecedência, e o volume de energia a ser contratado é mantido em segredo até o fechamento do leilão.

Ao observar os planejamentos realizados pela EPE, nota-se grande diferença entre as previsões de energia eólica inserida no sistema, mostrando a falta de uma visão de longo prazo para esta tecnologia. No entanto, o último planejamento, o PDE 2020 se aproxima mais da realidade do setor ao final de 2011, como pode ser visto na figura 31. A constante discrepância no planejamento indica, por um lado, que a energia eólica superou as expectativas do governo com os volumes contratados nos últimos certames, tendo sido visualizado um crescimento acima do esperado. Por outro lado, mostra que o governo não possui um planejamento para manter a contratação desta tecnologia no mesmo ritmo observado nos últimos três anos, fato observado pela redução da inclinação da linha de tendência do plano.



**Figura 31 – Capacidade instalada de energia eólica em operação, contratada e capacidade prevista em três planejamentos de expansão de energia da Empresa de Pesquisa Energética,**

Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE, 2007, 2010b, 2011; ANEEL, 2012a; CCEE, 2011)

Ao mesmo tempo, não foi anunciado nenhum Leilão de Energia de Reserva para 2012, tradicional leilão onde a eólica participa desde sua estreia no mercado regulado e é a modalidade com maior volume de potência contratada, e o Leilão A-3 de 2012 corre risco de ser cancelado devido à baixa demanda por energia das distribuidoras, que já possuem capacidade sobrecontratada (JORNAL DA ENERGIA, 2012). Para o presente ano, resta a certeza apenas da participação no Leilão A-5, o qual contratará energia para início da operação em 2017<sup>48</sup>.

A indústria eólica, representada pela ABEEólica, prevê a necessidade de contratação de 2 GW ao ano para a consolidação da indústria no Brasil e para atrair investimentos em novas fábricas e em ampliação das plantas industriais já existentes. No entanto, a diminuição no ritmo de crescimento da demanda de energia prevista e a contratação de grandes volumes de energia nos últimos anos podem desacelerar o crescimento da eólica.

Um fator recente que pode gerar ainda mais insegurança regulatória é a indecisão sobre a os procedimentos a serem tomados devido ao atraso da entrada em operação das usinas no PROINFA, assunto aberto em Audiência Pública na ANEEL. Devido à falta de regulamentação da lei que ofereceu a última prorrogação de prazo para as usinas do programa, os aditivos de contrato das usinas que entraram em operação no ano de 2011 não foram assinados junto à Eletrobras. A discussão pautando a audiência pública está na redução da tarifa para os empreendimentos atrasados, que teriam sido beneficiados pela curva de aprendizado da energia eólica no Brasil e pela redução de preços de equipamentos e serviços, e na redução do tempo de contrato, sendo considerado o fornecimento por 20 anos a partir de 2006, não importando o ano da entrada em operação (ANEEL, 2012b). A primeira alternativa visa atingir as usinas que entraram em operação em 2011, que correspondem a 12 parques eólicos, enquanto que a segunda afetará todos os parques eólicos que entraram em operação após 2006. Caso aprovada alguma das medidas poderá haver impactos para a segurança regulatória do setor no país, afastando novos investimentos e afetando o fluxo de caixa das usinas do programa.

---

<sup>48</sup> Apesar de ser comemorada pela indústria a inserção da eólica na modalidade A-5 em 2011, este certame é o menos atraente para a eólica devido ao longo tempo de espera para a entrada em operação da usina, cujo tempo médio de construção é de um ano e meio. Devido à influência da conjuntura internacional no preço dos aerogeradores, assume-se um risco ao montar o fluxo de caixa, já que o mercado pode voltar a se aquecer e a taxa de câmbio, subir.

## **Inovação e indústria nacional**

Alguns entrevistados citaram a falta de incentivos e cooperação para a criação de conhecimento e tecnologias na área de energia eólica no Brasil. Apesar de ser um campo de estudos em ascensão no Brasil, ainda há pouca ênfase para desenvolvimento próprio de tecnologia. Faltam ainda estudos mais profundos sobre o potencial eólico brasileiro em nível nacional e em nível estadual; sobre a complementaridade entre os regimes hídrico e eólico, com o fim de fornecer subsídio para o planejamento e operação do parque gerador brasileiro e o efeito das eólicas nos reservatórios hidrelétricos; e o efeito cumulativo das eólicas nas redes de transmissão e na qualidade da energia.

Ferreira (2008) ainda cita que, para a consolidação da indústria eólica no Brasil, deve ser incentivado o desenvolvimento de indústrias e tecnologias brasileiras, e critica o panorama atual<sup>49</sup>, onde as principais fábricas são filiais de empresas estrangeiras.

Neste contexto, a ABEEólica está articulando, junto a empresas e universidades, a criação de uma Rede de Pesquisa para a energia eólica, com foco no desenvolvimento tecnológico e na capacitação de mão de obra.

### **4.2. Cenários de crescimento da energia eólica no Brasil**

Foram trabalhados três cenários<sup>50</sup> de penetração da energia eólica na matriz energética brasileira até 2020: o Cenário de Referência, o Cenário Exploratório e o Cenário Otimista.

O **Cenário de Referência** utilizado é o cenário elaborado pela EPE e publicado no PDE 2020 (EPE, 2011), que prevê a contratação prioritária de fontes renováveis a partir de 2011, com participação, sobretudo, de grandes hidrelétricas. Para a fonte eólica, o PDE 2020 prevê a operação de 11.532 MW no final de 2020.

---

<sup>49</sup> Apesar do trabalho de Ferreira ter sido escrito em 2008, como visto no item 4.1.3 a maioria das empresas fabricantes de aerogeradores são grandes empresas estrangeiras.

<sup>50</sup> Os tipos de cenários encontram-se explicados no item 3.1.4.

O PDE 2020 mostra o rápido crescimento entre 2011 e 2013, com a entrada e operação das usinas eólicas contratadas pelos leilões de 2009 e 2010. Após esse período, porém, verifica-se uma queda na instalação dos parques, com instalação anual entre 760 MW e 1.000 MW. Este fato leva a uma diminuição brusca no ritmo de crescimento da energia eólica no Brasil, prevendo um crescimento de 17% em 2014, chegando a 9% em 2020. Observando tais dados de previsão de crescimento do setor eólico no país, torna-se evidente a falta de políticas para a contratação da energia eólica a médio e longo prazo no Brasil, pois não prevê a continuidade da alta quantidade de energia da fonte eólica contratada nos leilões dos últimos anos.

O **Cenário Exploratório** parte do presente e, a partir dos eventos e fatores condicionantes observados, são construídos possíveis futuros sem, no entanto, estabelecer metas.

Neste cenário são levadas em conta as barreiras consideradas pelos agentes do setor, como falta de mão-de-obra, falta de equipamentos de montagem e transporte, deficiência na infraestrutura de transporte e de conexão à rede, e dificuldades na obtenção de licenças ambientais e de financiamento. Este cenário prevê, ainda, a diminuição da contratação da fonte eólica em leilões anuais devido ao término de leilões de energia de reserva a partir de 2012<sup>51</sup>. Este cenário prevê, ainda, que 10% da capacidade contratada nos leilões já realizados não será construída, devido a problemas de licenciamento e financiamento, e que os investidores irão migrar para o Mercado Livre, aumentando a participação da eólica neste mercado de 350 MW estimados para o final de 2012 para 4.000 MW em 2020. No fim do período, estariam instalados cerca de 16.500 MW.

O **Cenário Otimista** estabelece uma meta futura de inserção da energia eólica. Este cenário reflete a expectativas da indústria eólica, e refere-se à meta da ABEEólica de operação de 20 GW de potência eólica no ano de 2020. Este cenário leva em conta o recente desenvolvimento da indústria eólica no Brasil e as tendências de crescimento da energia eólica no mundo, e incorpora uma política de continuidade da contratação

---

<sup>51</sup> Em março foi adiado o Leilão A-3 de 2012, devido à baixa demanda de energia informada pelas distribuidoras. Em 02/04/2012 (JORNAL DA ENERGIA, 2012), noticiou-se que a EPE não descarta cancelar o leilão devido à baixa demanda, uma vez que já foram contratados altos volumes de energia de reserva, já tendo atingido 77% da demanda contratada prevista para 2020. Para o ano de 2012 já não está marcado nenhum leilão de energia de reserva. Assim, a previsão é que seja reduzida a capacidade eólica contratada até 2020 em relação ao visto entre 2009 e 2011.

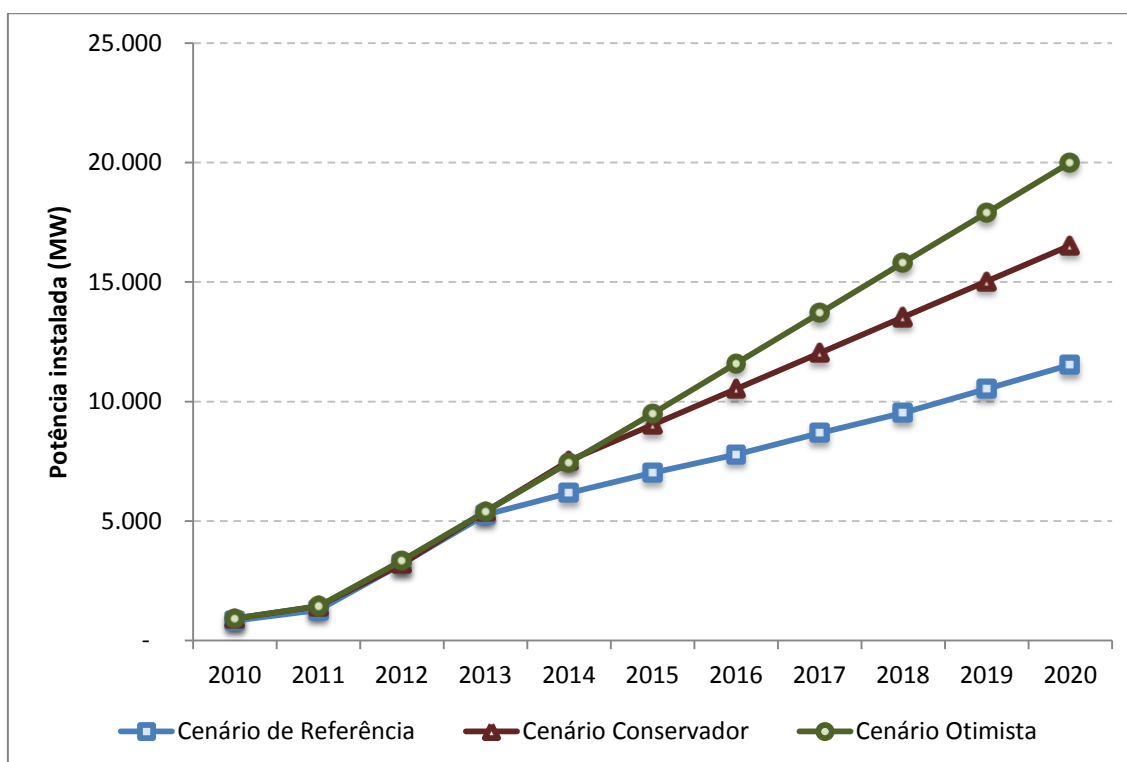
prioritária de fontes alternativas de energia em leilões no Brasil. Neste cenário, a capacidade instalada da fonte eólica em 2020 será de 20.000 MW, correspondendo a cerca de 12% da matriz elétrica no país.

A evolução da energia eólica no país nos três cenários encontra-se ilustrada na figura 32 e na tabela 15.

**Tabela 15 – Evolução da capacidade eólica instalada, em MW, nos três cenários**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Cenário de Referência</b>	831	1.283	3.224	5.272	6.172	7.022	7.782	8.682	9.532	10.532	11.532
<b>Cenário Exploratório</b>	931	1.431	3.208	5.405	7.534	9.034	10.534	12.034	13.534	15.034	16.534
<b>Cenário Otimista</b>	931	1.431	3.350	5.400	7.450	9.500	11.600	13.700	15.800	17.900	20.000

Fonte: Elaboração própria



**Figura 32 – Evolução da capacidade eólica instalada, em MW, nos três cenários**

Fonte: Elaboração própria

### 4.3. Empregos diretos na energia eólica

A quantificação de empregos diretos na energia eólica foi realizada com uma abordagem diferente do encontrado na bibliografia. Para este cálculo, foi buscada informação dentre as empresas entrevistadas sobre sua capacidade de produção e os empregos gerados. Foram criados índices médios de empregos por capacidade de produção das atividades de fabricação de equipamentos, construção de parques eólicos e operação e manutenção das usinas. Os cálculos dos valores médios de empregos diretos estão disponíveis no apêndice C.

Devido à diferença de duração dos empregos – entre temporários e permanentes – foi adotada a unidade de **empregos-ano**, que são os postos de trabalho totais ocupados em cada ano. Deste modo, foram criadas fotografias dos empregos ocupados em um ano, comparando os postos de trabalho existentes entre empregos temporários e permanentes.

Os empregos temporários são aqueles nas atividades de construção e de fabricação. Apesar de os empregos na fabricação serem tratados como empregos permanentes, os empregos gerados na produção de equipamentos exclusivos para a energia eólica serão proporcionais à demanda destes equipamentos. Ao contrário, os postos de trabalho em operação e manutenção são permanentes durante a vida do projeto, geralmente de 20 anos.

#### 4.3.1. Fabricação de equipamentos

Os índices para a fabricação de equipamentos foram calculados para cada produto. Isto é, foram calculados índices diferentes para a fabricação de torres de aço, de torres de concreto, de pás e de naceles. Os cálculos e tabelas estão disponíveis no apêndice C.1.

O índice total de fabricação de aerogeradores por capacidade instalada é calculado somando os índices individuais de cada equipamento. Este índice total varia levemente entre aerogeradores com torres de aço e de concreto, como representado na tabela 16.

**Tabela 16 – Índices totais de empregos-ano/MW na fabricação de aerogeradores com torres de aço e de concreto**

	Nacele	Torre	Pás	Empregos diretos na fabricação por MW produzido
Aerogeradores com torre de aço	0,91	0,81	1,75	<b>3,47</b>
Aerogeradores com torre de concreto	0,91	0,79	1,75	<b>3,45</b>

Fonte: Elaboração própria

#### 4.3.2. Construção de parques eólicos

Para a etapa de construção foram considerados o transporte de equipamentos por meio rodoviário, que é o mais utilizado no país, como mencionado no item 4.1.5, e a própria etapa de construção de parques eólicos. Os cálculos e tabelas estão disponíveis no apêndice C.2.

A quantificação de empregos da etapa de transporte de equipamentos da fábrica para a obra é complexa e oferece muitas incertezas. Isso se dá porque o número de empregos é proporcional ao número e duração das viagens para esta atividade, o que depende da localização do fornecedor dos equipamentos e do parque eólico.

A etapa de construção compreende a construção civil (abertura de acessos, construção de plataformas e construção de bases), a montagem dos aerogeradores e a construção de subestações e linhas de transmissão. Devido à falta de dados desagregados, estas atividades foram contabilizadas juntas.

O índice total de empregos na etapa de construção é a soma do índice de transporte e o índice de construção da usina, como ilustrado na tabela 17.

**Tabela 17 - Índice total de empregos-ano/MW na construção de parques eólicos**

	Transporte	Construção	Empregos diretos na construção por MW instalado
Etapa de construção	0,19	7,51	<b>7,70</b>

Fonte: Elaboração própria



### 4.3.3. Operação e manutenção

Os empregos em operação e manutenção englobam a operação realizada no parque, ou operação *in situ*, e a operação e manutenção realizada remotamente, ou operação *ex situ*, desde a central de operações do fabricante ou da empresa contratada para o serviço.

A O&M *in situ* envolve o monitoramento ambiental da área, o monitoramento do parque e dos aerogeradores, o planejamento e a realização das atividades de manutenção preventiva, a comunicação com o fabricante dos aerogeradores, e a supervisão e gerência das atividades da planta. Entram também, entre os empregados, funcionários de apoio do parque para atividades de segurança, limpeza, cozinha, entre outros.

A atividade de O&M *ex situ* é realizada remotamente, e envolve o monitoramento da operação e disponibilidade dos aerogeradores à distância, e a realização de manutenção corretiva e de emergência. O corpo de funcionários inclui operadores e técnicos de manutenção. Esta atividade é realizada pelos fabricantes dos aerogeradores nos cinco primeiros anos de operação da usina. Depois deste período, o proprietário do parque pode escolher entre contratar o fabricante para continuar a realizar esta atividade ou contratar outra empresa.

Os cálculos para construção dos valores médios da etapa de O&M encontram-se no apêndice C.3. O índice total de empregos na etapa de operação e manutenção é a soma do índice de O&M *in situ* e o índice de O&M *ex situ*, como ilustrado na tabela 18.

Os postos de trabalho criados na O&M são os únicos de caráter permanente na energia eólica, ou seja, independem da capacidade instalada no ano. Estes empregos são contabilizados pela capacidade instalada total acumulada, e existem durante o tempo de operação da usina.

**Tabela 18 - Índice total de empregos-ano/MW na operação de parques eólicos**

	<i>In situ</i>	<i>Ex situ</i>	Empregos diretos na operação por MW existente
Etapa de operação	0,35	0,22	<b>0,57</b>

Fonte: Elaboração própria

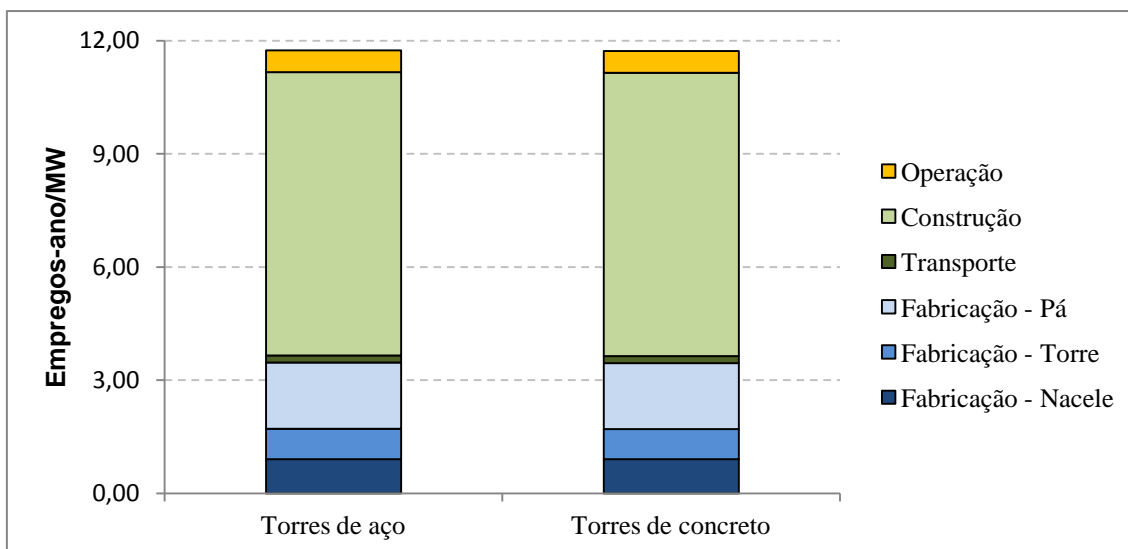
#### 4.3.4. Empregos diretos totais na energia eólica no Brasil

Nesta seção foram calculados os índices de empregos diretos por atividade e por produto. Estes índices encontram-se diferenciados entre aerogerados com torres de aço e com torres de concreto na tabela 19 e na figura 33.

**Tabela 19 – Índices de empregos-ano/MW no ciclo de vida da energia eólica, diferenciados entre aerogeradores com torres de aço e com torres de concreto**

	Empregos-ano/MW	
	Torres de aço	Torres de concreto
Fabricação - Nacele	0,91	0,91
Fabricação - Torre	0,81	0,79
Fabricação - Pá	1,75	1,75
Transporte	0,19	0,19
Construção	7,51	7,51
Operação	0,57	0,57
<b>Total</b>	<b>11,74</b>	<b>11,72</b>

Fonte: Elaboração própria



**Figura 33 – Índices de empregos-ano/MW no ciclo de vida da energia eólica, diferenciados entre aerogeradores com torres de aço e com torres de concreto**

Fonte: Elaboração própria

A partir destes resultados, podem ser obtidas duas conclusões. A primeira é que não há diferença significativa entre empregos diretos em usinas eólicas com torres de concreto e torres de aço, e a pequena diferença verificada, de 0,15%, pode corresponder à incerteza entre os empregos diretos verificados na fabricação destas torres. A segunda conclusão obtida é que a etapa com maior geração de empregos é a de construção, mesmo se excluída a etapa de transporte devido ao alto grau de incertezas associado.

#### **4.4. Empregos indiretos**

Para o cálculo dos empregos indiretos foram utilizados os principais insumos consumidos na fabricação de equipamentos e para a construção de parques eólicos. Através dos multiplicadores calculados pela MIP-ampliada, foram calculados os empregos e a atividade econômica nos setores produtivos da economia brasileira. Os cálculos para valores médios de consumo de materiais e para a quantificação de empregos indiretos para cada atividade encontram-se no apêndice D.

##### **4.4.1. Demanda de insumos**

Foi realizado o levantamento de insumos necessários para a fabricação de equipamentos e construção de parques, calculados para cada 1 MW fabricado e instalado. Em seguida, foram aplicados os multiplicadores para a quantificação dos empregos. Os cálculos de demanda de insumos por atividade e produto encontram-se no apêndice D.1.

##### **Fabricação de aerogeradores**

Foram considerados os principais insumos utilizados na fabricação de torres de aço e de concreto, pás e naceles. As informações obtidas nas entrevistas foram combinadas com informações presentes em ACV encontradas na bibliografia. Os cálculos para cada componente encontra-se no apêndice D.1.1.

## Torres de aço

O principal insumo utilizado para a construção de torres de aço são chapas de aço, com espessuras médias de até 45mm. As torres de aço podem ser cônicas ou tubulares, e contêm, em média, 3 a 4 segmentos. A figura 34 mostra a soldagem de uma chapa de aço em uma fábrica de torres, e a figura 35 mostra um segmento de uma torre de aço aguardando a montagem. Atualmente as torres de aço são as mais utilizadas em parques eólicos.



**Figura 34 – Fabricação de uma torre de aço**

Fonte: (HEPBURN WIND, 2012)



**Figura 35 – Foto de segmento de torre de aço armazenada no local de montagem do aerogerador**

Fonte: Foto da autora

### **Torres de concreto**

Esta torre é composta de aço e concreto. A figura 36 mostra uma fábrica de torres de concreto em Portugal. A primeira imagem mostra a estrutura de aço de um segmento já montada, enquanto a segunda imagem mostra o momento após a concretagem dos segmentos, ainda na forma.



**Figura 36 – Fotos da fabricação de uma torre de concreto**

Fonte: (ENEOP, 2012)

A figuras 37 mostra, respectivamente, uma fábrica de torres de concreto no Brasil e o local de armazenamento de insumos para a produção do concreto nesta fábrica.



**Figura 37 – Foto de fábrica de torres de concreto e insumos armazenados para a preparação de concreto na fábrica**

Fonte: Foto da autora

## Pás

As pás eólicas são acopladas ao rotor<sup>52</sup>, em conjunto de três pás por aerogerador (figura 38). Os principais materiais para a fabricação das pás são resinas e fibra de vidro. Também são utilizados aço para a junção ao rotor e material de núcleo no interior da pá. Os materiais de núcleo incluem madeira balsa, espumas e plásticos. No entanto, estes materiais são geralmente importados, e a falta de dados desagregados não permitiu levar em conta na quantificação dos empregos indiretos por estes insumos. A figura 39 mostra duas pás armazenadas para montagem.



**Figura 38 – Foto de montagem de aerogerador**

Fonte: Foto da autora



**Figura 39 – Foto de pás eólicas armazenadas em local de montagem do aerogerador**

Fonte: Foto da autora

---

<sup>52</sup> O rotor é composto pelo hub e pelas pás. No entanto, o hub, constituído principalmente de ferro fundido, não foi considerado neste trabalho.

## **Nacele**

A nacele contém o gerador, a caixa multiplicadora e os demais componentes elétricos e eletrônicos, e os principais materiais presentes neste equipamento são o aço e o ferro. A figura 40 mostra uma nacele e um hub armazenados para montagem.



**Figura 40 – Foto de nacele e hub armazenados em local de montagem do aerogerador**

Fonte: Foto da autora

## **Construção de parques eólicos**

A etapa de construção de parques eólicos demanda grande quantidade de concreto e aço para a construção de fundações. A quantidade desses materiais depende da estrutura e composição do solo e do tamanho e do peso do aerogerador. O peso do aerogerador está relacionado, em grande parte, ao material da torre, sendo as torres de concreto mais pesadas. Assim, foram calculados valores médios de materiais consumidos em fundações de aerogeradores com torres de aço e de concreto separadamente. Os cálculos de insumos consumidos durante a etapa de construção encontram-se no apêndice D.1.2.

As figuras 41 e 42 mostram a concretagem inicial de fundações com estaca e a estrutura de aço já montada de uma base sem estaca e concretagem desta fundação, respectivamente.



**Figura 41 – Foto de construção de uma fundação de aerogerador com estacas**

Fonte: Foto da autora



**Figura 42 – Fotos da construção de uma fundação de aerogerador sem estacas**

Fonte: Foto da autora

### **Insumos totais**

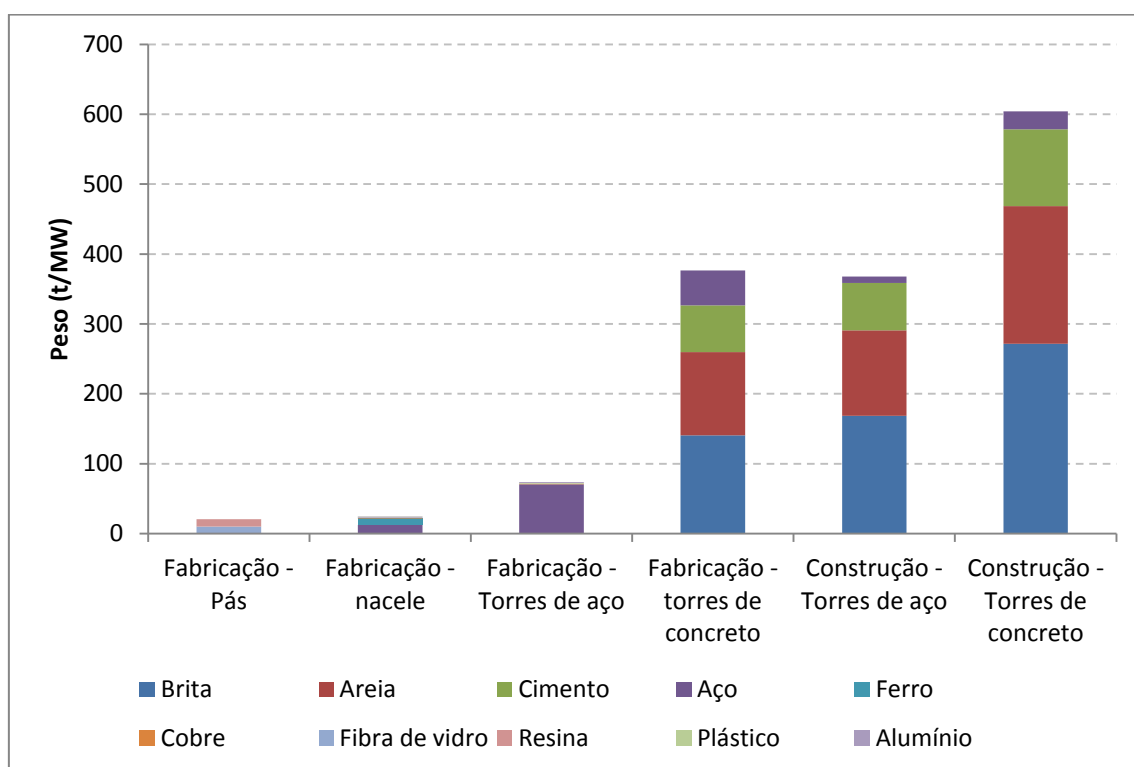
A tabela 20 e a figura 43 resumem os valores médios obtidos para o consumo de insumos e materiais para cada etapa de fabricação de equipamentos e construção de parques eólicos, transformados para uma unidade comum, toneladas/MW.



**Tabela 20 – Valores médios de insumos utilizados em cada etapa de fabricação e construção, em toneladas por MW**

Insumos	Fabricação - Pás	Fabricação - nacele	Fabricação - Torres de aço	Fabricação - torres de concreto	Construção - Torres de aço	Construção - Torres de concreto
Brita				140,55	168,49	271,69
Areia				119,25	122,18	197,01
Cimento				66,60	67,99	109,63
Aço	0,38	12,20	70,68	50,00	9,18	25,74
Ferro		9,13				
Cobre		1,28	0,80			
Fibra de vidro	9,79	0,65				
Resina	10,28	0,60				
Plástico		0,50	1,00			
Alumínio		0,25	1,30			

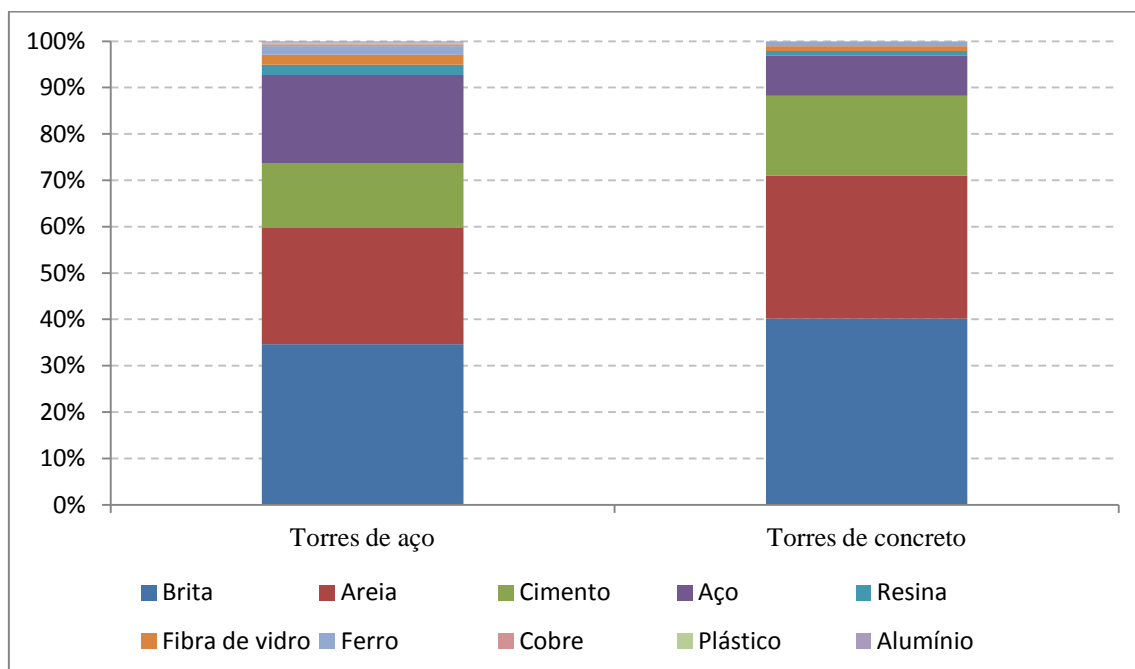
Fonte: Elaboração própria



**Figura 43 – Insumos utilizados em cada etapa de fabricação e construção, em toneladas por MW**

Fonte: Elaboração própria

A figura 44 mostra a participação relativa do peso de cada insumo na fabricação de equipamentos e construção de parques eólicos. Observa-se a grande participação do aço e do concreto (dividido em cimento, areia e brita). Tanto em aerogeradores com torres de aço quanto com torres de concreto, o peso destes materiais supera 90% do peso total do conjunto de aerogerador e fundação, mostrando a importância destes insumos para a cadeia produtiva da energia eólica.



**Figura 44 – Participação relativa dos materiais a cada 1 MW de energia eólica instalado no país, em peso**

Fonte: Elaboração própria

#### 4.4.2. Multiplicadores de emprego

Os multiplicadores de emprego referem-se à quantidade de empregos gerados devido aos gastos, em volume financeiro, em diferentes setores econômicos. Esta metodologia oferece uma limitação, uma vez que a MIP-ampliada possui dados agregados para os setores, considerando produtos e serviços oferecidos no setor como sendo homogêneos. Assim, a diferenciação de produtos dentro de um mesmo setor, por exemplo, em relação ao consumo de aço estrutural e chapas de aço, pode não refletir a verdadeira diferença na geração de empregos dentro do setor de fabricação de aço e derivados.

Para minimizar as incertezas em relação a este aspecto, os preços dentro de cada setor da MIP-ampliada também foram tratados de forma homogênea. Assim, os preços considerados no âmbito deste trabalho não correspondem ao preço real pago pelos investidores na compra de insumos, mas foi calculado em função da produção dos insumos no ano de 2005, como mostra a equação abaixo:

$$C_i = P_{Q_i} / P_{V_i}$$

Na equação,  $C_i$  é o preço, em reais, do setor  $i$  por unidade,  $P_{Q_i}$  é a produção total no ano, em peso, do setor  $i$ , e  $P_{V_i}$  é a produção total, em reais, do setor  $i$ . A produção total dos setores no ano de 2005, referente aos dados da MIP-ampliada, foi buscada em estatísticas oficiais do governo e de associações (ABIPLAST, 2006; DNPM, 2006; CETEM, 2008; DNPM, 2008; CNI, 2010), enquanto que o valor total da produção foi retirado da MIP original (IBGE, 2008).

Na tabela 21 encontram-se detalhados os setores utilizados na análise, os insumos, a produção total do setor em quantidade ( $P_{Q_i}$ ) e em valores econômicos ( $P_{V_i}$ ), os preços por tonelada de insumo ( $C_i$ ) e os multiplicadores de emprego utilizados para o cálculo dos empregos indiretos ( $e^{DI}_i$ ). Os insumos foram agrupados nos setores da MIP-ampliada de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) (IBGE, 2012).

**Tabela 21 – Produção, preço por unidade produzida e multiplicadores de empregos dos setores utilizados da MIP**

Insumos	Setor da Matriz Insumo-Produto	$P_{Q_i}$ (t)	$P_{V_i}$ ( $10^6$ R\$)	$C_i$	$e^{DI}_i$
Gás natural	0201 Petróleo e gás natural	102.430.687	33.723	329,23	17,59
Alumínio, areia, brita, cobre	0203 Outros da indústria extrativa	233.225.585	6.399	27,44	32,60
Fibra de vidro, resina	0312 Fabricação de resina e elastômeros	5.468.909	16.410	3.000,60	18,48
Plástico	0318 Artigos de borracha e plástico	5.816.620	28.913	4.970,76	28,88
Cimento	0319 Cimento	36.673.000	3.932	107,22	22,99
Aço, ferro	0321 Fabricação de aço e derivados	65.926.000	42.583	645,92	18,05

Fonte: Elaboração própria

#### 4.4.3. Quantificação dos empregos indiretos

As tabelas de cálculos dos índices de empregos indiretos, baseadas nos dados de demanda de insumo e indicadores calculados, encontram-se no apêndice D.2.1. No apêndice E encontram-se as tabelas com os setores da economia impactados por cada produto e atividade.

A tabela 22 apresenta os índices de empregos-ano/MW calculados para cada etapa do ciclo de vida e para cada insumo.

**Tabela 22 – Índices de empregos-ano/MW por etapa do ciclo de vida e por insumo**

	Nacele	Pás	T.aço	T.concreto	Construção T.aço	Construção T.concreto	TOTAL
<b>Aço</b>	0,142	0,004	0,824	0,583	0,107	0,300	<b>1,960</b>
<b>Resina</b>	0,033	0,570					<b>0,603</b>
<b>Cimento</b>				0,164	0,168	0,270	<b>0,602</b>
<b>Fibra de vidro</b>	0,036	0,543					<b>0,579</b>
<b>Brita</b>				0,126	0,151	0,243	<b>0,520</b>
<b>Areia</b>				0,107	0,109	0,176	<b>0,392</b>
<b>Plástico</b>	0,072		0,144				<b>0,216</b>
<b>Ferro</b>	0,106						<b>0,106</b>
<b>Cobre</b>	0,001		0,000				<b>0,001</b>
<b>Alumínio</b>	0,000		0,001				<b>0,001</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,390</b>	<b>1,117</b>	<b>0,969</b>	<b>0,980</b>	<b>0,535</b>	<b>0,989</b>	<b>4,980</b>

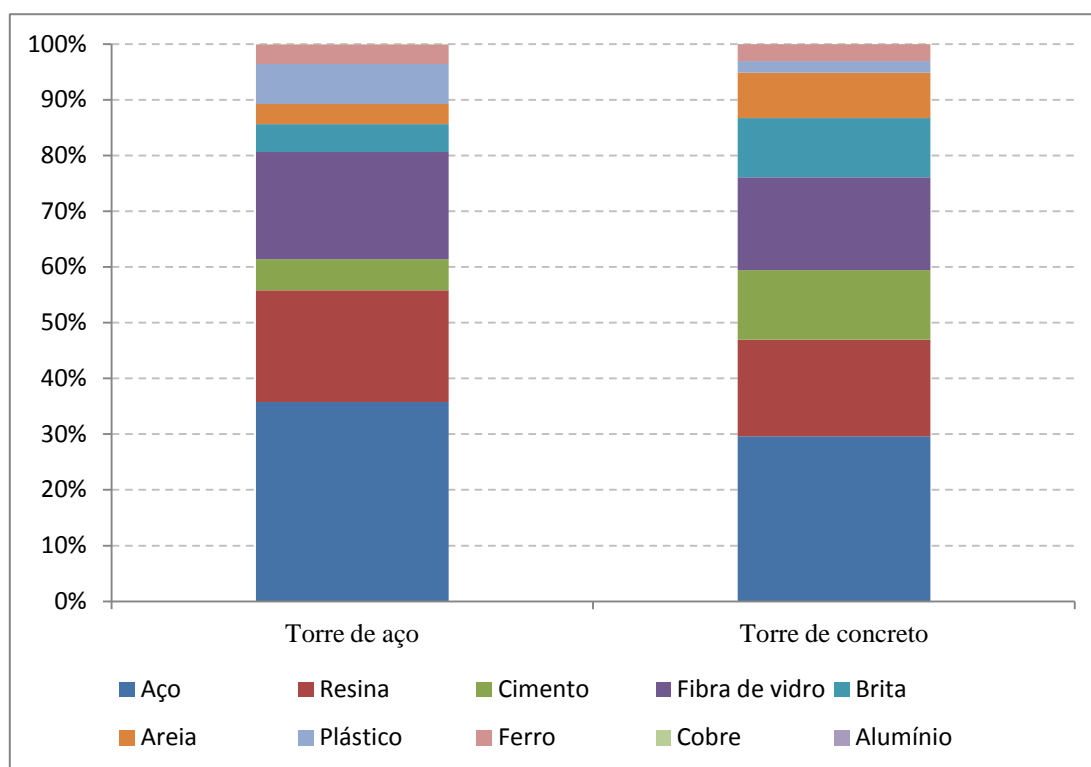
Fonte: Elaboração própria

A tabela 23 e mostram os índices de empregos indiretos na fabricação de aerogeradores e na construção de parques eólicos, por MW, e a figura 45 mostra a participação relativa nos empregos indiretos de cada insumo.

**Tabela 23 – Índices de empregos-ano indiretos por MW**

	Torre de aço	Torre de concreto
Aço	1,077	1,029
Resina	0,603	0,603
Cimento	0,168	0,434
Fibra de vidro	0,579	0,579
Brita	0,151	0,369
Areia	0,109	0,283
Plástico	0,216	0,072
Ferro	0,106	0,106
Cobre	0,001	0,001
Alumínio	0,001	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>3,011</b>	<b>3,476</b>

Fonte: Elaboração própria



**Figura 45 – Participação dos insumos no índice de empregos-ano indiretos da energia eólica**

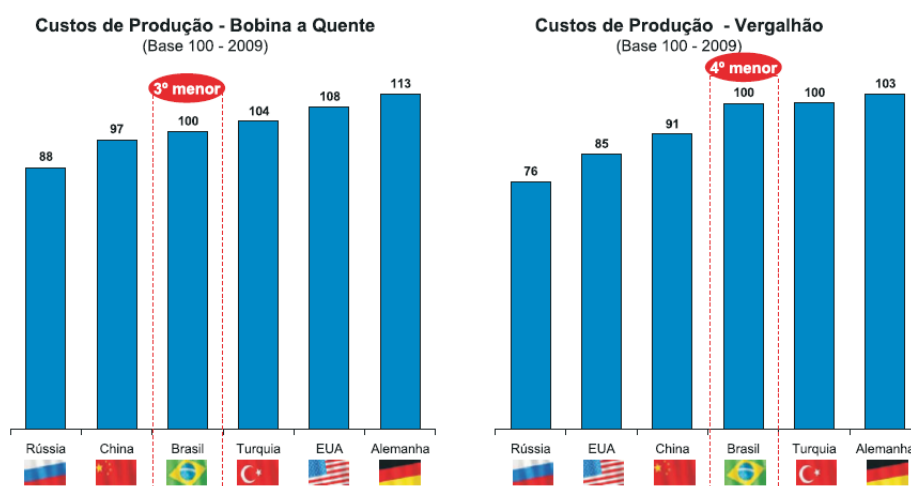
Fonte: Elaboração própria

## O setor do aço

O setor do aço é o mais beneficiado entre os insumos demandados para a energia eólica. Entre 30 e 36% dos empregos indiretos ocorrem dentro deste setor.

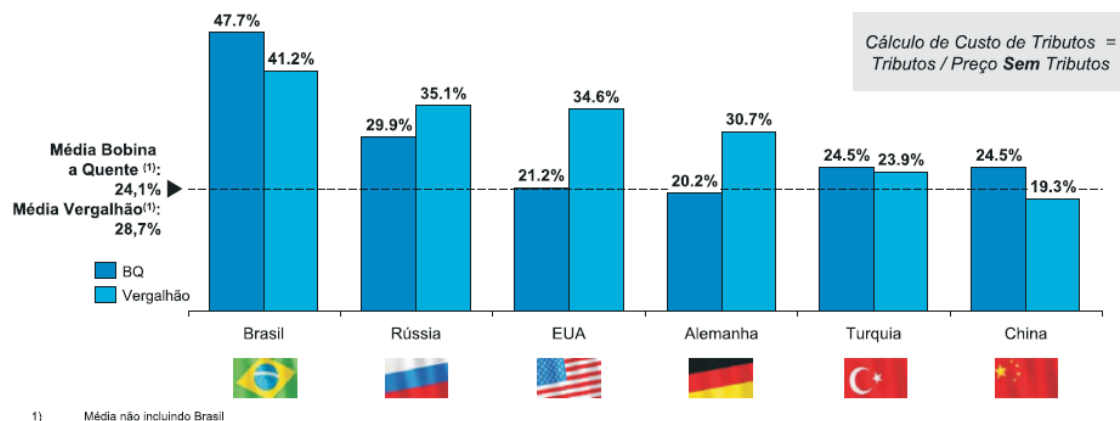
Em 2010, a indústria brasileira do aço era composta de 28 usinas, administradas por 10 grupos empresariais, com capacidade de produção de 44,6 milhões de toneladas de aço bruto por ano (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2011).

Uma particularidade do setor do aço no Brasil é a alta carga tributária. Os impostos pagos em 2010 corresponderam a 22,5% do faturamento líquido da indústria (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2011). As figuras 46, 47 e 48, tiradas da análise da consultoria Bozz&Co (2010) feitas para dois produtos de aço (bobina quente e vergalhão) comparam o Brasil com outros cinco países e mostram, respectivamente, o custo de produção destes produtos sem tributos; a incidência de tributação sobre os produtos do aço; e o custo total de produção com tributos, o que colocam o país como a produção mais cara de aço entre os países analisados, com carga tributária entre 46% e 51% sobre o preço da produção.



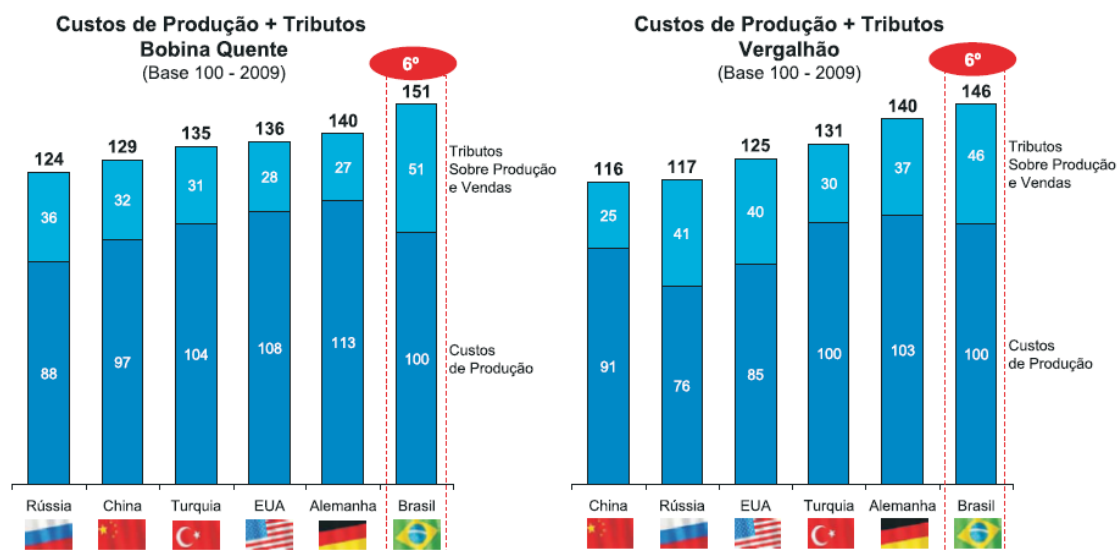
**Figura 46 – Comparação dos custos de produção, sem tributação, de produtos de aço entre Brasil, Rússia, China, Turquia, Estados Unidos e Alemanha**

Fonte: (BOZZ&CO., 2010)



**Figura 47 – Comparação dos tributos sobre produtos de aço voltado para o mercado doméstico, em porcentagem sobre o preço sem tributos, entre Brasil, Rússia, China, Turquia, Estados Unidos e Alemanha**

Fonte: (BOZZ&CO., 2010)



**Figura 48 – Comparação do custo total de produtos de aço, com tributos, entre Brasil, Rússia, China, Turquia, Estados Unidos e Alemanha**

Fonte: (BOZZ&CO., 2010)

Os impostos sobre vendas e valor adicionados (ICMS, IPI, PIS e Cofins) correspondem a 76% e 77% dos encargos tributários totais do preço da bobina quente e do vergalhão para o mercado doméstico, respectivamente.

O alto preço do aço brasileiro é visto como um empecilho para empresas de fabricação de torres de aço brasileiras e de fabricantes estrangeiros. Devido ao baixo preço da

energia eólica alcançada nos leilões anteriores, principalmente nos certames de 2011, há a percepção do possível aumento da importação de chapas de aço para a fabricação de torres e até mesmo a possibilidade de importação de torres de aço já prontas. Esta medida visa reduzir os custos para os investidores e viabilizar a construção de usinas eólicas ao preço ofertado nos leilões.

Segundo relatado por empresas nacionais e estrangeiras de aerogeradores e de torres de aço, a importação de chapas ou de torres podem levar a perdas econômicas e de empregos na indústria do aço, e para evitar este cenário, deve haver políticas industriais para tornar os produtos nacionais mais competitivos, atuando principalmente na desoneração da carga tributária.

#### 4.5. Índice de empregos totais

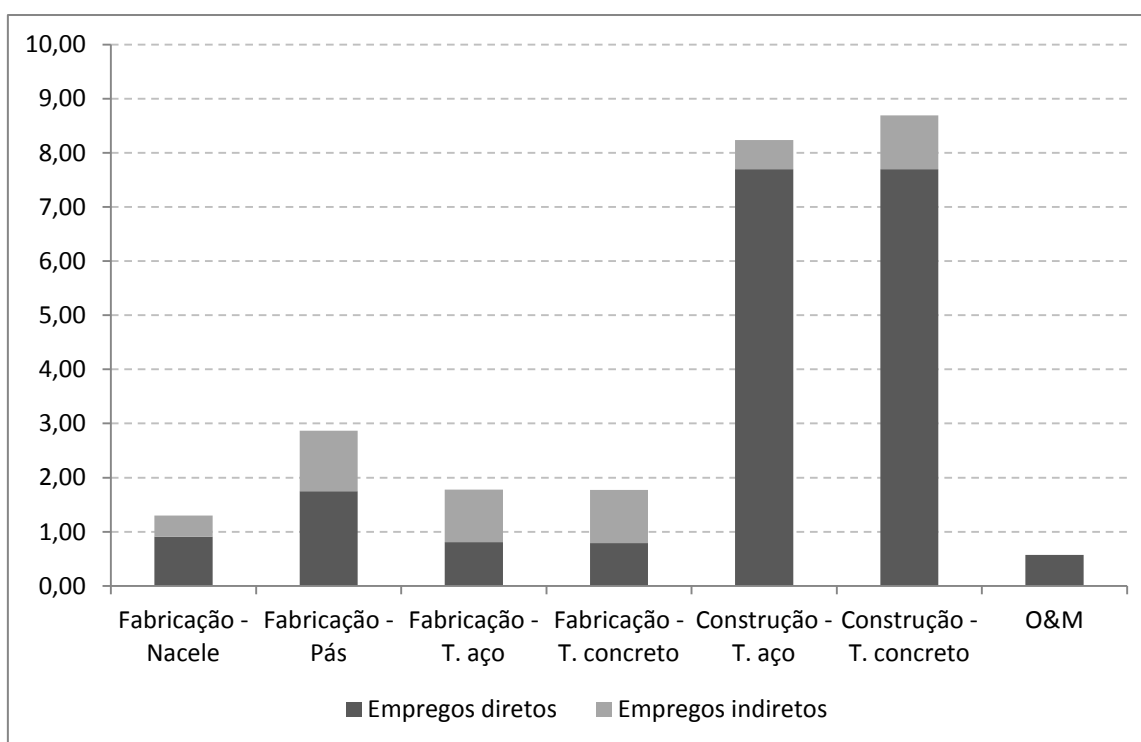
A tabela 24 mostra os índices de empregos diretos ( $I_D$ ), indiretos ( $I_I$ ) e totais ( $I_E$ ) ao longo do ciclo de vida da energia eólica. Estes índices serão utilizados na avaliação da evolução dos empregos nos cenários propostos e na análise de sensibilidade em relação ao índice de nacionalização dos equipamentos. A figura 49 mostra a participação de empregos diretos e indiretos nos empregos totais na energia eólica, separada por atividade.

**Tabela 24 – Índices de empregos diretos, indiretos e totais ao longo do ciclo de vida da energia eólica, em empregos-ano/MW**

	<i>Torres de aço</i>			<i>Torres de concreto</i>		
	$I_D$	$I_I$	$I_E$	$I_D$	$I_I$	$I_E$
Fabricação - Nacele	0,91	0,39	<b>1,30</b>	0,91	0,39	<b>1,30</b>
Fabricação - Pás	1,75	1,12	<b>2,87</b>	1,75	1,12	<b>2,87</b>
Fabricação - Torre	0,81	0,97	<b>1,79</b>	0,79	0,98	<b>1,77</b>
Construção	7,70	0,54	<b>8,24</b>	7,70	0,99	<b>8,69</b>
O&M	0,57	0,00	<b>0,57</b>	0,57	0,00	<b>0,57</b>
<b>TOTAL</b>	<b>11,74</b>	<b>3,01</b>	<b>14,75</b>	<b>11,72</b>	<b>3,48</b>	<b>15,20</b>

Fonte: Elaboração própria





**Figura 49 – Participação dos empregos diretos e indiretos nos empregos totais na energia eólica por atividade**

Fonte: Elaboração própria

#### 4.6. Evolução dos empregos até 2020

Foi modelada a geração de empregos em três cenários, descritos no item 4.2, considerando os índices de empregos-ano/MW calculados no item 4.5 para aerogeradores com torres de aço. Foi então feita uma análise de sensibilidade para cada cenário, considerando diferentes índices de nacionalização e participação de torres de concreto<sup>53</sup>. Os cálculos e tabelas encontram-se no apêndice F. Para simplificação de cálculo, os empregos na produção de equipamentos serão contabilizados no ano de entrada em operação.

Os empregos gerados em cada ano correspondem a uma fotografia da situação anual, não sendo referentes a novos postos de trabalhos gerados, mas a todos os postos de trabalho ocupados pela eólica no determinado ano. Assim, os empregos nas atividades

<sup>53</sup> Ver item 3.2.5 ou apêndice F para os índices utilizados

de fabricação e construção são empregos ocupados em um período limitado de tempo de um ano, e os empregos de operação e manutenção são empregos permanentes, mas contabilizados a cada ano, de forma cumulativa<sup>54</sup>.

#### 4.6.1. Cenário de Referência

No Cenário de Referência, que é o cenário projetado pela EPE no Plano Decenal de Expansão de Energia 2020, a capacidade eólica instalada até o final de 2020 será de 11.532 MW, como pode ser observado na tabela 25<sup>55</sup>.

**Tabela 25 – Capacidade instalada anual e acumulada no período entre 2010 e 2020, no Cenário de Referência**

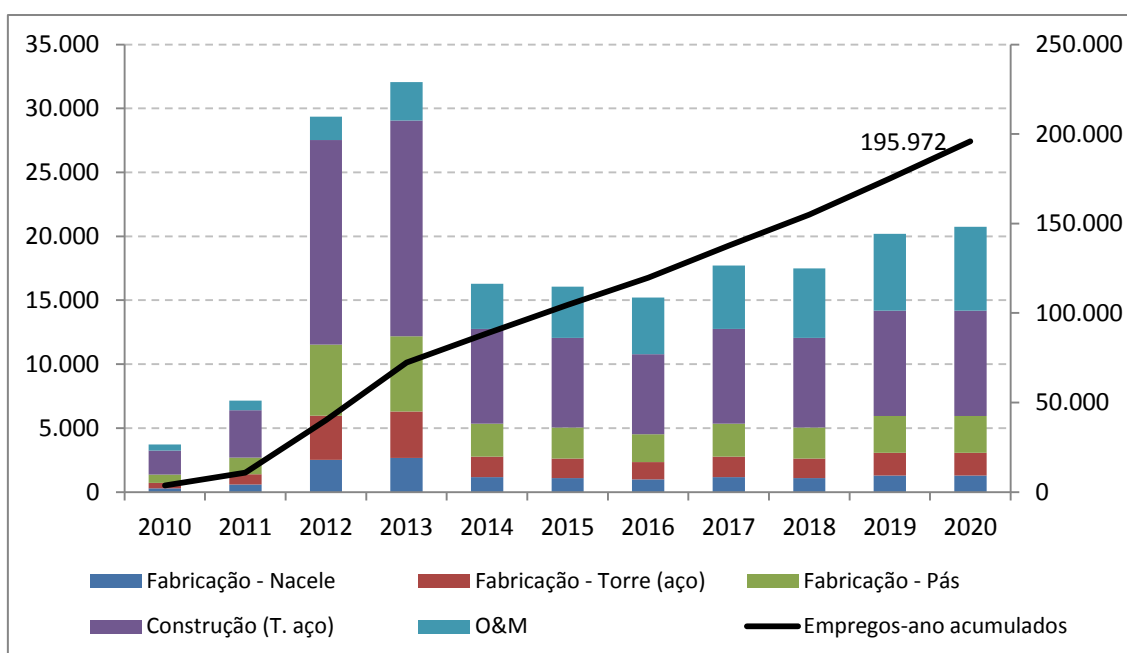
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Capacidade instalada total (MW)	831	1.283	3.224	5.272	6.172	7.022	7.782	8.682	9.532	10.532	11.532
Capacidade instalada anual (MW)	229	452	1.941	2.048	900	850	760	900	850	1.000	1.000

Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE, 2011)

Neste período, serão ocupados entre 3.721 e 29.365 postos de trabalho diretos e indiretos ao ano, tendo gerado, ao final do período, 195.972 empregos-ano. A maior parte destes empregos se dará na fase de construção de parques eólicos (82.030 empregos-ano no período). Durante este período são criados 6.230 novos postos de trabalho permanente em O&M. A figura 50 mostra os empregos ocupados por atividade por ano.

<sup>54</sup> Por exemplo, uma usina de 10 MW que possua uma vida útil de 20 anos, e 15 trabalhadores em empregos permanentes realizando atividades de O&M, terá gerado, ao longo de sua vida útil, 300 empregos-ano, e o índice de geração de empregos nesta atividade para esta usina será de 1,5 empregos-ano/MW em cada ano.

<sup>55</sup> Este cenário difere dos outros na capacidade instalada de 2010 e 2011. Isso acontece porque, quando estimado, ainda não havia fechado o ano de 2010, e não foi considerada a totalidade da capacidade instalada neste ano. Nos demais cenários, os valores referentes a 2010 e 2011 são os valores verificados.



**Figura 50 – Empregos-ano gerados no Cenário de Referência por atividade, por ano e acumulados no período**

Fonte: Elaboração própria

Ao se aplicar a análise de sensibilidade, a quantidade de empregos no pior subcenário foi de 164.761 empregos-ano acumulados no período, valor 15,9% menor que no Cenário de Referência.

#### 4.6.2. Cenário Exploratório

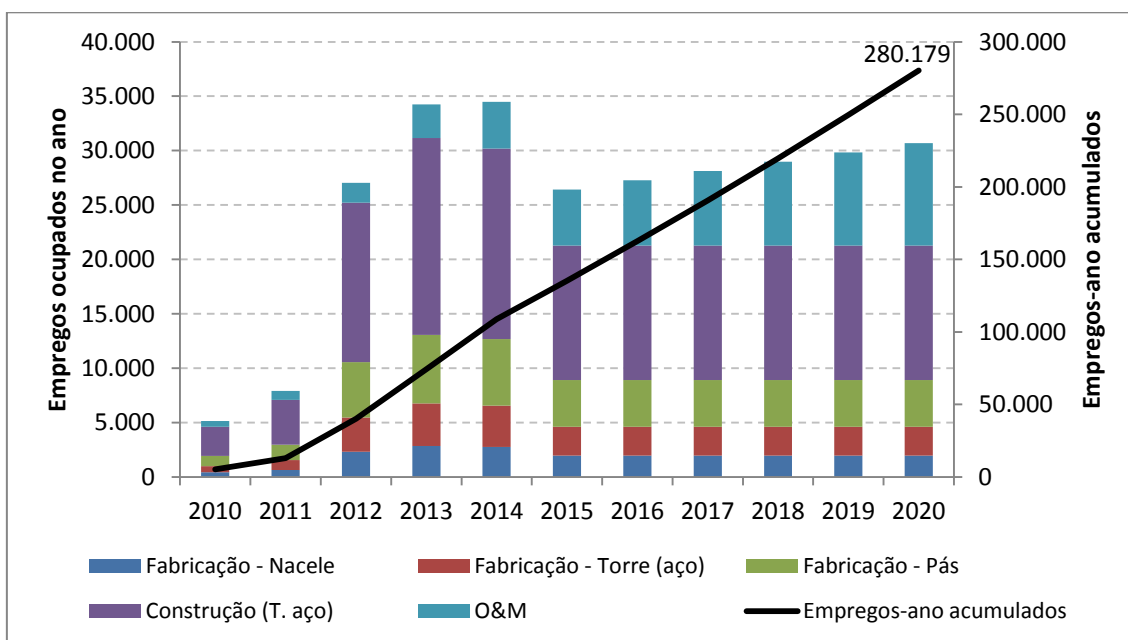
No Cenário Exploratório, a capacidade eólica instalada ao final de 2012 será de 16.534 MW, como mostra a tabela 26.

**Tabela 26 – Capacidade instalada anual e acumulada no período entre 2010 e 2020, no Cenário Exploratório**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Capacidade instalada total (MW)	931	1.431	3.208	5.405	7.534	9.034	10.534	12.034	13.534	15.034	16.534
Capacidade instalada anual (MW)	326	500	1.777	2.197	2.129	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500

Fonte: Elaboração própria

Neste cenário, serão gerados entre 5.148 e 34.488 empregos diretos e indiretos anuais, sendo acumulados, no período, 280.179 empregos-ano. O setor de construção corresponde a 46,8% dos empregos gerados no período, contabilizando 131.175 empregos-ano, como pode ser visto na figura 51. Durante o período, são criados 9.080 novos postos de trabalho permanentes em O&M.



**Figura 51 – Empregos-ano gerados no Cenário de Referência por atividade, por ano e acumulados no período**

Fonte: Elaboração própria

Ao ser feita a análise de sensibilidade, a quantidade de empregos no pior subcenário foi de 234.694 empregos-ano acumulados no período, valor 16,2% menor que no Cenário Exploratório.

#### 4.6.3. Cenário Otimista

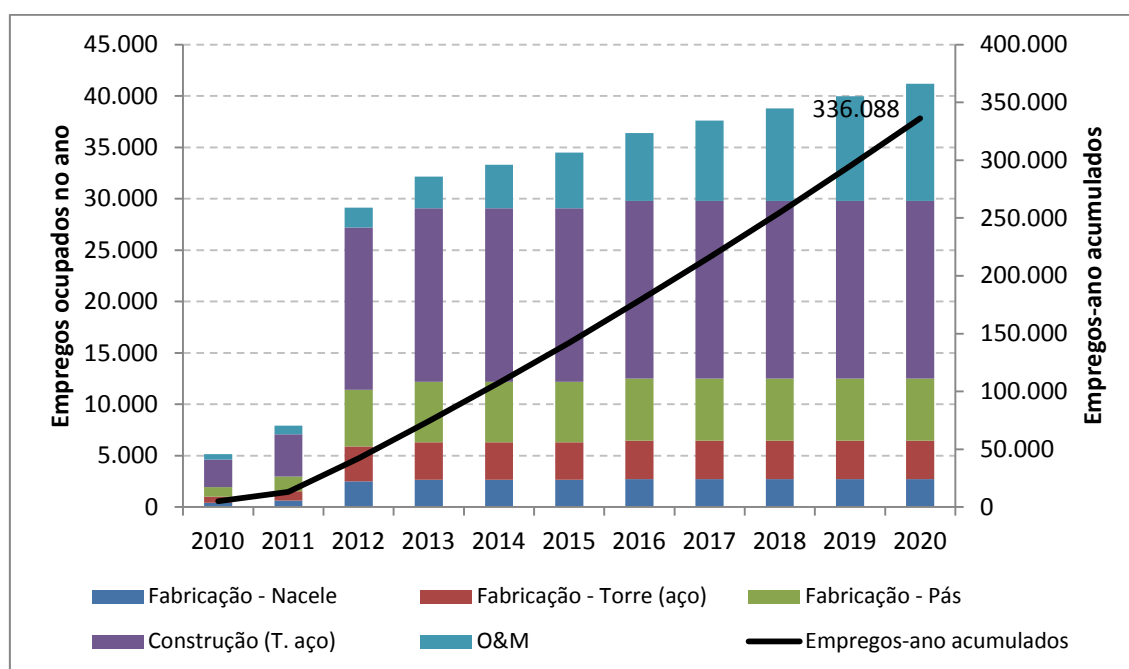
O Cenário Otimista é onde a energia eólica tem maior penetração no país, chegando a 20.000 MW em 2020, como mostra a tabela 27.

**Tabela 27 – Capacidade instalada anual e acumulada no período entre 2010 e 2020, no Cenário Otimista**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Capacidade instalada total (MW)	931	1.431	3.350	5.400	7.450	9.500	11.600	13.700	15.800	17.900	20.000
Capacidade instalada anual (MW)	326	500	1.919	2.050	2.050	2.050	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100

Fonte: Elaboração própria

Neste cenário, serão gerados entre 5.148 e 41.182 empregos diretos e indiretos por ano, acumulando, no período, 336.088 empregos-ano. Este cenário é o único que prevê a manutenção da capacidade instalada a cada ano e, devido a este fato, é o único que possui crescimento contínuo nos empregos gerados ao ano no período, como visto na figura 52. Neste cenário, são criados 11.055 novos postos permanentes de trabalho em O&M no período.



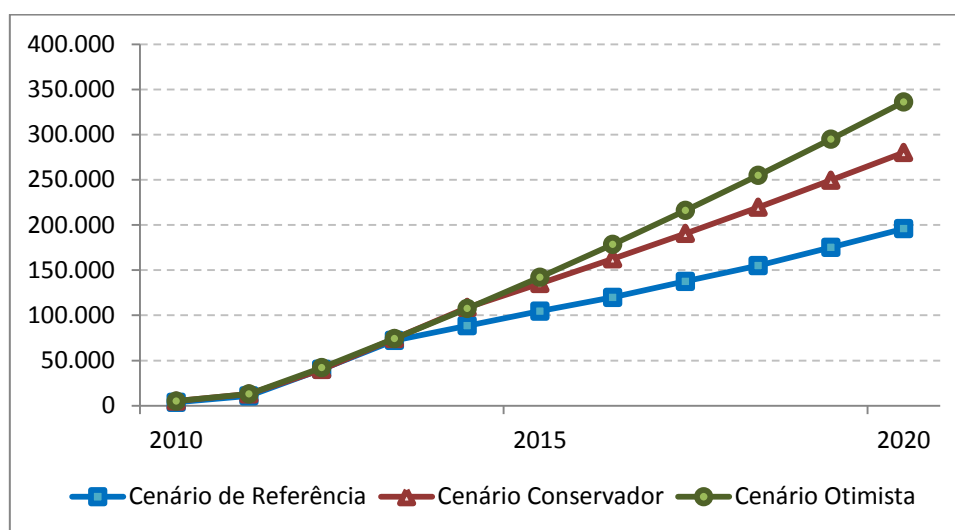
**Figura 52 – Empregos-ano gerados no Cenário Otimista por atividade, por ano e acumulados no período**

Fonte: Elaboração própria

A análise de sensibilidade mostrou que, no pior subcenário, a quantidade de empregos-ano acumulados no período foi de 276.487, 17,7% menor que no Cenário Otimista.

#### 4.6.4. Resumo dos cenários

A figura 53 mostra os empregos-ano acumulados nos diferentes cenários.



**Figura 53 – Empregos-ano acumulados entre 2010 e 2020 nos três cenários**

A análise de sensibilidade nos cenários mostrou que, quanto maior o índice de nacionalização dos equipamentos, maior a quantidade de empregos gerados. O pior entre os 243 subcenários aplicados para cada caso tem os menores índices de nacionalização dos equipamentos, como pode ser visto pela tabela 28.

**Tabela 28 – Subcenário de produção nacional de equipamentos com menor geração de empregos**

Equipamento	Índice de Nacionalização	Participação T.aço/T.concreto
Nacele	25%	
Pás	50%	
Torres	80%	75%/25%
Chapas de aço para torres	50%	

Fonte: Elaboração própria

Entre as diferenças entre os índices de nacionalização, a redução do conteúdo nacional de pás foi o mais afetado, devido a que esta atividade é a que tem o maior índice de emprego por capacidade instalada entre os equipamentos, tanto no índice de empregos diretos quanto indiretos.

A diferença na geração de empregos da torre de aço é ligeiramente menor que da torre de concreto. No entanto, ao aumentar a importação de chapas de aço para a fabricação de torres de aço no país, a diferença aumenta consideravelmente. Isso se dá devido às perdas dos empregos indiretos na fabricação destas torres, uma vez que 85% dos empregos indiretos nesta atividade encontram-se no setor do aço.

A diferença entre a geração de empregos neste cenário para os cenários de 100% de produção nacional situa-se entre 15,9% e 17,7%, mostrando que ha importância da indústria eólica nacional para a geração de empregos no setor, mas os empregos diretos são mais relevantes<sup>56</sup>.

#### **4.7. Comparação com o gás natural**

Após quantificar os empregos gerados no ciclo de vida da energia eólica, buscou-se comparar com uma fonte à qual ela seria alternativa, para verificar se haveriam ganhos ou perdas de empregos pela adoção desta tecnologia. Como mencionado anteriormente, a utilização de energia eólica reduz a necessidade de ativação de termelétricas para a geração de energia. Vendo o resultado dos últimos leilões e o planejamento de expansão de energia publicado pela EPE, como mencionado no item 4.1, é prevista a instalação prioritária de fontes alternativas de energia, e a expansão termelétrica em 2011 e prevista para 2012 se deu através de centrais de cogeração a gás natural.

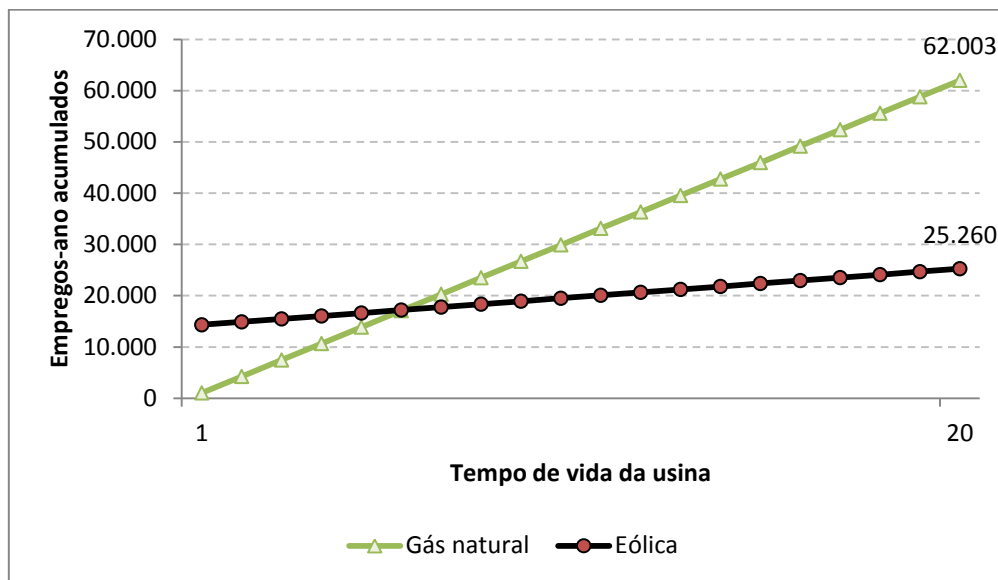
Portanto, fez-se uma comparação dos empregos diretos e indiretos entre centrais eólicas e termelétricas a gás natural. Os cálculos de empregos pela construção de termelétricas encontram-se no apêndice G.

Foram considerados empregos na fabricação de equipamentos, construção e operação das usinas, contabilizando tanto empregos diretos quanto indiretos. A evolução da

---

<sup>56</sup> O modelo utilizado tem limitações, o que pode ter gerado desvios na estimativa de empregos indiretos. Uma discussão sobre as limitações da metodologia encontram-se no item 5.5.

geração de empregos-ano acumulados ao longo do tempo de vida das usinas, considerados na análise de 20 anos, encontra-se na figura 54.



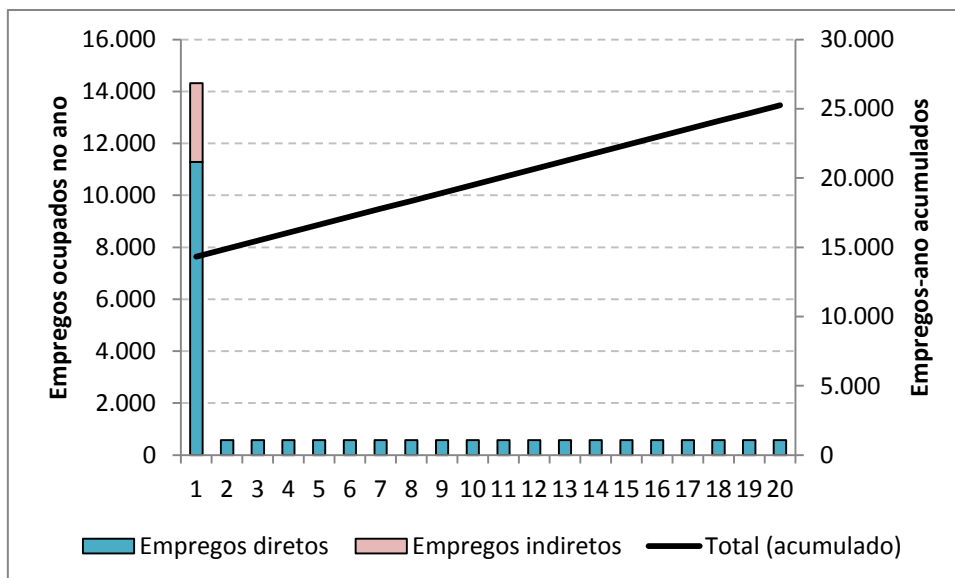
**Figura 54 – Geração de empregos-ano acumulados para a geração de 454,5 MW médios de energia eólica e de gás natural**

Fonte: Elaboração própria

Há uma grande diferença entre os empregos gerados por usinas eólicas e por termelétricas a gás natural. Enquanto as primeiras geram uma grande quantidade de empregos diretos na fase de construção, trazendo benefícios locais, as termelétricas a gás geram grande parte de seus empregos de maneira indireta, pela cadeia de exploração do gás natural, principalmente em serviços prestados às empresas produtoras de petróleo e gás natural. O perfil dos empregos gerados ao longo do ciclo de vida destas duas tecnologias pode ser observado nas figuras 55 e 56.

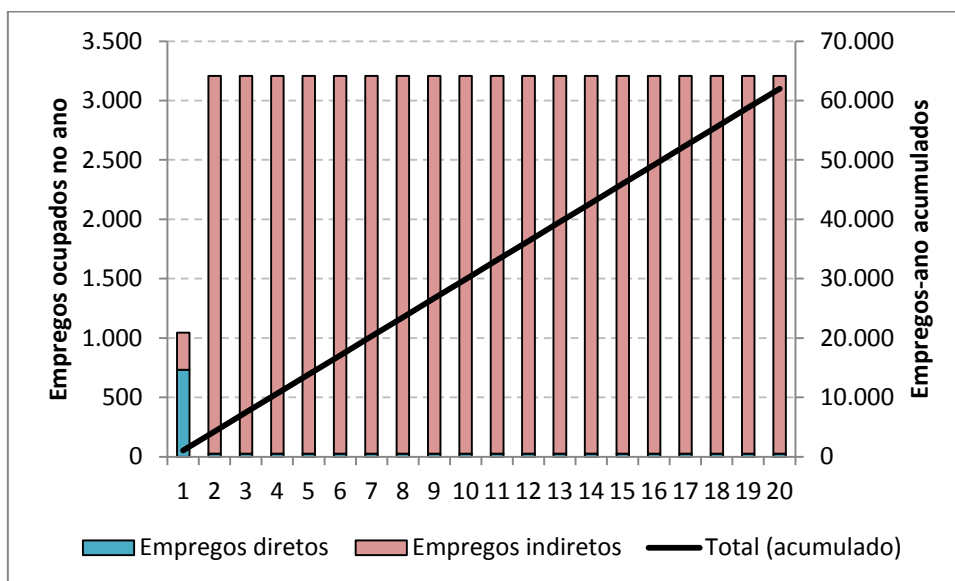
Cabe ressaltar que, devido ao fato de que os empregos gerados pela termelétrica são indiretos, é extremamente importante que a proveniência do gás natural seja de exploração brasileira. No caso de gás importado, no entanto, os empregos podem ser substancialmente menores.





**Figura 55 – Empregos gerados nas etapas de fabricação, construção e operação de um projeto de energia eólica de 1.010 MW**

Fonte: Elaboração própria



**Figura 56 – Empregos gerados nas etapas de fabricação, construção e operação de um projeto de termelétrica a gás natural de 505 MW**

Fonte: Elaboração própria

Outro fator que pode influenciar na comparação entre os empregos é que o setor de petróleo e gás natural está contabilizado dentro da matriz insumo-produto, e portanto,

todos os serviços prestados para o setor contam como empregos indiretos. Para a energia eólica, no entanto, foram contabilizados apenas empregos na fabricação dos principais equipamentos e na construção, não contando subcomponentes utilizados da cadeia de suprimento dos aerogeradores ou serviços prestados ao setor de energia eólica, como medição de vento, serviços econômicos e legais, elaboração de projetos, entre outros, os quais podem aumentar a geração de empregos indiretos desta tecnologia.

#### **4.8. Outros benefícios sociais da energia eólica**

A energia eólica pode contribuir para o desenvolvimento regional, ao gerar empregos locais. A atividade de construção é a maior geradora de empregos diretos, e nesta atividade há grande potencial para a criação de empregos temporários para as comunidades onde o parque eólico está instalado.

A operação do parque também gera empregos locais, em menor quantidade, porém, permanentes. Os postos de trabalho criados na operação de um parque eólico têm duração da vida útil do empreendimento. Apesar de os acordos de comercialização de energia serem feitos com duração de 20 anos, os entrevistados acreditam que o parque eólico não será desativado a partir deste período, mas seguirá operando por outros anos. Devido ao fato de que os parques eólicos estão localizados, geralmente, em locais com grande potencial eólico, e toda a infraestrutura já ser existente e a mão-de-obra já ser qualificada no local, a expectativa é que, ao invés de desativarem os parques, estes sejam repotencializados com tecnologias comerciais no período em que vencerem os contratos vigentes.

Além dos empregos diretos no local, porém, há outros benefícios percebidos pelos moradores locais e pelos empreendedores.

Mais visível é o benefício dos proprietários das terras onde está instalado o parque eólico. Os proprietários, no geral, não são desalojados de suas terras, mas ao contrário, assinam contratos de locação com os investidores em energia eólica. Os contratos começam a valer a partir da instalação de torres anemométricas no local, o que pode durar até três anos para a elaboração do projeto e certificação das medições e das estimativas de geração de energia. Durante este período, os proprietários recebem uma

renda mensal ou anual pelo arrendamento da terra, e podem continuar exercendo suas atividades econômicas. Como os parques eólicos estão comumente localizados em áreas rurais, estas atividades geralmente são de agricultura e/ou pecuária. A obtenção de renda extra permite o investimento em melhorias na produção e maior facilidade para obtenção de créditos. Durante a construção, devido à movimentação de máquinas e às obras civis, boa parte da área ocupada pelo parque eólico inviabiliza a continuidade das atividades econômicas. Porém, após o período de construção, que dura geralmente até 18 meses, a maior parte das áreas podem ser novamente ocupadas com as atividades dos proprietários, como mostram as figuras 57, 58, 59 e 60, que mostram atividades de pecuária, produção comercial de pinus, piscicultura e rizicultura e produção de cocos.



**Figura 57 – Pecuária em área dos Parques Eólicos de Osório (RS) e RN 15 – Rio do Fogo (RN)**

Fonte: Foto da autora



**Figura 58 – Produção de pinus para extração comercial em área do Parque Eólico de Palmares (RS)**

Fonte: Foto da autora



**Figura 59 – Atividades de piscicultura e rizicultura em área do Parque Eólico Osório (RS)**

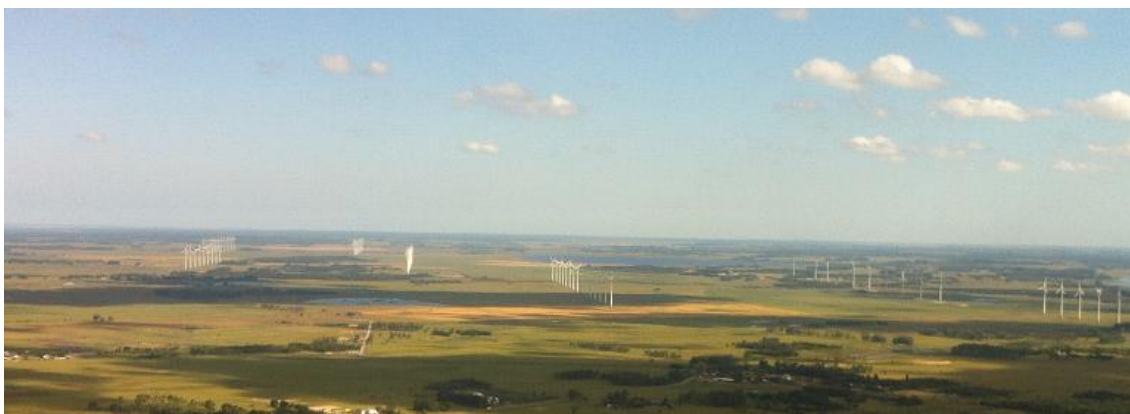
Fonte: Foto da autora



**Figura 60 – Produção de cocos no Parque Eólico Bons Ventos (CE)**

Fonte: Foto da autora

Os parques eólicos ocupam apenas uma pequena área, de menos de 10% da área total das propriedades arrendadas, como pode ser visto na figura 61. O pagamento pelo arrendamento da terra é combinado entre o investidor e os proprietários das áreas, podendo ser pagamentos mensais ou anuais, de valores fixos, valores por aerogerador instalado na propriedade ou até mesmo porcentagem da receita de venda da energia.



**Figura 61 – Área ocupada pelo Parque Eólico Osório (RS)**

Fonte: Foto da autora

Durante a etapa de construção há ainda outros benefícios além da geração de empregos para a própria construção do parque. Devido ao aumento do volume de trabalhadores no local, a população vizinha ao parque é beneficiada de maneira direta pelo consumo de bens e serviços, principalmente alimentação e hospedagem. Os benefícios são ainda maiores quando a usina está localizada em locais de baixo desenvolvimento econômico. Este caso é o das usinas que estão sendo instaladas no interior do Rio Grande do Norte, nos municípios de Parazinho e João Câmara. Juntas, estas duas regiões concentrarão 45 parques eólicos, com capacidade instalada de 1,25 GW.

A construção de parques eólicos demanda grande quantidade de água, devido ao alto consumo de concreto. Em regiões semi-áridas, como é o caso do interior do Nordeste, os poços abertos para a construção podem ser deixados para consumo pela população local. É o caso do Parque Eólico Morro dos Ventos, em João Câmara, onde o poço aberto pela empresa e utilizado para a construção será deixado para utilização da comunidade local, a ser administrado pela Prefeitura. As melhores práticas na construção de parques, como esta, são inovadoras do ponto de vista de relacionamento com a comunidade e estão ganhando cada vez mais espaço entre os empreendedores, tornando-se uma atividade com potencial para o desenvolvimento local.

#### 4.9. Considerações do capítulo

A energia eólica vem experimentando um crescimento muito rápido no Brasil. Desde o primeiro aerogerador instalado no país, em 1992, houve grande avanço regulatório no cenário nacional, com a inclusão de políticas de incentivo para o crescimento desta tecnologia. Hoje a eólica é considerada uma alternativa energética limpa e competitiva, inclusive com tecnologias tradicionais. No cenário internacional, a crise financeira de 2008-2009 contribuiu para o desaquecimento de mercados tradicionais na Europa e América do Norte, dando espaço e condições para o surgimento de mercados emergentes, entre eles, o Brasil. O excesso de oferta de equipamentos reduziu os preços dos mesmos, e a variação cambial fez com que a importação se tornasse mais barata. Atrás de novos mercados, grandes empresas estrangeiras se instalaram no Brasil. Atualmente o mercado eólico brasileiro encontra-se mais diversificado, com maior concorrência entre os agentes, e é considerado o 9º melhor mercado mundial para investimentos em eólica.

O rápido crescimento da energia eólica no país em um breve espaço de tempo trouxe preocupações para diversos agentes em todo o ciclo de vida desta tecnologia no país. As principais barreiras e dificuldades identificadas em entrevistas com representantes de empresas do setor relacionam-se a questões de infraestrutura e logística, de disponibilidade de mão de obra capacitada, de licenciamento ambiental, de financiamento, de disponibilidade de insumos e equipamentos, de aspectos regulatórios e de inovação e desenvolvimento da indústria nacional.

O cenário de inserção da energia eólica modelado pela Empresa de Pesquisa Energética mostra a falta de perspectiva da continuidade de contratação de energia eólica, mostrando uma quebra na tendência observada nos últimos anos. Assim, os cenários exploratório e otimista seguem estas tendências, porém divergindo no ritmo de crescimento da tecnologia.

Foram modelados os empregos diretos e indiretos por capacidade instalada, mostrando que os empregos na fabricação de equipamentos são importantes, principalmente os empregos indiretos associados à utilização de insumos na economia brasileira. No entanto, os empregos diretos na construção são mais numerosos, correspondendo a 66% dos empregos diretos e 52% dos empregos totais. Por outro lado, a atividade de O&M é

a única que gera empregos permanentes, podendo gerar até 11 mil novos postos de trabalho permanentes até 2020.

Quando comparada a uma usina termelétrica a gás natural para gerar a mesma quantidade de energia, os empregos ao longo da vida útil da usina são maiores que na energia eólica. Isso ocorre devido aos empregos indiretos na fase de operação, devido ao consumo de combustível. No entanto, a diferença entre os postos de trabalho gerados pode ser menor, devido a que o setor de gás natural está incluído na MIP brasileira, e 95% dos empregos neste setor são indiretos, devido principalmente à prestação de serviços diversos para o setor de petróleo e gás natural, serviços estes que não foram contabilizados para a eólica.

No entanto, a geração de empregos não deve ser o único parâmetro a decidir a adoção de uma tecnologia. Além da geração de empregos, a eólica pode trazer ainda outros benefícios sociais, podendo ter potencial de colaboração para o desenvolvimento regional. A maneira como os empreendedores e os proprietários de terra se relacionam é de maneira inovadora, diferente de outras fontes de energia. Em parques eólicos, que ocupam menos de 10% da área total da propriedade, podem coexistir diversas atividades econômicas, geralmente agricultura e pecuária. Os proprietários das terras não são desalojados, mas pelo contrário, as terras são arrendadas por uma quantia paga mensal ou anual, que pode ser utilizada para reinvestimento na propriedade, constituindo diversificação da renda do proprietário e um meio de melhorar a produtividade das atividades econômicas em áreas rurais.

Assim, o rápido crescimento da energia eólica no Brasil pode trazer diversos benefícios regionais, principalmente em locais com baixo desenvolvimento econômico, como é o caso do interior da Bahia e Rio Grande do Norte, dois locais com grande volume de projetos contratados que serão construídos nos próximos anos.

## 5. DISCUSSÃO

A energia eólica passa atualmente por um momento de crescimento acelerado no Brasil. Esta pesquisa se propôs a verificar os impactos deste crescimento na geração de empregos diretos no setor eólico, e também de empregos indiretos, devido ao consumo de insumos e materiais dentro da economia brasileira.

Este capítulo apresenta a discussão dos resultados obtidos durante a pesquisa, e se propõe a responder aos objetivos do trabalho, que eram oferecer uma visão atual da energia eólica no Brasil, quantificar os empregos diretos e indiretos e contribuir para o desenvolvimento da ferramenta Matriz Insumo-Produto Ampliada para a aplicação a indicadores ambientais e sociais de sistemas energéticos.

### 5.1. O *boom* da energia eólica no Brasil

O desenvolvimento da energia eólica no Brasil começou com uma política nacional de incentivo, o PROINFA, lançado em 2006 para acelerar a implantação de biomassa, PCH e energia eólica. Tendo cumprido os seus objetivos iniciais, a energia eólica foi inserida em leilões de compra de energia, o modelo tradicional para a expansão da matriz energética brasileira. O elevado nível de concorrência e o desenvolvimento recente da indústria eólica trouxe os preços para o mesmo nível de fontes de energia tradicionais. Mas pode este modelo de alta competição e redução de preço ser mantido?

Entre 2009 e 2011 foram contratados 6,8 GW em projetos eólicos, e a entrada em operação deles, em 2016, elevará a capacidade instalada desta tecnologia de 1,4 GW no final de 2011 para 8,2 GW ao final de 2016, um aumento de 480% em apenas 5 anos. Da mesma maneira, houve uma significativa redução nos preços da energia eólica, de R\$ 148/MWh em 2009 para R\$ 101/MWh em 2011.

A diminuição de preços se deu devido à redução dos preços dos equipamentos e à alta competição nos leilões. Estes dois fatos podem ser explicados pela incidência de fatores estruturais e conjunturais.



Os fatores estruturais incluem o desenvolvimento da cadeia de fornecimento de produtos e serviços, o desenvolvimento e transferência de tecnologia, a adoção de aerogeradores mais eficientes, melhoria das condições de financiamento, adoção de incentivos econômicos e regulatórios e o modelo de contratação da energia eólica. Estes fatores podem ser controlados por políticas públicas e por investimentos privados e públicos, com o fim de atingir o nível desejado de desenvolvimento do mercado eólico.

No entanto, os fatores conjunturais têm grande importância para a redução dos preços e para a definição da estratégia das empresas. Estes últimos estão particularmente relacionados com a recente crise financeira. Estes fatores incluem as variações nas taxas de câmbio e a situação política e econômica nacional e internacional. A redução da demanda por aerogeradores nos mercados aquecidos da Europa e Estados Unidos gerou uma grande quantidade de capacidade ociosa nas indústrias, reduzindo os preços das turbinas eólicas e levando as empresas estrangeiras a mudar a estratégia de mercado e investir em mercados emergentes. O primeiro leilão de energia eólica colocou o Brasil na mira das empresas internacionais, e os leilões seguintes reafirmaram o potencial de mercado do setor eólico brasileiro, resultando na instalação de grandes empresas e fábricas no país.

O Brasil é considerado um dos mercados mais promissores para a energia eólica no mundo. O território nacional está sendo preenchido com fábricas e empresas multinacionais, e pode ser observado um rápido crescimento da cadeia de fornecimento de produtos e serviços para esta tecnologia.

No entanto, a consolidação do crescimento do setor eólico no Brasil depende da manutenção de incentivos econômicos e regulatórios, além de demanda assegurada. O desenvolvimento tecnológico, junto com o investimento em P&D e capacitação de profissionais para atuar em todo o ciclo de vida desta tecnologia pode colocar o Brasil na lista de maiores mercados mundiais de energia eólica. No entanto, o país deve consolidar sua indústria nos próximos anos, com o fim de tornar os preços da energia menos dependentes das condições internacionais e se preparar para o provável retorno do aquecimento do mercado eólico Europeu e Norte-Americano e a ascensão de mercados emergentes.

### 5.1.1. O término do PROINFA

O PROINFA foi um marco importante para o desenvolvimento da energia eólica no Brasil. O programa foi fundamental para gerar experiência e oferecer segurança aos investidores, aos fornecedores de serviços e aos agentes reguladores, além de estimular a criação de uma cadeia de fornecimento de bens e serviços para esta tecnologia.

No entanto, uma crítica pode ser feita às constantes prorrogações de prazos. Inicialmente, o prazo para entrada em operações era em 30 de dezembro de 2006. Em 2004, este prazo foi ampliado para 30 de dezembro 2008. Em 2009, o prazo foi novamente prorrogado para 30 de dezembro de 2010. Em junho de 2011, devido ao número de empreendimentos ainda em construção, o prazo foi novamente revogado para 30 de dezembro de 2011.

Cabe ressaltar que em 2006 o mercado eólico internacional estava em alta, e o mercado brasileiro estava ainda começando a se constituir. Os preços de equipamentos estavam altos, e havia diversas dificuldades técnicas e financeiras. Mesmo assim, 5 investidores assumiram os riscos e altos custos para entregar suas usinas até o final de 2006. Ao final de 2007, mais uma usina entrou em operação e, até o final de 2008, apenas 10 usinas encontravam-se em operação.

Ao final de 2008, a crise financeira freou o setor eólico nos mercados aquecidos da Europa e Estados Unidos, ocasionando maior oferta de aerogeradores e, portanto, menor preço. Ao mesmo tempo, houve um avanço nas conquistas obtidas pelo setor eólico no Brasil, principalmente no tocante à redução da carga tributária. Nota-se, ainda, o rápido desenvolvimento tecnológico dos aerogeradores, absorvido pelo Brasil.

O PROINFA surgiu em uma época onde a necessidade da diversificação elétrica era muito notável, um ano após o racionamento elétrico brasileiro. Havia grandes barreiras para a inserção de fontes alternativas não só no Brasil, mas no início da década de 2000, a adoção de fontes renováveis se configurou em um desafio mundial, e foi entre o final da década de 1990 e o início da década de 2000 que a maior parte dos países que hoje dominam estas tecnologias começou a adotar políticas de incentivos e subsídios.

A entrada da energia eólica nos leilões regulados, e os resultados obtidos em relação à constante redução dos preços da energia gerada por esta fonte permitem afirmar que esta tecnologia absorveu o desenvolvimento tecnológico e regulatório e aproveitou-se

da redução no preço dos equipamentos e crescimento da cadeia de fornecimento de produtos e serviços, principalmente devido à crise financeira, que colocou o Brasil como um dos alvos da indústria eólica internacional como potencial mercado de relevância econômica.

Assim, os 43 empreendimentos eólicos do PROINFA que entraram em operação entre 2009 e 2011 beneficiaram-se da redução dos custos e riscos de implantação, e mesmo assim recebem a remuneração subsidiada do PROINFA, sem penalidades para o atraso no fornecimento de energia. Devido ao reajuste anual das tarifas do PROINFA pelo IGPM, os cerca de R\$ 200/MWh acordados em 2004 para a eólica são hoje R\$ 311,87/MWh. As usinas que entraram em operação no final de 2011 começarão a ser remuneradas por este valor, com contratos de 20 anos e reajustes anuais pelo IGPM. Pode-se dizer, portanto, que os empreendimentos que entraram em operação tardiamente foram premiados pelos atrasos, tendo maiores ganhos e menores gastos.

### **5.1.2. A diversificação da matriz elétrica e os leilões de energia**

No panorama global, o investimento em fontes renováveis, principalmente no desenvolvimento de fontes alternativas, ganhou força para buscar a substituição dos combustíveis fósseis, seja por aspectos de segurança energética e redução da importação de combustíveis, seja por aspectos ambientais. No Brasil, que detém uma das matrizes elétricas mais renováveis do mundo, a contratação de fontes alternativas é incentivada para buscar a diversificação na geração de energia e para aliviar os impactos ambientais da expansão de grandes hidrelétricas, além de impulsionar o desenvolvimento industrial e a geração de empregos.

A realização de leilões para incentivar a contratação de energia elétrica, minimizar os riscos de investidores privados, buscar a modicidade tarifária e diversificar a matriz elétrica surgiu devido ao período de baixo suprimento e necessidade de racionalização de eletricidade em 2001. No primeiro momento, entre 2005 e 2008, priorizou-se a contratação de termelétricas a combustíveis fósseis para oferecer maior segurança à matriz. No entanto, a partir de 2009, nota-se uma nova abordagem da contratação, com a priorização de fontes renováveis. Neste novo momento, a energia eólica correspondeu a 50% de toda a contratação de garantia física entre 2009 e 2011.

Para otimizar a contratação de eletricidade, poderiam ser feitos leilões regionais, aproveitando o potencial de cada região para a geração de energia. Afinal, fala-se em complementaridade entre fontes e complementaridade regional. Com o modelo atual de contratação de energia elétrica por leilões nacionais, a eólica, por ser atualmente mais competitiva, pode ocupar mais espaço que a biomassa e a PCH, e elas são complementares e igualmente importantes para a diversificação e segurança de suprimento da matriz elétrica.

### **5.1.3. As barreiras para a energia eólica no Brasil**

Os resultados favoráveis ao setor eólico celebrados nos leilões desde 2009 levaram ao rápido aumento da capacidade contratada, que segundo os contratos assinados deve chegar a mais de 8 GW até o final de 2016, um aumento de mais de 470% em relação a dezembro de 2011.

No entanto, foram identificadas diversas barreiras para a inserção da energia eólica na matriz elétrica brasileira, as quais foram detalhadamente discutidas no item 4.1.5. Após quase uma década da criação do PROINFA, pouco tem sido feito para resolver problemas estruturais. É evidente a falta de melhorias de estradas em rotas comuns aos principais polos de energia eólica. Destacam-se aqui as péssimas condições das estradas do Rio Grande do Norte, do Ceará e da Bahia, apontadas por fabricantes e transportadores de equipamentos como importante motivo de atrasos e aumento de custos, devido à necessidade de realização de diversos ajustes nas pás eólicas ao chegar ao local de implantação do parque.

Foi identificada também a necessidade de capacitação de mão de obra em níveis local e regional. Devido a que grande parte das usinas contratadas encontra-se nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Rio Grande do Sul, é estratégica a criação de planos de capacitação regionais para atender a esta demanda.

É ainda necessária coerência no planejamento da inserção da energia eólica no Brasil. O PDE 2020 (EPE, 2011), último planejamento de expansão energética publicado, inclui as tecnologias renováveis como prioritárias e anula a expansão, no período entre 2010 e 2020, de termelétricas a combustíveis fósseis. No entanto, em 2011 foram contratadas usinas termelétricas a gás natural em dois certames, e está incluída a participação desta

usina nos leilões a serem realizados em 2011. Junto com as grandes diferenças nas estimativas do crescimento da eólica entre os planejamentos publicados, e o fato de os leilões serem anunciados com apenas seis meses de antecedência, cria uma insegurança para os investidores.

A preparação de um projeto de energia eólica leva cerca de três anos, considerando a necessidade de medições de vento, pressão e temperatura no local durante dois anos para a participação em leilão, além da certificação destas medições e do licenciamento ambiental do projeto. No entanto, não há garantias de que haverá uma demanda crescente ou ao menos constante nos próximos três anos. Os investidores, ao começarem as medições de ventos para novos projetos, se encontram em uma posição de risco de não conseguirem comercializar a usina.

## **5.2. Os empregos na energia eólica**

O potencial para a geração de empregos na energia eólica é relevante. De acordo com os resultados obtidos, o maior número de empregos, diretos e totais, refere-se à etapa de construção. Esta etapa também possui grande potencial para a contratação de mão de obra local, podendo ser uma fonte de desenvolvimento regional.

A análise mostrou que os impactos da importação de equipamentos tem influência na geração de empregos no país, mas a maior parcela de empregos não é afetada. A pesquisa mostrou ainda que os empregos diretos são muito superiores aos empregos indiretos, mas isto pode ser uma limitação do modelo, como discutido no item 5.3.

### **5.2.1. Comparação com termelétricas a gás natural**

Quando comparado ao gás natural, nota-se que o número de empregos da energia eólica é significativamente mais baixo. No entanto, isso pode ser devido à limitação nos setores considerados como indiretos na avaliação da energia eólica, diferentemente do setor do petróleo e gás natural, que consta na MIP original. Assim, ao serem inseridos empregos em outros serviços e na fabricação de demais componentes, assim como os empregos indiretos gerados na construção de subestações e linhas de transmissão, esta diferença

pode ser reduzida. Outro aspecto que pode ter modificado os resultados da comparação é a junção das atividades relacionadas ao petróleo e ao gás natural em um único setor, já que o setor de petróleo recebe significativamente maiores investimentos e sua produção possui maior valor agregado.

### **5.2.2. A queda nos preços da energia e a manutenção dos empregos**

A grande queda dos preços da energia nos empreendimentos de energia eólica tem sido vistos como grandemente favoráveis à implantação dos projetos no Brasil. De fato, a busca pela modicidade tarifária no sistema elétrico brasileiro tem grande relevância para o crescimento econômico e na garantia da acessibilidade da energia.

No entanto, diversos agentes do setor eólico entrevistados mostraram-se preocupados com a rápida queda nos preços da energia contratada. Entre os principais fatores de preocupação podem ser citados:

- Maiores riscos tomados por investidores, com a suposição de altos fatores de capacidade;
- Atrasos previstos na entrada em operação comercial das usinas devido a atrasos do empreendedor, falta de equipamentos e mão-de-obra para a construção, atrasos na obtenção de licenças, dificuldades na obtenção de financiamentos, e/ou atraso na operação das ICG, resultando em perda de receita e possíveis penalidades;
- Alto custo dos equipamentos brasileiros devido ao preço da energia e dos insumos, principalmente o aço, o que poderá favorecer a importação de insumos e componentes;
- Concorrência dos empreendimentos eólicos por serviços de construção civil e uso de carretas e guindastes com outros grandes empreendimentos de infraestrutura, como estádios, refinarias, plataformas de petróleo, portos e aeroportos;
- Competição entre os projetos eólicos pelos serviços limitados de transporte, construção e montagem de aerogeradores, que hoje dificilmente conseguem suprir a demanda de construção de 2 GW ao ano;

- Desaparição de pequenos produtores e concentração de projetos em grandes grupos nacionais e internacionais.

Para a geração de empregos, o principal problema da queda dos preços reside na importação de equipamentos e insumos. O consumo de aço, responsável pelo alto preço de equipamentos, principalmente torres eólicas, corresponde a 30 a 35% dos empregos indiretos. A importação de chapas de aço, vista por diversos entrevistados como uma possibilidade para manter a margem de lucro dos investidores, acarretará em significativa perda dos empregos indiretos gerados no país.

No entanto, os empregos diretos correspondem de 77% a 80% dos empregos totais modelados com a MIP-ampliada construída para o Brasil e, portanto, a importação de insumos e equipamentos pode não ter um efeito tão grande na geração de empregos.

### **5.2.3. Os empregos existem. Mas são verdes?**

O estudo mostrou que há um grande potencial para a geração de empregos pela energia eólica, principalmente na etapa de construção, que corresponde a 66% dos empregos diretos e 52% dos empregos totais. Estes empregos, de caráter temporário, são compostos em grande parte por mão de obra local ou regional, podendo configurar um importante vetor de desenvolvimento econômico local.

Em menor quantidade, os empregos em operação e manutenção são permanentes durante o tempo de vida da usina, geralmente de 20 anos. Em municípios com grande volume de parques eólicos sendo instalados, tal atividade pode se constituir em uma boa oportunidade para a geração de empregos de longa duração e maior qualidade.

No entanto, o fato de serem empregos em energias renováveis não os torna automaticamente verdes. A definição de empregos verdes do PNUMA envolve não apenas a atuação em tecnologias que contribuam para uma economia de baixo carbono, mas também mantenham ou melhorem as condições ambientais locais, promovam postos de trabalho socialmente justos e dignos, e fortaleçam a comunidade (UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008). Os empregos gerados na energia eólica, então, seriam, verdes?

Em relação à contratação de mão-de-obra local, empresas entrevistadas do setor de construção civil revelaram a dificuldade na contratação de mão-de-obra local devido à necessidade de qualificação. Assim, os empregos gerados localmente são, em sua maioria, serventes, auxiliares e ajudantes gerando, portanto, poucas oportunidades de qualificação de mão-de-obra e a geração de empregos é de caráter temporário. Parte dos trabalhadores é contratada e treinada pela empresa, sendo transportada para os diversos empreendimentos em construção.

Devem ser verificadas, ainda, as condições de trabalho em parques eólicos. Apesar da definição de empregos verdes do PNUMA incluir condições dignas de trabalho, o Brasil ainda figura como um dos países com maior quantidade de empregos verdes, devido à sua grande indústria de biocombustíveis. No entanto, sabe-se de frequentes denúncias às condições de trabalho nos canaviais, assim como em outros setores da agricultura e em obras de infraestrutura no Brasil, não podendo ser estes trabalhos considerados, portanto, como verdes. Sabe-se ainda que a migração de grandes contingentes de trabalhadores a pequenos municípios podem trazer diversos problemas para as comunidades, como o aumento da violência e da prostituição, devido à falta de políticas públicas e investimentos sociais e às condições econômicas dos municípios afetados. Não se tem atualmente notícias sobre estes impactos em empreendimentos eólicos, mas deve-se atentar à sua prevenção, principalmente em regiões com grande volume de projetos contratados, como o interior da Bahia e do Rio Grande do Norte. Devem ser estudados mais amplamente e pontualmente, portanto, os impactos sociais e ambientais locais de empreendimentos eólicos.

Outro problema relaciona-se com a interferência das usinas eólicas nas atividades econômicas da comunidade. Em muitos casos pode ter um efeito benéfico, no caso de comunidades voltadas à agricultura e pecuária, devido à diversificação de renda e possibilidade de investimento em aumento de produção. No entanto, alguns parques eólicos no Nordeste são instalados acima de dunas que servem como atrativos turísticos para a comunidade, podendo impactar negativamente na fonte de renda e na atividade econômica das comunidades afetadas. Não existem estudos sobre o efeito das eólicas sobre o turismo em locais de beleza cênica, mas há muita preocupação por parte das comunidades que vivem do turismo ecológico (FLECHEIRAS, 2012; TRIBUNA DO NORTE, 2012).



Portanto, fica evidente que apenas a quantificação dos empregos relacionados às energias renováveis não determina a criação de empregos verdes. As condições do trabalho e o fortalecimento das comunidades, assim como a destinação dos ganhos econômicos pelas prefeituras e governos<sup>57</sup>, devem ser verificados caso a caso para garantir a qualidade de verde dos empregos gerados.

#### **5.2.4. Outros benefícios sociais da energia eólica**

A instalação de parques eólicos tem o potencial de movimentar a economia local, criando empregos temporários e renda não só diretamente na construção, mas ao demandar serviços, principalmente de alimentação e hospedagem.

Diferentemente de outras formas de geração de energia, a eólica tem a vantagem de não ocupar toda a área da usina, e permitir a continuidade de atividades produtivas dentro da área. Muitas das áreas onde se encontram os parques não são compradas, mas sim arrendadas, e o dinheiro deste arrendamento, negociado com o proprietário da área, pode ser investido em melhorias de produção, aumentando as oportunidades de geração de renda em áreas rurais e gerando benefícios adicionais.

Estes aspectos são ainda mais relevantes devido à instalação de eólicas em áreas rurais com baixo índice de desenvolvimento econômico, como é o caso de eólicas localizadas em diversas regiões do Nordeste, em áreas litorâneas ou no sertão. A pesquisa de campo mostrou que a comunidade vizinha aos parques visitados percebe esses benefícios e vê a implantação dos projetos como benéfico.

### **5.3. Limitações da Matriz Insumo-Produto Ampliada**

A utilização de modelos de insumo-produto oferece algumas limitações para a análise. A quantificação dos empregos indiretos nesta análise possui um alto grau de incerteza, podendo ser maior ou menor que os valores estimados, devido aos seguintes fatores:

---

<sup>57</sup> Ou seja, se as prefeituras e governos estão aplicando o dinheiro arrecadado pelos projetos de geração em melhorias para a comunidade.

### **Desatualização da MIP**

A MIP utilizada para a construção da MIP-ampliada foi a última matriz disponível para utilização, que é a matriz de 2005. Para equalizar os multiplicadores de empregos, foram utilizados dados de empregos para o ano de 2005. A defasagem entre a produção dos insumos e o preço dos mesmos, além do crescimento do emprego formal, pode ocasionar diferenças nas estimativas atuais de empregos. Será necessária a atualização da MIP e a reaplicação dos métodos utilizados para verificar inconsistências devido à desatualização dos dados utilizados.

### **Dados agregados**

A MIP brasileira possui 55 setores. Este número contrasta com o nível de desagregação de modelos de insumo-produto internacionais, como o dos Estados Unidos (428 setores) e Canadá (105 setores). O nível de agregação dos dados influencia na utilização do modelo e análise dos resultados. Isso se dá porque, dentro de um setor, os produtos e tecnologias são considerados médios e homogêneos. No caso desta pesquisa, os setores de areia, brita, alumínio e cobre foram considerados homogêneos no setor de “Outras indústrias extrativas”, e os diferentes produtos de aço e ferro foram considerados homogêneos dentro do setor de “Fabricação de aço e derivados”.

### **Preços homogêneos**

Devido aos dados agregados, os multiplicadores de empregos diretos e indiretos também consideraram produtos e tecnologias médios e homogêneos. Dentro do setor do aço, por exemplo, o vergalhão e as chapas têm valor muito diferente, mas não é possível afirmar que o número de empregos gerados se dá de maneira linear com os preços dos produtos. Assim, foram considerados preços homogêneos para cada setor. Este fator gerou um alto grau de incerteza nos resultados, principalmente no setor de aço, que possui alta participação entre os materiais utilizados no ciclo de vida da energia eólica.

### **Modelo estático**

Um modelo de insumo-produto representa uma fotografia da economia em um determinado ano. A utilização dos multiplicadores gerados no modelo para a previsão

de cenários futuros gera incertezas, uma vez que não são levados em conta o desenvolvimento tecnológico, a eficiência na utilização de recursos e pessoas ou as mudanças nos níveis de importação. Estes aspectos podem modificar a inter-relação entre os setores, modificando assim os multiplicadores de emprego.

#### **5.4. Sugestões para trabalhos futuros**

É necessário o aprimoramento da MIP-ampliada, com o fim de utilizar dados atualizados e de maneira mais desagregadas. Foram identificados os principais setores da MIP utilizados como insumos para a energia eólica, assim como os principais setores da economia afetados. Deve-se também estender a coleta de dados de fabricação para ampliar a representatividade dos dados e minimizar os erros.

Os dados obtidos neste trabalho são quantitativos. É necessário, também, o levantamento da qualidade dos empregos gerados.

Sugere-se para futuros trabalhos:

- Atualização da MIP-ampliada;
- Construção de multiplicadores desagregados para os principais produtos, principalmente para diferentes produtos de aço;
- Ampliar a coleta de dados de empregos diretos e de demanda de insumos para o maior número de fábricas e empresas possíveis e obter dados detalhados de número e duração de empregos na etapa de construção, percebida nesta pesquisa como a maior contribuição da energia eólica para a criação de empregos;
- Analisar a qualidade dos empregos gerados na energia eólica, em relação a cargos, nível de capacitação requerida e salários;
- Estender a pesquisa para outros serviços no ciclo de vida da energia eólica, como a fabricação de subcomponentes e o desenvolvimento de projetos;
- Comparação dos empregos gerados na energia eólica com a geração de empregos em outras fontes, principalmente as demais fontes alternativas.

## 5. CONCLUSÃO

A energia eólica tem experimentado um rápido crescimento no mundo. No Brasil, após uma política de incentivos e condições favoráveis do mercado, a tecnologia eólica vem ganhando cada vez mais espaço, tornando-se uma das tecnologias de geração de energia mais competitivas. A previsão de aumento de quase cinco vezes em apenas cinco anos demanda a discussão dos impactos socioeconômicos que serão gerados pela rápida inserção desta tecnologia na matriz elétrica brasileira.

A indústria eólica tem crescido rapidamente, em parte pela crise financeira, que levou às grandes empresas do setor à diversificação de seus mercados, voltando-se para novos mercados emergentes. O Brasil tornou-se um grande destino de investimentos estrangeiros, e a indústria aposta no país como centro de produção e exportação para outros países latino-americanos.

A energia eólica tem um grande potencial para a geração de empregos, podendo gerar mais de 330 mil empregos-ano até 2020. A maior contribuição, tanto em termos quantitativos como em contribuição para o desenvolvimento sustentável, é a dos empregos em construção e, em menor número, os empregos em O&M. Enquanto os primeiros são os mais numerosos, correspondendo a cerca de 50% de todos os empregos gerados pela tecnologia, os últimos geram postos de trabalhos permanentes, que estarão presentes durante toda a vida útil do projeto. Ambas as atividades têm alto potencial para a geração de empregos no nível local, gerando oportunidade de geração de renda, muitas vezes em localidades rurais com baixas oportunidades de crescimento econômico.

A energia eólica pode contribuir com o desenvolvimento socioeconômico em nível regional e local. Além da geração de empregos, a instalação de parques eólicos pode movimentar a economia local pelo fornecimento de serviços, principalmente alimentação e hospedagem, durante o período da obra. O pagamento pelo arrendamento da terra aos proprietários, junto com o fato de baixa ocupação da propriedade, confere aos empreendimentos eólicos uma relação inovadora entre os geradores de energia e a comunidade, além de ter o potencial de redução da migração das zonas rurais.

A análise mostrou que os empregos diretos representam cerca de 70% dos empregos totais. Assim, a importação de equipamentos oferece uma diminuição do nível de

emprego que pode ser gerado, porém em dimensões menos significativas do que inicialmente esperado. No entanto, cabe ressaltar que algumas premissas foram adotadas para a utilização da matriz insumo-produto ampliada, e existem incertezas no método que devem ser melhor avaliadas para oferecer maior confiança aos resultados.

Recomenda-se a atualização da matriz insumo-produto e maior detalhamento dos principais insumos utilizados, de modo a produzir multiplicadores por produtos ao invés de setores econômicos, e assim possibilitar a utilização de valores reais gastos pelas empresas envolvidas, tornando esta ferramenta de fácil utilização pelas mesmas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEEÓLICA. **Comunicação oral**, 2011

ABIPLAST. **Perfil da indústria brasileira de transformação de material plástico**. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Disponível em: <[http://www.sindiplasba.org.br/dados\\_estatisticos/12.pdf](http://www.sindiplasba.org.br/dados_estatisticos/12.pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2012. 2006

ABNT. **Gestão ambiental - Avaliação de ciclo de vida - Princípios e estrutura - NBR ISO 14.064**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001

AGNOLUCCI, P. Wind electricity in Denmark: A survey of policies, their effectiveness and factors motivating their introduction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, p. 951–963, jun 2007.

ALFANO, P.; WEIDLICH, A.; MANOLAKAKI, E.; CIAMPA, F. **New jobs in the field of renewable energy and rational use of energy in the European Union. PREDAC Project Report**. PREDAC Project. Disponível em: <[http://www.cler.org/info/IMG/pdf/WP2\\_New\\_Jobs\\_Energy.pdf](http://www.cler.org/info/IMG/pdf/WP2_New_Jobs_Energy.pdf)>, 2003

AMARANTE, O. A. C.; SCHULTZ, D. J.; BITTENCOURT, R. M.; ROCHA, N. A. Wind/Hydro complementary seasonal regimes in Brazil. **DEWI Magazin**, v. 19, p. 79–86, ago 2001.

AMERICAN CONSULTING PROFESSIONALS OF NEW YORK, PLLC. APPENDIX U - Decommissioning Plan. **Draft Environmental Impact Statement for the Hounsfield Wind Farm**. New York: New York State Department of Environmental Conservation, 2009. .

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 1a. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2a. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005.

ANEEL. Resolução Normativa N<sup>o</sup> 247, de 21 de Dezembro de 2006. Resolução Normativa N<sup>o</sup> 247, de 21 de Dezembro de 2006 - Estabelece as condições para a comercialização de energia elétrica, oriunda de empreendimentos de geração que utilizem fontes primárias incentivadas, com unidade ou conjunto de unidades consumidores cuja carga seja maior ou igual a 500 kW e dá outras providências. 2006.

ANEEL. Resolução Normativa N° 376, de 25 de Agosto de 2009. Resolução Normativa N° 376, de 25 de Agosto de 2009 -Estabelece as condições para contratação de energia elétrica, no âmbito do Sistema Interligado Nacional - SIN, por Consumidor Livre, e dá outras providências. 2009.

ANEEL. **Alteração dos marcos do cronograma de implantação das usinas eólicas Renascença I, II, III, IV e Ventos de São Miguel.** . Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica - Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/area20113060.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2012a. , 2011

ANEEL. **Alteração do cronograma de implantação das centrais geradoras Eólicas Asa Branca IV, Asa Branca V, Asa Branca VI, Asa Branca VII e Asa Branca VIII em função do Despacho N° 2007/2011.** . Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica - Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/area20113097.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2012b. , 2011

ANEEL. **Alteração do cronograma de implantação das Centrais Geradoras Eólicas Renascença V e Eurus II, localizadas nos municípios de Parazinho e João Câmara, no Estado do Rio Grande do Norte.** . Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica - Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/area20113090.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2010c. , 2011

ANEEL. **Banco de Informações de Geração.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em: 16 abr. 2012a.

ANEEL. Nota Técnica n° 002/2012 - SRG/ANEEL. 2012b.

ARENT, D. J.; WISE, A.; GELMAN, R. The status and prospects of renewable energy for combating global warming. **Energy Economics**, v. 33, n. 4, p. 584–593, jul 2011.

BARBOSA, M. R.; BASTOS, P. S. Traços de concreto para obras de pequeno porte. v. 36, p. 32–36, 2008.

BERGMANN, A.; HANLEY, N.; WRIGHT, R. Valuing the attributes of renewable energy investments. **Energy Policy**, v. 34, n. 9, p. 1004–1014, jun 2006.

BIRD, L.; BOLINGER, M.; GAGLIANO, T. *et al.* Policies and market factors driving wind power development in the United States. **Energy Policy**, v. 33, n. 11, p. 1397–1407, jul 2005.

BLANCO, M. I.; RODRIGUES, G. Direct employment in the wind energy sector: An

EU study. **Energy Policy**, v. 37, n. 8, p. 2847–2857, ago 2009.

BLOOMBERG. Overcapacity and new players keep wind turbine prices in the doldrums. **Bloomberg New Energy Finance**, 2012.

BOZZ&CO. **Análise comparativa da carga tributária na cadeia do aço**. Booz&Co. e Instituto Aço Brasil. Disponível em: <[http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/pdf/Estudo\\_IABr\\_BoozCompan.pdf](http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/pdf/Estudo_IABr_BoozCompan.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2012. , 2010

BRASIL. Resolução nº 24 de 5 de julho de 2001. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA. 2001.

BUTLER, L.; NEUHOFF, K. Comparison of feed-in tariff, quota and auction mechanisms to support wind power development. **Renewable Energy**, v. 33, n. 8, p. 1854–1867, ago 2008.

CAI, W.; WANG, C.; CHEN, J.; WANG, S. Green economy and green jobs: Myth or reality? The case of China's power generation sector. **Energy**, v. 36, n. 10, p. 5994–6003, out 2011.

CAPROS, P.; KARADELOGLOU, P.; MENTZAS, G. Employment impacts of energy: A survey and framework for analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 26, n. 4, p. 257–274, out 1992.

CARLEY, S.; LAWRENCE, S.; BROWN, A.; NOURAFSHAN, A.; BENAMI, E. Energy-based economic development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 282–295, jan 2011.

CCEE. **Leilões**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

CCEE. **Histórico do Setor Elétrico Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/cceeinterdsm/v/index.jsp?vgnextoid=96a0a5c1de88a010VgnVCM100000aa01a8c0RCRD>>. Acesso em: 15 fev. 2012a.

CCEE. **Ambiente de Contratação**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/cceeinterdsm/v/index.jsp?vgnextoid=65daa5c1de88a010VgnVCM100000aa01a8c0RCRD>>. Acesso em: 28 mar. 2012b.

CCEE. Mecanismo de Realocação de Energia. **Regras de Comercialização**. [S.l.]: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, 2012c.



CEPEL. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/index.php?task=livro&cid=1>>. Acesso em: 29 out. 2011. , 2001

CETEM. **A utilização nacional dos minerais metálicos mais consumidos no mundo**. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2006/I\\_2006.pdf](http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2006/I_2006.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2012. 2008

CNI. **Oportunidades de eficiência energética para a indústria - Setor químico**. Confederação Nacional da Indústria. Disponível em: <<http://www.cni.org.br/portal/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=FF8080812C8533A0012C9885F1392392>>. , 2010

COSTA, R. A.; CASOTTI, B. P.; AZEVEDO, R. L. S. Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. **BNDES Setorial**, v. 29, p. 229–278, 2009.

COUTURE, T.; GAGNON, Y. An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment. **Energy Policy**, v. 38, n. 2, p. 955–965, fev 2010.

DALBEM, M. C. **Análise de investimentos em energia eólica no Brasil**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2010.

DALTON, G. J.; LEWIS, T. Metrics for measuring job creation by renewable energy technologies, using Ireland as a case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 4, p. 2123–2133, maio 2011.

DELMAS, M. A.; MONTES-SANCHO, M. J. US state policies for renewable energy: Context and effectiveness. **Energy Policy**, v. 39, n. 5, p. 2273–2288, maio 2011.

DENAULT, M.; DUPUIS, D.; COUTURE-CARDINAL, S. Complementarity of hydro and wind power: Improving the risk profile of energy inflows. **Energy Policy**, v. 37, p. 5376–5384, dez 2009.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro 2006**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2006/I\\_2006.pdf](http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2006/I_2006.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2012. , 2006

DNPM. **Sumário Mineral 2007**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em:

<<http://www.dnppm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1063>>. Acesso em: 5 mar. 2012. , 2008

DUTRA, R. M. **Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do Proinfa**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2007.

DUTRA, R. M. **Energia eólica: Princípios e tecnologia**. Rio de Janeiro: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Britto, 2008.

ELETROBRAS. **Empreendimentos Contratados - PROINFA - Contratos**. Disponível em: <[www.eletrobras.com](http://www.eletrobras.com)>. Acesso em: 13 maio. 2011. , 2006

ENEOP. **Prefabricated concrete tower factory**. Disponível em: <[http://www.eneop.pt/en/subcanais\\_n1.asp?id\\_subcanal\\_n1=184&id\\_canal=105](http://www.eneop.pt/en/subcanais_n1.asp?id_subcanal_n1=184&id_canal=105)>. Acesso em: 4 abr. 2012.

EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/PNE/20080111\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PNE/20080111_1.pdf)>. , 2007

EPE. **Balço Energético Nacional 2010 - Ano-base 2009**. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2010.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2011a. , 2010

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019**. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129_1.pdf)>. , 2010b

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<http://epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. , 2011

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

EWEA. **Wind at Work - Wind energy and job creation in the EU**. Bruxelas: European Wind Energy Association. Disponível em: <[http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/Wind\\_at\\_work\\_FINAL.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/Wind_at_work_FINAL.pdf)>, 2008

FERREIRA, H. T. **Energia eólica: Barreiras para sua participação no setor elétrico**

**brasileiro.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

FLECHEIRAS. **Eólicas nas dunas, NÃO!!!!** Disponível em: <<http://flecheirasceara.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

FRANKHAUSER, S.; SEHLEIER, F.; STERN, N. Climate change, innovation and jobs. **Climate Policy**, v. 8, n. 4, p. 421, ago 2008.

FRONDEL, M.; RITTER, N.; SCHMIDT, C. M.; VANCE, C. Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience. **Energy Policy**, v. 38, n. 8, p. 4048–4056, ago 2010.

GALLAGHER, K. S. Limits to leapfrogging in energy technologies? Evidence from the Chinese automobile industry. **Energy Policy**, v. 34, n. 4, p. 383–394, mar 2006.

GAYLORD, B. **Brazilian Local Content Strategies - Wind power sector.** . Rio de Janeiro. Apresentação no Congresso Brazil Windpower 2011 em 2 set. 2011, 2011

GOLDEMBERG, J. Leapfrog energy technologies. **Energy Policy**, v. 26, n. 10, p. 729–741, ago 1998.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7–20, 2007.

GWEC. **Global Wind Statistics 2011.** Global Wind Energy Council. Disponível em: <[http://www.gwec.net/fileadmin/images/News/Press/GWEC\\_-\\_Global\\_Wind\\_Statistics\\_2011.pdf](http://www.gwec.net/fileadmin/images/News/Press/GWEC_-_Global_Wind_Statistics_2011.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2011, 2012

HARDCASTLE, A.; WATERMAN-HOEY, S.; KUNKLE, R. **Renewable energy industry trends and workforce development in Washington State.** Washington State University. Disponível em: <Renewable energy industry trends and workforce development in Washington State>, 2009

HENDRICKSON, C.; HORVATH, A.; JOSHI, S.; LAVE, L. Economic Input-Output Models for Environmental Life-Cycle Assessment. **Environmental Science and Technology Policy Analysis**, v. 32, n. 7, p. 184–191, 1998.

HEPBURN WIND. **Wind turbines.** Disponível em: <<http://hepburnwind.com.au/tag/wind-turbines/>>.

HILLEBRAND, B.; HANS GEORG BUTTERMANN; JEAN MARC BEHRINGER;

MICHAELA BLEUEL. The expansion of renewable energies and employment effects in Germany. **Energy Policy**, v. 34, p. 3484–3494, 2006.

HOCHSCHORNER, E.; FINNVEDEN, G. Evaluation of Two Simplified Life Cycle Assessment Methods. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 8, n. 3, p. 119–128, 2003.

HUR, T.; LEE, J.; RYU, J.; KWON, E. Simplified LCA and matrix methods in identifying the environmental aspects of a product system. **Journal of Environmental Management**, v. 75, n. 3, p. 229–237, maio 2005.

IBGE. **Matriz de Insumo-Produto de 2005**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/matrizinsumo\\_produto/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/matrizinsumo_produto/default.shtm)>, 2008

IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas**. Disponível em: <<http://www.cnae.ibge.gov.br/>>.

IEA. **Energy poverty. How to make moder energy access universal**. International Energy Agency. Disponível em: <[http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010\\_poverty.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_poverty.pdf)>, 2010

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Folder Institucional 2011**. Disponível em: <[http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Folder\\_Aco\\_Brasil\\_2011\\_Institucional.pdf](http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Folder_Aco_Brasil_2011_Institucional.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2012.

IPCC. **Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Disponível em: <[http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Full\\_Report.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Full_Report.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2011a, 2011

IPCC. Summary for Policymakers. **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2011b. .

JOCHEM, E.; MADLENER, R. **The forgotten benefits of climate change mitigation: Innovation, technological leapfrogging, employment, and sustainable development**. , OECD Workshop on the Benefits of Climate Policy: Improving Information for Policy Makers. Paris: ENV/EPOC/GSP. , 2003

JORNAL DA ENERGIA. EPE já não descarta cancelar leilão de energia A-3. **Jornal da Energia**, 2 abr 2012.

KAMMEN, D. M.; PACCA, S. Assessing the costs of electricity. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 29, n. 1, p. 301–344, nov 2004.

LAITNER, S.; BERNOW, S.; DECICCO, J. Employment and other macroeconomic benefits of an innovation-led climate strategy for the United States. **Energy Policy**, v. 26, n. 5, p. 425–432, abr 1998.

LEHR, U.; NITSCH, J.; KRATZAT, M.; LUTZ, C.; EDLER, D. Renewable energy and employment in Germany. **Energy Policy**, v. 36, n. 1, p. 108–117, jan 2008.

LEONTIEF, W. W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. **The Review of Economics and Statistics**, v. 18, n. 3, p. 105–125, 1936.

LEONTIEF, W. W. Output, Employment, Consumption, and Investment. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 58, n. 2, p. 290–314, 1944.

LEONTIEF, W. W. Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. **The Review of Economics and Statistics**, v. 52, n. 3, p. 262–271, 1970.

LESSER, J. A.; SU, X. Design of an economically efficient feed-in tariff structure for renewable energy development. **Energy Policy**, v. 36, n. 3, p. 981–990, mar 2008.

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.

MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MARTÍNEZ, E.; SANZ, F.; PELLEGRINI, S.; JIMÉNEZ, E.; BLANCO, J. Life cycle assessment of a multi-megawatt wind turbine. **Renewable Energy**, v. 34, n. 3, p. 667–673, mar 2009.

MARTINOT, E.; DIENST, C.; WEILIANG, L.; QIMIN, C. Renewable Energy Futures: Targets, Scenarios, and Pathways. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, n. 1, p. 205–239, nov 2007.

MCDOWALL, W.; EAMES, M. Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: A review of the hydrogen futures literature. **Energy Policy**, v. 34, n. 11, p. 1236–1250, jul 2006.

MCTI. **Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal – Parte II da Segunda Comunicação Nacional do Brasil**. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/328762.html>>, 2010

MENZ, F. C.; VACHON, S. The effectiveness of different policy regimes for promoting wind power: Experiences from the states. **Energy Policy**, v. 34, n. 14, p. 1786–1796, set 2006.

MME. **Benefícios do Proinfa**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/beneficios.html>>. Acesso em: 29 jul. 2011.

MORAES, M. A. F. D. DE; COSTA, C. C. DA; GUILHOTO, J. J. M.; SOUZA, L. G. A. DE; OLIVEIRA, F. C. R. DE. Externalidades sociais dos combustíveis. **Etanol e Bioeletricidade: A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: UNICA, 2010. p. 45–75.

MORENO, B.; LÓPEZ, A. J. The effect of renewable energy on employment. The case of Asturias (Spain). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, p. 732–751, 2008.

MPX. **Geração de energia - Projetos**. Disponível em: <<http://www.mpx.com.br/pt/nossos-negocios/geracao-de-energia/projetos/Paginas/ute-acu-II.aspx>>. Acesso em: 7 abr. 2012.

MTE. **Relações Anuais de Informações Sociais - RAIS**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/geral/estatisticas.asp>>.

MURPHY, J. T. Making the energy transition in rural east Africa: Is leapfrogging an alternative? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 68, n. 2, p. 173–193, out 2001.

NGUYEN, K. Q. Alternatives to grid extension for rural electrification: Decentralized renewable energy technologies in Vietnam. **Energy Policy**, v. 35, n. 4, p. 2579–2589, abr 2007.

NOGUEIRA, L. P. P. **Estado atual e perspectivas futuras para a indústria eólica no Brasil**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2011.

ONS. **Visão Geral do Sistema Interligado Nacional - Sistema de Transmissão 2010 - 2013**. Disponível em:

<[http://www.ons.org.br/download/biblioteca\\_virtual/publicacoes/dados\\_relevantes\\_2010/0206\\_sistema\\_transmissao.html](http://www.ons.org.br/download/biblioteca_virtual/publicacoes/dados_relevantes_2010/0206_sistema_transmissao.html)>. Acesso em: 28 mar. 2012.

ONS. **Histórico da operação - Geração de Energia**. . Acesso em: 27 mar. 2012.

PFAFFENBERGER, W.; JAHN, K.; DJOURDJIN, M. **Renewable energies - environmental benefits, economic growth and job creation**. . Bremen, Germany: Bremer Energie Institut. , 2006

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

PINTO, M. G. **Elemento de concreto de grandes dimensões: Estudo de caso Parque Eólico Osório/RS - Bloco de fundação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

POLLIN, R.; GARRETT-PELTIER, H.; HEINTZ, J.; SCHARBER, H. **Green recovery: A program to create good jobs and start building a low-carbon economy**. Department of Economics and Political Economy Research Institute (PERI), University of Massachusetts-Amherst. Disponível em: <[http://www.peri.umass.edu/green\\_recovery/](http://www.peri.umass.edu/green_recovery/)>, 2008

PORSSE, A. A. **Multiplicadores de impacto na economia gaúcha: aplicação do modelo de insumo-produto fechado de Leontief**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser, 2002.

REN21. **Renewables 2011 Global Status Report**. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Disponível em: <[http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21\\_GSR2011.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf)>, 2011

RIBEIRO, F. DE M. **Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil - Usina de Itaipu: primeira aproximação**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.

RÍO, P. DEL; BURGUILLO, M. Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 5, p. 1325–1344, jun 2008.

RÍO, P. DEL; BURGUILLO, M. An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 6-7, p. 1314–1325, ago 2009.

RÍO, P. DEL; UNRUH, G. Overcoming the lock-out of renewable energy technologies

in Spain: The cases of wind and solar electricity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, n. 7, p. 1498–1513, set 2007.

ROGNER, H. H.-.; ZOU, D.; BRADLEY, R. *et al.* Introduction. **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2007. .

ROJAS, S. P. **Integração do enfoque de insumo-produto na avaliação de ciclo de vida: Estado da arte e perspectivas para a economia ambiental.** , Desenvolvimento de uma infra-estrutura de informação para uma disseminação efetiva do “pensamento ciclo de vida” na indústria brasileira. Brasília: Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/publicacoes/documentos-tecnicos/relatorios-tecnicos-de-inventarios/Integracao%20do%20Enfoque%20de%20Insumo-Produto%20na%20Avaliacao%20de%20ACV.pdf>>, 2009

RUGANI, B.; PANASIUK, D.; BENETTO, E. An input–output based framework to evaluate human labour in life cycle assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1–18, 2012.

RUTOVITZ, J.; ATHERTON, A. **Energy Sector Jobs to 2030: A Global Analysis.** . Institute for Sustainable Futures. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/PageFiles/3751/energy-sector-jobs-to-2030.pdf>>, 2009

SHEN, Y.-C.; CHOU, C. J.; LIN, G. T. R. The portfolio of renewable energy sources for achieving the three E policy goals. **ENERGY**, v. 36, n. 5, p. 2589–2598, maio 2011.

SIGH, V.; FEHRS, J. **The work that goes into renewable energy.** Renewable Energy Policy Project. Disponível em: <[http://www.repp.org/articles/static/1/binaries/LABOR\\_FINAL\\_REV.pdf](http://www.repp.org/articles/static/1/binaries/LABOR_FINAL_REV.pdf)>, 2001

SILVA, M. A.; BRASIL, R. M. L. R. F.; ARORA, J. S. **Formulatioes for the optimal design of RC wind turbine towers.** EngOpt 2008: International Conference on Engineering Optimization: book of abstracts. **Anais...** Rio de Janeiro: OptimizE - Engineering Optimization Lab. , 2008

SIMS, R. E. H.; SCHOCK, R. N.; ADEGBULULGBE, A. *et al.* Energy Supply. **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2007. .

SOUZA, F. C. DE; LEGEY, L. F. L. Dynamics of risk management tools and auctions



in the second phase of the Brazilian Electricity Market reform. **Energy Policy**, v. 38, n. 4, p. 1715–1733, abr 2010.

SPATH, P. L.; MANN, M. K. **Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined-Cycle Power Generation System**. NREL - National Renewable Energy Laboratory. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/27715.pdf>>, 2000

THORNLEY, P.; ROGERS, J.; HUANG, Y. Quantification of employment from biomass power plants. **Renewable Energy**, v. 33, n. 8, p. 1922–1927, ago 2008.

TOURKOLIAS, C.; MIRASGEDIS, S. Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 6, p. 2876–2886, ago 2011.

TRIBUNA DO NORTE. Resistência à eólica causa surpresa. **Tribuna do Norte**, 10 jan 2012.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Editora Atlas, 1987.

UNEP/ILO/IOE/ITUC. **Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World**. Disponível em: <[http://www.unep.org/labour\\_environment/PDFs/Greenjobs/UNEP-Green-Jobs-Report.pdf](http://www.unep.org/labour_environment/PDFs/Greenjobs/UNEP-Green-Jobs-Report.pdf)>, 2008

UNITED NATIONS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>, 1987

VALOR ECONÔMICO. Vestas fabricará equipamentos para produção de energia eólica no CE. **Valor Econômico**, 9 ago 2011a.

VALOR ECONÔMICO. GE montará fábrica de turbina para eólica na BA. **Valor Econômico**, 3 set 2011b.

VALOR ECONÔMICO. Fuhrländer investe R\$20 milhões em fábrica de aerogeradores no país. **Valor Econômico**, 1 fev 2012.

VERBRUGGEN, A.; FISCHEDICK, M.; MOOMAW, W. *et al.* Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. **Energy Policy**, v. 38, p. 850–861, fev 2010.

**VESTAS. Life cycle assessment of electricity produced from onshore sited wind power plants based on Vestas V82-1.65 MW turbines, 2006**

WEI, M.; PATADIA, S.; KAMMEN, D. M. Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? **Energy Policy**, v. 38, n. 2, p. 919–931, fev 2010.

ZERRIFFI, H.; WILSON, E. Leapfrogging over development? Promoting rural renewables for climate change mitigation. **Energy Policy**, v. 38, n. 4, p. 1689–1700, abr 2010.

ZIEGELMANN, A. Net employment effects of an extension of renewable-energy systems in the Federal Republic of Germany. **Applied Energy**, v. 65, n. 1-4, p. 329–338, abr 2000.

## APÊNDICES

## **Apêndice A – Roteiro para a elaboração da entrevista semi-estruturada**

### **FABRICANTES DE AEROGERADORES**

#### **INFORMAÇÕES GERAIS**

- 1) Quais os produtos/serviços oferecidos pela sua empresa?
- 2) Qual é a capacidade de produção da sua empresa?

#### **EMPREGOS DIRETOS**

- 3) Quantas pessoas estão diretamente empregadas na sua empresa?
- 4) Quantas pessoas oferecem serviços com frequência para sua empresa? Quais serviços?
- 5) Quantos trabalhadores foram contratados no local de instalação da fábrica?

#### **CAPACITAÇÃO**

- 6) Qual é a capacitação necessária para os trabalhadores da empresa?
- 7) A empresa oferece algum tipo de capacitação específica?
- 8) A empresa tem dificuldade na obtenção de trabalhadores qualificados?

#### **INSUMOS**

- 9) Quais são os principais materiais e insumos utilizados pela sua empresa?
- 10) Qual a quantidade destes materiais e insumos para a produção dos equipamentos?
- 11) Destes insumos utilizados, quais são importados?

#### **BARREIRAS**

- 12) Quais são as principais barreiras para o crescimento da energia eólica no Brasil?
- 13) Em sua opinião, os leilões de energia foram bem sucedidos?
- 14) Em sua opinião, a queda dos preços da energia eólica nos leilões é um aspecto positivo?
- 15) Como você vê a energia eólica no Brasil no médio prazo?

## CONSTRUÇÃO DE AEROGERADORES

### INFORMAÇÕES GERAIS

- 1) Quais são as etapas envolvidas na construção do parque realizadas pela sua empresa?
- 2) Em quantos parques eólicos sua empresa atuou na construção?

### EMPREGOS DIRETOS – Sobre um ou mais parques eólicos

- 3) Quantos trabalhadores participam na construção dos parques eólicos?
- 4) Qual é a duração da construção?
- 5) Qual é o potencial para a geração de empregos locais pela construção de parques eólicos?

### CAPACITAÇÃO

- 6) Qual é a capacitação necessária para os trabalhadores?
- 7) A empresa oferece algum tipo de capacitação específica?
- 8) A empresa tem dificuldade na obtenção de trabalhadores qualificados?

### INSUMOS

- 9) Quais são os principais materiais e insumos utilizados nas suas atividades?
- 10) Qual a quantidade destes materiais e insumos para a construção de parques eólicos?
- 11) Destes insumos utilizados, quais são importados?

### BARREIRAS

- 12) Quais são as principais barreiras para o crescimento da energia eólica no Brasil?
- 13) Em sua opinião, os leilões de energia foram bem sucedidos?
- 14) Em sua opinião, a queda dos preços da energia eólica nos leilões é um aspecto positivo?
- 15) Como você vê a energia eólica no Brasil no médio prazo?

## OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

### INFORMAÇÕES GERAIS

- 1) O que envolve os serviços de operação?
- 2) Qual a frequência dos serviços de manutenção?

### EMPREGOS DIRETOS – Sobre um ou mais parques eólicos

- 3) Quantos trabalhadores estão envolvidos com a operação de rotina do parque eólico? (para operadores *in situ*)
- 4) Quantos trabalhadores estão envolvidos com a operação e manutenção dos parques eólicos de sua empresa? (para operação *ex situ*)

### CAPACITAÇÃO

- 5) Qual é a capacitação necessária para os trabalhadores?
- 6) A empresa oferece algum tipo de capacitação específica?
- 7) A empresa tem dificuldade na obtenção de trabalhadores qualificados?

### BARREIRAS

- 8) Quais são as principais barreiras para o crescimento da energia eólica no Brasil?
- 9) Em sua opinião, os leilões de energia foram bem sucedidos?
- 10) Em sua opinião, a queda dos preços da energia eólica nos leilões é um aspecto positivo?
- 11) Como você vê a energia eólica no Brasil no médio prazo?

**Apêndice B – Tabela com os multiplicadores da MIP-ampliada brasileira**

**Tabela B.1 – Multiplicadores de emprego da MIP-ampliada, em pessoas ocupadas por R\$ 1.000.000 de demanda do setor**

	<b>Empregos diretos</b>	<b>Empregos indiretos</b>	<b>Empregos totais</b>
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	17,91	11,49	<b>29,40</b>
Pecuária e pesca	16,27	16,48	<b>32,74</b>
Petróleo e gás natural	0,76	16,82	<b>17,59</b>
Minério de ferro	2,19	16,28	<b>18,47</b>
Outros da indústria extrativa	14,87	17,74	<b>32,60</b>
Alimentos e bebidas	6,32	27,25	<b>33,57</b>
Produtos do fumo	2,29	24,50	<b>26,79</b>
Têxteis	15,08	19,40	<b>34,48</b>
Artigos do vestuário e acessórios	38,65	23,41	<b>62,07</b>
Artefatos de couro e calçados	25,55	28,29	<b>53,84</b>
Produtos de madeira - exclusive móveis	20,24	22,20	<b>42,44</b>
Celulose e produtos de papel	6,02	19,10	<b>25,12</b>
Jornais, revistas, discos	15,92	17,06	<b>32,99</b>
Refino de petróleo e coque	0,23	13,47	<b>13,70</b>
Álcool	9,19	16,57	<b>25,76</b>
Produtos químicos	1,62	17,83	<b>19,45</b>
Fabricação de resina e elastômeros	0,90	17,58	<b>18,48</b>
Produtos farmacêuticos	8,11	16,52	<b>24,63</b>
Defensivos agrícolas	0,93	20,27	<b>21,20</b>
Perfumaria, higiene e limpeza	5,95	21,30	<b>27,25</b>
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	5,46	17,51	<b>22,98</b>
Produtos e preparados químicos diversos	9,40	17,66	<b>27,06</b>
Artigos de borracha e plástico	11,54	17,34	<b>28,88</b>
Cimento	2,89	20,10	<b>22,99</b>
Outros produtos de minerais não-metálicos	20,88	19,85	<b>40,74</b>
Fabricação de aço e derivados	2,47	15,59	<b>18,05</b>
Metalurgia de metais não-ferrosos	3,17	14,61	<b>17,78</b>
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	16,56	14,30	<b>30,87</b>
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	8,09	17,47	<b>25,55</b>
Eletrodomésticos	5,81	20,59	<b>26,40</b>
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	6,73	19,48	<b>26,22</b>
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	8,87	16,67	<b>25,53</b>

*Continua...*

*Tabela B.1 – Multiplicadores de emprego da MIP-ampliada, em pessoas ocupadas por R\$ 1.000.000 de demanda do setor – continuação*

	<b>Empregos diretos</b>	<b>Empregos indiretos</b>	<b>Empregos totais</b>
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	3,92	20,83	<b>24,75</b>
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	13,23	10,99	<b>24,23</b>
Automóveis, camionetas e utilitários	1,79	27,37	<b>29,16</b>
Caminhões e ônibus	1,64	23,94	<b>25,58</b>
Peças e acessórios para veículos automotores	6,82	21,83	<b>28,65</b>
Outros equipamentos de transporte	4,73	18,44	<b>23,17</b>
Móveis e produtos das indústrias diversas	18,39	18,33	<b>36,72</b>
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	6,64	11,61	<b>18,25</b>
Construção	20,16	15,09	<b>35,26</b>
Comércio	80,30	11,53	<b>91,84</b>
Transporte, armazenagem e correio	19,34	14,91	<b>34,25</b>
Serviços de informação	5,88	15,20	<b>21,08</b>
Intermediação financeira e seguros	10,56	11,08	<b>21,64</b>
Serviços imobiliários e aluguel	70,97	2,19	<b>73,16</b>
Serviços de manutenção e reparação	9,41	7,93	<b>17,34</b>
Serviços de alojamento e alimentação	30,54	21,51	<b>52,06</b>
Serviços prestados às empresas	60,76	11,74	<b>72,49</b>
Educação mercantil	26,00	14,40	<b>40,40</b>
Saúde mercantil	21,90	18,32	<b>40,22</b>
Outros serviços	41,30	12,67	<b>53,96</b>
Educação pública	45,65	8,66	<b>54,30</b>
Saúde pública	24,50	18,44	<b>42,94</b>
Administração pública e seguridade social	78,33	11,63	<b>89,96</b>



## Apêndice C – Cálculo de valores médios de empregos diretos na cadeia da energia eólica

### C.1 – Fabricação de equipamentos

#### Nacele

Foram coletados dados de três fábricas de nacele no Brasil. Foi calculado um índice de emprego médio, dado pela relação do total de trabalhadores empregados por ano nas três fábricas e a capacidade de produção combinada das mesmas.

A tabela C.1.1 apresenta os dados coletados e o índice calculado de empregos-ano/MW para a fabricação de naceles no Brasil, de 0,91 empregos-ano/MW.

**Tabela C.1.1 - Capacidade anual de produção, número de empregados e índice de empregos-ano/MW de três fábricas de nacele em 2011**

Fábrica	Capacidade de produção anual (MW)	Nº de funcionários	Índice de empregos-ano/MW
F1	600	300	0,50
F2	750	600	0,80
F3	500	780	1,56
<b>Total</b>	<b>1.850</b>	<b>1.680</b>	<b>0,91</b>

#### Torre

Foram coletados dados e calculados índices de empregos por capacidade instalada de três fábricas de torres, sendo duas delas destinadas à produção de torres de aço, e uma destinada à produção de torres de concreto. As tabelas C.1.2 e C.1.3 apresentam os dados por fábrica e por produto.

**Tabela C.1.2 – Capacidade anual de produção, número de empregados e índices de empregos-ano/MW para duas fábricas de torres de aço em 2011**

Fábrica	Capacidade de produção anual (MW)	Nº de funcionários	Índice de empregos-ano/MW
F4	200	160	0,80
F5	48	40	0,83
<b>Total</b>	<b>248</b>	<b>200</b>	<b>0,81</b>

**Tabela C.1. 3 – Capacidade anual de produção, número de empregados e índice de empregos-ano/MW para uma fábrica de torres de concreto em 2011**

Fábrica	Capacidade de produção anual (MW)	Nº de funcionários	Índice de empregos-ano/MW
F6	340	270	0,79
<b>Total</b>	<b>340</b>	<b>270</b>	<b>0,79</b>

### Pás

Foram coletados dados e calculado o índice de empregos por capacidade instalada de uma fábrica de pás eólicas no Brasil. A tabela C.1.4 apresenta os resultados e o índice calculado para a fábrica.

**Tabela C.1.4 – Capacidade anual de produção, número de empregados e índice de empregos-ano/MW para uma fábrica de pás eólicas em 2011**

Fábrica	Capacidade de produção anual (MW)	Nº de funcionários	Índice de empregos-ano/MW
F7	200	350	1,75
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>350</b>	<b>1,75</b>

### **C.2 – Construção de parques eólicos**

Para a etapa de construção foram considerados o transporte de equipamentos por meio rodoviário, que é o mais utilizado no país, como mencionado no item 4.1.5, e a etapa de construção de parques eólicos.

## **Transporte**

A quantificação de empregos da etapa de transporte de equipamentos da fábrica para a obra é complexa e oferece muitas incertezas. Isso se dá porque o número de empregos é proporcional ao número e duração das viagens para esta atividade, o que depende da localização do fornecedor dos equipamentos e do parque eólico.

Para a estimativa, foram considerados números de dias de viagem aproximados junto a empresas de transporte e logística, e a localização dos fornecedores de cinco parques eólicos nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, buscando variar entre aerogeradores com torres de concreto e aqueles com torres de aço.

A observação dos materiais da torre é de relevância, uma vez que, apesar de que o transporte de torres de concreto se dá por meio de maior quantidade de veículos, a distância para as fábricas é geralmente de até um dia de viagem, diferentemente das torres de aço, cuja distância pode ser de até 30 dias de viagem. No entanto, devido a que a distância das fábricas de torres de aço é também importante para esta análise (ver os índices de empregos entre os parques P3 e P4 na tabela C.2.1, ambos com torres de aço, porém localizadas a distâncias diferentes da usina), não foram utilizados índices separados para os diferentes materiais.

Porém, devido ao baixo valor do índice de empregos no transporte, as incertezas referentes a esta etapa têm baixo impacto na quantificação do índice de empregos totais.

Para calcular os empregos gerados na etapa de transporte, foi calculado o índice de empregos-ano/MW em cinco parques eólicos (tabela C.2.1), e foi utilizada uma média entre os resultados, de 0,19 empregos-ano/MW na fase de transporte.

**Tabela C.2.1 – Índices de empregos-ano/MW instalado no transporte de equipamentos em 5 parques eólicos**

Parque eólico	Capacidade instalada (MW)	Nº de aerogeradores	Equipamento	Nº de viagens	Duração média das viagens (dias)	Índice de empregos-ano/MW	
						Por equipamento	Total
P1	274	139	Pás	417	15	0,06	<b>0,12</b>
			Torres (concreto)	3.411	1	0,03	
			Nacele	139	15	0,02	
P2	188	94	Pás	282	5	0,02	<b>0,09</b>
			Torres (concreto)	2.256	1	0,03	
			Nacele	94	30	0,04	
P3	144	91	Pás	273	30	0,16	<b>0,19</b>
			Torres (aço)	273	5	0,03	
			Nacele	91	5	0,01	
P4	28,8	20	Pás	60	30	0,17	<b>0,41</b>
			Torres (aço)	80	30	0,23	
			Nacele	20	7	0,01	
P5	129	87	Pás	261	5	0,03	<b>0,13</b>
			Torres (concreto)	1.566	1	0,03	
			Nacele	87	35	0,06	
<b>TOTAL</b>	<b>763,8</b>	<b>431</b>					<b>0,19</b>

### Construção

A etapa de construção compreende a construção civil (abertura de acessos, construção de plataformas e construção de bases), a montagem dos aerogeradores e a construção de subestações e linhas de transmissão. Devido à falta de dados desagregados, estas atividades foram contabilizadas juntas. Não foram considerados os materiais referentes à construção de subestações e linhas de transmissão devido à falta de informação.

Apesar do montante de empregos variar ao longo do tempo da obra, foram considerados o número de trabalhadores no pico, já que este número é o que foi disponibilizado pelos entrevistados. Para a geração de um índice com menor incertezas, recomenda-se a elaboração de um estudo de empregos detalhados a cada mês das obras realizadas.

Foram coletados dados de construção de sete parques eólicos diferentes, localizados nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul, e calculado o índice médio de empregos-ano/MW, presentes na tabela C.2.2. Este índice é uma função do número de trabalhadores envolvidos no pico, o tempo de construção da usina, e a capacidade instalada da mesma.

**Tabela C.2.2 – Número de trabalhadores no pico de construção, tempo de construção e índice de empregos-ano/MW para sete parques eólicos**

Parque eólico	Capacidade instalada (MW)	Nº de funcionários	Tempo de construção (meses)	Índice de empregos-ano/MW
P1'	49	700	10	11,83
P2'	150	1.000	18	10,00
P3'	124	600	18	7,26
P4'	180	600	18	5,00
P5'	144	450	18	4,69
P6'	71	300	8	2,82
P7'	51	450	15	11,00
<b>Total</b>	<b>769</b>	<b>4.100</b>		<b>7,51</b>

### C.3 – Operação e manutenção

Para o cálculo do índice médio de empregos na O&M *in situ* foram coletadas informações de cinco parques eólicos, presentes na tabela C.3.1.

**Tabela C.3.1 – Número de trabalhadores e índices de empregos-ano/MW na operação e manutenção *in situ* de cinco parques eólicos**

Parque eólico	Capacidade instalada (MW)	Nº de funcionários	Índice de empregos-ano/MW
P1''	49,3	20	0,41
P2''	50	20	0,40
P3''	71	23	0,32
P4''	138,5	36	0,26
P5''	150	60	0,40
<b>TOTAL</b>	<b>459</b>	<b>145</b>	<b>0,35</b>

Para a etapa de O&M *ex situ* foram coletadas informações de duas empresas fabricantes de aerogeradores no Brasil, que realizam a operação *ex situ* a partir de escritório próprio (tabela C.3.2).

**Tabela C.3.2 – Número de trabalhadores e índices de empregos-ano/MW na operação e manutenção *ex situ* em duas empresas**

Empresa	Capacidade instalada em operação (MW)	Nº de funcionários	Índice de empregos-ano/MW
E1	380	69	0,18
E2	200	60	0,30
<b>TOTAL</b>	<b>580</b>	<b>129</b>	<b>0,22</b>

Fonte: Elaboração própria

## **Apêndice D – Cálculo de valores médios de empregos indiretos na cadeia da energia eólica**

### **D.1 – Quantificação dos insumos**

#### **D.1.1 – Fabricação de aerogeradores**

Foram considerados os principais insumos utilizados na fabricação de torres de aço e de concreto, pás e naceles. As informações obtidas nas entrevistas foram combinadas com informações presentes em ACV encontradas na bibliografia.

A coleta de dados de insumos apresentou dificuldades devido à resistência dos fabricantes de fornecer os dados de quantidade de materiais utilizados, e muitos dos dados encontrados em estudos de ACV encontram-se agregados por aerogerador ou por conjunto de aerogeradores em um parque, tornando difícil a estimativa de insumos utilizados para cada equipamento.

Para simplificação dos cálculos, e considerando a potência dos aerogeradores instalados atualmente no país, foi considerado que os equipamentos fabricados estão presentes em aerogeradores de 2 MW de potência.

#### **Torres de aço**

O principal insumo utilizado para a construção de torres de aço são chapas de aço, com espessuras médias de até 45mm. Na tabela D.1.1.1 encontram-se os insumos utilizados para a produção destas torres. Não foi contabilizada a pintura das torres, mas apenas os principais materiais.

**Tabela D.1.1.1 – Insumos utilizados para a fabricação de três torres de aço**

	Aço (t)	Cobre (t)	Alumínio (t)	Plástico (t)
Torre 1	126,1	1,3	2,6	2
Torre 2	143	n.a.	n.a.	n.a.
Torre 3	155	3,5	n.a.	n.a.
<b>Média</b>	<b>141,4</b>	<b>1,6</b>	<b>2,6</b>	<b>2</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de (VESTAS, 2006; MARTÍNEZ *et al.*, 2009) e comunicação pessoal

### **Torres de concreto**

O concreto utilizado para a fabricação de torres eólicas tem resistência (fck) de 45 MPa (SILVA *et al.*, 2008). Na tabela D.1.1.2 encontram-se a quantidade de insumos utilizados para a produção de concreto, excluído o consumo de água.

**Tabela D.1.1.2 – Quantidade de insumos, em kg/m<sup>3</sup>, para a produção de concreto fck 45 MPa com cimento CP-V**

	Quantidade (kg/m <sup>3</sup> )
Cimento	444
Areia	795
Brita	937

Fonte: Elaboração própria a partir de (BARBOSA; BASTOS, 2008)

Para a fabricação destas torres, foram levantados em números aproximados os insumos utilizados para a fabricação de uma unidade na fábrica visitada, e calculada a quantidade de cimento, areia e brita necessários para a produção do concreto para a resistência de 45 MPa. Na tabela D.1.1.3 encontram-se os dados de insumos.

**Tabela D.1.1.3 – Insumos utilizados para a fabricação de uma torre de concreto**

	Aço (t)	Concreto (m <sup>3</sup> )	Cimento (t)	Areia (t)	Brita (t)
Torre 1	100	300	133,2	238,5	281,1

Fonte: Elaboração própria a partir de comunicação pessoal



### Pás

As pás eólicas são acopladas ao rotor, em conjunto de três pás por aerogerador. Os principais materiais para a fabricação das pás são resina e fibra de vidro. Também são utilizados aço para a junção ao rotor e material de núcleo no interior da pá. Os materiais de núcleo incluem madeira balsa, espumas e plásticos. No entanto, estes materiais são geralmente importados, e a falta de dados desagregados não permitiu levar em conta na quantificação dos empregos indiretos por estes insumos. A tabela D.1.1.4 apresenta os dados do consumo de materiais para a fabricação de conjuntos de pás eólicas.

**Tabela D.1.1.4 – Insumos utilizados para a fabricação de dois conjuntos de três pás**

	Resina (t)	Fibra de vidro (t)	Aço (t)	Material de núcleo
Pá 1	35,1	23,4	n.a.	n.a.
Pá 2	6,0	15,75	0,75	3
<b>Média</b>	<b>20,6</b>	<b>19,6</b>	<b>0,75</b>	<b>3</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de (MARTÍNEZ *et al.*, 2009) e comunicação pessoal

### Nacele

A nacele contém o gerador, a caixa multiplicadora e os demais componentes elétricos e eletrônicos, e os principais materiais presentes neste equipamento são o aço e o ferro. A tabela D.1.1.5 mostra os materiais utilizados para a fabricação de duas naceles.

**Tabela D.1.1.5 – Insumos utilizados para a fabricação de duas naceles**

	Aço (t)	Cobre (t)	Fibra de vidro (t)	Ferro (t)	Alumínio (t)	Plástico (t)	Resina (t)
Nacele 1	27,1	1,6	1,8	18	0,5	1	n.a.
Nacele 2	21,7	3,5	0,8	18,5	n.a.	n.a.	1,2
<b>Média</b>	<b>24,4</b>	<b>2,6</b>	<b>1,3</b>	<b>18,3</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de (VESTAS, 2006; MARTÍNEZ *et al.*, 2009)

## D.1.2 – Construção de parques eólicos

A etapa de construção de parques eólicos demanda grande quantidade de concreto e aço para a construção de fundações. A quantidade desses materiais depende da estrutura e composição do solo e do tamanho e do peso do aerogerador. O peso do aerogerador está relacionado, em grande parte, ao material da torre. Assim, foram calculados valores médios de materiais consumidos em fundações de aerogeradores com torres de aço e de concreto separadamente.

### Concreto

A resistência (fck) do concreto utilizado nas bases, segundo entrevistados, é de 30,0 MPa. Na tabela D.1.2.1 encontram-se a quantidade de insumos utilizados para a produção de concreto, excluído o consumo de água.

**Tabela D.1.2.1 – Quantidade de insumos, em kg/m<sup>3</sup>, para a produção de concreto**

<b>fck 30 MPa</b>	
	Quantidade (kg/m <sup>3</sup> )
Cimento	414
Areia	744
Brita	1026

Fonte: Elaboração própria a partir de (PINTO, 2006)

Foram coletadas informações do consumo de concreto da construção de 21 parques eólicos instalados no Brasil, e calculados o consumo de cimento, areia e brita. Foram calculados diferentes valores médios para aerogeradores com torres de concreto e de aço (tabela D.1.2.2).

**Tabela D.1.2.2 – Volume de concreto, cimento, areia e brita utilizados na fundação de 21 parques eólicos**

Parque eólico	Capacidade instalada (MW)	Torre	Concreto (m <sup>3</sup> )	Concreto (m <sup>3</sup> )/MW	Cimento (t)/MW	Areia (t)/MW	Brita (t)/MW
P1	138,5	Aço	13.179,21	95,16	39,39	70,80	97,63
P2	16,5	Aço	2.248,32	136,26	56,41	101,38	139,80
P3	144,0	Aço	36.400,00	252,78	104,65	188,07	259,35
P4	1,8	Aço	485,00	269,44	111,55	200,47	276,45
P5	10,5	Aço	1.710,90	162,94	67,46	121,23	167,18
P6	25,2	Aço	4.106,16	162,94	67,46	121,23	167,18
P7	105,0	Aço	17.430,00	166,00	68,72	123,50	170,32
P8	54,6	Aço	9.307,60	170,47	70,57	126,83	174,90
P9	4,2	Aço	684,36	162,94	67,46	121,23	167,18
P10	2,4	Aço	776,00	323,33	133,86	240,56	331,74
P11	28,5	Aço	7.200,00	252,63	104,59	187,96	259,20
P12	25,2	Aço	3.806,00	151,03	62,53	112,37	154,96
P20	294,0	Aço	42.320,00	143,95	59,59	107,10	147,69
P13	188,0	Concreto	43.240,00	230,00	95,22	171,12	235,98
P14	274,0	Concreto	62.550,00	228,28	94,51	169,84	234,22
P15	10,4	Concreto	4.374,45	420,62	174,14	312,94	431,56
P16	18,0	Concreto	4.354,00	241,89	100,14	179,97	248,18
P17	48,0	Concreto	18.998,70	395,81	163,86	294,48	406,10
P18	49,3	Concreto	19.632,00	398,22	164,86	296,27	408,57
P19	25,6	Concreto	10.494,00	409,92	169,71	304,98	420,58
P21	50,0	Concreto	12.000,00	240,00	99,36	178,56	246,24
<b>Total</b>	<b>1.513,7</b>		<b>315.296,70</b>	<b>208,30</b>	<b>86,23</b>	<b>154,97</b>	<b>213,71</b>
<i>T aço</i>	<i>850,4</i>		<i>139.653,55</i>	<i>164,22</i>	<i>67,99</i>	<i>122,18</i>	<i>168,49</i>
<i>T concreto</i>	<i>663,3</i>		<i>175.643,15</i>	<i>264,80</i>	<i>109,63</i>	<i>197,01</i>	<i>271,69</i>

Fonte: Elaboração própria

### Aço

Não foram obtidas tantas informações para o consumo de aço para a construção de parques eólicos quanto de concreto, devido a que grande volume de informações foi obtido com empresas que realizam apenas a concretagem das bases. A tabela D.1.2.3 mostra a quantidade de aço para a construção de fundações de seis parques eólicos instalados no Brasil, e diferencia entre aerogeradores com torres de aço e torres de concreto.

**Tabela D.1.2.3 – Quantidade de aço utilizada na fundação de 6 parques eólicos**

Parque eólico	Capacidade instalada (MW)	Torre	Aço (t)	Aço (t)/MW
P1'	138,5	Aço	1.127,05	8,14
P2'	16,5	Aço	252,10	15,28
P3'	144,0	Aço	1.365,00	9,48
P4'	188,0	Concreto	4.418,00	23,50
P5'	274,0	Concreto	7.636,00	27,87
P6'	50,0	Concreto	1.125,00	22,50
<b>Total</b>	<b>811,0</b>		<b>15.923,15</b>	<b>19,63</b>
<i>Torres de aço</i>	<i>299,0</i>		<i>2.744,15</i>	<i>9,18</i>
<i>Torres de concreto</i>	<i>512,0</i>		<i>13.179,00</i>	<i>25,74</i>

Fonte: Elaboração própria

## D.2 – Quantificação dos empregos

Para a determinação dos empregos, foram utilizados os indicadores calculados para cada insumo, presentes na tabela D.2.1, aplicados aos resultados obtidos no item D.1.

**Tabela D.2.1 – Produção, preço por unidade produzida e multiplicadores de empregos dos setores utilizados da MIP**

Insumos	Setor da Matriz	Insumo-Produto	$P_{Q_i}$ (t)	$P_{V_i}$ ( $10^6$ R\$)	$C_i$	$e^{DI}_i$
Minério de ferro	0202	Minério de Ferro	280.553.913	12.180	43,41	18,47
Alumínio, areia, brita, cobre	0203	Outros da indústria extrativa	233.225.585	6.399	27,44	32,6
Fibra de vidro, resina	0312	Fabricação de resina e elastômeros	5.468.909	16.410	3.000,60	18,48
Plástico	0318	Artigos de borracha e plástico	5.816.620	28.913	4.970,76	28,88
Cimento	0319	Cimento	36.673.000	3.932	107,22	22,99
Aço, ferro	0321	Fabricação de aço e derivados	65.926.000	42.583	645,92	18,05

Fonte: Elaboração própria

## D.2.1. Fabricação de aerogeradores

### Nacele

**Tabela D.2.1.1 – Índice de emprego indireto na fabricação da nacele, em empregos-ano/MW**

	Quantidade (t)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos-ano/MW
Aço	12,20	645,92	7.878,62	0,142
Ferro	9,13	645,92	5.894,03	0,106
Cobre	1,28	27,44	34,98	0,001
Fibra de vidro	0,65	3.000,60	1.950,39	0,036
Resina	0,60	3.000,60	1.800,36	0,033
Plástico	0,50	4.970,76	2.485,38	0,072
Alumínio	0,25	27,44	6,86	0,000
<b>TOTAL</b>				<b>0,391</b>

Fonte: Elaboração própria

### Torre de aço

**Tabela D.2.1.2 – Índice de emprego indireto na fabricação da torre de aço, em empregos-ano/MW**

	Quantidade (t)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos-ano/MW
Aço	70,68	645,92	45.655,86	0,824
Alumínio	1,30	27,44	35,67	0,001
Plástico	1,00	4.970,76	4.970,76	0,144
Cobre	0,80	27,44	21,95	0,000
<b>TOTAL</b>				<b>0,969</b>

Fonte: Elaboração própria

**Torre de concreto****Tabela D.2.1.3 – Índice de emprego indireto na fabricação da torre de concreto, em empregos-ano/MW**

	Quantidade (t)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos-ano/MW
Brita	140,55	27,44	3.856,26	0,126
Areia	119,25	27,44	3.271,86	0,107
Cimento	66,60	107,22	7.140,71	0,164
Aço	50,00	645,92	32.296,06	0,583
<b>TOTAL</b>				<b>0,979</b>

Fonte: Elaboração própria

**Pás****Tabela D.2.1.4 – Índice de emprego indireto na fabricação de pás, em empregos-ano/MW**

	Quantidade (t)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos-ano/MW
Aço	0,38	645,92	242,22	0,004
Fibra de vidro	9,79	3.000,60	29.368,36	0,543
Resina	10,28	3.000,60	30.831,15	0,570
<b>TOTAL</b>				<b>1,117</b>

Fonte: Elaboração própria

**Construção – Torres de aço****Tabela D.2.1.5 – Índice de emprego indireto na construção de parques eólicos com aerogeradores com torres de aço, em empregos-ano/MW**

	Quantidade (t)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos-ano/MW
Brita	168,49	27,44	4.622,87	0,151
Areia	122,18	27,44	3.352,26	0,109
Cimento	67,99	107,22	7.289,47	0,168
Aço	9,18	645,92	5.928,11	0,107
<b>TOTAL</b>				<b>0,535</b>

Fonte: Elaboração própria

**Construção – Torres de concreto****Tabela D.2.1.6 – Índice de emprego indireto na construção de parques eólicos com aerogeradores com torres de concreto, em empregos-ano/MW**

	Quantidade (t)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos-ano/MW
Brita	271,69	27,44	7.454,26	0,243
Areia	197,01	27,44	5.405,43	0,176
Cimento	109,63	107,22	11.754,08	0,270
Aço	25,74	645,92	16.626,16	0,300
<b>TOTAL</b>				<b>0,990</b>

Fonte: Elaboração própria

**Apêndice E – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de aerogeradores e construção de parques eólicos para 1 GW, por setor**

**Fabricação de naceles**

**Tabela E.1 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de naceles para 1 GW, por setor**

	Total	
	Impacto econômico	Empregos
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	145.314,21	2,60
Pecuária e pesca	22.510,56	0,37
Petróleo e gás natural	487.952,59	0,37
Minério de ferro	803.592,34	1,76
Outros da indústria extrativa	294.109,79	4,37
Alimentos e bebidas	92.590,19	0,58
Produtos do fumo	25,74	0,00
Têxteis	73.377,96	1,11
Artigos do vestuário e acessórios	10.064,50	0,39
Artefatos de couro e calçados	2.249,99	0,06
Produtos de madeira - exclusive móveis	30.956,17	0,63
Celulose e produtos de papel	134.436,23	0,81
Jornais, revistas, discos	103.610,13	1,65
Refino de petróleo e coque	999.470,52	0,23
Álcool	50.999,78	0,47
Produtos químicos	2.627.683,12	4,26
Fabricação de resina e elastômeros	4.559.933,32	4,08
Produtos farmacêuticos	9.373,87	0,08
Defensivos agrícolas	71.443,30	0,07
Perfumaria, higiene e limpeza	34.701,32	0,21
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	40.691,85	0,22
Produtos e preparados químicos diversos	256.585,85	2,41
Artigos de borracha e plástico	2.841.391,55	32,79
Cimento	11.390,20	0,03
Outros produtos de minerais não-metálicos	108.922,44	2,27
Fabricação de aço e derivados	9.212.757,37	22,73
Metalurgia de metais não-ferrosos	370.584,00	1,17
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	637.325,67	10,56
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	321.109,71	2,60
Eletrodomésticos	2.060,75	0,01
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	5.040,34	0,03
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	106.136,17	0,94
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	8.092,01	0,03
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	9.432,85	0,12
Automóveis, camionetas e utilitários	3.285,37	0,01
Caminhões e ônibus	5.875,29	0,01
Peças e acessórios para veículos automotores	146.290,08	1,00
Outros equipamentos de transporte	12.656,86	0,06
Móveis e produtos das indústrias diversas	98.735,49	1,82
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	1.599.764,17	10,63
Construção	46.249,67	0,93
Comércio	980.730,25	78,76
Transporte, armazenagem e correio	1.299.148,06	25,12
Serviços de informação	659.024,67	3,88
Intermediação financeira e seguros	894.996,00	9,45
Serviços imobiliários e aluguel	124.796,36	8,86
Serviços de manutenção e reparação	63.029,26	0,59
Serviços de alojamento e alimentação	60.720,05	1,85
Serviços prestados às empresas	515.238,08	31,30
Educação mercantil	10.694,94	0,28
Saúde mercantil	11.844,53	0,26
Outros serviços	89.761,45	3,71
Educação pública	915,63	0,04
Saúde pública	30,26	0,00
Administração pública e seguridade social	78.148,06	6,12
<b>TOTAL</b>	<b>31.187.850,92</b>	<b>284,69</b>



**Fabricação de pás**

**Tabela E.2 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de pás para 1  
GW, por setor**

	Total	
	Impacto econômico	Empregos
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	1.106.700,76	19,82
Pecuária e pesca	141.294,55	2,30
Petróleo e gás natural	3.172.470,42	2,42
Minério de ferro	97.012,10	0,21
Outros da indústria extrativa	1.126.658,56	16,75
Alimentos e bebidas	593.418,68	3,75
Produtos do fumo	120,01	0,00
Têxteis	228.863,28	3,45
Artigos do vestuário e acessórios	42.536,61	1,64
Artefatos de couro e calçados	11.315,79	0,29
Produtos de madeira - exclusive móveis	133.364,24	2,70
Celulose e produtos de papel	462.422,42	2,78
Jornais, revistas, discos	418.349,48	6,66
Refino de petróleo e coque	6.681.496,24	1,56
Álcool	372.062,83	3,42
Produtos químicos	27.552.793,24	44,66
Fabricação de resina e elastômeros	63.251.011,69	56,65
Produtos farmacêuticos	64.521,10	0,52
Defensivos agrícolas	606.564,71	0,57
Perfumaria, higiene e limpeza	242.668,51	1,44
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	117.847,72	0,64
Produtos e preparados químicos diversos	2.519.857,35	23,68
Artigos de borracha e plástico	927.822,08	10,71
Cimento	42.689,45	0,12
Outros produtos de minerais não-metálicos	252.833,21	5,28
Fabricação de aço e derivados	935.465,31	2,31
Metalurgia de metais não-ferrosos	290.810,13	0,92
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	1.160.560,71	19,22
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	1.141.037,08	9,23
Eletrodomésticos	6.106,89	0,04
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	43.765,84	0,29
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	405.147,26	3,59
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	32.316,11	0,13
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	40.022,99	0,53
Automóveis, camionetas e utilitários	11.671,24	0,02
Caminhões e ônibus	20.707,06	0,03
Peças e acessórios para veículos automotores	451.549,55	3,08
Outros equipamentos de transporte	46.892,68	0,22
Móveis e produtos das indústrias diversas	66.240,52	1,22
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	7.804.033,39	51,85
Construção	214.689,89	4,33
Comércio	5.099.850,47	409,54
Transporte, armazenagem e correio	4.627.820,37	89,49
Serviços de informação	1.869.951,30	11,00
Intermediação financeira e seguros	4.337.652,12	45,82
Serviços imobiliários e aluguel	572.097,30	40,60
Serviços de manutenção e reparação	210.646,59	1,98
Serviços de alojamento e alimentação	142.183,77	4,34
Serviços prestados às empresas	2.612.446,57	158,72
Educação mercantil	54.394,54	1,41
Saúde mercantil	56.810,33	1,24
Outros serviços	400.814,41	16,55
Educação pública	4.567,28	0,21
Saúde pública	154,33	0,00
Administração pública e seguridade social	339.732,28	26,61
<b>TOTAL</b>	<b>143.166.833,34</b>	<b>1.116,58</b>

**Fabricação de torres de aço****Tabela E.3 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de torres de aço para 1 GW, por setor**

	Total	
	Impacto econômico	Empregos
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	279.704,97	5,01
Pecuária e pesca	58.504,38	0,95
Petróleo e gás natural	1.316.766,21	1,01
Minério de ferro	4.607.913,00	10,09
Outros da indústria extrativa	1.020.985,85	15,18
Alimentos e bebidas	254.687,28	1,61
Produtos do fumo	85,67	0,00
Têxteis	191.513,50	2,89
Artigos do vestuário e acessórios	36.571,93	1,41
Artefatos de couro e calçados	7.428,81	0,19
Produtos de madeira - exclusive móveis	111.599,12	2,26
Celulose e produtos de papel	368.702,23	2,22
Jornais, revistas, discos	362.021,80	5,76
Refino de petróleo e coque	2.604.481,35	0,61
Álcool	120.107,52	1,10
Produtos químicos	3.466.639,51	5,62
Fabricação de resina e elastômeros	1.482.694,20	1,33
Produtos farmacêuticos	17.887,71	0,14
Defensivos agrícolas	113.588,03	0,11
Perfumaria, higiene e limpeza	93.168,72	0,55
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	131.629,91	0,72
Produtos e preparados químicos diversos	336.717,76	3,16
Artigos de borracha e plástico	6.126.391,93	70,70
Cimento	45.277,10	0,13
Outros produtos de minerais não-metálicos	512.137,61	10,70
Fabricação de aço e derivados	52.910.688,24	130,51
Metalurgia de metais não-ferrosos	1.980.379,70	6,27
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	3.048.103,22	50,48
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	1.288.633,34	10,42
Eletrodomésticos	8.672,40	0,05
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	8.425,31	0,06
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	377.874,68	3,35
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	29.641,00	0,12
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	30.844,04	0,41
Automóveis, camionetas e utilitários	13.050,20	0,02
Caminhões e ônibus	23.376,69	0,04
Peças e acessórios para veículos automotores	582.145,94	3,97
Outros equipamentos de transporte	49.220,59	0,23
Móveis e produtos das indústrias diversas	523.555,34	9,63
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	5.599.844,62	37,20
Construção	140.726,85	2,84
Comércio	3.015.138,37	242,13
Transporte, armazenagem e correio	5.194.345,83	100,44
Serviços de informação	2.801.301,53	16,48
Intermediação financeira e seguros	3.116.724,79	32,92
Serviços imobiliários e aluguel	418.528,59	29,70
Serviços de manutenção e reparação	254.443,22	2,40
Serviços de alojamento e alimentação	268.564,03	8,20
Serviços prestados às empresas	1.673.160,32	101,66
Educação mercantil	34.454,38	0,90
Saúde mercantil	38.537,13	0,84
Outros serviços	304.729,87	12,59
Educação pública	2.995,04	0,14
Saúde pública	97,80	0,00
Administração pública e seguridade social	284.666,95	22,30
<b>TOTAL</b>	<b>107.690.076,10</b>	<b>969,74</b>

**Fabricação de torres de concreto****Tabela E.4 – Impacto econômico e empregos indiretos na fabricação de torres de concreto para 1 GW, por setor**

	Total	
	Impacto econômico	Empregos
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	275.485,03	4,93
Pecuária e pesca	62.406,46	1,02
Petróleo e gás natural	1.545.563,64	1,18
Minério de ferro	3.354.523,47	7,34
Outros da indústria extrativa	8.356.852,13	124,23
Alimentos e bebidas	281.749,07	1,78
Produtos do fumo	85,70	0,00
Têxteis	395.793,94	5,97
Artigos do vestuário e acessórios	42.259,24	1,63
Artefatos de couro e calçados	6.426,31	0,16
Produtos de madeira - exclusive móveis	96.396,74	1,95
Celulose e produtos de papel	584.394,57	3,52
Jornais, revistas, discos	342.692,27	5,46
Refino de petróleo e coque	3.159.937,08	0,74
Álcool	141.192,37	1,30
Produtos químicos	2.250.943,19	3,65
Fabricação de resina e elastômeros	435.037,50	0,39
Produtos farmacêuticos	13.397,06	0,11
Defensivos agrícolas	72.468,06	0,07
Perfumaria, higiene e limpeza	135.060,32	0,80
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	90.842,24	0,50
Produtos e preparados químicos diversos	398.055,79	3,74
Artigos de borracha e plástico	1.037.855,61	11,98
Cimento	7.447.830,18	21,49
Outros produtos de minerais não-metálicos	555.649,41	11,60
Fabricação de aço e derivados	38.365.126,41	94,63
Metalurgia de metais não-ferrosos	1.577.257,69	5,00
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	2.486.936,03	41,19
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	1.288.195,70	10,42
Eletrodomésticos	8.257,47	0,05
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	9.464,16	0,06
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	487.229,69	4,32
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	51.418,73	0,20
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	29.482,11	0,39
Automóveis, camionetas e utilitários	13.083,35	0,02
Caminhões e ônibus	24.460,89	0,04
Peças e acessórios para veículos automotores	585.956,43	4,00
Outros equipamentos de transporte	62.589,19	0,30
Móveis e produtos das indústrias diversas	384.652,80	7,07
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	5.258.758,13	34,94
Construção	139.690,86	2,82
Comércio	2.969.774,18	238,48
Transporte, armazenagem e correio	5.315.976,32	102,80
Serviços de informação	2.501.598,48	14,72
Intermediação financeira e seguros	2.677.728,48	28,28
Serviços imobiliários e aluguel	417.016,92	29,60
Serviços de manutenção e reparação	242.249,14	2,28
Serviços de alojamento e alimentação	308.861,20	9,43
Serviços prestados às empresas	1.732.303,22	105,25
Educação mercantil	33.031,04	0,86
Saúde mercantil	38.256,39	0,84
Outros serviços	297.656,11	12,29
Educação pública	3.086,51	0,14
Saúde pública	101,21	0,00
Administração pública e seguridade social	278.842,73	21,84
<b>TOTAL</b>	<b>98.671.938,99</b>	<b>987,80</b>

**Construção – Torres de aço****Tabela E.5 – Impacto econômico e empregos indiretos na construção com torres de aço para 1 GW, por setor**

	Total	
	Impacto econômico	Empregos
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	171.429,49	3,07
Pecuária e pesca	36.520,48	0,59
Petróleo e gás natural	933.476,62	0,71
Minério de ferro	657.983,14	1,44
Outros da indústria extrativa	8.724.619,09	129,69
Alimentos e bebidas	161.656,62	1,02
Produtos do fumo	43,97	0,00
Têxteis	360.915,10	5,44
Artigos do vestuário e acessórios	24.286,01	0,94
Artefatos de couro e calçados	2.649,65	0,07
Produtos de madeira - exclusive móveis	38.490,88	0,78
Celulose e produtos de papel	463.086,70	2,79
Jornais, revistas, discos	163.297,48	2,60
Refino de petróleo e coque	1.974.108,71	0,46
Álcool	88.699,15	0,82
Produtos químicos	810.694,64	1,31
Fabricação de resina e elastômeros	230.246,05	0,21
Produtos farmacêuticos	7.390,07	0,06
Defensivos agrícolas	32.588,73	0,03
Perfumaria, higiene e limpeza	92.969,08	0,55
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	34.019,63	0,19
Produtos e preparados químicos diversos	293.645,13	2,76
Artigos de borracha e plástico	575.289,51	6,64
Cimento	7.587.345,02	21,90
Outros produtos de minerais não-metálicos	270.497,29	5,65
Fabricação de aço e derivados	7.387.748,39	18,22
Metalurgia de metais não-ferrosos	447.454,10	1,42
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	800.823,13	13,26
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	613.877,56	4,96
Eletrodomésticos	3.666,49	0,02
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	6.456,08	0,04
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	307.888,57	2,73
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	38.917,30	0,15
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	15.024,07	0,20
Automóveis, camionetas e utilitários	6.298,07	0,01
Caminhões e ônibus	12.371,56	0,02
Peças e acessórios para veículos automotores	289.028,60	1,97
Outros equipamentos de transporte	38.541,08	0,18
Móveis e produtos das indústrias diversas	86.269,07	1,59
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	2.326.354,70	15,45
Construção	75.612,32	1,52
Comércio	1.527.583,75	122,67
Transporte, armazenagem e correio	2.593.773,63	50,16
Serviços de informação	1.009.630,59	5,94
Intermediação financeira e seguros	1.044.179,16	11,03
Serviços imobiliários e aluguel	212.910,62	15,11
Serviços de manutenção e reparação	108.197,10	1,02
Serviços de alojamento e alimentação	168.528,90	5,15
Serviços prestados às empresas	904.967,92	54,98
Educação mercantil	16.054,24	0,42
Saúde mercantil	19.600,00	0,43
Outros serviços	147.546,62	6,09
Educação pública	1.605,94	0,07
Saúde pública	52,93	0,00
Administração pública e seguridade social	131.534,67	10,30
<b>TOTAL</b>	<b>44.078.445,39</b>	<b>534,86</b>

## Construção – Torres de concreto

**Tabela E.6 – Impacto econômico e empregos indiretos na construção com torres de concreto para 1 GW, por setor**

	Total	
	Impacto econômico	Empregos
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	306.341,73	5,49
Pecuária e pesca	66.213,88	1,08
Petróleo e gás natural	1.678.511,84	1,28
Minério de ferro	1.772.351,62	3,88
Outros da indústria extrativa	14.209.948,02	211,24
Alimentos e bebidas	294.464,68	1,86
Produtos do fumo	82,48	0,00
Têxteis	599.367,92	9,04
Artigos do vestuário e acessórios	44.291,67	1,71
Artefatos de couro e calçados	5.295,95	0,14
Produtos de madeira - exclusive móveis	77.704,57	1,57
Celulose e produtos de papel	783.389,10	4,72
Jornais, revistas, discos	312.048,00	4,97
Refino de petróleo e coque	3.521.672,15	0,82
Álcool	158.220,78	1,45
Produtos químicos	1.695.392,08	2,75
Fabricação de resina e elastômeros	429.006,93	0,38
Produtos farmacêuticos	13.609,92	0,11
Defensivos agrícolas	63.468,34	0,06
Perfumaria, higiene e limpeza	162.652,00	0,97
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	70.176,69	0,38
Produtos e preparados químicos diversos	505.887,02	4,75
Artigos de borracha e plástico	1.059.720,37	12,23
Cimento	12.225.901,73	35,28
Outros produtos de minerais não-metálicos	512.771,37	10,71
Fabricação de aço e derivados	20.082.726,68	49,54
Metalurgia de metais não-ferrosos	1.022.598,73	3,24
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	1.744.187,19	28,89
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	1.175.925,26	9,51
Eletrodomésticos	7.165,03	0,04
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	11.305,03	0,08
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	547.250,24	4,85
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	66.892,29	0,26
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	28.225,53	0,37
Automóveis, camionetas e utilitários	12.027,02	0,02
Caminhões e ônibus	23.299,12	0,04
Peças e acessórios para veículos automotores	547.552,86	3,74
Outros equipamentos de transporte	69.171,00	0,33
Móveis e produtos das indústrias diversas	218.041,86	4,01
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	4.546.144,01	30,20
Construção	139.568,12	2,81
Comércio	2.861.231,06	229,77
Transporte, armazenagem e correio	4.930.321,09	95,34
Serviços de informação	2.033.004,79	11,96
Intermediação financeira e seguros	2.124.140,05	22,44
Serviços imobiliários e aluguel	399.965,70	28,39
Serviços de manutenção e reparação	210.920,86	1,99
Serviços de alojamento e alimentação	310.553,12	9,49
Serviços prestados às empresas	1.687.289,41	102,51
Educação mercantil	30.566,77	0,79
Saúde mercantil	36.774,31	0,81
Outros serviços	279.198,97	11,53
Educação pública	2.997,75	0,14
Saúde pública	98,66	0,00
Administração pública e seguridade social	252.331,03	19,76
<b>TOTAL</b>	<b>85.969.964,39</b>	<b>989,70</b>

## Apêndice F – Modelagem de cenários e análise de sensibilidade

Neste apêndice, constam os resultados da modelagem dos cenários e a análise de sensibilidade do índice de nacionalização e da utilização de torres de concreto. A modelagem considera 100% dos equipamentos produzidos no país com insumos brasileiros, e todas as torres instaladas sendo de aço. As tabelas F.1.1 e F.1.2 mostram os índices de nacionalização e de utilização de torres de concreto utilizados para a análise de sensibilidade.

**Tabela F.1 – Índices de nacionalização utilizados na análise de sensibilidade**

<b>Equipamento</b>	<b>Índices de Nacionalização</b>		
Nacele	25%	50%	75%
Pás	50%	75%	100%
Torres	80%	90%	100%
Chapas de aço	50%	75%	100%

**Tabela F.2 – Índices de utilização de torres de aço e de concreto**

<b>Índice</b>	<b>Torres de aço</b>	<b>Torres de concreto</b>
<b>a</b>	75%	25%
<b>b</b>	60%	40%
<b>c</b>	50%	50%

Serão apresentados, para cada cenário, os resultados da modelagem e, em seguida, a análise de sensibilidade.

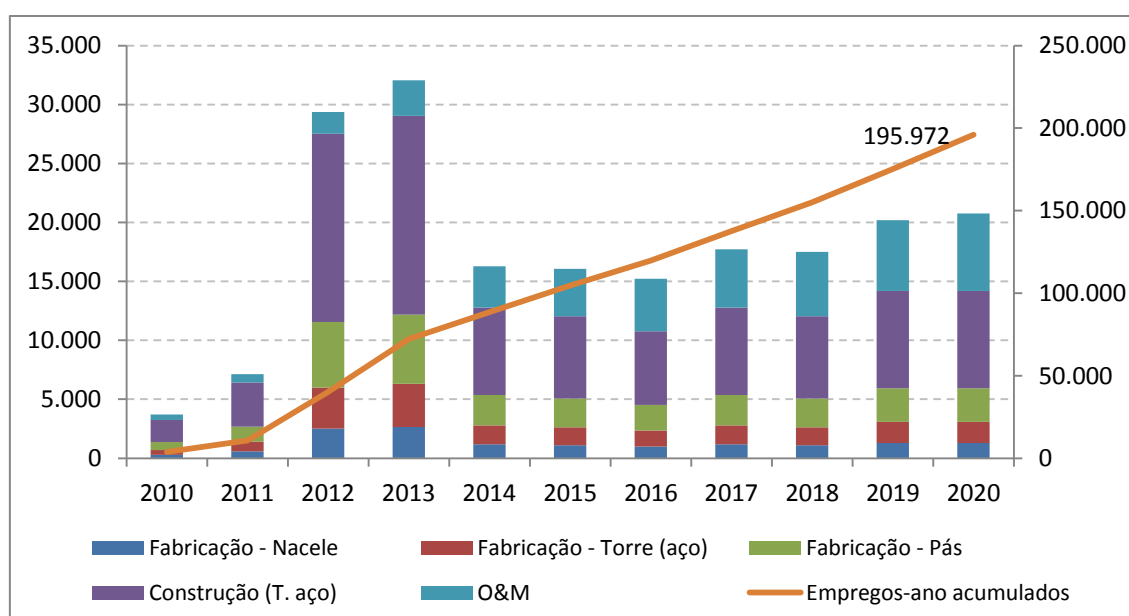
## Cenário de Referência

**Tabela F.3 – Capacidade instalada anual e acumulada, em MW, entre 2010 e 2020 no Cenário de Referência**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Capacidade instalada total (MW)	831	1.283	3.224	5.272	6.172	7.022	7.782	8.682	9.532	10.532	11.532
Capacidade instalada anual (MW)	229	452	1.941	2.048	900	850	760	900	850	1.000	1.000

**Tabela F.4 – Empregos-ano criados entre 2010 e 2020 no Cenário de Referência, por atividade**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fabricação - Nacele	298	588	2.523	2.662	1.170	1.105	988	1.170	1.105	1.300	1.300
Fabricação - Torre (aço)	408	805	3.455	3.645	1.602	1.513	1.353	1.602	1.513	1.780	1.780
Fabricação - Pás	657	1.296	5.565	5.872	2.580	2.437	2.179	2.580	2.437	2.867	2.867
Construção (T. aço)	1.886	3.722	15.984	16.865	7.412	7.000	6.259	7.412	7.000	8.235	8.235
O&M	474	731	1.838	3.005	3.518	4.003	4.436	4.949	5.433	6.003	6.573
<b>Total (ano)</b>	<b>3.721</b>	<b>7.142</b>	<b>29.365</b>	<b>32.050</b>	<b>16.282</b>	<b>16.057</b>	<b>15.214</b>	<b>17.713</b>	<b>17.488</b>	<b>20.185</b>	<b>20.755</b>
<b>Total (acumulado)</b>	<b>3.721</b>	<b>10.863</b>	<b>40.228</b>	<b>72.278</b>	<b>88.559</b>	<b>104.617</b>	<b>119.831</b>	<b>137.543</b>	<b>155.031</b>	<b>175.217</b>	<b>195.972</b>



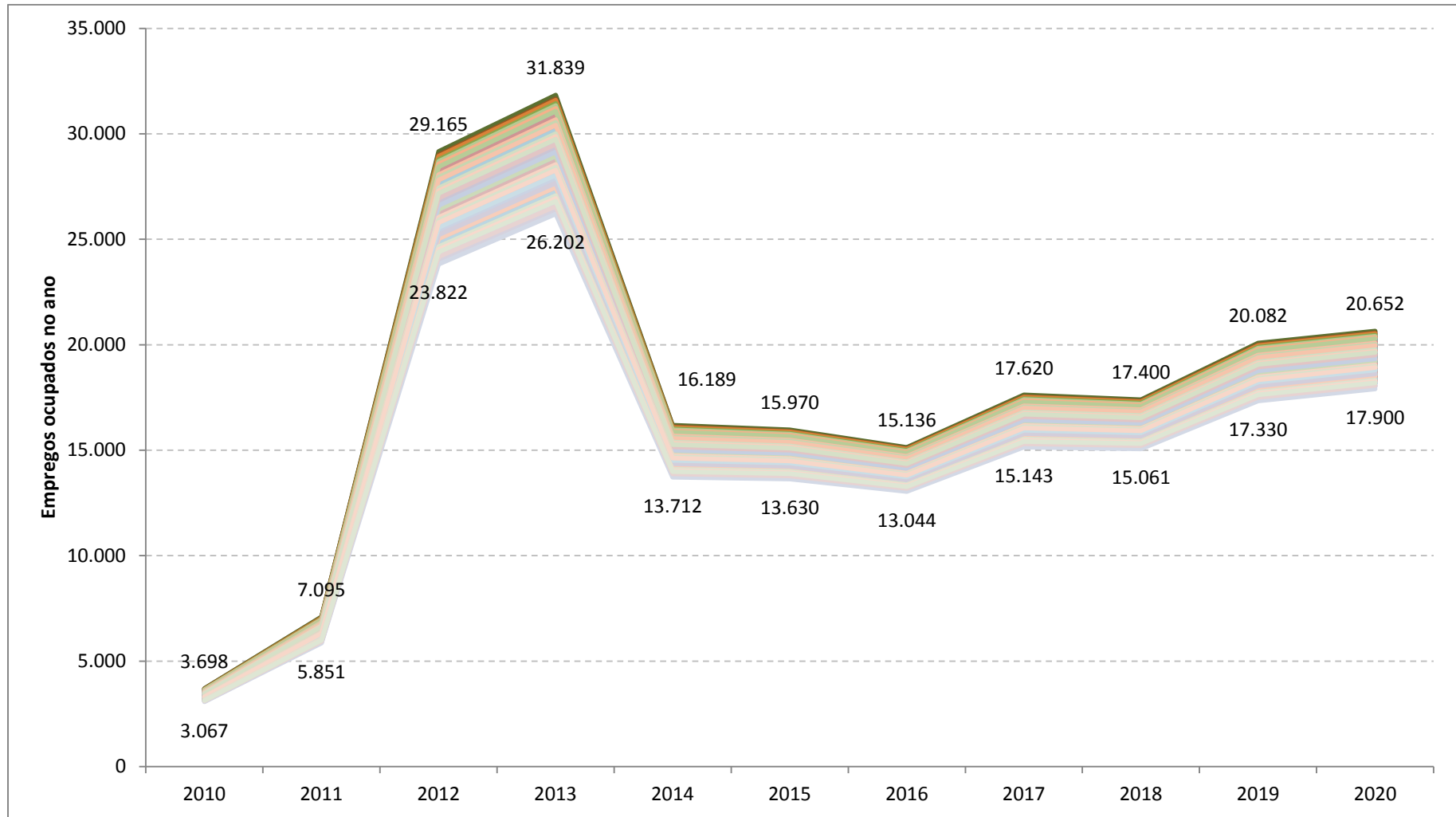
**Figura F.1 – Empregos-ano gerados no Cenário de Referência, por atividade ao ano e acumulado ao final do período**

- *Análise de sensibilidade*

**Tabela F.5 – Análise de sensibilidade de índice de nacionalização de equipamentos e de utilização de torres de aço e concreto, por atividade, no Cernário de Referência**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
IN_nac_75	223	441	1.892	1.997	878	829	741	878	829	975	975
IN_nac_50	149	294	1.262	1.331	585	553	494	585	553	650	650
IN_nac_25	74	147	631	666	293	276	247	293	276	325	325
IN_pa_100	657	1.296	5.565	5.872	2.580	2.437	2.179	2.580	2.437	2.867	2.867
IN_pa_75	492	972	4.174	4.404	1.935	1.828	1.634	1.935	1.828	2.150	2.150
IN_pa_50	328	648	2.782	2.936	1.290	1.218	1.089	1.290	1.218	1.434	1.434
IN_tor_100_ch_100 a	407	803	3.450	3.640	1.600	1.511	1.351	1.600	1.511	1.778	1.778
IN_tor_100_ch_75 a	365	721	3.097	3.268	1.436	1.356	1.213	1.436	1.356	1.596	1.596
IN_tor_100_ch_50 a	324	639	2.744	2.895	1.272	1.202	1.074	1.272	1.202	1.414	1.414
IN_tor_100_ch_100 b	407	803	3.447	3.637	1.598	1.510	1.350	1.598	1.510	1.776	1.776
IN_tor_100_ch_75 b	373	737	3.165	3.339	1.467	1.386	1.239	1.467	1.386	1.631	1.631
IN_tor_100_ch_500 b	340	671	2.882	3.041	1.337	1.262	1.129	1.337	1.262	1.485	1.485
IN_tor_100_ch_100 c	406	802	3.445	3.635	1.598	1.509	1.349	1.598	1.509	1.775	1.775
IN_tor_100_ch_75 c	379	747	3.210	3.387	1.488	1.406	1.257	1.488	1.406	1.654	1.654
IN_tor_100_ch_50 c	351	693	2.975	3.139	1.379	1.303	1.165	1.379	1.303	1.533	1.533
IN_tor_90_ch_100 a	376	743	3.191	3.367	1.480	1.397	1.249	1.480	1.397	1.644	1.644
IN_tor_90_ch_75 a	339	669	2.873	3.032	1.332	1.258	1.125	1.332	1.258	1.480	1.480
IN_tor_90_ch_50 a	302	595	2.556	2.696	1.185	1.119	1.001	1.185	1.119	1.317	1.317
IN_tor_90_ch_100 b	382	754	3.240	3.419	1.502	1.419	1.269	1.502	1.419	1.669	1.669
IN_tor_90_ch_75 b	352	695	2.986	3.150	1.384	1.308	1.169	1.384	1.308	1.538	1.538
IN_tor_90_ch_50 b	322	636	2.732	2.882	1.267	1.196	1.070	1.267	1.196	1.407	1.407
IN_tor_90_ch_100 c	386	762	3.273	3.453	1.517	1.433	1.281	1.517	1.433	1.686	1.686
IN_tor_90_ch_75 c	361	713	3.061	3.229	1.419	1.340	1.198	1.419	1.340	1.577	1.577
IN_tor_90_ch_50 c	336	663	2.849	3.006	1.321	1.248	1.115	1.321	1.248	1.468	1.468
IN_tor_80_ch_100 a	346	683	2.932	3.094	1.359	1.284	1.148	1.359	1.284	1.511	1.511
IN_tor_80_ch_75 a	313	617	2.649	2.796	1.229	1.160	1.037	1.229	1.160	1.365	1.365
IN_tor_80_ch_50 a	279	551	2.367	2.498	1.098	1.037	927	1.098	1.037	1.220	1.220
IN_tor_80_ch_100 b	358	706	3.033	3.200	1.406	1.328	1.187	1.406	1.328	1.562	1.562
IN_tor_80_ch_75 b	331	654	2.807	2.961	1.301	1.229	1.099	1.301	1.229	1.446	1.446
IN_tor_80_ch_50 b	304	601	2.581	2.723	1.197	1.130	1.010	1.197	1.130	1.330	1.330
IN_tor_80_ch_100 c	366	722	3.100	3.271	1.437	1.357	1.214	1.437	1.357	1.597	1.597
IN_tor_80_ch_75 c	344	678	2.912	3.072	1.350	1.275	1.140	1.350	1.275	1.500	1.500
IN_tor_80_ch_50 c	321	634	2.723	2.873	1.263	1.193	1.066	1.263	1.193	1.403	1.403
Const a	1.912	3.774	16.204	17.098	7.514	7.096	6.345	7.514	7.096	8.349	8.349
Const b	1.927	3.804	16.337	17.237	7.575	7.154	6.397	7.575	7.154	8.417	8.417
Const c	1.938	3.825	16.425	17.330	7.616	7.193	6.431	7.616	7.193	8.462	8.462
O&M	474	731	1.838	3.005	3.518	4.003	4.436	4.949	5.433	6.003	6.573





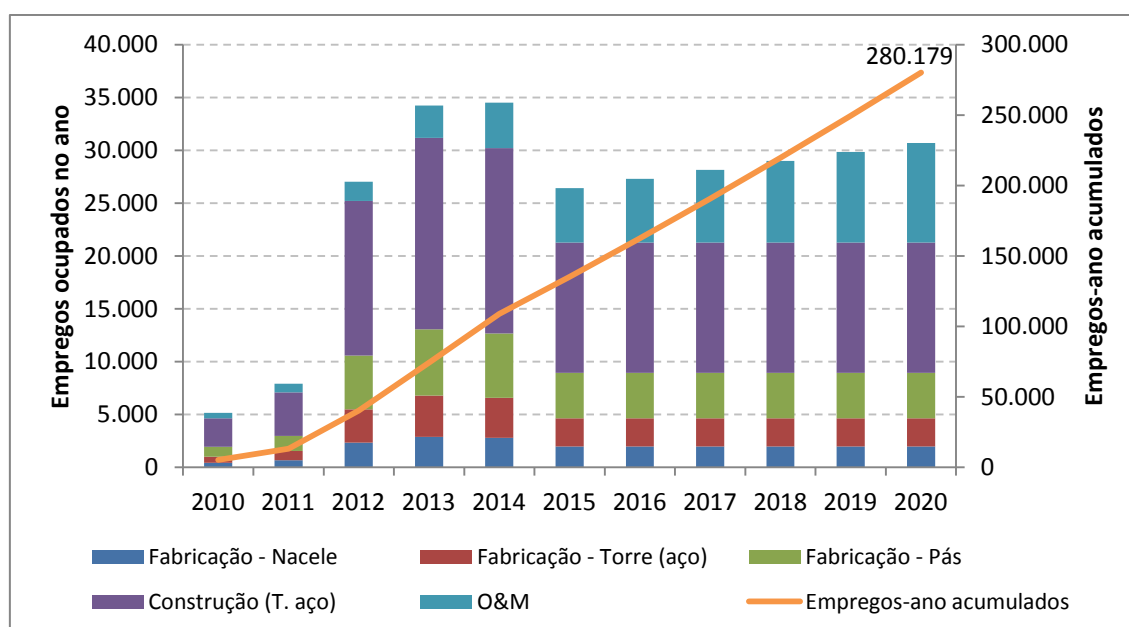
**Figura F.2 – Análise de sensibilidade do Cenário de Referência**

**Cenário Exploratório****Tabela F.6 – Capacidade instalada anual e acumulada, em MW, entre 2010 e 2020 no Cenário Exploratório**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Capacidade instalada total (MW)	931	1.431	3.208	5.405	7.534	9.034	10.534	12.034	13.534	15.034	16.534
Capacidade instalada anual (MW)	326	500	1.777	2.197	2.129	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500

**Tabela F.7 – Empregos-ano criados entre 2010 e 2020 no Cenário Exploratório, por atividade**

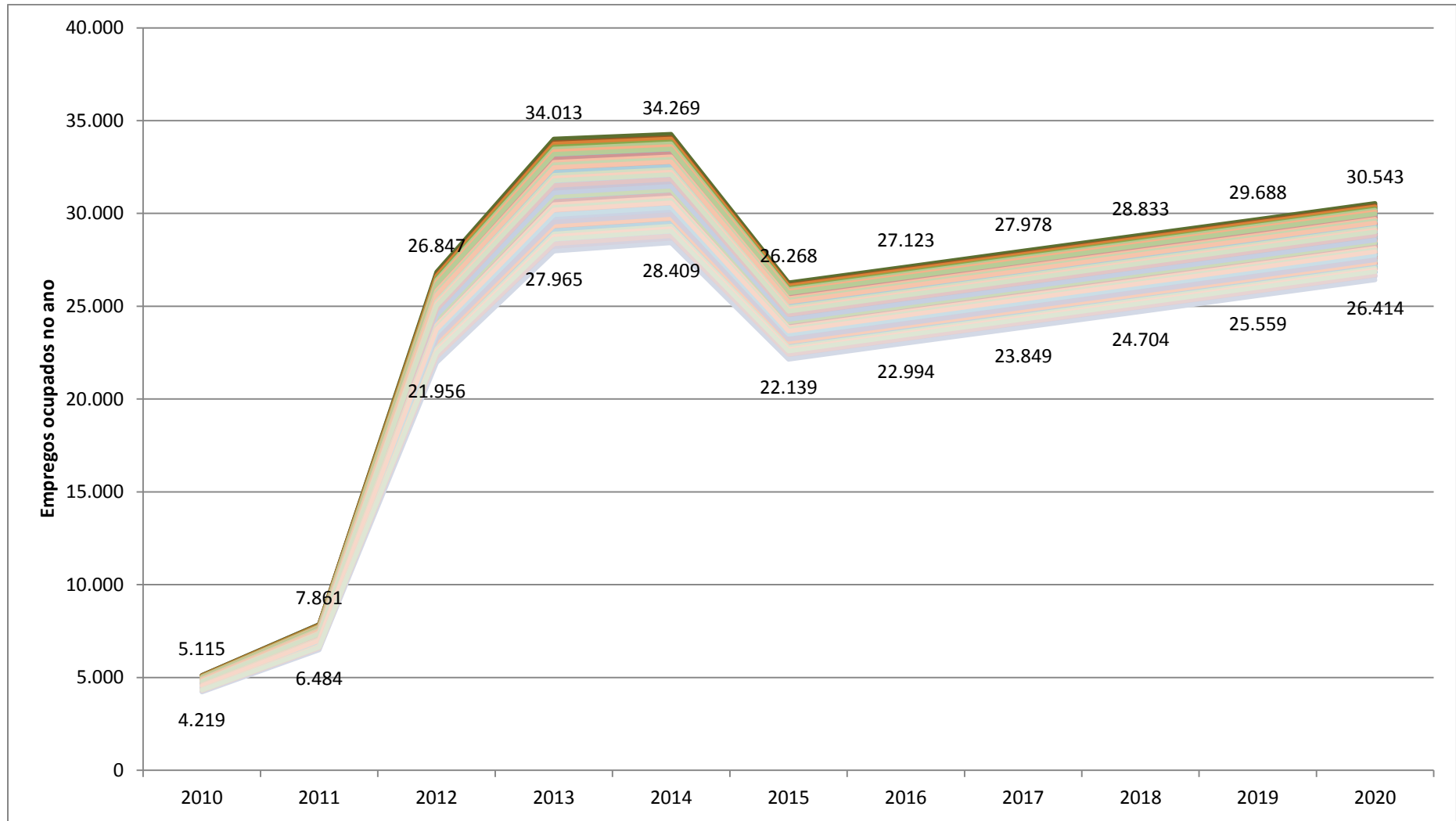
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fabricação - Nacele	423	651	2.310	2.856	2.768	1.950	1.950	1.950	1.950	1.950	1.950
Fabricação - Torre (aço)	580	891	3.163	3.911	3.790	2.670	2.670	2.670	2.670	2.670	2.670
Fabricação - Pás	933	1.435	5.095	6.299	6.104	4.301	4.301	4.301	4.301	4.301	4.301
Construção (T. aço)	2.681	4.121	14.634	18.092	17.532	12.353	12.353	12.353	12.353	12.353	12.353
O&M	531	816	1.829	3.081	4.295	5.150	6.005	6.860	7.715	8.570	9.425
<b>Total (ano)</b>	<b>5.148</b>	<b>7.913</b>	<b>27.030</b>	<b>34.239</b>	<b>34.488</b>	<b>26.423</b>	<b>27.278</b>	<b>28.133</b>	<b>28.988</b>	<b>29.843</b>	<b>30.698</b>
<b>Total (acumulado)</b>	<b>5.148</b>	<b>13.061</b>	<b>40.091</b>	<b>74.330</b>	<b>108.818</b>	<b>135.241</b>	<b>162.518</b>	<b>190.651</b>	<b>219.639</b>	<b>249.481</b>	<b>280.179</b>

**Figura F.3 – Empregos-ano gerados no Cenário Exploratório, por atividade ao ano e acumulado ao final do período**

- *Análise de sensibilidade*

**Tabela F.8 – Análise de sensibilidade de índice de nacionalização de equipamentos e de utilização de torres de aço e concreto, por atividade, do Cenário Exploratório**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
IN_nac_75	317	488	1.733	2.142	2.076	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463
IN_nac_50	212	325	1.155	1.428	1.384	975	975	975	975	975	975
IN_nac_25	106	163	578	714	692	488	488	488	488	488	488
IN_pa_100	933	1.435	5.095	6.299	6.104	4.301	4.301	4.301	4.301	4.301	4.301
IN_pa_75	700	1.076	3.821	4.724	4.578	3.225	3.225	3.225	3.225	3.225	3.225
IN_pa_50	467	717	2.547	3.149	3.052	2.150	2.150	2.150	2.150	2.150	2.150
IN_tor_100_ch_100 a	579	889	3.159	3.905	3.784	2.666	2.666	2.666	2.666	2.666	2.666
IN_tor_100_ch_75 a	520	798	2.835	3.506	3.397	2.393	2.393	2.393	2.393	2.393	2.393
IN_tor_100_ch_50 a	460	707	2.512	3.106	3.010	2.121	2.121	2.121	2.121	2.121	2.121
IN_tor_100_ch_100 b	578	889	3.156	3.902	3.781	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664	2.664
IN_tor_100_ch_75 b	531	816	2.897	3.582	3.471	2.446	2.446	2.446	2.446	2.446	2.446
IN_tor_100_ch_500 b	484	743	2.639	3.263	3.162	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
IN_tor_100_ch_100 c	578	888	3.154	3.900	3.779	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663
IN_tor_100_ch_75 c	538	828	2.939	3.633	3.521	2.481	2.481	2.481	2.481	2.481	2.481
IN_tor_100_ch_50 c	499	767	2.723	3.367	3.263	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299
IN_tor_90_ch_100 a	535	823	2.921	3.612	3.500	2.466	2.466	2.466	2.466	2.466	2.466
IN_tor_90_ch_75 a	482	741	2.631	3.252	3.152	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220
IN_tor_90_ch_50 a	429	659	2.340	2.893	2.803	1.975	1.975	1.975	1.975	1.975	1.975
IN_tor_90_ch_100 b	543	835	2.966	3.667	3.554	2.504	2.504	2.504	2.504	2.504	2.504
IN_tor_90_ch_75 b	501	770	2.733	3.380	3.275	2.307	2.307	2.307	2.307	2.307	2.307
IN_tor_90_ch_50 b	458	704	2.501	3.092	2.996	2.111	2.111	2.111	2.111	2.111	2.111
IN_tor_90_ch_100 c	549	844	2.996	3.704	3.589	2.529	2.529	2.529	2.529	2.529	2.529
IN_tor_90_ch_75 c	513	789	2.802	3.464	3.357	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365	2.365
IN_tor_90_ch_50 c	478	734	2.608	3.225	3.125	2.202	2.202	2.202	2.202	2.202	2.202
IN_tor_80_ch_100 a	492	756	2.684	3.319	3.216	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266
IN_tor_80_ch_75 a	444	683	2.426	2.999	2.906	2.048	2.048	2.048	2.048	2.048	2.048
IN_tor_80_ch_50 a	397	610	2.167	2.679	2.596	1.829	1.829	1.829	1.829	1.829	1.829
IN_tor_80_ch_100 b	509	782	2.776	3.433	3.326	2.344	2.344	2.344	2.344	2.344	2.344
IN_tor_80_ch_75 b	471	724	2.570	3.177	3.079	2.169	2.169	2.169	2.169	2.169	2.169
IN_tor_80_ch_50 b	433	665	2.363	2.921	2.831	1.994	1.994	1.994	1.994	1.994	1.994
IN_tor_80_ch_100 c	520	799	2.838	3.509	3.400	2.396	2.396	2.396	2.396	2.396	2.396
IN_tor_80_ch_75 c	488	751	2.666	3.296	3.194	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250
IN_tor_80_ch_50 c	457	702	2.493	3.082	2.987	2.105	2.105	2.105	2.105	2.105	2.105
Const a	2.718	4.178	14.835	18.342	17.774	12.523	12.523	12.523	12.523	12.523	12.523
Const b	2.740	4.212	14.956	18.491	17.919	12.625	12.625	12.625	12.625	12.625	12.625
Const c	2.755	4.234	15.037	18.591	18.016	12.693	12.693	12.693	12.693	12.693	12.693
O&M	531	816	1.829	3.081	4.295	5.150	6.005	6.860	7.715	8.570	9.425



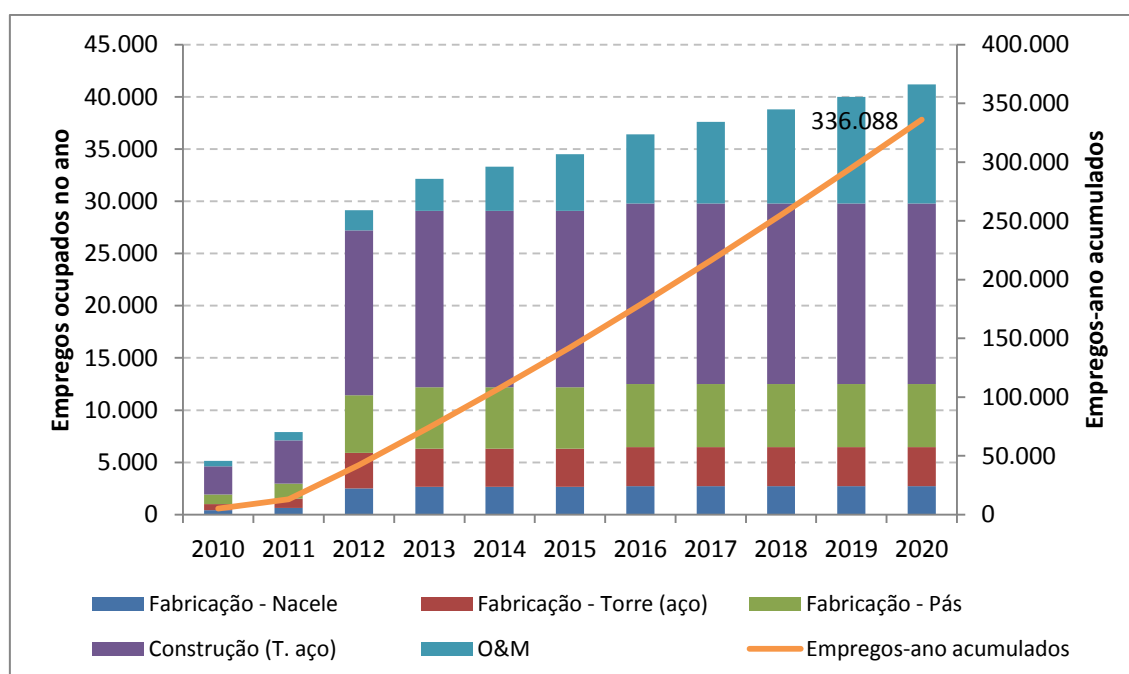
**Figura F.4 – Análise de sensibilidade do Cenário Exploratório**

**Cenário Otimista****Tabela F.9 – Capacidade instalada anual e acumulada, em MW, entre 2010 e 2020 no Cenário Otimista**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Capacidade instalada total (MW)	931	1.431	3.350	5.400	7.450	9.500	11.600	13.700	15.800	17.900	20.000
Capacidade instalada anual (MW)	326	500	1.919	2.050	2.050	2.050	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100

**Tabela F.10 – Empregos-ano criados entre 2010 e 2020 no Cenário Otimista, por atividade**

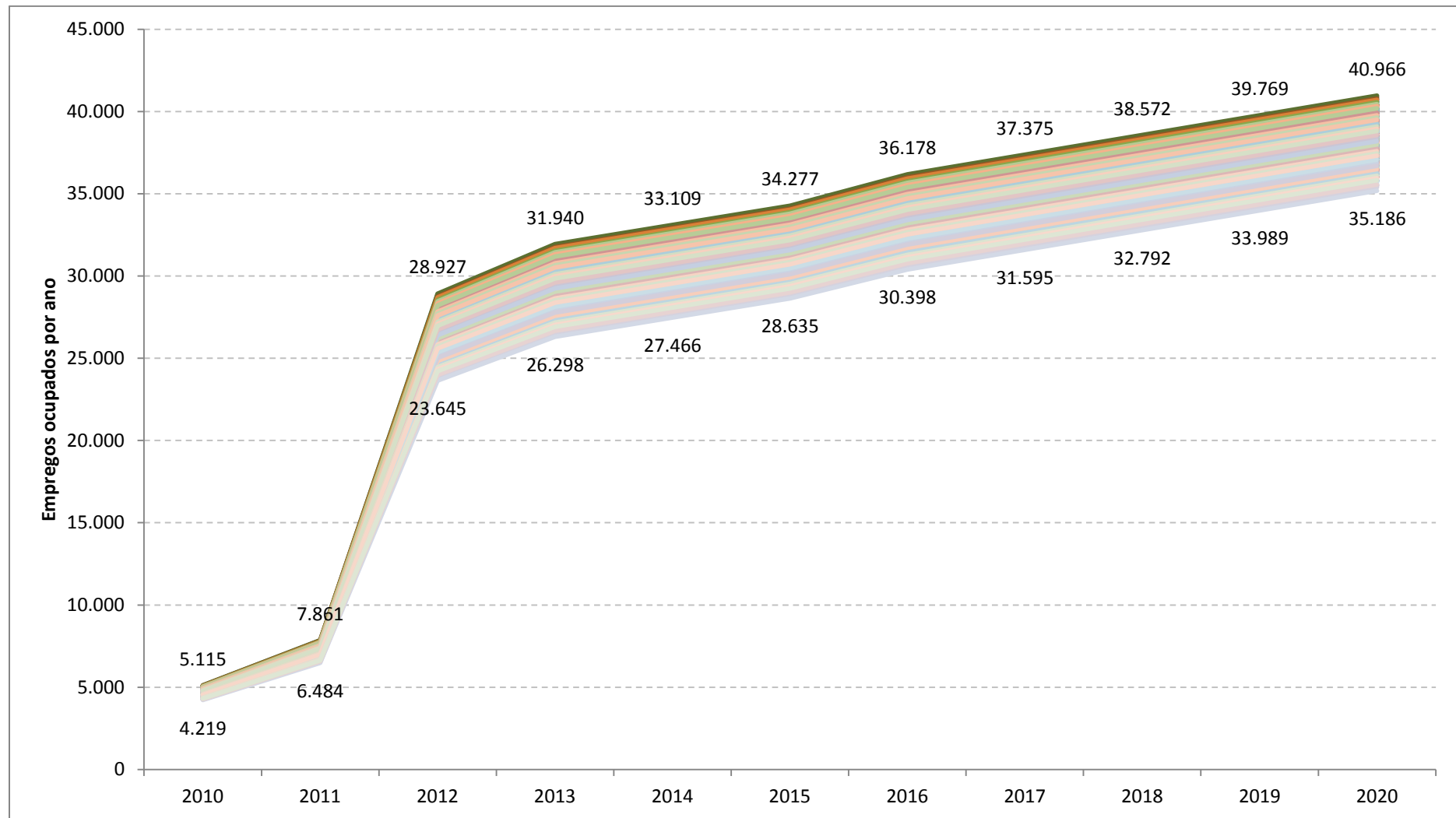
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fabricação - Nacele	423	651	2.495	2.665	2.665	2.665	2.730	2.730	2.730	2.730	2.730
Fabricação - Torre (aço)	580	891	3.416	3.649	3.649	3.649	3.738	3.738	3.738	3.738	3.738
Fabricação - Pás	933	1.435	5.502	5.877	5.877	5.877	6.021	6.021	6.021	6.021	6.021
Construção (T. aço)	2.681	4.121	15.803	16.882	16.882	16.882	17.294	17.294	17.294	17.294	17.294
O&M	531	816	1.910	3.078	4.247	5.415	6.612	7.809	9.006	10.203	11.400
<b>Total (ano)</b>	<b>5.148</b>	<b>7.913</b>	<b>29.125</b>	<b>32.151</b>	<b>33.320</b>	<b>34.488</b>	<b>36.394</b>	<b>37.591</b>	<b>38.788</b>	<b>39.985</b>	<b>41.182</b>
<b>Total (acumulado)</b>	<b>5.148</b>	<b>13.061</b>	<b>42.186</b>	<b>74.337</b>	<b>107.657</b>	<b>142.145</b>	<b>178.540</b>	<b>216.131</b>	<b>254.920</b>	<b>294.905</b>	<b>336.088</b>

**Figura F.5 – Empregos-ano gerados no Cenário Otimista, por atividade ao ano e acumulado ao final do período**

- *Análise de sensibilidade*

**Tabela F.11 – Análise de sensibilidade de índice de nacionalização de equipamentos e de utilização de torres de aço e concreto, por atividade, do Cenário Otimista**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
IN_nac_75	317	488	1.871	1.999	1.999	1.999	2.048	2.048	2.048	2.048	2.048
IN_nac_50	212	325	1.247	1.333	1.333	1.333	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365
IN_nac_25	106	163	624	666	666	666	683	683	683	683	683
IN_pa_100	933	1.435	5.502	5.877	5.877	5.877	6.021	6.021	6.021	6.021	6.021
IN_pa_75	700	1.076	4.126	4.408	4.408	4.408	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
IN_pa_50	467	717	2.751	2.939	2.939	2.939	3.010	3.010	3.010	3.010	3.010
IN_tor_100_ch_100 a	579	889	3.411	3.644	3.644	3.644	3.733	3.733	3.733	3.733	3.733
IN_tor_100_ch_75 a	520	798	3.062	3.271	3.271	3.271	3.351	3.351	3.351	3.351	3.351
IN_tor_100_ch_50 a	460	707	2.713	2.898	2.898	2.898	2.969	2.969	2.969	2.969	2.969
IN_tor_100_ch_100 b	578	889	3.408	3.641	3.641	3.641	3.730	3.730	3.730	3.730	3.730
IN_tor_100_ch_75 b	531	816	3.129	3.343	3.343	3.343	3.424	3.424	3.424	3.424	3.424
IN_tor_100_ch_500 b	484	743	2.850	3.044	3.044	3.044	3.119	3.119	3.119	3.119	3.119
IN_tor_100_ch_100 c	578	888	3.406	3.639	3.639	3.639	3.728	3.728	3.728	3.728	3.728
IN_tor_100_ch_75 c	538	828	3.174	3.390	3.390	3.390	3.473	3.473	3.473	3.473	3.473
IN_tor_100_ch_50 c	499	767	2.941	3.142	3.142	3.142	3.218	3.218	3.218	3.218	3.218
IN_tor_90_ch_100 a	535	823	3.155	3.370	3.370	3.370	3.452	3.452	3.452	3.452	3.452
IN_tor_90_ch_75 a	482	741	2.841	3.035	3.035	3.035	3.109	3.109	3.109	3.109	3.109
IN_tor_90_ch_50 a	429	659	2.527	2.699	2.699	2.699	2.765	2.765	2.765	2.765	2.765
IN_tor_90_ch_100 b	543	835	3.203	3.422	3.422	3.422	3.505	3.505	3.505	3.505	3.505
IN_tor_90_ch_75 b	501	770	2.952	3.153	3.153	3.153	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
IN_tor_90_ch_50 b	458	704	2.701	2.885	2.885	2.885	2.955	2.955	2.955	2.955	2.955
IN_tor_90_ch_100 c	549	844	3.235	3.456	3.456	3.456	3.541	3.541	3.541	3.541	3.541
IN_tor_90_ch_75 c	513	789	3.026	3.233	3.233	3.233	3.311	3.311	3.311	3.311	3.311
IN_tor_90_ch_50 c	478	734	2.817	3.009	3.009	3.009	3.082	3.082	3.082	3.082	3.082
IN_tor_80_ch_100 a	492	756	2.899	3.097	3.097	3.097	3.172	3.172	3.172	3.172	3.172
IN_tor_80_ch_75 a	444	683	2.619	2.798	2.798	2.798	2.867	2.867	2.867	2.867	2.867
IN_tor_80_ch_50 a	397	610	2.340	2.500	2.500	2.500	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561
IN_tor_80_ch_100 b	509	782	2.998	3.203	3.203	3.203	3.281	3.281	3.281	3.281	3.281
IN_tor_80_ch_75 b	471	724	2.775	2.964	2.964	2.964	3.037	3.037	3.037	3.037	3.037
IN_tor_80_ch_50 b	433	665	2.552	2.726	2.726	2.726	2.792	2.792	2.792	2.792	2.792
IN_tor_80_ch_100 c	520	799	3.065	3.274	3.274	3.274	3.354	3.354	3.354	3.354	3.354
IN_tor_80_ch_75 c	488	751	2.879	3.075	3.075	3.075	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150
IN_tor_80_ch_50 c	457	702	2.692	2.876	2.876	2.876	2.946	2.946	2.946	2.946	2.946
Const a	2.718	4.178	16.021	17.114	17.114	17.114	17.532	17.532	17.532	17.532	17.532
Const b	2.740	4.212	16.151	17.254	17.254	17.254	17.675	17.675	17.675	17.675	17.675
Const c	2.755	4.234	16.239	17.347	17.347	17.347	17.770	17.770	17.770	17.770	17.770
O&M	531	816	1.910	3.078	4.247	5.415	6.612	7.809	9.006	10.203	11.400



**Figura F.6 – Análise de sensibilidade do Cenário Otimista**

## Apêndice G – Comparação entre empregos no gás natural e na energia eólica

### G.1. Construção e operação de uma termelétrica a Gás Natural de 505 MW

Spath e Mann (2000) avaliam os insumos e combustível necessários para a construção de a operação de uma usina termelétrica a gás natural de 505 MW. A tabela F.1.1 mostra os insumos necessários para a construção da usina, e a tabela F.1.2 mostra os empregos indiretos gerados pela construção desta usina.

Para a comparação, serão contabilizados os insumos e combustíveis necessários para a construção e operação de uma usina a gás natural hipotética de 505 MW, e comparada com a construção de um parque eólico com capacidade instalada para gerar a mesma energia.

**Tabela G.1.1 – Insumos utilizados para a construção de uma termelétrica a gás natural**

Materiais	Quantidade (kg/MW)
Concreto	97.749
Aço	31.030
Ferro	408
Alumínio	204

Fonte: Elaboração própria a partir de (SPATH; MANN, 2000)

**Tabela G.1.2 – Empregos indiretos na construção de uma usina termelétrica a gás natural de 505 MW de potência**

Materiais	Quantidade (t)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos
Brita	50.646,7	27,44	1.389.745,16	45
Areia	36.726,3	27,44	1.007.768,42	33
Cimento	20.436,4	107,22	2.191.189,03	50
Aço	15.670,2	645,92	10.121.663,29	183
Ferro	206,0	645,92	133.085,36	2
Alumínio	103,0	27,44	2.826,87	0
<b>TOTAL</b>				<b>314</b>

Fonte: Elaboração própria



Foram levantados os dados de empregos diretos na construção e operação de uma usina termelétrica a gás natural no Brasil. A usina escolhida é a UTE Açú II, localizada no Estado do Rio de Janeiro. As informações sobre a usina estão detalhadas na tabela F.1.3.

**Tabela G.1.3 – Características da UTE Açú II**

<b>Usina</b>	UTE Açú II
<b>Combustível</b>	Gás natural
<b>Potência instalada</b>	3.300
<b>Empregos na construção</b>	2.400
<b>Duração da construção, em meses</b>	48
<b>Empregos na operação</b>	180
<b>Índice de empregos-ano/MW na construção</b>	1,45
<b>Índice de empregos-ano/MW na operação</b>	0,05

Fonte: Elaboração própria a partir de (MPX, 2012)

No estudo de Spath e Mann (2000), as autoras citam que o funcionamento de uma usina de 505 MW de capacidade instalada consumiria 1.673 toneladas de gás natural por dia, considerando um fator de capacidade de 100%. O fator de capacidade médio das usinas a gás natural contratadas no Leilão A-3 de 2011 é de 90%. Esta usina seria capaz de gerar, portanto, 3.981,42 GWh de energia, ou 454,5 MW médios.

A tabela F.1.3 calcula os empregos indiretos na operação da usina.

**Tabela G.1.4 – Empregos indiretos por ano na operação de uma usina termelétrica a gás natural de 505 MW de potência**

Combustível	Consumo (t/ano)	Preço (R\$/t)	Custo total (R\$)	Empregos
Gás Natural	549.580,5	329,23	180.938.388,02	3.183

Fonte: Elaboração própria

## G.2. Construção e operação de uma usina eólica de 1.010 MW

Para ter a mesma geração de energia que a usina termelétrica acima, de 3.981,42 GWh, ou 454,5 MW médios, considerando o fator de capacidade de uma usina eólica de 45% (fator de capacidade médio das usinas contratadas em leilão entre 2009 e 2011), seriam necessários 1.010 MW de capacidade instalada.

As tabelas F.1.5 e F.1.6 mostram os empregos diretos e indiretos gerados pela construção de 1.010 MW de energia eólica, respectivamente.

**Tabela G.2.1 – Empregos diretos na fabricação de aerogeradores e construção de uma usina eólica de 1.010 MW de potência**

e <sup>D</sup>	Capacidade instalada (MW)	Empregos diretos
11,17	1.010	11.282

Fonte: Elaboração própria

**Tabela G.2.2 – Empregos indiretos na construção de uma usina eólica de 1.010 MW de potência**

e <sup>I</sup>	Capacidade instalada (MW)	Empregos indiretos
3,011	1.010	3.041

Fonte: Elaboração própria

A tabela G.2.3 mostra os empregos ocupados por ano durante a vida útil de ambas as usinas, considerada em 20 anos.

**Tabela G.2.3 – Comparação entre empregos gerados em usinas eólicas e em termelétricas a gás natural, em relação aos empregos diretos e indiretos gerados na fabricação, construção e operação**

		Ano de operação da usina																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Gás natural</b>	Empregos diretos	732	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Empregos indiretos	314	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183	3.183
	<b>Total (acumulado)</b>	<b>1.046</b>	<b>4.255</b>	<b>7.463</b>	<b>10.671</b>	<b>13.879</b>	<b>17.088</b>	<b>20.296</b>	<b>23.504</b>	<b>26.712</b>	<b>29.921</b>	<b>33.129</b>	<b>36.337</b>	<b>39.545</b>	<b>42.754</b>	<b>45.962</b>	<b>49.170</b>	<b>52.378</b>	<b>55.587</b>	<b>58.795</b>	<b>62.003</b>
<b>Eólica</b>	Empregos diretos	11.282	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576
	Empregos indiretos	3.040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total (acumulado)</b>	<b>14.322</b>	<b>14.898</b>	<b>15.473</b>	<b>16.049</b>	<b>16.625</b>	<b>17.200</b>	<b>17.776</b>	<b>18.352</b>	<b>18.927</b>	<b>19.503</b>	<b>20.079</b>	<b>20.655</b>	<b>21.230</b>	<b>21.806</b>	<b>22.382</b>	<b>22.957</b>	<b>23.533</b>	<b>24.109</b>	<b>24.684</b>	<b>25.260</b>

Fonte: Elaboração própria