



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS – EM
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA – DEPRO



**BREVE ANÁLISE DA INSERÇÃO DA FONTE EÓLICA NA MATRIZ
ENERGÉTICA BRASILEIRA POR MEIO DE SUA PARTICIPAÇÃO NOS LEILÕES
DE ENERGIA**

ARIELA BARROS SARAIVA

OURO PRETO -MG

2022

ARIELA BARROS SARAIVA

**BREVE ANÁLISE DA INSERÇÃO DA FONTE EÓLICA NA MATRIZ
ENERGÉTICA BRASILEIRA POR MEIO DE SUA PARTICIPAÇÃO NOS LEILÕES
DE ENERGIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino.

Área de concentração: Planejamento Energético e Economia da Energia.

Ouro Preto – MG

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S243b Saraiva, Ariela Barros.

Breve análise da inserção da fonte eólica na matriz energética brasileira por meio de sua participação nos leilões de energia.

[manuscrito] / Ariela Barros Saraiva. - 2022.

54 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Energia Eólica. 2. Energia - Fontes alternativas - Leilão de Energia.
3. Energia Elétrica. 4. Matriz Energética - Energia Eólica. I. Flausino, Bruna de Fátima Pedrosa Guedes. II. Universidade Federal de Ouro Preto.
III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Ariela Barros Saraiva

Breve análise da inserção da fonte eólica na matriz energética brasileira por meio de sua participação nos leilões de energia

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 04 de novembro de 2022

Membros da banca

DSc. Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)

DSc. Gustavo Nikolaus Pinto de Moura (Universidade Federal de Ouro Preto)

MSc. Fidellis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau (Universidade Federal de Ouro Preto)

Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 04/11/22.



Documento assinado eletronicamente por **Bruna de Fatima Pedrosa Guedes Flausino, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/11/2022, às 14:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/11/2022, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fidellis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/11/2022, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0422503** e o código CRC **C8134491**.

Dedico este trabalho ao meus pais, por terem me dado condições necessárias para os estudos, permanência e conclusão do curso.

À Gloriosa Escola de Minas e a todos os professores do DEPRO, pela educação gratuita e de qualidade, um pilar da Educação em minha vida ao longo dos anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por toda força e sabedoria para que eu finalizasse essa etapa. Aos meus pais, minhas irmãs, meu namorado e meus amigos, por todo o incentivo e apoio durante essa trajetória.

À minha orientadora, professora Bruna, a todos os professores do DEPRO, à Escola de Minas e à UFOP, pelo ensino público de qualidade, fundamentais para minha formação.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda”.

Paulo Freire

RESUMO

A participação da fonte eólica na matriz energética brasileira tornou-se crescente na última década, de tal maneira que essa fonte já ocupa a terceira posição na capacidade instalada de oferta de energia elétrica no país. O estudo foi realizado por meio de análises no ambiente de contratação regulada de energia, de forma a investigar todos os leilões em que a fonte eólica esteve presente. Outros aspectos considerados foram os planos de incentivo para expansão de sua produção, os fatores ambientais e a localização dos empreendimentos eólicos. A pesquisa utilizou como base o estudo de publicações relevantes a cerca do tema, como também os dados oficiais fornecidos por órgãos governamentais como a Empresa de Pesquisa Energética, a Agência Nacional de Energia Elétrica e o Ministério de Minas e Energia. Dentre os resultados obtidos, verificou-se que a energia eólica, até setembro de 2022, participou de 28 leilões de energia, com um montante contratado de aproximadamente 12191,80 MW. Contudo, concluiu-se que a energia eólica ainda possui grande potencial de expansão no Brasil, principalmente na região Nordeste, situação que pode trazer (i) maior diversificação para a matriz energética brasileira e (ii) aumento do uso de fontes renováveis.

Palavras-chave: Energia Eólica, Leilão de Energia, Energia Elétrica, Matriz Energética.

ABSTRACT

The participation of wind power in the Brazilian energy matrix has increased in the last decade, in such a way that this source already occupies the third position in the installed capacity of electricity supply in the country. The study was carried out through analyzes in the regulated energy contracting environment, in order to investigate all auctions in which the wind source was present. Other aspects considered were the incentive plans for expanding its production, environmental factors and the location of wind farms. The research was based on the study of relevant publications on the subject, as well as official data provided by government agencies such as the Energy Research Company, the National Electric Energy Agency and the Ministry of Mines and Energy. Among the results obtained, it was found that wind energy, until September 2022, participated in 28 energy auctions, with a contracted amount of approximately 12191.80 MW. However, it was concluded that wind energy still has great potential for expansion in Brazil, especially in the Northeast region, a situation that can bring (i) greater diversification to the Brazilian energy matrix and (ii) increased use of renewable sources.

Keywords: Wind Energy, Energy Auction, Electric Energy, Energy Matrix.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
Brams	Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
Cepel	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
GEE	Gases de efeito estufa
GWEC	Global Wind Energy Council
IEA	International Energy Agency
Inpe	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRENA	International Renewable Energy Agency
MME	Ministério de Minas e Energia
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
PCH	Pequena Central Hidroelétrica
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PND	Programa Nacional de Desestatização
PNE	Plano Nacional de Energia
Proinfa	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
Sintrel	Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	33
Figura 2.....	34
Figura 3.....	35
Figura 4.....	35
Figura 5.....	36
Figura 6.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.....	20
Tabela 2.....	22
Tabela 3.....	22
Tabela 4.....	28
Tabela 5.....	30
Tabela 6.....	41
Tabela 7.....	44
Tabela 8.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.....	20
Gráfico 2.....	21
Gráfico 3.....	22
Gráfico 4.....	23
Gráfico 5.....	31
Gráfico 6.....	38
Gráfico 7.....	38
Gráfico 8.....	39
Gráfico 9.....	42

Gráfico 10.....	43
Gráfico 11.....	43
Gráfico 12.....	45
Gráfico 13.....	46
Gráfico 14.....	47
Gráfico 15.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 Justificativa.....	16
2 METODOLOGIA.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 A produção de energia eólica.....	18
3.2 Custos do sistema de aerogeradores.....	19
3.3 Dados sobre a produção da energia eólica no mundo e no Brasil.....	21
3.4 ACL e ACR.....	23
3.5 Reformas do Setor Elétrico Brasileiro e o Proinfa.....	23
3.6 Leilões de energia.....	26
3.7 Aspectos e impactos socioambientais.....	29
3.8 A potência do vento.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1 Geração de empregos provenientes da geração eólica.....	38
4.2 Geração total de energia eólica no Brasil.....	39
4.3 Resultado da participação eólica nos leilões de energia.....	40
4.4 Planos energéticos atuais e cenários futuros para o uso da energia eólica no Brasil..	47
5 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros moinhos de vento começaram a surgir na Europa em 1430. Nessa época, a energia eólica era usada pra moer grãos e bombear água. Em 1888, Charles Brush construiu o que viria a ser chamado de aerogerador: um cata-vento destinado à geração de energia elétrica, que fornecia 12 kW de corrente contínua para o carregamento de baterias destinados ao fornecimento de energia para 350 lâmpadas. Somente em 1931, na Rússia, que surgiram os aerogeradores de grande porte para aplicações elétricas, com 100 kW de potência.

A energia eólica nada mais é do que o processo pelo qual o vento é transformado em energia cinética e, a partir dela, em eletricidade, por meio de um aerogerador. Atualmente, o Brasil dispõe de 22 GW de capacidade instalada, o suficiente para abastecer 28,8 milhões de residências por mês, sendo que, aproximadamente 12 GW foram contratados nos leilões de energia, enquanto o restante é proveniente do Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Tendo em vista a importância da energia eólica no Brasil nos últimos anos, o presente trabalho percorrerá a sua história no país, desde sua introdução nos leilões de energia em 2009 até os dias atuais, analisando os fatores ambientais que incentivaram o seu uso e suas previsões futuras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral:

Analisar a participação da energia eólica na matriz energética do Brasil, considerando a sua introdução por meio da participação nos leilões de energia, considerando, então, o ambiente de contratação regulada.

1.1.2 Objetivos Específicos:

Para atender ao objetivo geral, foram pontuados os seguintes objetivos específicos:

- (a) Analisar a produção da energia eólica;
- (b) Apresentar o potencial eólico do país;
- (c) Conhecer a participação da energia eólica nos planos energéticos do Brasil;
- (d) Investigar o crescimento rápido atual da energia eólica no cenário da matriz energética brasileira;
- (e) Revisar os leilões de energia que contemplaram a energia eólica no Brasil;
- (f) Cenários futuros para o uso dessa tecnologia no Brasil.

1.2 Justificativa

A justificativa deste trabalho se dá pela importância e necessidade da introdução de fontes de energia renováveis no cenário energético, uma vez que a preocupação com as mudanças climáticas aumentou em todo o mundo. Além disso, é de extrema importância para o país a obtenção de sua independência energética.

De acordo com a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), muitas das atividades humanas atuais necessitam de energia e, em sua grande maioria, essa energia provém da queima de combustíveis fósseis. No mundo, a principal fonte de geração de energia elétrica é o carvão, enquanto no transporte, as principais fontes usadas na queima para mover os veículos são a gasolina e o óleo diesel. Na indústria, usa-se muito o gás natural e outros derivados do petróleo como, por exemplo, o óleo combustível. Toda essa queima de combustíveis fósseis emite grande quantidade de GEE (gases de efeito estufa) para a atmosfera, fazendo com que a temperatura média do planeta aumente e causando desequilíbrio ambiental. No Brasil, as emissões de GEE estão relacionadas, principalmente, às queimadas e ao desmatamento.

Essas mudanças ocorrem em todo o globo, podendo ser, por exemplo:

- (a) o aumento da frequência de furacões, causando destruição;
- (b) o aparecimento de bactérias mais resistentes e danosas, causando muitas doenças;
- (c) aumento do nível do mar, causando enchentes e até destruição de cidades costeiras;
- (d) derretimento das calotas polares, prejudicando animais e aumentando o nível do mar;
- (e) períodos secos mais extremos, levando à escassez de água;
- (f) chuvas mais intensas, causando enchentes.

Com isso, uma das principais soluções apresentadas para minimizar as emissões de GEE, seria a substituição dos combustíveis fósseis por outras fontes energéticas. Neste sentido, as energias renováveis (incluindo a fonte eólica) vêm como excelentes alternativas para diminuição deste problema.

2 METODOLOGIA

De acordo com Perovano (2016), essa monografia é de natureza básica e abordagem qualitativa, uma vez que possui como propósito gerar conhecimento sem aplicação prática prevista, envolvendo observações, explicações e dados, sem o uso de estatísticas ou qualquer forma de quantificação. Além disso, essa monografia possui como objetivo a pesquisa explicativa, visando estabelecer uma relação de causa e efeito entre os fatos, apontando por que determinado fenômeno ocorre e suas condições de ocorrência.

O procedimento técnico utilizado será o de pesquisa bibliográfica, que consiste na investigação com base em material já publicado, tendo como etapas de elaboração o delineamento do problema de pesquisa, a revisão da bibliografia, a coleta de dados baseada na seleção e na leitura de autores e obras de interesse, a organização dos dados de pesquisa e a análise e discussão de dados vinculados ao conteúdo bibliográfico (PEROVANO, 2016).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A produção de energia eólica

De acordo com Pinto (2013), o ar em movimento produz energia, e a energia cinética deste movimento é a chamada energia eólica. Para a produção de energia eólica são necessários os sistemas eólicos, também conhecidos como aerogeradores ou turbinas eólicas. Um sistema eólico autônomo para produção de energia elétrica é composto basicamente por rotor, transmissão, controle, conversor e sistema de armazenamento. (Reis, 2011)

De forma resumida, o aerogerador é o conjunto formado pelo rotor (e hélices), pela transmissão e pelo conversor (gerador), em que o rotor é o responsável pela captação da energia cinética dos ventos e conversão da mesma em energia mecânica no eixo; a transmissão é o mecanismo que transmite a energia mecânica do eixo do rotor ao eixo do conversor; e o conversor tem por finalidade transformar a energia mecânica do eixo em energia elétrica. Em aplicações isoladas, usa-se normalmente um gerador síncrono associado a um retificador, podendo ser utilizado um sistema de armazenagem em baterias. Já em casos em que o sistema de geração eólico opera conectado à rede, os geradores podem ser síncronos e/ou assíncronos (de indução). (Reis, 2011)

De acordo com Reis (2011), o sistema de controle é composto por diversos sensores que têm como finalidade o fornecimento de dados precisos que são necessários para um funcionamento bom e seguro de todo o sistema, fazendo com que o vento seja aproveitado da melhor maneira possível. Por último, o sistema de armazenamento é formado por baterias que tem como finalidade armazenar energia nos momentos em que a potência disponível for maior do que a potência necessária, para que ela seja utilizada em momentos em que a situação for inversa.

Um sistema eólico pode ser classificado quanto ao seu tamanho, potência instalada ou aplicação para produção de energia elétrica. Levando em consideração o tamanho, um aerogerador é considerado pequeno quando o seu rotor ocupa uma área de até 200 m², médio quando ocupa uma área entre 200 m² e 1.600 m², e grande quando possui uma área maior que 1.600 m². Já em relação à potência, um aerogerador é classificado como pequeno quando possui uma potência instalada de até 80 KW, médio quando possui de 81 KW a 500 KW, e grande quando possui uma instalação de mais de 500 KW. (Reis, 2011)

Em relação às aplicações para produção de eletricidade, o sistema eólico pode ser classificado como independentes ou isolados – sistemas que normalmente utilizam alguma forma de armazenagem, possuindo pequeno porte em relação à potência instalada e custos mais elevados devido ao sistema de armazenamento -, sistemas de apoio (híbridos) – sistemas em que a turbina eólica opera em paralelo com alguma fonte de energia firme, podendo ser de pequeno ou médio porte – e sistemas interligados à rede elétrica – sistemas de grande porte interligados à rede elétrica de distribuição, podendo ser diretamente (através de geradores de indução ou síncrono) ou indiretamente (através de inversores acoplados à geradores de corrente contínua). (Reis, 2011)

O uso do sistema offshore vem crescendo nos últimos anos, uma vez que há limitações no uso da terra, seja por espaço físico ou pelo compromisso de redução de impactos ambientais. A instalação de sistemas eólicos no mar possui diversos benefícios como, por exemplo, velocidades de ventos consideravelmente superiores aos verificados em terra e espaço físico abundante. (Goldemberg e Paletta, 2012).

3.2 Custos do sistema de aerogeradores

Este capítulo é baseado no livro de Pinto (2013). Os custos da turbina eólica e, conseqüentemente, o custo de produção de energia, tem diminuído de forma constante ao longo dos anos, uma vez que o mercado comercial das turbinas eólicas vem crescendo em todo o mundo. O custo total por kW de capacidade eólica instalada varia de país para país. O valor pago aos proprietários dos terrenos onde são instaladas as turbinas eólicas também chamam atenção, variando de acordo com os recursos do vento no local de instalação, e a facilidade ou não de acesso à rede elétrica, sendo pago um valor por ano e por turbina.

Ainda assim, a energia eólica se caracteriza como uma das fontes mais baratas de energia renovável, e seu custo de produção de eletricidade é comparável à produção de eletricidade à base de combustíveis fósseis. A tabela 1 a seguir compara os custos de empreendimentos eólicos e outras fontes de geração de eletricidade em 2010. Podemos observar a partir dela que o custo de instalação e o custo com operação e manutenção para projetos eólicos onshore são comparáveis aos custos de projeto de usinas a carvão.

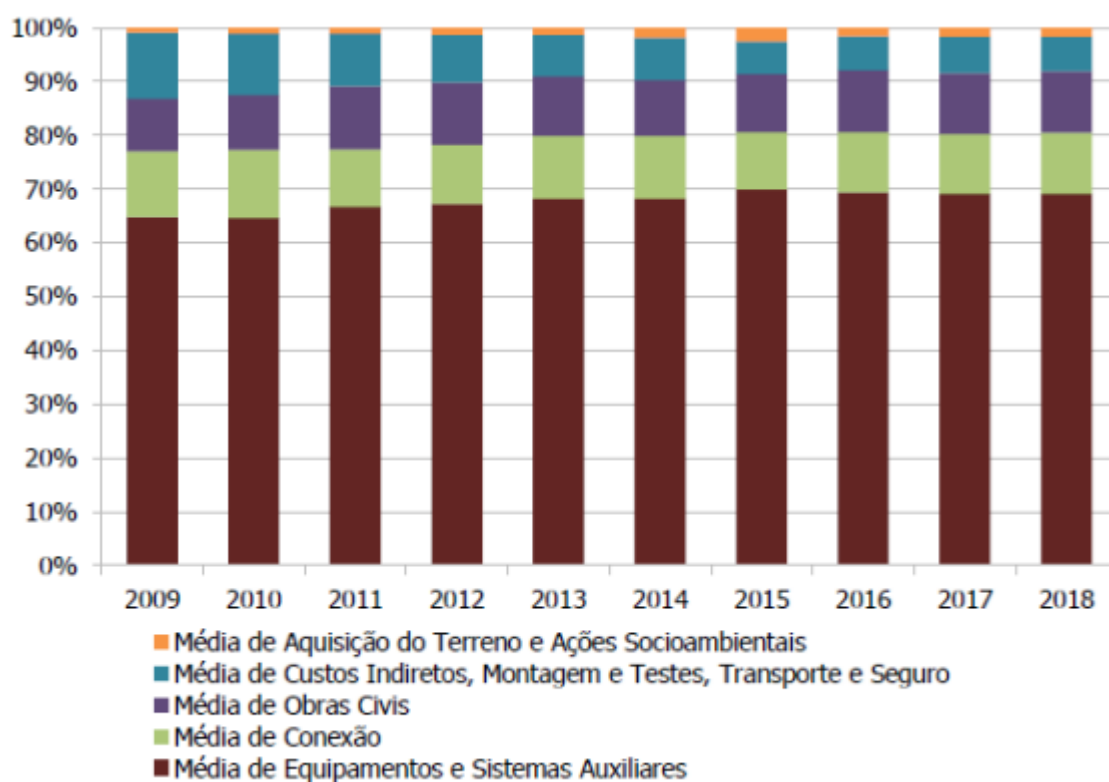
Tabela 1: Custos de empreendimentos eólicos e outras fontes de geração de eletricidade

Tecnologia	Custo de instalação (Euro/kW)	Preço do combustível (Euro/MWh)	Custo com O&M (Euro/kW)
Gás	635-875	EUA: 16 União Europeia: 27	19-30
Carvão	1300-2325	EUA: 12 União Europeia: 18	30-60
Nuclear	1950-3400	3,6-5,5	80-96
Eólica onshore	1300-1500	N/D	33-50
Eólica offshore	3000	N/D	70

Fonte: Pinto, 2013.

De acordo com um estudo realizado em 2018 pela EPE, a divisão média dos custos de investimentos dos projetos habilitados nos leilões a partir de 2009 em R\$/kW, por categoria, são representados no gráfico 1 a seguir:

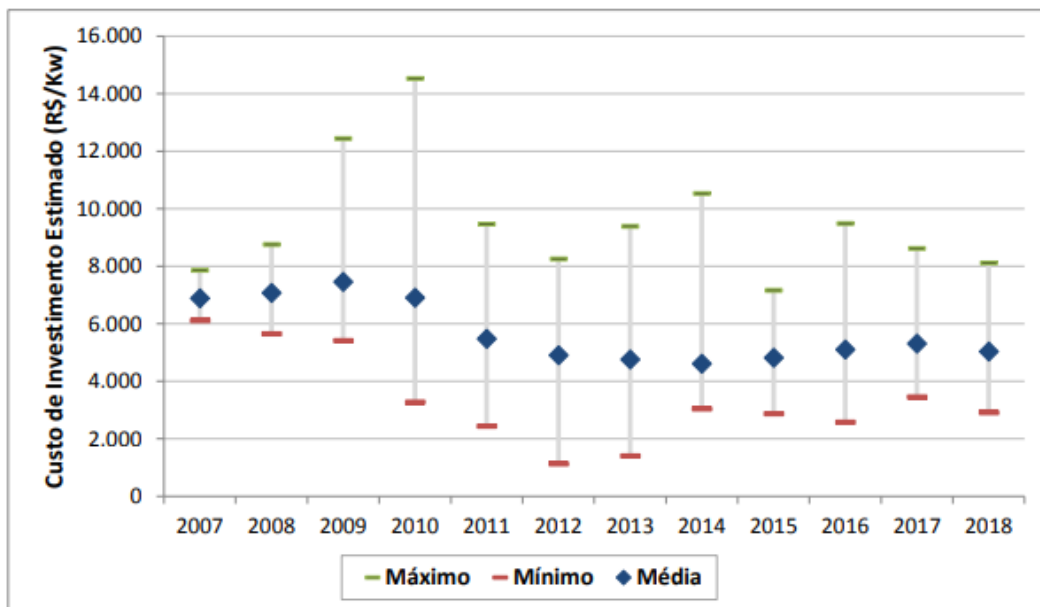
Gráfico 1: Peso relativo dos custos no orçamento total dos projetos



Fonte: MME;EPE, 2018.

Também foi disponibilizado pela EPE o gráfico que mostra os custos médios, em R\$/kW, do orçamento apresentado dos projetos habilitados tecnicamente dos leilões de 2007 à 2018.

Gráfico 2: Custos de investimento dos empreendimentos habilitados, por ano, em R\$/kW



Fonte: MME;EPE, 2018.

3.3 Dados sobre a produção da energia eólica no mundo e no Brasil

De acordo com Pinto (2013), os principais fabricantes de grandes turbinas eólicas estão localizados na Dinamarca, Alemanha, EUA, Índia, Holanda e Espanha. No início de 2010, os EUA já haviam superado 35GW de capacidade eólica, enquanto a Europa alcançou 75GW.

As tabelas 2 e 3, a seguir, representam, respectivamente, a capacidade instalada de geração eólica e a geração de energia a partir dessa fonte no mundo, considerando os 10 maiores produtores (EPE, 2022a).

Tabela 2: Capacidade instalada de geração eólica no mundo - 10 maiores países de 2011 a 2019 (GW)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Mundo	220	268	302	349	416	466	514	563	622
China	46	62	77	97	131	149	164	185	210
Estados Unidos	46	59	60	64	73	81	88	94	104
Alemanha	29	31	33	39	45	49	56	59	61
Índia	16	18	20	22	25	28	33	35	38
Espanha	22	23	23	23	23	23	23	23	26
Reino Unido	7	9	11	13	14	16	20	22	24
França	7	8	8	9	10	12	14	15	16
Brasil	1	2	2	5	8	10	12	14	15
Canadá	5	6	8	10	11	12	12	13	13
Itália	7	8	9	9	9	9	10	10	11
Outros	35	42	50	59	67	77	83	93	105

Fonte: EPE, 2022a.

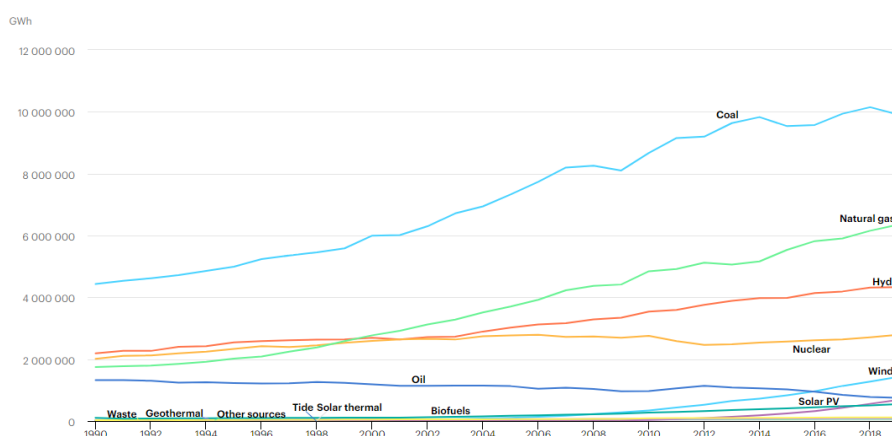
Tabela 3: Geração eólica no mundo - 10 maiores países de 2011 a 2019 (TWh)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Mundo	437	525	646	720	832	960	1.132	1.274	1.425
China	70	96	141	160	186	237	297	366	406
Estados Unidos	120	141	168	182	191	227	254	273	296
Alemanha	50	52	53	59	81	80	106	110	126
Índia	25	30	33	36	35	48	55	66	70
Reino Unido	16	20	28	32	40	37	50	57	64
Brasil	3	5	7	12	22	33	42	48	56
Espanha	43	49	56	52	49	49	49	51	56
França	12	15	16	17	21	21	25	29	35
Canadá	10	11	18	23	27	31	32	33	33
Turquia	5	6	8	9	12	16	18	20	22
Outros	83	99	119	139	168	181	205	222	263

Fonte: EPE, 2022a.

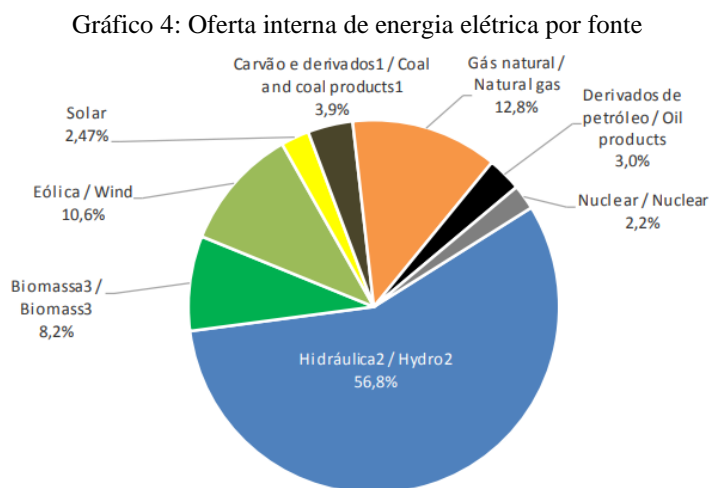
Um comparativo mundial por fonte de energia pode ser visto por meio do gráfico 3, conforme dados disponibilizados pela International Energy Agency (IEA). É possível observar o crescimento da participação da energia eólica ao longo dos anos.

Gráfico 3: Geração mundial de eletricidade por fonte, 1990-2019



Fonte: IEA, 2022.

No Brasil, segundo os dados do último Balanço Energético Nacional, a oferta interna de energia elétrica por fonte é apresentada no gráfico 4.



Fonte: EPE, 2022b.

3.4 ACL e ACR

De acordo com a ANEEL, a partir do decreto nº 5.163/2004, a comercialização de energia elétrica no Brasil pode acontecer no Ambiente de Contratação Livre (ACL) ou no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). O ACL é um segmento de mercado no qual se realizam operações de compra e venda de energia elétrica por contratos bilaterais livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos.

Já o ACR, é um segmento de mercado no qual se realizam operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, procedidas de licitação, ressalvados os casos previstos em lei, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos. Neste segmento, a compra e venda de energia elétrica ocorrem por meio de leilões de energia, possuindo regulação específica para aspectos como, por exemplo, preço da energia, submercado de registro de contrato e vigência de suprimento, além de cláusulas fixas que não são passíveis de alteração pelos agentes.

3.5 Reformas do Setor Elétrico Brasileiro e o Proinfa

No início dos anos 1990, o modelo centralizado era responsável pela distribuição de energia no Brasil. Porém, suas diversas falhas indicaram a necessidade da busca por um novo

modelo de operação. Dentre essas falhas, Walvis (2014) destaca a crise financeira da União e dos estados, inviabilizando a expansão da oferta de eletricidade e a manutenção da confiabilidade das linhas de transmissão; a má gestão das empresas de energia, provocada, principalmente, pela ausência de incentivos de eficiência produtiva e de critérios técnicos para a gerência administrativa; e a inadequação do regime regulatório, em razão da inexistência de órgão regulador, de conflitos de interesses sem arbitragem, da remuneração garantida e de regime tarifário baseado no custo de serviço. Com isso, em 1990, foi criada a Lei nº 8.031/1990 que implementava o Programa Nacional de Desestatização (PND), autorizando a “transferência à iniciativa privada de atividades indevidamente exploradas pelo setor público” e, em 1992, o Governo indicou a intenção de privatizar a Eletrobrás. (Walvis, 2014)

Nos anos seguintes, outras leis foram criadas, impulsionando o processo de privatização e promovendo a primeira reforma do setor elétrico brasileiro. Dentre essas leis, de acordo com Pires (1999), podemos destacar:

(a) Lei 8.631/1993: promoveu um encontro de contas entre os devedores e credores do setor, criou a obrigatoriedade da celebração de contratos de suprimentos entre geradoras e distribuidoras de energia e eliminou o regime de equalização tarifária e remuneração garantida;

(b) Decreto 915/1993: permitiu a formação de consórcios de geração hidrelétrica entre concessionárias e autoprodutores;

(c) Decreto 1.009/1993: criou o Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica (Sintrel);

(d) Lei 8.987/1995: regulamentada pela Lei 9.074/1995 e conhecida como Lei das Concessões, disciplina o regime de concessões de serviços públicos de energia elétrica, dando suporte à privatização das empresas deste setor, além de dispor sobre o regime concorrencial na licitação de concessões para projetos de geração e transmissão de energia elétrica. Essa lei também cria a figura jurídica do produtor de energia elétrica independente e estabelece a possibilidade de os consumidores livres terem direito à contratação de energia de produtores independentes, inicialmente, e, depois de cinco anos, de qualquer concessionária ou produtor de energia. Na prática, essa lei definiu as bases da primeira reforma do setor elétrico;

(e) Lei 9.427/1996: criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);

(f) Lei 9.648/1998: definiu as regras de entrada, tarifas e estrutura de mercado.

Uma vez que a rápida tentativa de transição para o modelo privado não se confirmou, tornou-se necessário realizar uma segunda reforma do setor elétrico brasileiro, capaz de equilibrar a convivência dos capitais público e privado em um ambiente competitivo (Walvis, 2014). O novo modelo proposto surgiu no início dos anos 2000 e tinha três objetivos principais: garantir a segurança de suprimento de energia elétrica; promover a modicidade tarifária, por meio da contratação eficiente de energia para os consumidores regulados; e promover a inserção social no Setor Elétrico, principalmente pelos programas de universalização de atendimento.

Uma cartilha lançada pelo MME nesta época, apontava como elementos principais deste novo modelo:

I – A retomada do papel do Executivo como poder concedente, anteriormente desempenhado pela ANEEL e transferido ao MME;

II – A reestruturação do planejamento de médio e longo prazo, por meio da EPE;

III – O monitoramento das condições de atendimento a curto prazo;

IV – A competição na geração com a licitação pela menor tarifa;

V – O redirecionamento para o longo prazo da contratação de energia, compatível com a amortização dos investimentos realizados;

VI – A criação de dois ambientes de contratação de energia, livre e regulada;

VII – A desvinculação do serviço de distribuição de qualquer outra atividade;

VIII – O estabelecimento de uma reserva conjuntural para restabelecimento das condições de oferta e demanda; e

IX – A instituição de um *pool* de contratação regulada de energia a ser comprada pelas distribuidoras.

Com a criação de dois ambientes de contratação e a preocupação com a segurança de suprimento de energia elétrica, em 2002 foi instalado o Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), uma política que incentivava o desenvolvimento de fontes alternativas de energia no país, proporcionando um ambiente com poucos riscos para o investimento de tecnologias ainda pouco conhecidas (Simas e Pacca, 2013). De acordo com a Eletrobrás, o Proinfa contribuiu para a diversificação da matriz energética nacional, além de ter fomentado a geração de, aproximadamente, 150 mil empregos diretos e indiretos em todo o país, proporcionando grande avanço industrial e internalização de tecnologia de ponta.

Este programa implantou, até dezembro de 2011, um total de 119 empreendimentos, com capacidade instalada de 2.649,87 MW, impulsionando o uso de fontes alternativas, em especial a energia eólica, que cresceu consideravelmente desde a introdução do programa.

3.6 Leilões de Energia

Por meio das reformas do setor elétrico brasileiro e da criação do Proinfa, de acordo com a EPE, em 2004 os leilões de energia foram introduzidos com a finalidade de expandir a oferta de energia elétrica no Brasil, com a participação de diversas instituições do setor. Essa reforma se deu a partir da Lei nº 10.848, que estabeleceu a criação do ambiente de contratação regulada de energia elétrica no Brasil e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Os leilões são realizados pela CCEE, por delegação da ANEEL. Os leilões de energia garantem que concessionárias, permissionárias e autoridades de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) atendam com totalidade o seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR).

De acordo com a CCEE, o critério utilizado para definir os vencedores do leilão é a menor tarifa, para que a eficiência na contratação de energia seja mantida. Além disso, há diversos tipos de leilões, nos quais podemos citar:

I - Leilão de Venda: O objetivo deste leilão é tornar disponível os lotes de energia ofertados por empresas geradoras federais, estaduais e privadas, aos agentes distribuidores e comercializadores, assegurando igualdade de acesso aos interessados. Para este leilão, foi desenvolvido um sistema próprio junto ao Banco do Brasil, no qual os interessados podem comprar e vender energia por meio eletrônico de forma clara, eficaz e segura, via internet;

II – Leilão de Fontes Alternativas: O objetivo deste leilão é atender ao crescimento do mercado de energia no ambiente regulado e aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira como, por exemplo, a energia eólica, biomassa, energia proveniente de Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs), entre outras;

III – Leilão de Excedentes: O objetivo deste leilão é a venda dos excedentes de energia elétrica das concessionárias e autorizadas de geração decorrentes da liberação dos contratos iniciais, compreendidos como energia de geração própria;

IV – Leilão Estruturante: O objetivo deste leilão é a compra de energia elétrica proveniente de projetos de geração de energia aprovados pelo presidente da República e

indicados por resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), tendo como característica empreendimentos que tenham prioridade de licitação e implantação, por conta de seu caráter estratégico e interesse público;

V – Leilão de Energia de Reserva: O objetivo deste leilão é aumentar a segurança no fornecimento de energia elétrica no SIN, por meio da compra de energia proveniente de empreendimentos especialmente contratados para esta finalidade;

VI – Leilão de Energia Nova: O objetivo deste leilão é vender e contratar energia de usinas que ainda estão sendo construídas, com a finalidade de atender ao aumento de carga das distribuidoras, podendo ser do tipo A-3 (usinas que entram em operação comercial em até 3 anos) e A-5 (usinas que entram em operação comercial em até 5 anos);

VII – Leilão de Energia Existente: O objetivo deste leilão é contratar energia de usinas já construídas e que já estejam operando, e cujos investimentos já foram amortizados, possuindo então um custo mais baixo;

VIII – Leilão de Compra: Neste leilão, os distribuidores realizaram a compra de energia dos geradores, produtores independentes e comercializadores/distribuidores que possuíam sobras contratuais;

IX – Leilão de Ajuste: O objetivo deste leilão é adequar a contratação de energia pelas distribuidoras, tratando eventuais desvios provenientes da diferença entre as previsões feitas em leilões anteriores e o comportamento do mercado.

A partir de pesquisas feitas no site da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), foi verificada também a presença de leilões do tipo Energia Nova A-4 (usinas que entram em operação comercial em até 4 anos) e A-6 (usinas que entram em operação comercial em até 6 anos).

3.6.1 Etapas para participação no leilão de energia e principais requisitos

As empresas que desejam participar dos leilões de energia devem realizar um cadastro no site da EPE e, pós o cadastramento, uma habilitação técnica é feita pela EPE para verificar quais empreendimentos podem participar do certame. A tabela 4 mostra os principais requisitos para conseguir a habilitação técnica. Caso o empreendimento não apresente algum desses requisitos, ele é descartado do leilão daquele ano. Observa-se que alguns requisitos são específicos para certo tipo de fonte energética, enquanto outros são gerais.

Tabela 4: Principais requisitos para habilitação técnica

Requisitos	Fontes/tecnologias a que se aplicam
Ficha de dados corretamente preenchida	Todas
Registro na ANEEL	Todas
Projeto / Memorial Descritivo	Todas
Licença ambiental	Todas
Outorga de uso da água (ou declaração de disponibilidade hídrica para hidrelétricas)	Hidrelétricas de qualquer porte e termelétricas
Comprovação do direito de uso do terreno	Todas, exceto hidrelétricas >5MW
Certificação independente de medição do recurso energética e produção de energia do projeto	Eólicas e fotovoltaicas
Termos de compromisso de suprimento de combustível (incluindo os diversos elos da cadeia de suprimento)	Termelétricas
Informação de acesso à Rede Básica ou distribuição, ou equivalente	Todas

Fonte: EPE, 2018.

3.6.2 Participação da energia eólica nos leilões de energia

O primeiro leilão de compra e venda de energia eólica no Brasil ocorreu em novembro de 2009 e foi um Leilão de Reserva, contando com a participação de 3 regiões, sendo a região Nordeste a com maior participação, seguida pelas regiões Sul e Sudeste, respectivamente. Os Estados que mais se destacaram em número de projetos e potência cadastrada foram Rio Grande do Norte, Ceará e Rio Grande do Sul. Em relação ao tamanho do projeto, o número de empreendimentos cadastrados em sua maioria possuíam entre 25 e 50 MW, totalizando 8.000 MW de potência. Este leilão resultou na contratação de 1.805,7 MW a um preço médio de venda de R\$148,39/MWh, e na construção de 71 empreendimentos de geração eólica com contratos de compra e venda de energia com 20 anos de duração.

Em 2010, dois novos leilões contaram com a presença da energia eólica: o Leilão A-3/2010 e o Leilão de Energia de Reserva. O resultado destes leilões foi divulgado como um único leilão chamado de Fontes Alternativas. Dessa vez, foram negociadas também energias provenientes de biomassa (bagaço de cana, resíduos de madeira e capim elefante) e pequenas centrais hidrelétricas. Este leilão obteve resultados satisfatórios e proporcionou uma quebra de paradigmas no setor elétrico brasileiro, primeiramente em função de a fonte eólica ter se constituído na mais barata entre as negociadas e, segundo, pelo preço competitivo da grande quantidade de energia contratada proveniente das fontes alternativas.

Desde então, o interesse na compra e venda de energia proveniente de fontes alternativas no Brasil ganhou espaço nos leilões. Os Estados do Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul são os que mais se destacam em número de empreendimentos cadastrados e potência instalada no decorrer dos anos.

Em 2021 ocorreu um leilão de Energia de Reserva que chama a atenção em seus resultados, uma vez que poucos projetos e potência foram cadastrados, em relação aos outros leilões que contaram com a presença da energia eólica.

Os últimos leilões que contaram com a participação da energia eólica ocorreram em setembro de 2022 e foram do tipo Energia Nova A-5 e A-6.

3.7 Aspectos e impactos socioambientais

De acordo com Goldemberg e Paletta (2012), os impactos ambientais ainda levantados sobre a utilização de aerogeradores são relacionados a desvios de rotas migratórias e morte de pássaros, impactos visuais e sonoros. Porém, esses problemas podem ser considerados mínimos comparado à utilização de outros combustíveis como, por exemplo, combustíveis fósseis – esgotáveis e bastante impactantes para o meio ambiente. Além disso, a energia eólica possui os benefícios de ser uma fonte renovável, inesgotável e não poluente. Goldemberg e Paletta (2012) acrescentam ainda que os impactos relacionados à energia eólica estão sendo diminuídos nos últimos anos. Projetistas vêm buscando cada vez mais integrar os aerogeradores ao espaço, mediante estratégias como, por exemplo, utilizar as mesmas direções de rotações, tipos de turbinas, torres e alturas de instalação, ocultar linhas de transmissão, evitar cercas, dentre outras, para diminuir os impactos visuais e sonoros, além de fabricar componentes mecânicos do sistema dos aerogeradores de modo a emitir ruídos cada vez menos significativos e aumentar a distância entre os aerogeradores e o observador. Em relação à morte de pássaros e desvios de suas rotas migratórias, um maior cuidado na escolha dos locais para instalação das centrais eólicas, fora das rotas migratórias conhecidas, pode contribuir para reduzir esse impacto.

Pinto (2013) aponta que, em 2006, foram evitados 67 milhões de toneladas de CO₂ com a geração de eletricidade por meio de fontes de energia eólica, fotovoltaica, biomassa e hídrica. Além disso, ele cita estudos que mostram como sistemas eólicos de baixa potência podem ter uma enorme contribuição para o meio ambiente, com a estimativa de um sistema

de 2,5kW de potência poder economizar de 1 a 2 toneladas de CO₂, enquanto um sistema de 6kW pode ter uma economia de 2,5 a 5 toneladas. Pinto (2013) cita também que a eletricidade produzida a partir do vento reduz o consumo de combustíveis fósseis e, com isso, leva à redução de emissões de CO₂.

Outro ponto importante discutido por Pinto (2013) é em relação ao aquecimento global e a questão da água. O aquecimento global tem sido causado por atividades humanas, sendo o principal culpado os gases de efeito estufa emitidos pela queima de combustíveis fósseis (principalmente o CO₂). Estima-se que o uso de 1 milhão de kWh de energia eólica pode gerar uma economia de 600 toneladas de CO₂. Ou seja, o uso de fonte de energia eólica ajuda na diminuição dos problemas de mudanças climáticas.

Em relação a questão da água, Pinto (2013) mostra que a conexão entre água e energia eólica é bastante relevante, pois as tecnologias de produção de energia utilizam água em seu processo de geração, alcançando valores de gasto de milhões de litros por dia. Por exemplo, nas usinas a carvão a água é utilizada para limpar e processar o combustível, enquanto em usinas convencionais a água é usada em grande quantidade no ciclo termodinâmico. A tabela 5 abaixo mostra o consumo de água de fontes convencionais de energia e de fontes renováveis. Nesta tabela, 1 Gal equivale a 3,785 litros.

Tabela 5: Consumo de água de fontes convencionais de energia e de fontes renováveis

Tecnologia	Gal/kWh	l/kWh
Nuclear	0,62	2,30
Carvão	0,49	1,90
Óleo	0,43	1,60
Gases combinados	0,25	0,95
Solar	0,030	0,110
Eólica	0,001	0,004

Fonte: Pinto, 2013.

Observando a tabela é possível concluir que a energia eólica é a que apresenta um menor gasto de água para produção de energia. Nos últimos anos, com a crescente preocupação em diminuir os impactos socioambientais causados pela ação humana, a fonte eólica vem sendo uma ótima opção para diminuição destes problemas.

3.8 A potência do vento

De acordo com Pinto (2013), a equação abaixo nos dá uma boa análise do potencial eólico, podendo ser interpretada como a quantidade de energia por uma dada área. P/A é a densidade de potência P que o vento disponibiliza em uma área A .

$$P/A = (1/2) \rho v^3$$

Em que:

P é a potência disponível do vento (W)

M é o fluxo de massa de ar (kg/s)

ρ é a massa específica do ar (kg/m³) – também chamada de densidade absoluta

A é a área da seção transversal do cilindro que é ultrapassada pelo vento (m²)

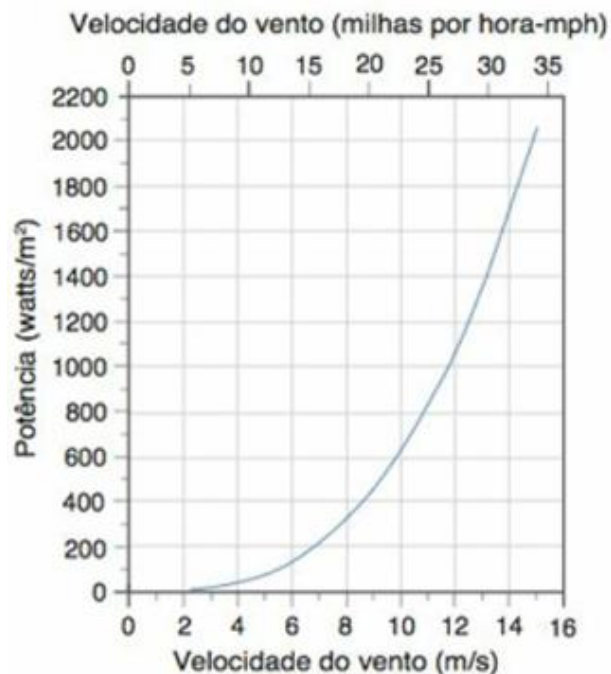
V é a velocidade do vento (m/s)

E_c é a energia cinética do vento (joules/s)

P/A é a densidade de potência (W/m²)

A partir desta equação, Pinto (2013) apresenta o gráfico a seguir, mostrando a relação da velocidade do vento com a potência que este disponibiliza.

Gráfico 5: Relação da velocidade do vento com a potência que este disponibiliza



Fonte: Pinto, 2013.

De acordo com Pinto (2013), outros fatores que podem influenciar no potencial disponível pelo vento são a temperatura e a pressão atmosférica. Para análise da velocidade do vento, os dados são medidos em estações anemométricas, que registram a velocidade do vento em faixas definidas.

Em relação à direção do vento, Pinto (2013) define como a direção de onde o vento é proveniente. A rosa dos ventos é a ferramenta que mostra como a velocidade e a direção do vento estão distribuídas em uma área determinada, sendo bem útil para determinar a posição de turbinas eólicas. Na prática, é considerado o terreno em que haja o mínimo possível de obstáculos na direção do vento, e que não seja complexo – como montanhas, vales ou áreas costeiras de frente para diferentes direções.

3.8.1 O potencial eólico brasileiro

O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro é um documento elaborado pelo Cepel (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), publicado em 2001, que simula a dinâmica dos ventos. De acordo com o documento, para formação da tabela abaixo, foi utilizada a integração de mapas digitais, recursos de geoprocessamento, cálculos de desempenho e produção de energia elétrica a partir de curvas de potência de turbinas eólicas existentes no mercado daquela época.

Além disso, de acordo com o Cepel (2001), foram consideradas as seguintes premissas para esse processo:

I – Integração de todas as áreas que apresentaram velocidades médias anuais iguais ou superiores a 6m/s;

II – Consideração de curvas médias de desempenhos de turbinas eólicas mundial daquela época, instaladas em torres de 50m de altura;

III – Utilização de uma densidade média de ocupação de terreno de 2MW/km²;

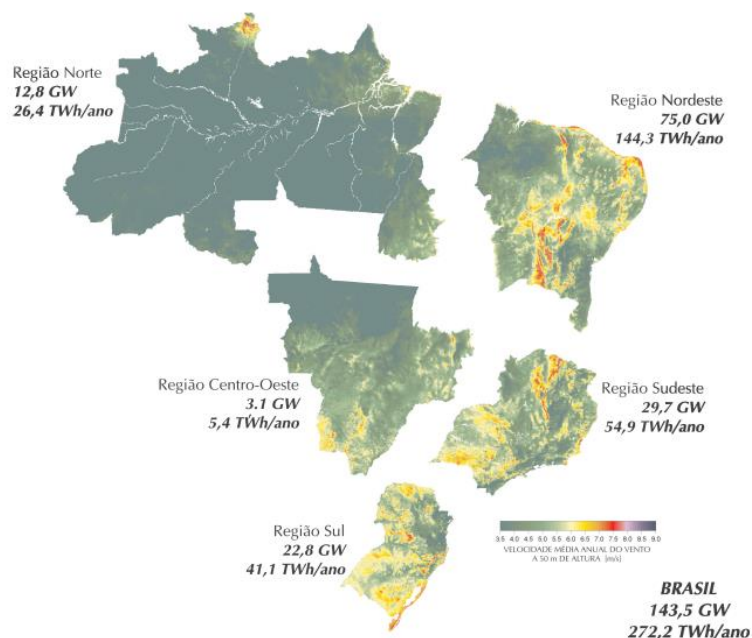
IV – Adoção de intervalos com incrementos de 0,5 m/s para as velocidades médias anuais de vento;

V – Adoção de um fator de disponibilidade de 0,98, considerado típico para usinas eólicas comerciais;

VI – Descarte das áreas cobertas por água (lagos, lagoas, rios, açudes e mar) da integração.

A figura 1 a seguir mostra o potencial do vento nas cinco regiões do país e as áreas mais propícias para geração de eletricidade.

Figura 1: Potencial eólico estimado para o Brasil



Fonte: Cepel, 2001.

Com o crescente mercado eólico brasileiro e o desenvolvimento de novas tecnologias de aerogeradores, o então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, através da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação e da Coordenadoria Geral de Tecnologias Setoriais, promoveu a iniciativa de atualizar o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, considerando diversas alturas e as novas tecnologias disponíveis no mercado. (Cepel, 2017).

O projeto contou com a parceria do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Foi utilizado o modelo numérico Brams (Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System) para estimar a velocidade e direção do vento em todo o país, para as alturas de 30, 50, 80, 100, 120, 150 e 200 metros. (Cepel, 2017).

O documento com a atualização do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro foi lançado em 2017, com simulações referentes ao ano de 2013. A ideia inicial do documento era realizar simulações dos anos de 2012 à 2015. Porém, tendo em vista a complexidade do projeto decorrente do uso inovador do modelo Brams, os problemas de ordem técnicas (que foram

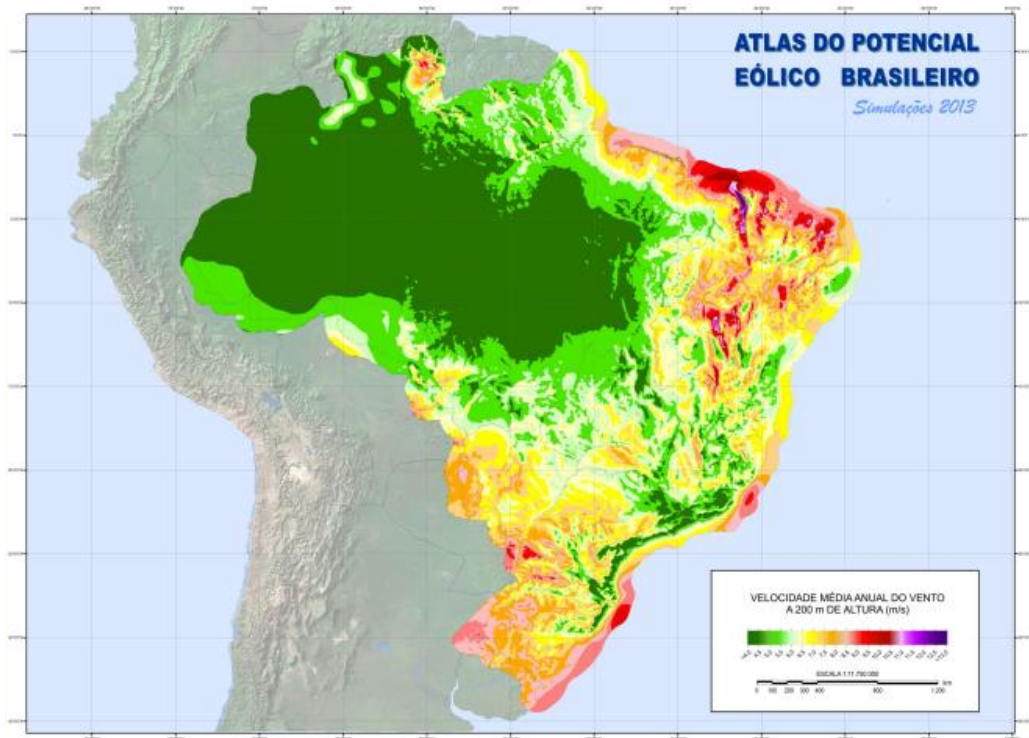
resolvidos ao longo de sua execução), e a data de encerramento do Convênio com a Finep (Financiadora de Estudos e Projetos), só foi possível realizar a simulação e o ajuste dos dados referentes ao ano de 2013. Além disso, o modelo Brams requer o uso intensivo de recursos computacionais. Uma vez que o supercomputador do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), assim como os profissionais que o operam, atendem diversas demandas, a disponibilidade para realizar as simulações destinadas à elaboração do Atlas Eólico é limitada, o que trouxe algumas restrições na velocidade de execução do trabalho. A partir do processamento de ajuste e consolidação dos resultados do modelo Brams em médias anuais do ano de 2013, foi possível a disponibilização dos seguintes mapas temáticos:

Figura 2: Velocidade média anual para a altura de 30 metros



Fonte: Cepel, 2017.

Figura 3: Velocidade média anual para a altura de 200 metros



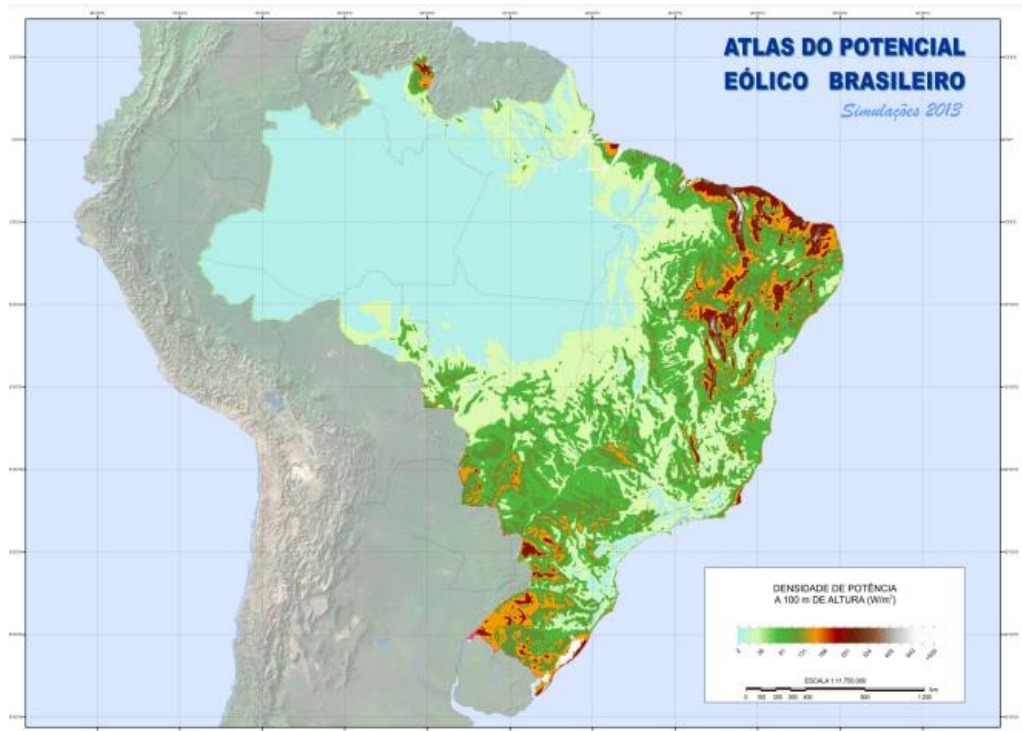
Fonte: Cepel, 2017.

Figura 4: Rosa dos ventos anual – frequências x direção



Fonte: Cepel, 2017.

Figura 5: Densidade de potência para a altura de 100 metros



Fonte: Cepel, 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a história da energia eólica no Brasil, o Atlas do Potencial Eólico lançado em 2001 estimou em 143GW a potência tecnicamente aproveitável do Brasil, sendo o Nordeste a região com maior aproveitamento de potencial eólico. De acordo com Simas e Pacca (2013), a flexibilidade de geração, os contratos de longo prazo de compra de energia pela Eletrobras a uma tarifa que refletisse os custos de capital, as condições de financiamento pelo BNDES de até 80% do projeto e o potencial eólico brasileiro, resultaram em um ambiente atrativo para investidores.

Já em 2009, com a entrada da energia eólica no mercado regulado de energia como parte da política de diversificação da matriz elétrica e de contratação prioritária de fontes renováveis, inclusive nos leilões de energia, resultou em um novo marco para a inserção desta tecnologia na matriz energética brasileira (Simas e Pacca, 2013). Desde então, a energia eólica vem se destacando nos leilões pelos preços competitivos, uso de tecnologias cada vez mais eficientes e a possibilidade de combinação com usinas hidrelétricas. Sobre este último, de acordo com Simas e Pacca (2013), a energia eólica possui uma vantagem em relação ao sistema elétrico brasileiro. Devido ao caráter intermitente das hidrelétricas, essa tecnologia deve ser compensada com usinas flexíveis (geralmente termelétricas), fazendo com que haja uma redução do potencial de diminuição de emissões de gases de efeito estufa dessa fonte. No entanto, no Brasil, devido ao seu sistema interligado, há a possibilidade de combinação das usinas eólicas e hidrelétricas, criando um sistema com maior confiabilidade, uma vez que a energia eólica pode ser estocada em reservatórios hidrelétricos, aumentando o fator de capacidade das hidrelétricas e dispensando a ativação das termelétricas.

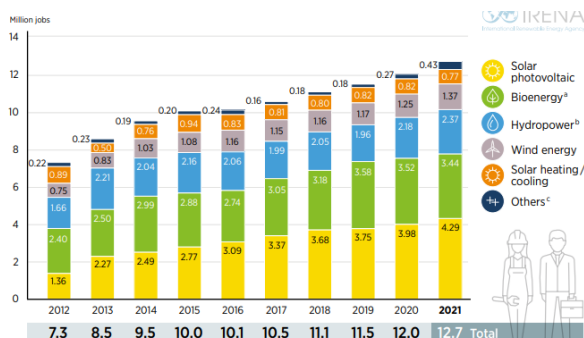
Além disso, a geração eólica no Brasil é maior no período de menor volume dos reservatórios, fazendo com que um sistema hidro-eólico seja capaz de suprir toda a demanda de energia elétrica futura do Brasil. Porém, desconsiderar o uso das termelétricas no Brasil não seria viável, uma vez que um número considerável de usinas já construídas seria desativado, fazendo com que estes espaços fossem inutilizados e que aumentasse o desemprego. O ideal para o cenário brasileiro neste momento, seria a criação de um sistema hidro-térmico-eólico eficiente, considerando contratos de energia mais favoráveis.

4.1 Geração de empregos provenientes da geração eólica

Em relação à geração de empregos causada pela expansão da energia eólica no Brasil, Simas e Pacca (2013) destacam que, com a introdução dessa fonte nos leilões de energia em 2009, a vinda de empresas internacionais e abertura de novas fábricas de aerogeradores no Brasil aumentaram de forma significativa, além de plantas de fabricação de componentes, como pás e torres eólicas, e de empresas de fornecimentos de consultoria e serviços. As empresas de aerogeradores presentes atualmente no Brasil são: Siemens Gamesa, GE, WEG, Wobben, Vestas e Nordex Acciona. Em relação à fabricação de componentes, a empresa brasileira Aeris se destaca.

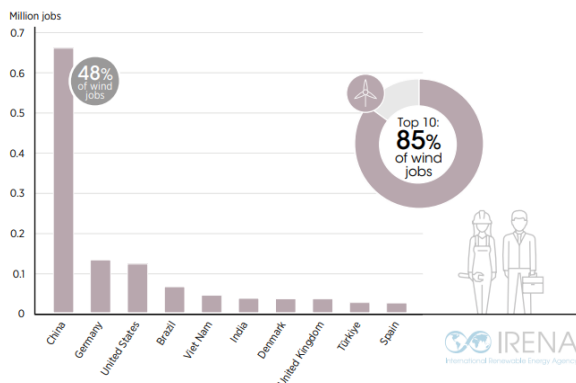
Os gráficos 6 e 7, a seguir, representam, respectivamente, a evolução do emprego global no setor de energia renovável por tecnologia nos anos de 2012 a 2021, e os 10 principais países com emprego no setor eólico em 2021.

Gráfico 6: Evolução do emprego global no setor de energia renovável por tecnologia nos anos de 2010 a 2021



Fonte: IRENA, 2022.

Gráfico 7: 10 principais países de emprego no setor eólico em 2021



Fonte: IRENA, 2022.

No primeiro gráfico, observa-se que o número de empregos no setor de energia eólica cresceu 82,67% de 2012 à 2021. Além disso, observa-se que o Brasil está entre os principais países que empregam no setor de energia eólica do mundo em 2021, sendo quase 100.000 empregados. Um estudo feito pela Global Wind Energy Council (GWEC, 2022), estimou que, entre 2022 e 2026, as instalações de energia eólica e seus processos de operação e manutenção durante a vida útil do projeto criariam cerca de 115.000 empregos diretos e indiretos em tempo integral no Brasil. (IRENA, 2022)

4.2 Geração total de energia eólica no Brasil

Os dados do gráfico 8 são referentes à geração total de energia eólica no Brasil nos últimos 13 anos (EPE, 2022b). Foram considerados os dados a partir de 2009, uma vez que é o ano em que a energia eólica esteve presente pela primeira vez em um leilão de energia no Brasil.

Gráfico 8: Geração total de energia eólica nos últimos 13 anos



Fonte: Elaborado a partir da EPE (vários anos).

No gráfico fica evidente o grande crescimento ocorrido entre os anos de 2013 à 2019. Isso se deu, de acordo com a EPE (2020), devido à estagnação da economia e consequente pequena variação da Oferta Interna de Energia, associada à expansão da oferta de energias renováveis (derivados da cana, eólica e biodiesel). Já entre os anos de 2019 à 2020, percebe-

se um menor crescimento da geração de energia eólica, podendo ser explicado pela incerteza e por revisões contínuas nas projeções econômicas causadas pela pandemia da COVID-19, sem perspectiva clara de qual seria a profundidade e a duração das crises de saúde, social e econômica instaladas. A partir de 2020, é possível perceber um novo crescimento na geração de energia eólica no Brasil, que atingiu 72TWh (crescimento de 26,7% em relação ao ano anterior). De acordo com a EPE, isso pode ser explicado devido à escassez de chuvas em 2021, que provocou uma diminuição do nível dos reservatórios das principais hidrelétricas do país e a consequente redução da oferta de hidreletricidade. Com isso, houve o aumento da oferta de outras fontes como, por exemplo, o carvão a vapor, o gás natural, a solar fotovoltaica e a eólica.

4.3 Resultado da participação eólica nos leilões de energia

Em relação aos leilões de energia, conforme tabela 6, pode-se observar o seguinte: resumo dos resultados obtidos em todos os anos em que a energia eólica esteve presente nos leilões; leilões cancelados e, ainda, dados não disponibilizados pela EPE. Porém, mesmo com a falta de alguns dados, percebe-se a importância e a representatividade da energia eólica nos leilões em que essa fonte esteve presente. A partir dos dados presentes na tabela 6, foram gerados os gráficos 9, 11, e 12, a seguir.

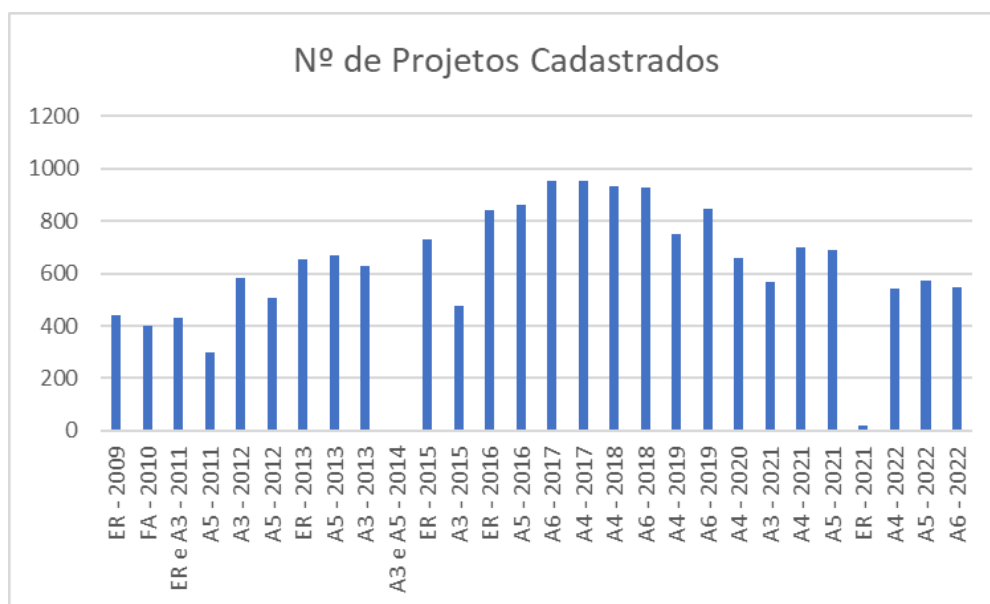
Tabela 6: Resumo dos resultados dos leilões em que a energia eólica esteve presente (2009 - 2022)

Ano do Leilão	Nome do Leilão	Tipo de Leilão	Nº de Projetos Cadastrados	Potência Cadastrada (em MW)	Nº de Estados Cadastrados	Potência Contratada (em MW)	Preço médio de venda	Nº de empreendimentos contratados
2009	Energia de Reserva	ER	441	13.341	11	1.805,7	R\$ 148,39/MWh	71
2010	Fontes Alternativas	FA	399	10.569	7	2.047,8	R\$ 130,86/MWh	70
2011	Energia de Reserva e Energia Nova	ER e A3	429	10.935	7	1928,8	R\$ 99,54/MWh	78
2011	Energia Nova	A5	296	7.486	8	976,5	R\$ 105,12/MWh	39
2012	Energia Nova	A3	583	14.260	8	CANCELADO		
2012	Energia Nova	A5	508	12.547	8	CANCELADO		
2013	Energia de Reserva	ER	655	16.040	9	1.505,2	R\$ 110,51/MWh	66
2013	Energia Nova	A5	670	16.420	9	Resultados não disponibilizados na fonte		
2013	Energia Nova	A3	629	15.042	8	867,6	R\$ 124,43/MWh	39
2014	Energia Nova	A3 e A5	Resultados não disponibilizados na fonte					
2015	Energia de Reserva	ER	730	17.964	9	Resultados não disponibilizados na fonte		
2015	Energia Nova	A3	475	11.476	8	Resultados não disponibilizados na fonte		
2016	Energia de Reserva	ER	841	21.760	11	CANCELADO		
2016	Energia Nova	A5	864	21.232	9	Resultados não disponibilizados na fonte		
2017	Energia Nova	A6	953	26.651	12	1.386,63	R\$ 98,58/MWh	49
2017	Energia Nova	A4	954	26.604	12	64	R\$ 108,00/MWh	2
2018	Energia Nova	A4	931	26.198	11	114	R\$ 67,60/MWh	4
2018	Energia Nova	A6	926	27.058	11	420,1	R\$ 90,45/MWh	48
2019	Energia Nova	A4	751	23.110	11	15,2	R\$ 79,99/MWh	3
2019	Energia Nova	A6	845	25.158	11	181,1	R\$ 99,88/MWh	44
2020	Energia Nova	A4	659	20.825	10	Resultados não disponibilizados na fonte		
2021	Energia Nova	A3	567	18.742	10	251,7	R\$ 136,18/MWh	23
2021	Energia Nova	A4	700	22.667	10	167,8	R\$ 150,70/MWh	10
2021	Energia Nova	A5	690	22.811	9	161,3	R\$ 160,40/MWh	11
2021	Energia de Reserva	ER	19	621	Resultado não disponibilizado na fonte	0	N/A	0
2022	Energia Nova	A4	542	21.432	11	183,09	R\$ 179,30/MWh	4
2022	Energia Nova	A5	574	23.156	10	115,29	R\$ 176,00/MWh	3
2022	Energia Nova	A6	545	21.590	10	Leilão realizado em Setembro/2022 - dados ainda não disponibilizados		

Fonte: Elaborado a partir da EPE (vários anos).

Ao total, foram realizados 28 leilões, que consistiram na contratação de, aproximadamente, 12191,80 MW.

Gráfico 9: Número de projetos cadastrados na EPE para participação nos leilões de energia

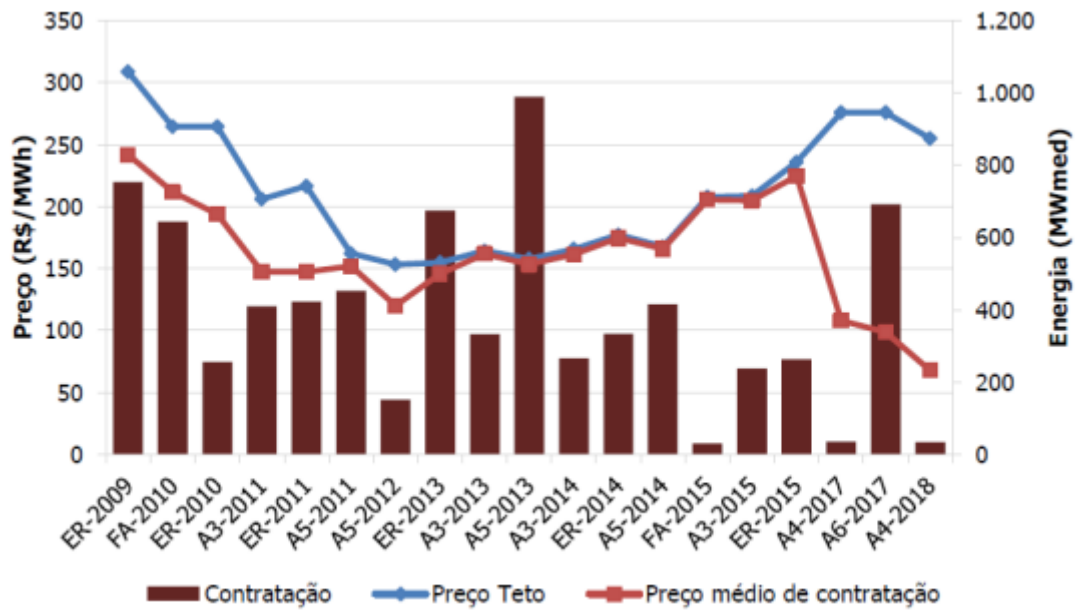


Fonte: Elaborado a partir da EPE (vários anos).

Conforme observado na Tabela 6, em 2009 ocorreu a primeira participação da energia eólica no ambiente regulado de contratação de energia elétrica. Neste leilão, foi acordado que a oferta de energia teria início em julho de 2012 e duração de 20 anos. Em geral, os contratos para oferta de energia eólica acordados em leilões possuem vigência de 15 ou 20 anos. Assim como este, o Leilão de Energia de Reserva de 2013 também era exclusivo para a contratação de energia a partir da fonte eólica. Em outros casos como, por exemplo, o Leilão de Energia Nova A-3 de 2013, houve a participação de outras fontes de energia (solar, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas). Porém, a geração através dos ventos era a mais competitiva, fazendo com que fossem contratados apenas projetos de energia eólica.

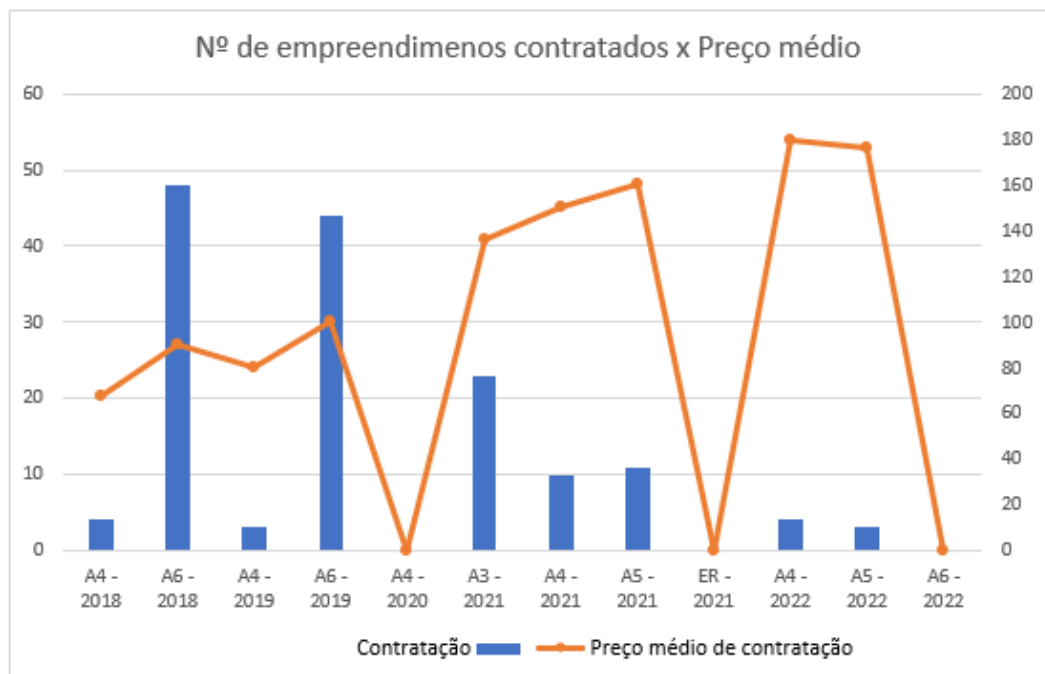
Além de 2009 e 2013, também ocorreram leilões de Energia de Reserva em 2012, 2015, 2016 e 2021. Percebe-se inclusive, que tais leilões obtiveram, ao longo dos anos, um número significativo de empreendimentos contratados da fonte eólica (Gráficos 10 e 11, a seguir).

Gráfico 10: Preço de contratação de empreendimentos eólicos nos leilões de energia do ACR e energia contratada (2009 - 2018)



Fonte: EPE, 2018.

Gráfico 11: Preço de contratação de empreendimentos eólicos nos leilões de energia do ACR e energia contratada (2018 - 2022)



Fonte: Elaborado a partir da EPE (vários anos).

É evidente, a partir dos gráficos 10 e 11, que os leilões do tipo Energia Nova A-4 tiveram um número menor de empreendimentos contratados. Em contrapartida, leilões do tipo Energia Nova A-6 apresentaram excelentes resultados ao longo dos anos. A partir da consolidação dos dados disponibilizados pela CCEE em julho de 2022, considerando todos os leilões em que a energia eólica esteve presente, é possível determinar que os estados que mais tiveram empreendimentos contratados foram Bahia, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Piauí e Ceará, respectivamente, conforme tabela 7. Ao analisar os mapas eólicos de 2013, fica evidente que os estados que mais tiveram empreendimentos contratados, também são os que possuem maior potencial eólico.

Tabela 7: Número de empreendimentos contratados no leilão por estado

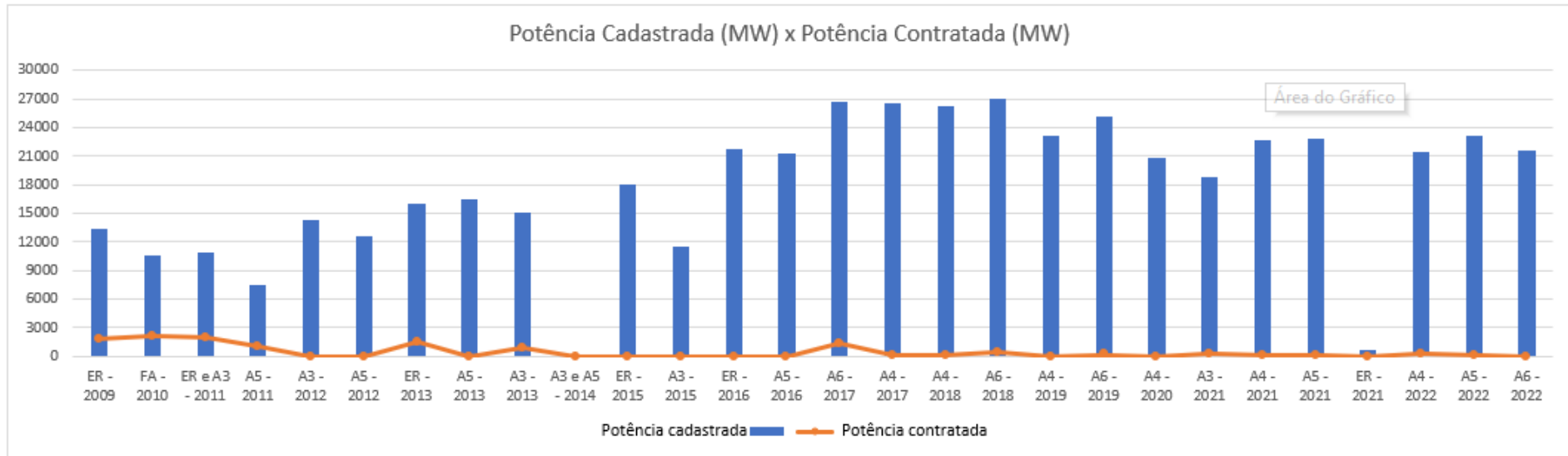
UF da usina	Número de empreendimentos
BA	3749
RN	3073
RS	1714
PI	1568
CE	1285
PE	719
MA	515
PB	399
SE	1

Fonte: Elaborado a partir da CCEE (vários anos).

Em relação aos maiores vendedores (fornecedores) de energia eólica, estão a ATLANTIC, CRNV&M e EGP SANTA ANGELA. Ao total, foram identificados 326 fornecedores de energia eólica, nos 28 leilões de energia analisados.

Outro ponto importante a ser observado é a diminuição dos custos de produção de energia eólica e aumento da competitividade do mercado. Isso refletiu diretamente nos preços da energia contratada nos leilões ao longo dos anos, que apresentaram uma queda entre os anos de 2009 à 2019, conforme demonstrado nos gráficos 10 e 11. De acordo com os dados da EPE, em alguns leilões em que outras fontes estavam presentes (térmicas, hidrelétricas e solar), é possível identificar que a energia eólica teve o menor preço de contratação, como foram os casos dos leilões de Fontes Alternativas de 2010, Energia de Reserva e Energia Nova A-3 de 2011, Energia Nova A-6 de 2017, Energia Nova A-4 e A-6 de 2018 e Energia Nova A-5 de 2021. No gráfico 12, a seguir, é possível perceber que, juntamente com os leilões exclusivamente para contratação de energia eólica, estes apresentaram uma maior potência contratada em relação à cadastrada.

Gráfico 12: Potência cadastrada (em MW) x Potência contratada (em MW) nos leilões de energia

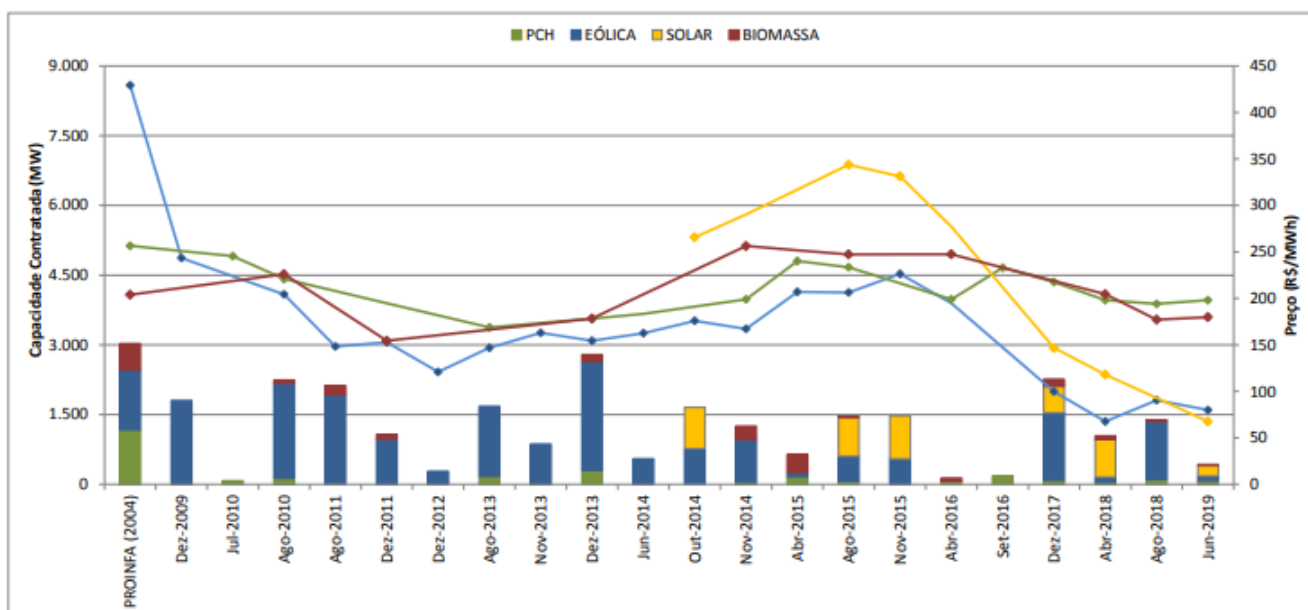


Fonte: Elaborado a partir da EPE (vários anos).

Um leilão que chama atenção em seus resultados é o Leilão de Reserva realizado em 2021, uma vez que, apesar de cadastrados, não foram contratados empreendimentos de energia eólica. De acordo com a EPE (2021), por se tratar de um procedimento competitivo simplificado, para participar deste certame era necessário ser um empreendimento novo e existente, que não tivesse entrada em operação comercial até a data de publicação do edital, além de que a energia proveniente da usina não fosse objeto de Contratos de Venda de Energia, registrados na CCEE, vigentes durante o período de suprimento previsto no edital (01/05/2022 até 31/12/2025); e não ter sido negociada em Leilões regulados com período de suprimento coincidente com o previsto no edital. Este leilão foi marcado pelos altos preços das energias contratadas, sendo o preço médio da fotovoltaica R\$343,00, termelétrica a biomassa R\$345,20 e termelétrica a gás natural R\$1.599,60.

Apesar de muitas vezes a energia eólica possuir o menor preço médio de contratação nos leilões, conforme gráfico 13 e tabela 8, a seguir, a partir de 2019 fica evidente o crescimento do seu preço. Além disso, a fonte solar fotovoltaica ganhou espaço com preços competitivos cada vez menores e a hidráulica permaneceu com preços altos, podendo ser um fator desestimulador para novos investimentos eólicos, uma vez que estes precisarão disponibilizar energia a preços cada vez mais baixos.

Gráfico 13: Evolução dos preços das fontes nos leilões (2009 - 2019)



Fonte: EPE, 2019.

Tabela 8: Evolução dos preços das fontes nos leilões (2021-2022)

	A3 - 2021	A4-2021	A5-2021	A4-2022	A5-2022
Eólica	R\$ 136,18	R\$ 150,70	R\$ 160,40	R\$ 179,30	R\$ 176,00
Solar fotovoltaica	R\$ 122,96	R\$ 136,31	R\$ 166,90	R\$ 178,24	R\$ 171,51
Termelétrica	R\$ 175,60	R\$ 196,00	R\$ 271,30	R\$ 314,93	R\$ 211,65
Hidrelétrica	R\$ 219,00	R\$ 207,22	R\$ 174,30	R\$ 281,87	R\$ 277,99

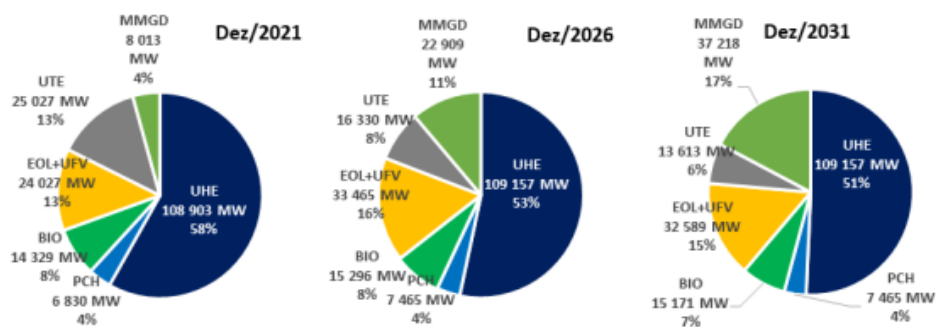
Fonte: Elaborado a partir de EPE (vários anos).

4.4 Planos energéticos atuais e cenários futuros para o uso da energia eólica no Brasil

Atualmente, há dois grandes planos energéticos no Brasil: o PNE (Plano Nacional de Energia), de longo prazo, e o PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia), de médio prazo. Considerando o cenário atual de incertezas quanto ao uso das energias, principalmente em relação às mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos (fazendo com que fontes alternativas fossem exploradas), o estudo de um relatório atual e de médio prazo surta um efeito mais próximo da realidade. Com isso, o foco deste trabalho será no PDE 2031, desenvolvido pelo MME em 2022.

O relatório aponta que foram usados dois exercícios de expansão: o “Rodada Livre” – que considera somente as decisões de modelo matemático a partir de seus dados de entrada – e a Expansão de Referência – que considera as diretrizes de política energética. A primeira trouxe como resultado a tendência da predominância das fontes eólica e solar fotovoltaica para o atendimento de energia, com a complementação de usinas termelétricas sem geração compulsória. Já a segunda aponta para uma substituição de parte desta oferta por usinas termelétricas com geração compulsória. O gráfico 16 mostra a variação da capacidade existente e contratada do SIN esperada ao longo dos anos de 2026 e 2031.

Gráfico 14: Evolução da Capacidade Instalada Existente e Contratada do SIN

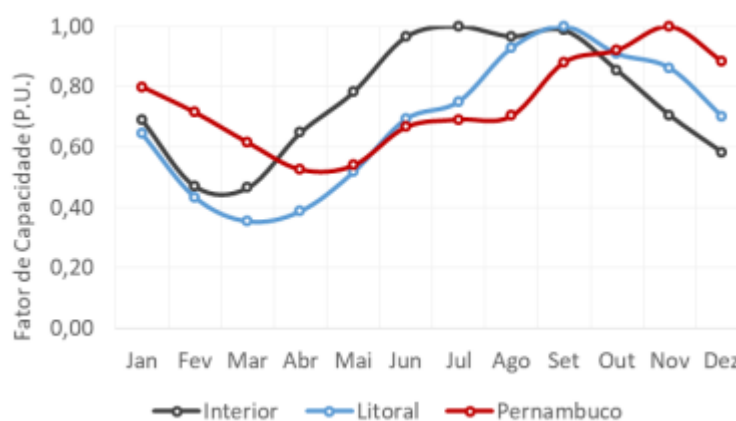


Fonte: MME; EPE, 2022.

Nele é possível perceber o aumento da Micro e Minigeração Distribuída e a relevância das fontes eólica e solar fotovoltaica que, juntas, crescem aproximadamente 9GW de dezembro de 2021 até o final de 2031. O relatório aponta que as fontes eólica e solar fotovoltaica têm se mostrado muito competitivas economicamente, em relação às demais tecnologias candidatas à expansão de energia (sendo as fontes renováveis as que mais possuem potencial). Porém, ampliar essa participação na oferta de energia de forma maciça traz desafios como, por exemplo, a expansão de potência complementar, devido ao seu caráter limitado para o atendimento aos requisitos de potência. Outro desafio está relacionado à diferença de prazos entre construção de usinas renováveis de menor porte (até 3 anos) e de linhas de transmissão (aproximadamente 5 anos), dificultando a adequada coordenação da expansão dos sistemas de geração e transmissão. Para mitigar esse problema, desde 2013 a EPE vem desenvolvendo os intitulados “Estudos Proativos de Transmissão”, que têm o objetivo de antecipar o planejamento e dimensionamento do escoamento da geração previamente detectada.

Em relação à complementariedade da energia eólica com as hidrelétricas no Brasil, o relatório apresenta o seguinte gráfico, demonstrando que os ventos são mais fortes durante o período seco do ano.

Gráfico 15: Sazonalidade das Usinas Eólicas no Nordeste nos meses do ano



Fonte: MME; EPE, 2022.

4 CONCLUSÃO

A busca pela expansão do uso de fontes renováveis para geração de energia cresce em todo o mundo, uma vez que a preocupação com os problemas ambientais e com as mudanças climáticas ganham espaço na sociedade. A partir disso, esse trabalho mostrou que a energia eólica é uma importante fonte para amenizar esses impactos, além de trazer diversificação para a matriz energética brasileira a partir de uma fonte limpa. Também foi possível observar que o Brasil possui grande potencial para expansão desta fonte, uma vez que os ventos são favoráveis e o preço é competitivo.

Ao analisar o crescimento acelerado da energia eólica na matriz energética brasileira, é evidente a importância de sua inserção nos leilões de energia. Como observado, em grande parte dos leilões em que esteve presente, a eólica alcançava preços mais baixos do que as outras renováveis ofertadas, fazendo com que houvesse uma preferência dessa fonte. O seu baixo custo pode ser explicado pelo investimento desse setor no Brasil, com a vinda de fábricas de aerogeradores e produção de peças.

Os leilões de energia resultaram na contratação de, aproximadamente, 12191,80 MW, sendo os leilões de Energia Nova A-4 os com menor número de empreendimentos contratados, enquanto os leilões do tipo Energia Nova A-6 apresentaram excelentes resultados ao longo dos anos, juntamente com os leilões de Reserva e Fontes Alternativas.

Outro ponto importante desse crescimento é o potencial eólico brasileiro, com destaque para a região Nordeste, tornando possível a complementariedade do sistema elétrico brasileiro, uma vez que os ventos são mais fortes em épocas de baixa dos reservatórios hidrelétricos. Isso também explica o grande número de empreendimentos contratados pelos leilões nessa região.

Com tantas vantagens, a previsão para este setor no Brasil é de crescente expansão. Espera-se que até 2031 a energia eólica alcance 114 TWh de geração de eletricidade, quase o dobro do valor atual (67 TWh). Porém, para que isso seja possível, uma atenção deve ser dada aos desafios que a expansão traz para o país, como o investimento e prazos de construção para novas linhas de transmissão. A hibridização da fonte eólica com outras renováveis vêm como uma das alternativas para solucionar este problema, aumentando, inclusive, a diversificação da matriz energética brasileira.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Geração Distribuída. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Mercado. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/mercado>. Acesso em: 18 de novembro de 2022.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Tipos de leilões. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/tipos_leiloes_n_logado?_afzLoop=165669084068333&_adf.ctrl-state=5qp693n8k_34#!%40%40%3F_afzLoop%3D165669084068333%26_adf.ctrl-state%3D5qp693n8k_38. Acesso em: 27 de junho de 2021.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas%20do%20potencial%20eolico%20brasileiro.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2022.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro – Simulações 2013. Disponível em: http://novoatlas.cepel.br/wp-content/uploads/2017/03/NovoAtlasdoPotencialEolico_BrasileiroSIM_2013.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2022.

ELETROBRÁS. Proinfa. Disponível em: <https://eletrobras.com/en/Paginas/Proinfa.aspx>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022(a). Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 14 de setembro de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2022 (b) – Ano base 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Covid-19 – Impactos nos mercados de energia no Brasil: 1º semestre de 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-covid-19-impactos-nos-mercados-de-energia-no-brasil-1-semester-de-2020>. Acesso em: 19 de outubro de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Leilões. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes>. Acesso em: 27 de junho de 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Mudanças Climáticas e Transição Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/clima-e-energia>. Acesso em: 12 de outubro de 2022 (c).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/pdgd/>. Acesso em: 23 de outubro de 2022 (d).

GOLDEMBERG, J.; PALETTA, F. C.. Energias Renováveis. São Paulo: Blucher, 2012. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/177697/pdf/0?code=MbgQO/VdK1W/OSQD3uKQHKffxoQBvYSFwbcOkQkxEBPEjb9YbhO+zVyM/MLM+4XiwwwLm0VA7bif4/w1f+CGyw==>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Energy Statistics Data Browser. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data->

browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel. Acesso em: 14 de setembro de 2022.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2022. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2022/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2022>. Acesso em: 16 de outubro de 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica PR 07/18 - Premissas e Custos da Oferta de Energia Elétrica no horizonte 2050. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-456/NT%20PR%200007-2018%20Premissas%20e%20Custos%20Oferta%20de%20Energia%20El%C3%A9trica.pdf>. Acesso em: 08 de setembro de 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>. Acesso em: 28 de outubro de 2022.

PEROVANO, D. G.. Manual de Metodologia da Pesquisa Científica. Curitiba: InterSaberes, 2016. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/37394/pdf/0?code=I4rDbvT3DaXS9qYEU1UqLQt4DmQrmqojB+Fe0nFyubD5BXDJGldjGFMLsuudh1d+8BeTFWLdOSz1nmWBS17OA==>. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

PINTO, M. O.. Fundamentos de Energia Eólica. Rio de Janeiro: LTC, Grupo GEN, 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2193-5/cfi/0!/4/4@0.00:0.00>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

PIRES, José Cláudio Linhares. O Processo de Reformas do Setor Elétrico Brasileiro. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 6, n. 12, p. 137-168, dez. 1999. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11556/1/RB%2012%20O%20Processo%20de%20Reformas%20do%20Setor%20El%c3%a9trico%20Brasileiro_P_BD.pdf. Acesso em: 15 de outubro de 2022.

REIS, L. B.. Geração de Energia Elétrica. 2. ed. Barueri: Editora Manole Ltda., 2011. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520443088/cfi/0!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

SIMAS, M.; PACCA, S.. Energia Eólica, Geração de Empregos e Desenvolvimento Sustentável. Estudos Avançados [online]. 2013, v. 27, n. 77, pp. 99-116. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100008>>. Epub 11 Abr 2013. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100008>. Acesso em: 16 de outubro de 2022.

WALDIS, Alida. Avaliação das reformas recentes no setor elétrico brasileiro e sua relação com o desenvolvimento do mercado livre de energia. Orientador: Edson Daniel Lopes Gonçalves. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Finanças e Economia Empresarial, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2018-10/17_avaliacao_das_reformas_recentes_no_setor_eletrico_brasileiro.pdf. Acesso em: 15 de outubro de 2022.