

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE FRANCISCO BELTRÃO-PR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - DOUTORADO

MAKERLI GALVAN ZANELLA

DINÂMICA GEOECONÔMICA DA CADEIA DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

FRANCISCO BELTRÃO

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE FRANCISCO BELTRÃO-PR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - DOUTORADO

MAKERLI GALVAN ZANELLA

DINÂMICA GEOECONÔMICA DA CADEIA DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - Doutorado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) *Campus* de Francisco Beltrão, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando dos Santos Sampaio

FRANCISCO BELTRÃO

2021

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Zd Zanella, Makerli Galvan
 Dinâmica geoeconômica da cadeia de energia eólica
no Brasil / Makerli Galvan Zanella; orientador
Fernando dos Santos Sampaio. -- Francisco Beltrão,
2021.
 256 p.

 Tese (Campus de Francisco Beltrão) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de
Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em
Geografia, 2021.

 1. Energia eólica. 2. Investimento. 3. Cadeia
produtiva. 4. Tecnologia. I. Sampaio, Fernando dos
Santos, orient. II. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Francisco Beltrão

Rua Maringá, 1200 – Bairro Vila Nova

Fone (046) 3520-4845 – CEP.: 85605-010 – Francisco Beltrão – PR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – MESTRADO/DOCTORADO



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

TERMO DE APROVAÇÃO

MAKERLI GALVAN ZANELLA

TÍTULO DO TRABALHO: A DINÂMICA GEOECONÔMICA DA CADEIA DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

TESE apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, Mestrado e Doutorado, Área de Concentração: Produção do Espaço e Meio Ambiente, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Francisco Beltrão, julgada adequada e aprovada, em sua versão final, pela Comissão Examinadora, que concede o Título de Doutora em Geografia a autora.

COMISSÃO EXAMINADORA

Fernando dos Santos Sampaio – Orientador

Marlon Clovis Medeiros
UNIOESTE/ Francisco Beltrão

Ricardo Carvalho Leme
UNIOESTE/ Francisco Beltrão

Carlos José Espindola
UFSC

Elias Marco Khalil Jabbour
UERJ

Francisco Beltrão, 02 de julho de 2021

A Deus, orientador da minha vida. Meus pais, exemplos de superação. Marido e filhos, minha eterna paixão.

AGRADECIMENTOS

Desenvolver uma tese é abrir mão de muitos momentos para dedicar-se ao tema, é viver um cenário cheio de possibilidades, indecisão que intercala-se com conhecimento e descoberta, é um longo trajeto repleto de obstáculos, em que mira-se à conquista, e essa jornada não teria sido alcançada sem a participação de pessoas e instituições, a qual expresso meu agradecimento.

A Deus, por me guiar, me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

À minha família: pai, mãe, irmãos, por me motivarem; minha sogra e cunhada, por muitas vezes cuidarem do meu filho para que eu pudesse dedicar-me ao trabalho.

À meu esposo, Douglas, pelo apoio incondicional, paciência, momentos de stress e compreensão, obrigada pelo apoio constante nas grandes e pequenas coisas. Ao meu filho, Nicolas, por muitas vezes entender que não poderia brincar com a mamãe para ela poder estudar, que este exemplo siga para sua formação.

Ao meu professor orientador, Dr^o. Fernando dos Santos Sampaio, pelo conhecimento, tempo, paciência, correções, por ser não apenas um orientador, mas uma pessoa muito humana, acessível, solícita, saliento seu apoio, suas críticas construtivas, as discussões e reflexões que foram fundamentais ao longo de todo o percurso.

À meus amigos e colegas de trabalho da Utfpr, em especial da Cp4, por serem pessoas tão animadas e me incentivarem no processo, destaco a prof. Dr^a Maristela, minha amiga, a qual foi umas das maiores incentivadoras para ingressar nesta jornada.

À meus amigos doutorandos em especial cito estes, mas representando a todos, Andressa, Anderson, Aline, Alessandro, Tainara, por vezes me socorrerem nos momentos de estudo, de escrita de artigo e de tensão, no decorrer desta jornada.

Aos professores doutores das disciplinas de doutorado cursadas: Fernando dos

Santos Sampaio, Marlon Clovis Medeiros, Marli Terezinha Szumilo Schlosser, Cláudia Heloiza Conte, Júlio Paisani, Carlos José Espíndola, pela formação de conhecimento propiciada.

Aos professores que participaram da banca de qualificação: Fernando dos Santos Sampaio, Ricardo Carvalho Leme e Carlos José Espíndola, pelos apontamentos, discussões e reflexões que foram fundamentais para a concretização da investigação.

Agradeço ainda às pessoas nas empresas/instituições pesquisadas que, abrindo espaço, dispuseram-se a responder ao questionário, todas foram determinantes para este estudo.

Agradeço a banca de defesa por aceitarem o convite para debatermos este trabalho, por terem contribuído com apontamentos que enriqueceram esta tese, os professores doutores: Ricardo Carvalho Leme, Carlos José Espíndola, Marlon Clovis Medeiros, Elias Marco Khalil Jabbour e novamente meu orientador Fernando dos Santos Sampaio.

A todos sou eternamente grata por todo o apoio!

"...a energia deve estar a serviço do homem. Não deve de forma alguma ameaçar o seu futuro".

EDWARD BONNEFOUS

ZANELLA, Makerli Galvan. **Dinâmica geoeconômica da cadeia de energia eólica no Brasil**. 2021. 255 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

RESUMO

A energia eólica é uma das fontes renováveis que apresenta grande vantagem na geração de energia, porém seu uso na geração de energia elétrica ainda é complementar e tem sido amplamente difundido com projeções de crescimento ainda mais significativas para os próximos anos. Este estudo visa testar o Brasil no cenário atual, verificando se o mesmo apresenta possibilidade e tem todas as condições necessárias (tecnologia, investimentos, marco regulatório) para a produção em larga escala de energia baseada em fonte eólica, com empresas de aerogeradores Brasileiras sendo competitivas no mercado nacional diante de empresas atuantes internacionais. Para tanto é utilizada a “pesquisa, análise histórica e análise de dados primários e secundários” com abordagem sistêmica, visita técnica em usina eólica in loco, eventos do setor e aplicação de questionário, sistema fundamental para o alcance do objetivo. Foram verificados documentos de diferentes organizações nacionais e internacionais de diversos autores, sistematizados os dados obtidos nos questionários, a fim de entender a dinâmica produtiva da cadeia de energia eólica. A partir do referencial teórico metodológico estabelecido, a discussão aponta que o Brasil, apesar de possuir todas as condições ambientais e geográficas disponíveis, bem como ter grande potencial gerador de energia eólica, ainda apresenta imaturidade para soluções tecnológica e enfrenta dificuldade de investimento. A melhoria nesses dois itens alavancaria ainda mais o desenvolvimento do setor no mercado nacional e traria maior destaque internacional.

Palavras-chave: Fontes renováveis. Energia eólica. Investimento. Cadeia produtiva. Tecnologia.

ZANELLA, Makerli. Galvan. **Geoeconomic dynamics of the energy and wind chain in Brazil**. 2021. 255 p. Dissertation (Doctorate in Geography) – Graduate Program in Geography, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

ABSTRACT

Wind power is one of the renewable energy sources that presents advantages in energy production, but its use in electrical power production is still only complementary and has been widely disseminated with growth projections even more significant for next few years. This study aims to test Brazil on its actual scenery, verifying if it presents the possibility and has all the needed conditions (technology, budget, regulatory mark) for a large-scale production of energy based on wind power, within Brazilian aerogenerators companies being in a national market competition before working international companies. For that we used “research, historical analysis and first and second data base analysis” within systemic approach, technical visits at wind power stations in loco, industry events and tests applications, a fundamental system to reach the major goal. Documents from different national organizations and international authors have been verified, systemized the data from the tests to understand the productive wind power chain. From the theoretical methodology reference the discussions that point Brazil, even if there are all the environmental and geographical conditions available, such as having great wind power potential, it has problems presenting technological solutions and budget difficulties. The improvement on both aspects would promote the industry’s development in the national market and would also bring a bigger international spotlight.

Keywords: renewable sources. Wind power. Budget. Productive chain. Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Investimento global em energias renováveis, 2008-2018	57
Figura 2 - Componentes de aerogerador de eixo horizontal.....	104
Figura 3 - Principais componentes do aerogerador.....	105
Figura 4 - Cadeia Produtiva do aerogerador	111
Figura 5 - Cadeia de bens e serviços da indústria eólica e segmentos.....	112
Figura 6 - Aparato institucional histórico, impulsionar da energia elétrica nacional até 1980	127
Figura 7 - Síntese esquemática da estruturação do processo de formação à execução do Leilão.....	171
Figura 8 - Processo econômico do mercado de eletricidade nacional	179
Figura 9 - Energia da geração ao consumo, aspecto físico.....	180
Figura 10 - Estrutura comercial da energia	181
Figura 11 - Complexos Eólicos instalados no Brasil e potencial energético por Estados até 2019.....	189
Figura 12 - Complexo Eólico Palmas-PR	190
Figura 13 - Ecoenergy 2019	194

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Capacidade global de geração de energia, por fonte, 2008-2018	45
Gráfico 2 - Capacidade instalada global de energias renováveis.....	46
Gráfico 3 - Capacidade instalada global de energia solar e eólica	47
Gráfico 4 - Capacidade de Energia Renovável, por Tecnologia e Total, 2012-2018 no mundo.....	48
Gráfico 5 - Investimento global em energias renováveis solar e eólica	53
Gráfico 6 - Investimento global em energia renovável em países desenvolvidos, emergentes e em desenvolvimento, 2008-2018.....	54
Gráfico 7 - Investimento global em energia renovável por tecnologia em países desenvolvidos, emergentes e em desenvolvimento em 2018	60
Gráfico 8 - Fluxos de Financiamento em Energia Renovável.....	62
Gráfico 9 - Novos Financiamento de ativos em energia eólica na Europa 2010-2019 ..	65
Gráfico 10 - Capacidade total instalada de energia eólica na Europa	66
Gráfico 11 - Número de registros de patentes no mundo de Energia eólica 2015-2021	101
Gráfico 12- Evolução do sistema elétrico brasileiro de hidroeletricidade 1930-1980 ...	125
Gráfico 13 - Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)	161
Gráfico 14 - Tarifas médias por classe de consumo (R\$/MWh)	162
Gráfico 15 - Tarifas médias por região (R\$/MWh).....	163
Gráfico 16 - Geração de energia eólica no Brasil - GWh.....	166
Gráfico 17 - Capacidade instalada de geração elétrica de energia eólica no Brasil - MW.....	167
Gráfico 18- Resultado de preços do Leilão de Energia A-4.....	172
Gráfico 19 - Resultado de preços do Leilão de Energia A-6.....	173
Gráfico 20 - Comparativo de preços das fontes de energia nos Leilões A-4 e A-6 .	174
Gráfico 21 - Evolução da capacidade instalada (MW) em função das contratações realizadas.....	175

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Clasificação das fontes de energia.....	41
Quadro 2 - Os maiores aerogeradores do mundo.....	89
Quadro 3 - Tansições energéticas pela literatura acadêmica.....	94
Quadro 4 - Patentes concedidas pelo INPI 2015-2021 no Brasil - Energia Eólica....	99
Quadro 5 - Fases e processos do Próalcool	132
Quadro 6 - Principais estatais energéticas privatizadas entre 1995 - 2016.....	143
Quadro 7 - Estruturação da energia elétrica no período de 2003-2016.....	156
Quadro 8 - Objetivos da primeira e segunda fase de liberalização da energia elétrica.....	157
Quadro 9 - Periodização e características da energia elétrica no Brasil de 1930 até 2019	159
Quadro 10 - Leilões de Energia.....	169
Quadro 11 - Leilões de Transmissão.....	170
Quadro 12 - Ambiente de Contratação.....	176
Quadro 13 - Empresas atuantes no mercado de energia eólica do Brasil.....	182
Quadro 14 - Regiões e usinas eólicas por submercado.....	187

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABEEÓLICA - Associação Brasileira de Energia Eólica

ACE - Administradora da Contratação de Energia

ACL - Ambiente de Contratação Livre

ACR - Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

AMP - Acompanhamento de Mercado Padronizado

ANP - Agência Nacional do Petróleo

BIRD - Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento

BNDE - Banco Nacional para Desenvolvimento Econômico

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BNEF - Bloomberg New Energy Finance

BP - British Petroleum

CEA - Companhia de eletricidade do Amapá

CEAL - Companhia Energética de Alagoas

CEEE - Criação da Comissão Estadual de Energia Elétrica

CEB - Companhia Energética de Brasília

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.

CELG - Companhia Energética de Goiás

CEMAR - Companhia Energética do Maranhão S.A

CEMAT - Energisa Mato Grosso

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais S.A

CEP - Complexo Eólico Palmas

CEP II - Complexo Eólico Palmas II

CEPAL - Comissão Económica para a América Latina

CEPISA - Companhia Energética do Piauí

CERON - Centrais Elétricas de Rondônia

CIM - Comitê de Implementação da Modernização do Setor Elétrico

CIMPU - Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí

COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia

CO2 - Dióxido de carbono

COPEL - Companhia Paranaense de Energia

CONESP - Comissão de Nacionalização das Empresas Concessionárias de Serviços Públicos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COP21 - Conferência do Clima da ONU

COVID-19 - Coronavirus

CCEAR- Contratos de Comercialização de Energia Elétrica em Ambiente Regulado

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CCPE - Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétrico

CGH - Central geradora hidrelétrica

CHESF - Companhia hidroelétrica do São Francisco

CMSE - Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CNAEE - Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica

CNE - Criação do Conselho Nacional de Economia

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CSN - Companhia Siderúrgica Nacional

CNEREC - Centro nacional de energia renovável da china

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EU - União Européia

EUA - Estados Unidos da América

EFE - Empresa Fluminense de Energia Elétrica

ENERGIPE - Energética de Sergipe S/A

EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

ESCELSA - Espírito Santo Centrais Elétricas S. A.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ER - Energia renovável

€ - Euro

FLEX-FUEL - Veículo de combustível duplo

FID - Decisão Final de Investimento

FHC - Fernando Henrique Cardoso

FMI - Fundo Monetário Internacional

GEE'S - Gases do Efeito Estufa

GCOI - Grupo Coordenador para a Operação Interligada

GCPS - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos

GJ - Gigajoules

GW - Gigawatt

GWE - Global Wind Energy

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IDE - Investimento Direto Estrangeiro

IEA - International Energy Agency

IBDF - Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

INDCS - Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

IPI - Imposto sobre os Produtos Industrializados

IRENA - International Renewable Energy Agency

LCDI - Desenvolvimento de Baixo Carbono

KWH - Quilowatt-hora

MAE - Mercado Atacadista de Energia

MME - Ministério de Minas e Energia

MW - Megawatt

NASA - National Aeronautics and Space Agency

NFRs - Novas tecnologias de energia

ONU - Organização das Nações Unidas

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

OPEP - Organização de países exportadores de petróleo

OFFSHORE - Parques Eólicos construídos no Mar

ONSHORE - Parques Eólicos construídos em Terra

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PATN - Programa Nuclear Autônomo

PLD- Preço de Liquidação das Diferenças (PLD)

PIN - Plano de Integração Nacional

PCHs - Pequenas centrais hidrelétricas

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PNA - Programa Nacional do Álcool

PNE - Plano Nacional de Eletrificação

PNER - Programa Nacional de Eletrificação Rural

PNP- Plano de Nacionalização Progressiva

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PND - Plano Nacional de Desenvolvimento

II PND - II Plano Nacional de Desenvolvimento

PROÁLCOOL - Programa Nacional do Álcool

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas

PROEÓLICA - Programa Emergencial de Energia Eólica

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PIB - Produto Interno Bruto

PRONAFE - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

PRONAR - Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar

PT - Partido dos Trabalhadores

PV - Solar fotovoltaica

SAMP - Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado para Regulação Econômica

SISNAMA - Sistema Nacional do meio Ambiente

RE 100 - 100% de Energia Renovável

REN 21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century

REMAC - Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira

REVISE - Revisão Institucional do Setor Elétrico

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

REIDI - Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura

SAD - Sistema de Apoio à Decisão

SAMP - Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado para Regulação Econômica

SIN - Sistema Interligado Nacional

UK - United Kingdom

US - Federal Reserve - Reserva Federal dos Estados Unidos

US\$ - Dólar

TIR - Taxa Interna de Retorno

TON - Tonelada

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 1 - GÊNESE E EVOLUÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS	31
1.1 Panorama geral das energias renováveis na sociedade contemporânea	31
1.2 Energias Renováveis: cenário mundial.....	39
1.3 Investimento e desenvolvimento das fontes alternativas	52
1.4 Geopolítica das energias: eólico e solar fotovoltaico mundial.....	67
Conclusões do capítulo 1.....	75
CAPÍTULO 2 – AMBIENTE TECNOLÓGICO DA ENERGIA EÓLICA	78
2.1 Difusão tecnológica da geração de energia eólica: um novo paradigma	78
2.2 Trajetórias tecnológicas da energia eólica.....	86
2.3 Cadeia produtiva e tecnologia do aerogerador (onshore).....	103
Conclusões do capítulo 2.....	113
CAPÍTULO 3 – BRASIL: DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO E CADEIA PRODUTIVA	115
3.1 Energias renováveis: cenário brasileiro até 2019	115
3.2 Características de mercado das energias alternativas.....	160
3.3 Gargalos produtivos da cadeia produtiva da energia eólica no Brasil.....	195
Conclusões do capítulo 3.....	209
CONSIDERAÇÕES FINAIS	211
REFERÊNCIAS	217
APÊNDICE 1 - Questionário: Cadeia econômica e produtiva da energia eólica	244

INTRODUÇÃO

A mudança global perpassa por uma transição energética, é fato que o capitalismo industrial tem influência sobre esta, do carvão passou para o petróleo, que logo tornou-se matriz energética de muitos países. O petróleo como fonte energética fundamental na atualidade tornou-se de enorme importância geopolítica, despertando, nos governos, estruturas e agências específicas de articulação entre o Estado, seu comando estratégico e as grandes empresas petrolíferas privadas (FIORI, 2020a).

Atualmente o cenário vem transferindo as fontes energéticas para as energias renováveis, provocada pela universalização do sistema interestatal capitalista, pela ascensão vertiginosa da China e da Índia.

Hoje, do ponto de vista energético, quando se olha para o planejamento estratégico das grandes potências que estão situadas no epicentro da competição geopolítica mundial, o que se observa não é uma preocupação imediata com a exaustão dos recursos fósseis, mas com os custos crescentes das ações para garantir o acesso de cada uma delas a suas reservas dispersas pelo mundo (FIORI, 2020a).

A inclusão de fontes renováveis na matriz energética dos países cresce gradativamente possibilitando a abertura de oportunidades, diversos mercados foram afetados nessa cadeia produtiva, seja no campo social, econômico, cultural, político, ambiental e tecnológico, diferentes sistemas energéticos compreendem reorganizar novos fluxos, caixas e procedimentos.

Globalmente, os recursos naturais para geração de energia que a terra oferece em partes são renováveis; advindos da geração da força dos ventos (energia eólica), pela estrela principal do sistema solar, Sol (energia solar fotovoltaica), pelo potencial de uma massa de água (energia hidráulica ou hídrica), de toda matéria orgânica de origem vegetal ou animal (biomassa), pelo calor proveniente do interior da Terra (energia geotermal ou geotérmica) e por fim a geração de energia que se dá por meio do movimento das marés, pela cinética das correntes e pelo potencial de diferença de altura entre as marés alta e baixa (energia das marés ou maremotriz).

A outra modalidade energética se destina as fontes não renováveis (fósseis); apresentada pela rocha sedimentar de cor preta ou marrom, dura, que pode ser considerada metamófica, devido à exposição à temperatura e pressão elevada

(carvão mineral), ou pelo acúmulo de material orgânico sob condições específicas de pressão e isolamento em camadas do subsolo de bacias sedimentares, sofrendo transformações por milhares de anos (petróleo) e por fim pela substância composta por hidrocarbonetos que permanecem em estado gasoso nas condições atmosféricas normais (gás natural), a partir dessas fontes debates ocorrem sobre a possibilidade de exaustão a longo prazo.

As discrepâncias entre as nações são fortes e a maioria da matriz energética dos países tem origem fóssil, mas com representatividade significativa de geração renovável e com perspectivas de aumento significativo. O uso desenfreado fóssil já demonstrou problemas no equilíbrio do planeta e perspectivas negativas para o futuro da humanidade caso não ocorra uma 'renovação verde', ou revolução energética.

Dentre as diversas fontes renováveis nosso foco central está imerso no campo da energia alternativa eólica, podendo ser onshore (quando os aerogeradores estão posicionados na costa terrestre) ou offshore (quando os aerogeradores estão no mar). Uma vez que já atingiu seu estágio comercial é relevante economicamente, competitiva nos leilões de energia e se caracteriza como uma matriz energética limpa. As pesquisas nesse campo estão centradas em propagar esforços de aperfeiçoamentos por tecnologias de geração, distribuição, comercialização e, por fim, legislação popularizando e facilitando o acesso a essa fonte.

Pensar sobre energia limpa é como romper e renovar o tecido econômico, trazendo vantagens mais competitivas no setor, orientando tendências e balizando alternativas de expansão desse segmento para as próximas décadas. Assim, o que nos conduz a reflexão para uma possível transição acertada para um futuro sustentável com mínimas perdas econômicas, com premissas que poderiam ser aplicadas no campo da oferta, da demanda e com soluções ambientais lucrativas.

As questões relacionadas à produção de energia e o meio ambiente requerem mudanças no padrão energético. A energia eólica é uma solução com potencial, pois não polui e pode ser a base para o desenvolvimento sustentável global, quando combinada com outras fontes renováveis, a exemplo da solar em usinas híbridas¹. No

¹ Combinação de duas fontes de energia de origem distintas, são vistas como uma forma de otimizar o uso da rede de transmissão e reduzir a variabilidade diária e mensal das fontes eólica e solar, ainda construir usinas de fontes diferentes no mesmo local, visam o aproveitamento de terreno, ganhos

entanto, ainda existe impasse para uma mudança radical na matriz energética dos países, e um dos empecilhos talvez seja o lucro gerado pelos combustíveis fósseis, bem como a falta de interesse militar – o maior dificultador na disseminação da Bioenergia.

De acordo com Fiori (2020a) o mundo está em plena mutação geopolítica ciclópica, propondo uma nova “transição energética” substituindo combustíveis fósseis por novas fontes renováveis, provocada pela universalização do sistema interestatal capitalista, pela ascensão vertiginosa da China e da Índia, e a volta da Rússia à condição de potência militar global. O que se observa não é uma preocupação com a exaustão de combustíveis fósseis, mas com os custos crescentes para garantir o acesso às reservas dispersas pelo mundo.

Mesmo assim a competição pelo petróleo continua, mas deve promover saltos tecnológicos a ser liderados pela indústria bélica que impactem na mudança da matriz energética – beneficiando tecnologia e inovação para as fontes renováveis.

No caso brasileiro, um dos **problemas** que o setor apresenta relaciona-se com a tecnologia, pois o país não possui fabricantes de equipamentos para a montagem de usinas eólicas em sua totalidade, sendo em sua maioria empresas estrangeiras que atuam no território nacional.

A cadeia produtiva nacional ainda é muito carente, fazendo com que o Brasil seja mais um montador do que um fabricante, atuando mais como fornecedor e subfornecedor da cadeia de bens da indústria. Sendo essencial o investimento em pesquisa e desenvolvimento para a criação de uma estrutura tecnológica nacional que possa dar apoio e criar um parque fabril que corresponda às necessidades nacionais, uma vez que grande parte dos aerogeradores são oriundos do exterior (Europa, Estados Unidos) e vêm com características das condições climáticas diferentes das nacionais (ventos com turbulência, constância, variações de direção).

Assim, se coloca a pergunta norteadora do presente trabalho: o Brasil possui capacidade para fabricar equipamentos, peças, realizar processos, atender a toda demanda nacional da cadeia eólica, sem apresentar perda significativa de competitividade diante dos equipamentos importados? Ou ficará apenas com a parte

sinérgicos na construção, operação e manutenção. Ainda este sistema vem sendo estudado em vários países, como Índia, Reino Unido, Austrália e Estados Unidos, entretanto sistemas híbridos de geração de energia não são tão simples (FREIRE, 2019).

de menor complexidade tecnológica da cadeia produtiva, aproveitando apenas suas vantagens naturais?

Os recursos naturais são muitos e fazem com que o Brasil seja notado internacionalmente, diversos fabricantes de todos os continentes estão, cada vez mais, investindo na expansão do setor energético nacional, já que o país tem grande potencial na matriz energética renovável. Um dos impasses da energia pelo vento muitas vezes gira em torno da implantação de parques eólicos em áreas de populações litorâneas, devido aos impactos sociais e ambientais, causando prejuízos materiais e imateriais aos moradores que vivem próximos às usinas instaladas. A maior discussão é sobre o retorno financeiro (royalties), se o benefício se direciona para a população de moradores ou para grupos externos (GORAYEB; BRANNSTROM; MEIRELES, 2019).

Mesmo sendo renovável a energia eólica esbarra em empecilhos tecnológicos e econômicos. Promissora, se tornará totalmente viável economicamente com a cooperação entre setores públicos e privados, assim como com o investimento em pesquisas para o aprimoramento das tecnologias que englobam todo processo produtivo.

A **hipótese** do presente trabalho gira em torno da pergunta central que visa responder se o Brasil tem todas as condições e tecnologia para a produção em larga escala de energia baseada em fonte eólica, demonstrando grande capacidade ociosa. *A falta de mecanismos de investimento e de criação de tecnologias do setor seria o nó de estrangulamento para o amplo desenvolvimento do setor no país?*

As concepções fundamentadas na teoria básica sobre os pontos de estrangulamento ou pontos de crescimento, de acordo Bielschowsky (2000),

[...] corresponderiam aos desequilíbrios setoriais criados pela rapidez com que a economia de mercado se industrializava, isto é, passava de economia exportadora a uma “economia de mercado interno em franca e ebullente expansão”. O planejamento seccional era visto, assim, como uma forma de transformar “pontos de estrangulamento” em “pontos de crescimento” (BIELSCHOWSKY, 2000, p. 112).

Industrializações capitalistas fazem-se por meios de ciclos breves, decenais. Anteriormente aos ciclos, as cidades absorvem os excedentes de mão de obra, porém, quando a industrialização entra em recessão tudo fica estagnado, sendo retomado

após o retorno do processo de industrialização, terminando a recessão (RANGEL, 1989, p. 23). Deste modo quando termina a fase ascendente a economia entra em crise, induz mudanças institucionais, estimulando novos investimentos em segmentos econômicos não modernizados. Como causa ocorre a onda de investimentos quais se propagam por todo o sistema econômico, inserindo-se novamente numa fase ascendente, este processo gera uma “capacidade ociosa” (PEREIRA, 2014, p.552).

[...] uma vez cumprido o programa de substituição de importações [...] descobríamos que a insuficiência da capacidade para importar ressurgia sob a forma de demanda insatisfeita de um *grupo novo de produtos* [grifo do autor]. Este é o núcleo do problema que proponho que se estude sob a rubrica de dialética da capacidade ociosa, manifestada pela circunstância fundamental de que, no próprio ato de implantar-se, engendrava o seu contrário, tendendo, portanto, a perpetuar o esforço de desenvolvimento (RANGEL, 1980, p. 132-133).

Assim, as atividades que receberam investimentos criaram capacidade ociosa enquanto outras atividades persistem como pontos de estrangulamento.

O "choque dos contrários" entre esses dois polos do sistema econômico - um carregado de ociosidade e outro de antiociosidade - engendrará tensões sociopolíticas que, por sua vez, promoverão novas mudanças institucionais que irão desencadear novos investimentos, os quais deslocarão a economia novamente para uma fase ascendente (PEREIRA, 2014, p. 552).

Rangel (1989, p. 28) aponta que as áreas de estrangulamentos dos sistemas, em especial o setor energético, incluem grandes serviços de utilidade pública, em que devem ser levados em consideração subproblemas como; a) preparar a mobilização das atividades a suprir a oferta e incrementar bens de capital, b) reestruturar o mecanismo de intermediação financeira, a fim de atender o capital necessário e c) criar enquadramento institucional para indústrias e serviços de utilidade pública a desenvolver aplicação desse capital em via de formação.

Do ponto de vista marxista é necessário dar atenção entre o processo de desenvolvimento das forças produtivas e das relações de produção, pois são estas as relações determinantes no processo histórico de desenvolvimento.

Assim, a **tese** visa verificar se a dialética da capacidade ociosa, como proposta por Rangel, é um indicativo para entender o papel da tecnologia e do financiamento em relação ao desenvolvimento de energias alternativas no Brasil; pois são esses os

dois principais pontos que impedem o maior dinamismo do setor.

O ano de 1973 (1º choque do petróleo), de acordo com Rangel (1984), marcaria a entrada dos países do centro capitalista hegemônico na fase "b" do 4º ciclo de Kondratieff.

No Brasil, a fase descendente do ciclo longo coincidiria com a fase "b" do seu ciclo médio endógeno, pondo termo no chamado "Milagre Econômico" (1968-1973). A partir daí o esforço do II PND (governo Geisel) de manter o crescimento "em marcha forçada" de forma a completar a substituição de importações no Departamento I da economia (produção de bens de capital) e insumos importados (principalmente petróleo) desembocaria numa grave crise do balanço de pagamentos, a partir do início dos anos 1980 do século passado. Diante da incapacidade de continuar financiando o crescimento da economia com capital externo, esse financiamento deveria ser feito com poupança interna. Nessa fase, diante do avanço de sua industrialização, o Brasil estaria deixando de produzir muitas coisas importadas simplesmente pela falta de um setor de intermediação financeira capaz de financiar a acumulação de capital. O "Milagre Econômico" havia levado a algumas atividades econômicas a crescerem além dos limites impostos pelo mercado, gerando, portanto, sobreacumulação de capital. Era preciso fazer com que essas atividades detentoras de poupança, mas impossibilitadas de investir em suas próprias instalações, fossem estimuladas a transferir recursos para outras atividades carregadas de anticiclosidade, que Rangel identificou nos serviços públicos. Sua sugestão, na época, foi a criação de uma nova lei de concessão de serviços públicos, que permitisse ao setor privado encarregar-se, de forma crescente, pelos investimentos públicos de infraestrutura (PEREIRA, 2014, p. 553).

A acumulação do capital sob a égide do imperialismo, assinalada pela formação de grandes monopólios e concentração acentuada de capital, parece encontrar na crise ambiental o resultado de sua dinâmica perversa, marcada pelo avanço sobre "a própria vida humana e social como espaços para a sua expansão lucrativa" (FONTES, 2010, p.147). Os ajustes espaciais, assim como suas forças, precisam ser tratados, enfrentados e, acima de tudo, entendidos. Muitos são os questionamentos e embora o objetivo deste trabalho seja mais restrito, apesar de todos os benefícios da energia alternativa eólica, é possível identificar as deficiências e os gargalos que o setor apresenta.

O **objetivo geral** deste estudo visa analisar o Brasil e se o mesmo apresenta todas as condições para produção em larga escala de energia eólica, identificando a atuação das empresas, investimentos, tecnologia e os principais nós de estrangulamento do setor, bem como o sua relação com o desenvolvimento nacional. O objetivo central divide-se em três **objetivos específicos**: o primeiro visa verificar o panorama global do setor energético alternativo eólico e os investimentos/

perspectivas desse setor. Para tanto faz-se necessário entender como se inicia o processo de evolução das energias renováveis, quais os países que desenvolvem as tecnologias, quais os investidores, que empresas são potências no setor e as ações geopolíticas para manter a hegemonia energética.

O segundo objetivo específico busca analisar a ideia do conceito de inovação como fator determinante para a competitividade e o desenvolvimento de nações, bem como a transferência tecnológica da energia eólica. Deste modo se faz importante o entendimento da organização e do uso dos territórios², analisar o sistema em suas variáveis político-legais (institucionais), econômico-naturais, socioculturais, tecnológicas e inovação e patentes, verificar as ameaças e poderes no setor, para entender como caminhará o futuro em relação a energia eólica.

Para o terceiro objetivo específico cabe identificar as fontes de energia eólica no cenário nacional e a dimensão econômica, as questões relacionadas ao mercado, financiamentos, cadeia produtiva, competitividade, tecnologias, gargalos produtivos e o papel do estado. As metas para esse objetivo compreendem verificar as características da matriz energética brasileira, o plano nacional energético e sua gênese, seu padrão de espacialização, industrialização, bem como as variáveis econômicas e políticas (investimentos e programa de governo).

Esse tema elenca uma ampla problemática que estabelece interface com outros setores e áreas, um campo interdisciplinar que aborda os gestores públicos, privados, políticas públicas, órgãos reguladores, legisladores, indústrias, economias, podendo ser palco de vulnerabilidade econômica e maior planejamento. Com a necessidade de reduzir drasticamente o consumo de energia fóssil substituindo-a por energia limpa, torna-se possível visualizar que existe uma busca por novas tecnologias e inovação no setor energético. Na renovação do tecido econômico, abrindo vantagens mais competitivas no setor, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento para as próximas décadas.

Ou seja, havendo possibilidade de maiores investimentos nesse setor há dois pontos importantes a serem questionados: a origem de tais financiamentos e ao se

² O conceito de formação socioespacial formulada por Milton Santos em 1970 no contexto da chamada renovação crítica da Geografia brasileira, a partir da matriz teórica marxista inclui dimensões: econômica, social e espacial, e nos oferece a compreensão do território em sua totalidade, pois nos ajuda a entender os processos, pelo uso da teoria da mediação, que imbrica fatos e relações relevantes, entre o passado e o presente (MACHADO, 2017).

completar a fase de investimentos se haverá geração de capacidade ociosa no setor. Dessa forma a ideia da dialética da capacidade ociosa como apresentada por Rangel, torna-se uma base explicativa para a dinâmica espacial do setor energético.

Neste trabalho não serão enfatizados os impactos ambientais da implantação de parques eólicos, nem os impactos sociais, uma vez que já existem estudos³ sobre o tema. Nosso foco está na dinâmica espacial, tecnológica e econômica do setor. Para tanto buscou-se trabalhos de diferentes áreas, como de economia, tecnologia, energia, engenharias, entre outras e de diferentes autores, assim como muitos documentos, notas técnicas, de órgãos do setor, a fim de contribuir com a pesquisa.

Sabe-se que os países estão na busca constante de maiores investimentos e desenvolvimento em tecnologias envolvendo o setor eólico. Esta configuração poderá permitir que usuários de outros países motivem-se, seja na forma de políticas públicas, subsídios, incentivos fiscais, qualquer que seja a ferramenta ou forma para promover a implantação de novos projetos ou desenvolvimento em tecnologias para energias renováveis.

O Brasil é destaque internacional em energias renováveis (maior parte da matriz energética advinda de hidroelétrica) e tem potencial para apresentar novas perspectivas sobre este setor, empresas grandes, pequenas, indústrias, produtores e investidores, bem como alterar a estrutura básica da economia nacional. Espera-se que o Brasil e seus municípios possam expandir e apresentar influência e liderança energética sustentável.

Além dos benefícios ambientais, a energia eólica em grande escala pode se destacar como um dos elementos chave na economia nacional, bem como ser um componente essencial das negociações do clima na COP21⁴ em Paris. A perspectiva de evolução neste setor caminha gradativamente e depende de uma postura a longo prazo, baseada em critérios de sustentabilidade, investimentos e modernidade, com ações voltadas para mudanças mais profundas.

³ Para saber mais sobre o assunto ver o livro de Gorayeb; Brannstom; Meireles, (2019) (neste apresenta um compêndio sobre o assunto com vários artigos publicados)

⁴ Conferência do Clima da ONU, realizada em Paris em 2015 que resultou em um acordo histórico, envolveu quase todos os países do mundo em um esforço para reduzir as emissões de carbono e conter os efeitos do aquecimento global, o Acordo de Paris, valerá a partir de 2020, é obrigação de todas as nações o combate às mudanças climáticas. Ao todo, 195 países membros da Convenção do Clima da ONU e a União Europeia ratificaram o documento, o objetivo de longo prazo é manter o aquecimento global muito abaixo de 2°C.

A política energética brasileira pautada pela lógica de mercado, pode modificar o planejamento e as ações do setor, para isso requer uma postura política distinta que incorpore outros referenciais, o que não se dará sem fracassos e conflitos. De acordo com os itens descritos anteriormente, têm-se várias **justificativas** para a proposta, já que o Brasil é um país privilegiado com altos índices de ventos, sendo promissor no mercado de energias advindas do setor renovável.

Outro fator relevante é o custo da energia elétrica ser uma constante preocupação e um insumo indispensável para o crescimento da indústria. Apesar de necessitar ampliar sua escala de produção a energia eólica é competitiva em relação às demais fontes que venderam energia nos últimos leilões.

Mesmo a energia eólica não sendo tão representativa na matriz energética mundial, a “Rede de Políticas de Energia Renovável para o Século 21” (REN 21), por meio do relatório anual de 2019 (data base 2018), apontou que o maior fluxo de investimento mundial por tecnologia renovável em países desenvolvidos, emergentes e em desenvolvimento, destaca a energia eólica onshore com crescimento de 2% e a energia offshore com aumento de 7% em investimento (REN 21, 2019). Grande parte deste investimento se deu à China em 2019, já que a mesma teve um acréscimo de 10% nesta fonte em relação ao ano anterior (REN 21, 2020).

A aplicação desses sistemas energéticos está se ampliando e exigindo o desenvolvimento de sistemas industriais mais complexos, atuando nos principais sistemas econômicos e segmentos agropecuários, agroindustriais, industrial e urbano, bem como dispendo de linhas de créditos especiais para financiamento.

O potencial objeto deste estudo ainda está amplamente relacionado a verificar o investimento em energia limpa, analisar as soluções tecnológicas/ econômicas a fim de corroborar com as barreiras que estejam atrapalhando a transição energética. O trabalho é justificado pela falta de estudo do tema no campo da geografia, especialmente da geografia econômica, em busca por pesquisa relacionada ao tema de estudo no campo do conhecimento da geografia, contatou-se que na Revista Brasileira de Geografia em 1955, nos comentários, fala sobre “Aspectos de Problemas Energéticos do Brasil”⁵, o texto trata apenas de combustíveis fósseis e energia

⁵ Este título é encontrado na Revista Brasileira de Geografia apenas em notas de comentário, escrito

atômica. Na mesma revista, no ano de 1982, na seção de comunicações tem-se um relato sobre a “Energia Elétrica: Fator de Desenvolvimento Industrial na Zona Metalúrgica de Minas Gerais”⁶ o mesmo é voltado sobre o círculo vicioso da modernização agrícola. Em 1989 um artigo intitulado “O Impacto das Crises da Energia e da Dívida Externa no Processo de Desenvolvimento da América Latina e do Brasil”⁷, direciona a outras questões. Em nenhum momento a revista aponta temas referentes a energias renováveis e sua dinâmica econômica da energia eólica.

No Boletim Geográfico no ano de 1955 constatou-se apenas um texto, denominado “Energia Eólica”⁸ mas, o mesmo aborda sobre os moinhos de ventos e delimita no mapa do Brasil possíveis regiões com velocidade dos ventos propícias a implantação dos mesmos. Na mesma revista, em 1974, o trabalho “Recursos energéticos mundiais: suas reservas e sua utilização”⁹ descreve em poucas linhas sobre a energia solar como fonte de radiação e equilíbrio térmico na terra, também aborda a energia eólica, afirmando não existir nenhuma instalação no mundo para captação deste recurso em escala industrial.

Em busca das revistas nacionais de geografia¹⁰ avaliadas no último triênio com quais capes A1, pesquisadas nos últimos dez anos (2008 a 2018), constatou-se, na Geosp, assuntos relacionados a energia, porém as publicações envolveram apenas energia hidráulica e crise hídrica. Já na revista Mercator, nesse período foram encontrados três trabalhos sobre energia eólica, dois com enfoque na parte geológica (solo) para implantação do parque eólico e outro sobre os impactos sociais a moradores próximos dos parques eólicos.

Percebe-se que na geografia¹¹ este é um estudo a ser amplamente explorado, já que nenhuma pesquisa trata do contexto circuito espacial produtivo da energia

pelo autor Mário da Silva Pinto, na página 507, publicada em outubro e dezembro de 1955.

⁶Maiores informações sobre este texto podem ser encontrados na Revista Brasileira de Geografia, pelos autores Adernar R. Romeiro, Fernando J. Abrantes, nas páginas 477-495, jul./set. 1982.

⁷ O texto de Speridião Faissol datado de 1989 na revista já citada pode ser encontrado na página 7 a 24 no volume 51, número 3.

⁸ O mesmo pode ser encontrado em Resenhas e Opiniões no Boletim Geográfico de 1962 na página 284 pelo autor Aldaberto Serra.

⁹ Trabalho de Mário P.B. Leal, encontrado na página 32 a 49.

¹⁰ As revistas pesquisadas foram, Mercator, Geosp e Boletim Goiano de Geografia, as quais foram avaliadas com A1 no ranqueamento do Qualis.

¹¹ Cabe ressaltar que o tema Fontes de Energia é tradicionalmente estudado pela geografia escolar, aos estudantes do ensino fundamental e médio sendo este o maior contato com o tema.

eólica, tornando a tese inédita já que não houve em nenhuma outra área o uso da dialética da capacidade ociosa para explicar a dinâmica do setor de energia eólica. Sendo um campo de estudo inédito, trabalhando na academia de forma interdisciplinar e intersetorial – que conecta a pesquisa a mercados, empresas e ao setor público.

Uma vez que este trabalho relaciona-se a outras áreas do conhecimento, e faz abordagem interdisciplinar entre autores e artigos de diferentes áreas da tecnologia, exatas, sociais, humanas, bem como de relatórios técnicos da iniciativa privada, instituições públicas, um dos exemplos são as publicações utilizadas advindas da Energy Research & Social Science¹² (ERSS). Muitas questões precisam ser analisadas para entendermos o trabalho que pretende identificar se, por meio da tecnologia e investimentos na energia eólica, condiciona-se o desenvolvimento da cadeia produtiva¹³ no ambiente nacional.

Para chegar aos resultados da pesquisa os procedimentos metodológicos serão essencialmente a análise histórica e a análise de dados primários e secundários, sendo, para isso, consultados documentos técnicos elaborados por autores e organizações nacionais e internacionais, principalmente por meio de relatórios, publicações, resoluções, eventos, normativas, referente ao tema com base na Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), International Energy Agency (IEA), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), International Renewable Energy Agency (IRENA), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), British Petroleum (BP), entre outros. Também foi feita uma visita de campo (Complexo Eólico de Palmas); visitas técnicas em feiras, evento presencial (ECOENERGY) e eventos online (O cenário da Indústria Eólica¹⁴, I Conferencia internacional de arbitraje y

¹² Revista internacional revisada por pares que publica artigos originais que examinam a relação entre sistemas energéticos e sociedade, as submissões são, portanto, de todas as áreas de investigação, com alta qualidade já que esta característica pode não se encaixar em nenhuma categoria pré determinada (ERSS, 2020).

¹³ Este termo permite verificar de forma integral as diversas etapas e agentes envolvidos na distribuição, comercialização, serviços de apoio, consumo de determinada mercadoria, assim permite uma visão organizada das etapas antes de chegar ao consumidor final e identifica os gargalos que comprometem a integração dos diferentes segmentos, promovendo a competitividade (CASTILLO, FREDERICO, 2010).

¹⁴ Realizado na data 19 de janeiro de 2021, pela Dr^a. Elbia Gannoum no Evento Online, com duração

energía Ipa¹⁵ - entre outros). Devido à pandemia da Covid-19 ficou comprometida a visita técnica presencial em empresas condicionantes e propagadoras de vendas e tecnologias do setor, foram enviados questionários a diferentes atores da cadeia de energia eólica do país.

O trabalho será estruturado em sete partes, sendo: introdução em que são apresentadas as definições iniciais; o primeiro capítulo, que descreve de forma geral o panorama das energias renováveis no cenário global e prospecções futuras; o segundo capítulo que centra na trajetória da tecnologia e inovação; e o terceiro capítulo que visa a questão energética renovável no contexto nacional, a cadeia de bens e serviços da energia eólica, bem como as discussões das entrevistas. Todos esses capítulos terão considerações finais. Já a quinta parte se refere a síntese das principais lições aprendidas, seguidas das referências bibliográficas e, por fim, o apêndice com o questionário enviado a diferentes agentes da cadeia de energia eólica.

de 3 horas. São Paulo.

¹⁵ Conferência internacional de energia Ipa do Peru, realizada nos dias 7 e 8 de janeiro de 2021.

CAPÍTULO 1 - GÊNESE E EVOLUÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Neste primeiro capítulo debatemos o tema energias renováveis de forma mais ampla, tendo como objetivo principal verificar o processo de evolução das energias no contexto mundial, construindo o estado da arte até alcançar o desenvolvimento do maior programa de uso da biomassa com fins energéticos, o Proálcool, desenvolvido no Brasil dos anos 1970. Também serão apresentadas as classificações e denominações das fontes renováveis, os investimentos globais no setor e as atualidades no campo da pesquisa, tecnologia e desenvolvimento.

O entendimento desse panorama global e sua gênese fornece subsídios para entender o segundo capítulo que abrange o nível nacional e implicações relacionadas aos condicionantes econômicos. O texto pretende, de forma sucinta, resumir e avaliar, dialogando sobre as energias renováveis, com foco na alternativa que está atualmente tendo forte desenvolvimento tecnológico, financeiro e está sendo implantada e disseminada em maior escala, como a energia eólica, bem como os países que investem nesta fonte, e por vezes um comparativo com a energia solar, já que está amplamente consolidada com forte atuação econômica.

As fontes alternativas que caminham lentamente ou estão em processo de desenvolvimento e que possuem pequena aplicação, como o hidrogênio e células a combustível, por exemplo, não serão abordadas aqui. Algumas questões que nortearão este capítulo serão pautadas em questionamentos referentes a oferta de energia mundial, abordando: *como se deu o processo de formação das energias? Como está o setor energético mundial? Quais as fontes apresentaram maior investimento e desenvolvimento? Quais as propostas para o setor energético eólico mundial?* Não detalharemos os processos de geração e transmissão das energias, apenas os desafios que surgem com a finalidade de tornar o desenvolvimento econômico menos impactante ao meio ambiente e à própria humanidade.

1.1 PANORAMA GERAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

As formas energéticas na antiguidade e idade média se deram por meio de descobertas de cientistas de áreas como a matemática, geometria e engenharias, que criaram alavancas e mecanismos para movimentar objetos pesados. Descobriu-se

então o princípio da hidrostática, que culminou no domínio e na transformação das formas de energia disponíveis na natureza, com o uso do vapor, da energia mecânica e da força dos ventos, assim o uso de artefatos mecânicos tornaria possível a força extraída de todas as formas de energia conhecidas pelo homem (SELLITTO, 2011).

O petróleo¹⁶ entra em cena na economia mundial somente em 1854, com a perfuração bem sucedida nos poços na Pensilvânia e da expansão de refinarias em escala industrial para uso da querosene. Devido a isso o progresso tecnológico evoluiu para motores a combustão desenvolvidos por Otto, Daimler e Diesel no período de 1878 a 1897, paralelamente a estes fatos, em 1867 os instrumentos ditos “revolucionários” possibilitaram uso da energia elétrica como o dínamo de Siemens, lâmpada de Edison, alta tensão de Deprez e corrente alternada da Tesla (DIAS LEITE, 2014).

Tanto o carvão quanto o petróleo possibilitaram o processo de acumulação ampliada do capital já que potencializaram o trabalho produtivo, estes recursos energéticos concorreram para alterar o equilíbrio de poder entre os Estados nacionais. O carvão, durante século XIX, constituiu-se como recurso energético fundamental da Revolução Industrial, tornando-se um dos recursos chaves para a consecução do equilíbrio de poder entre as potências dominantes do sistema internacional, mas também sendo o centro da discórdia, podendo ser o principal recurso energético e sobre o qual se desenvolveria o quarto ciclo de acumulação capitalista sob a égide dos EUA (FREITAS, 2014, p.118).

Assim, a disputa internacional por carvão e petróleo ao longo do século XX e início do século XXI tem sido incluída na arena das relações internacionais, já a Revolução Industrial foi um processo de grandes transformações econômico-sociais que começou na Inglaterra no século XVIII e levou à substituição das ferramentas pelas máquinas, da energia humana pela motriz e do modo de produção doméstico (ou artesanal) pelo sistema fabril. O modo de produção industrial se espalhou por grande parte do hemisfério norte durante todo o século XIX e início do século XX. Essa foi a alavanca para o uso de combustíveis fósseis, já que a produção e a

¹⁶ Para saber mais sobre petróleo e sua trajetória ver YERGIN, Daniel. *O Petróleo: uma história mundial de conquistas, poder e dinheiro*. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

demanda por bens incentivou o desenvolvimento de novos meios de transporte e com a possibilidade de lucro impulsionou a criação de novos mercados.

O carvão mineral¹⁷ foi o primeiro a ser utilizado em larga escala, quando passa a substituir a lenha e ser usado para combustão direta para produção de vapor das máquinas de Watt¹⁸. O ano de 1859 é considerado o marco zero da industrialização do petróleo¹⁹, quando Edwin Drake descobriu petróleo a uma profundidade de 21 metros em Tutsville nos EUA. Até então, o petróleo aproveitado era o que aflorava na superfície, o que era possível devido à sua característica de constante movimentação no subsolo, no caso de não encontrar formações rochosas (SELLITTO, 2011).

Entretanto, na primeira Guerra mundial o cavalo ainda era um elemento importante e atuante no planejamento militar das grandes potências, e o carvão movia as máquinas, os trens e os vapores do mundo, porém quatro anos após a guerra iniciou-se uma revolução energética que transformou o capitalismo, e o petróleo redesenhou a geoeconomia e a geopolítica mundiais. Assim o petróleo proporcionou o crescimento geométrico da indústria automobilística com papel fundamental na difusão mundial do motor a combustão, e da gasolina (FIORI, 2020b).

Não há dúvida de que foi a guerra que acelerou o processo dessa segunda grande “transição energética” da história do capitalismo industrial. Isto passou depois da guerra, mas a “transição energética” do carvão para o petróleo teve papel decisivo no próprio resultado da guerra. A grande mudança começou pela Marinha Britânica, já em 1911, mas depois do primeiro passo, todas as demais potências envolvidas no conflito aderiram à nova matriz energética do petróleo e à sua utilização militar imediata na criação dos novos tanques de guerra, e no desenvolvimento da aviação militar. E durante a guerra, devido à importância da nova fonte energética, todos os governos acabaram criando estruturas e agências específicas de articulação entre o Estado, seu comando estratégico, e as grandes empresas petrolíferas privadas, para coordenar a produção e distribuição do óleo, por fora do mercado e em obediência às estratégias de guerra de cada um desses países (FIORI, 2020b).

¹⁷ Processo de formação do carvão mineral, sua matéria prima é formada por troncos, raízes, galhos e folhas de árvores gigantes que cresceram há mais de 250 milhões de anos em pântanos rasos, essas partes vegetais, após morrerem, depositaram-se no fundo lodoso e ficaram encobertas. As condições de pressão da terra e o tempo transformaram o material acumulado em uma massa negra homogênea, as jazidas de carvão SELLITTO (2011).

¹⁸ Aperfeiçoada por James Watt, patenteada em 1769, mais tarde incorpora um mecanismo de biela-manivel, permitindo transformar o movimento retilíneo alternativo do êmbolo da máquina a vapor em um movimento rotativo de volante (ADRIÃO, 2008).

¹⁹ O petróleo é outro combustível fóssil, de provável origem de restos de vida aquática animal acumulados no fundo de oceanos primitivos e cobertos por sedimentos (SELLITTO, 2011).

A Inglaterra fizera a primeira Revolução Industrial, já a segunda etapa concentrava-se nos EUA, com o acréscimo do progresso científico. Os EUA não apenas criavam a linha de produção do automóvel (Ford T, 1908), mas a forma de produção fordista em escala, e os insumos energéticos que fariam o mundo mudar (PECEQUILO; JAEGER, 2019).

O uso de energias primárias de origem fóssil coube ao petróleo o domínio desde a sua descoberta ao salto qualitativo das transformações da matriz energética global na Primeira Guerra Mundial (1914/1918), elevando o petróleo ao papel de principal commodity (Yergin, 2009).

Durante a Primeira Guerra Mundial, a guerra se mecanizou e Winston Churchill tomou sua famosa decisão de mudar a marinha britânica do carvão para o petróleo. A partir de então, o acesso ao petróleo foi um componente essencial de muitas análises geopolíticas. À medida que a propriedade dos carros cresceu, os países ocidentais passaram a depender das importações de petróleo do Oriente Médio e foram pegos de surpresa pelas crises do petróleo de 1973 e 1979. Esses eventos transformaram a segurança do petróleo de uma questão militar em uma questão de estabilidade econômica. Frequentemente, o foco da análise geopolítica estava na grande rivalidade de poder sobre partes específicas do mundo ricas em petróleo, como o Golfo Pérsico, o Cáspio ou o Ártico, ou em pontos de estrangulamento como o Estreito de Hormuz ou o Canal de Suez. Às vezes, a análise assumia uma tonalidade neo-malthusiana de pico de óleo. Posteriormente, as crises de gás entre a Rússia e a Ucrânia em 2006 e 2009 levantaram preocupações sobre o gás natural, com ênfase especial no uso de monopólios, infraestrutura de transporte de gás, precificação de energia e interrupção do fornecimento como ferramentas de política energética externa (OVERLAND, 2019, p. 36-tradução nossa²⁰).

Após a Primeira Guerra Mundial, o Oriente Médio foi o principal produtor de petróleo do mundo, provocando a cobiça dos países industrializados, principalmente os europeus, que dominaram a região por décadas explorando suas riquezas. Os

²⁰ No original: “During World War I, warfare became mechanized and Winston Churchill made his famous decision to shift the British navy from coal to oil. From then on, access to oil was a key component of much geopolitical analysis. As car ownership grew, Western countries came to depend on oil imports from the Middle East and were caught off guard by the oil crises of 1973 and 1979. These events transformed oil security from a military issue into one of economic stability. Often the focus of geopolitical analysis was on great power rivalry over specific oil-rich parts of the world such as the Persian Gulf, the Caspian, or the Arctic, or on chokepoints such as the Strait of Hormuz or the Suez Canal. Sometimes the analysis took on a neo-Malthusian, peak-oil hue. Later on, the gas crises between Russia and Ukraine in 2006 and 2009 raised concerns about natural gas, with particular emphasis on the use of monopoly, gas transportation infrastructure, pricing power, and supply disruption as foreign energy policy tools.”

países do Oriente Médio foram adquirindo independência política, sem ter o controle da sua principal riqueza: o petróleo, uma vez que o poder estava nas mãos de sete companhias, denominada Sete Irmãs. Dentre elas cinco eram norte-americanas, e formavam um oligopólio, acusadas de cartel para dominar o mercado petrolífero internacional.

Em 1960 e 1970, a economia mundial era totalmente dependente do petróleo para o progresso, países produtores decidiram unir forças, e romper com o cartel das Sete Irmãs, surgindo a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep)²¹.

O primeiro choque do petróleo ocorreu em 1973 pelo uso do petróleo como 'arma política' nos conflitos geopolíticos do Oriente Médio, causados pelas Guerras Árabe-Israelenses, iniciou-se assim o fim da autossuficiência energética dos EUA e a securitização e militarização do acesso ao petróleo do Oriente Médio, a crise começa a dar sinais de término e seus efeitos se delongaram por toda a década de 1970. Em outubro de 1978, milhares de petroleiros entraram em greve no Irã. A queda na produção de petróleo no Irã impacta cerca de 5% de perda na produção global (PECEQUILO; JAEGER, 2019), em 1979, o preço do petróleo explode: é o ano da revolução iraniana.

Em 1980 o preço do petróleo era sete vezes maior que em 1973, a administração Reagan desregula os preços do petróleo em 1981, permitindo que os produtores dos EUA aumentem os preços para os níveis do mercado, no decorrer dos anos ainda outros aumentos se excederam abalando ainda mais a confiança nesta fonte por apresentar dependência absoluta como fonte energética mundial, passou a ser induzido estudos sobre novas fontes alternativas de energia.

Além disso, a produção não-OPEP começa a superar a da OPEP - o que dificulta a influência do cartel nos preços do petróleo. Os preços do petróleo caem de uma média anual de US\$ 35 o barril em 1981 para menos de US\$ 15 em 1986. O colapso no preço encoraja as empresas de petróleo a mudarem para uma exploração mais barata no exterior, e as importações dos EUA começam a subir novamente (PECEQUILO; JAEGER, 2019, p. 21).

²¹ Criada pelos principais países produtores, maioria árabes do Oriente Médio. Inicialmente, formada por Arábia Saudita, Kuwait, Irã, Iraque e Venezuela. Começa então a luta contra as grandes companhias petrolíferas vencendo países produtores do ouro negro.

De 1980 a 1988 a guerra do Irã-Iraque instaurou mais uma etapa do realinhamento geopolítico, mesmo os americanos sendo oficialmente neutros, laços diplomáticos foram instaurados com o Iraque, que foram cortados desde o conflito árabe-israelense de 1967. Os ataques contínuos às estações petrolíferas iraquianas e iranianas retiraram quatro milhões de barris diários da produção de petróleo do mercado global (CFR, 2018). A abundância e os baixos preços do petróleo anterior ao choque explicaram a comprecência dos usuários e o desperdício até o momento da crise, bem como a falta de investimento em novas tecnologias e em outras fontes energéticas.

Após a crise do petróleo na década de 70, agências do Estado foram fundamentais para contribuir no desenvolvimento do setor energético renovável, por meio de financiamentos de alto risco que deram o arranque inicial, criando um ambiente institucional que consolidou essas tecnologias até então não convencionais, que foram iniciados nos EUA, mas que se dissipou em outros países como Alemanha, Dinamarca e China (MAZZUCATO, 2014).

Se não fosse pelos compromissos de inúmeros governos com P&D e com a difusão de tecnologias, como turbinas eólicas e painéis solares fotovoltaicos, a transformação energética que decolou na última década não teria ocorrido. O “empurrão” exigiu grandes mudanças reguladoras, compromissos financeiros e apoio de longo prazo para as empresas emergentes. Nem sempre é fácil ligar os pontos entre empresas dominantes e suas tecnologias e os esforços de governos ao redor do mundo, mas fica mutio claro que *nenhuma* empresa de tecnologia limpa importante surgiu de uma “gênese de mercado”, isto é, como se o Estado não tivesse desempenhado papel algum (MAZZUCATO, 2014, p. 196).

Diante desta situação que atingiu o globo de forma geral, inicia-se a primeira corrida eólica entre 1980 - 1985, motivada pela crise da década de 70, muitos países investiram em turbinas eólicas para abrandar a energia fóssil. Dinamarca, Alemanha e EUA, deram início a projetos de P&D, estes pretendiam construir turbinas que produzissem 1MW ou mais, e que pudessem ser comercializadas por empresas de grande porte do setor de tecnologia aeroespacial, ou maquinário agrícola (MAZZUCATO, 2014).

Para entender a gênese deste setor que acontece quase que paralelamente nos EUA, Alemanha e Dinamarca, mas se desenvolve com diferentes resultados, Mazzucato (2014) aponta:

Os Estados Unidos gastaram mais do que a Alemanha e a Dinamarca em P&D de energia eólica e, apesar de contar com a National Aeronautics and Space Agency (NASA) na liderança do programa, não conseguiram chegar a um projeto comercialmente viável. A tentativa Alemã teve destino semelhante. Só a Dinamarca conseguiu transformar os projetos de P&D financiados pelo governo em uma história de sucesso comercial, o que lhe deu vantagem valiosa nos anos seguintes, período de formação da indústria eólica (MAZZUCATO, 2014, p. 199-200).

Um dos condicionantes para o sucesso da Dinamarca é o impulso tecnológico proporcionado pelo governo em P&D, acredita-se que o fator primordial tenha partido dos ajustes aos projetos que foram feitos a tempo. Estados Unidos e Alemanha apostavam em projetos mais leves e com aerodinâmica mais eficiente, no entanto pouco confiáveis baseados em protótipos advindos da Segunda Guerra Mundial na Alemanha e nos Estados Unidos (MAZZUCATO, 2014).

A investida dinamarquesa rumo às turbinas eólicas incluiu o desenvolvimento de protótipo financiado pelo Estado, o que atraiu grandes fabricantes. Empresas como Bono e Vestas puderam comprar patentes geradas pelo programa de pesquisa dinamarquês e pequenas empresas pioneiras, que lhes deu controle sobre o conhecimento coletivo e o aprendizado que estava ocorrendo. Elas então usaram sua experiência na produção de equipamento agrícola e seu capital para produzir máquinas robustas em grande escala e posteriormente buscar a integração vertical. As atividades de P&D se sobrepuseram ao investimento em créditos fiscais que tinham sido eliminados havia mais de uma década na Dinamarca. Os créditos fiscais ajudaram a criar um mercado doméstico para a energia eólica, enquanto o estado da Califórnia e os incentivos federais forneceram oportunidades de exportação para os Dinamarqueses (MAZZUCATO, 2014, p. 200).

Enquanto os Estados Unidos fizeram cortes nos financiamentos para o programa eólico, a Alemanha, apesar dos fracassos, persistiu expandindo publicamente o financiamento em P&D na área industrial e acadêmica, a Dinamarca com seu programa bem sucedido e menos oneroso, devido à grande fabricante Vesta a qual entendia de grandes construções aeroespaciais (MAZZUCATO, 2014). Neste processo de formação da energia eólica o Estado sempre foi fundamental para continuar o processo, muitas empresas surgiram em diversos países, muitas faliram, outras fizeram fusões e aquisições²².

²² Para saber mais a respeito do processo de fusões e aquisições ver o texto: Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs setor privado, da autora Mariana Mazzucatto, 2014. pp. 195-223.

No campo da energia solar, as empresas desta cadeia, suas origens e tecnologias tiveram início na década de 1980 na Califórnia com o surgimento dos painéis solares fotovoltaicos, Bell Labs já em 1954 tinha inventado a primeira célula solar fotovoltaica de cristalino (C-Si), mas a National Aeronautics and Space Administration (NASA), através do Departamento de Defesa, comprovou que as células solares produzidas pela americana Hoffman Electronics para satélites especiais, haviam adquirido a patente original do Bell Labs (MAZZUCATTO, 2014, p. 206).

Enquanto a corrida espacial ocorria o governo não se preocupava com custos e despesas, a tecnologia solar foi transferida para a Terra, o que diminuiu custos e facilitou o desempenho dos mercados. A energia remota teve diversas aplicações, como iluminação em plataformas de petróleo em alto mar, torres de comunicação remota, placas de sinalização, assim a aplicação era resultado da escolha e o uso em energia/bateria, uma vez que a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), em 1978, tornou ilegal o descarte de baterias no oceano (PERLIN, 1999, p.62).

Muitas empresas e iniciativas governamentais ajudaram a consolidar as principais empresas de painéis solares, e ainda outras empresas inovadoras surgiram nos EUA, como First Solar, Solyandra, Sunpower e Energreen²³, ambas desenvolveram tecnologia de células solares de silício ou película fina. A First Solar buscou rapidamente comercialização, dominando o mercado de painéis solares fotovoltaicos de película fina, com sua tecnologia conseguiu baratear os preços tendo elevada receita desde 2009 (Mazzucatto, 2014, p. 207), sendo a maior fabricante de painéis até 2016, quando saiu fora do ranking da lista dos dez maiores fabricantes do mundo, perdendo para JinkoSolar - atualmente os chineses dominam a fabricação de energia solar.

De certa forma a busca por mais energia para suprir o consumo e o desenvolvimento para uma renovação verde energética deverá promover saltos tecnológicos, que possivelmente serão liderados pela pesquisa e pela inovação da indústria bélica, envolvendo uma mudança na matriz energética que move atualmente a infraestrutura militar de todo o mundo (FIORI, 2020a).

²³ Para saber mais sobre o processo de formação, fusões, aquisições, crises, falências destas empresas, verificar o texto: *Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs setor privado*, da autora Mariana Mazzucatto, 2014.

A crise do Petróleo citada anteriormente fez com que o Brasil experimentasse o início de uma “soberania energética” e lançou em 1975 o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), mesmo não sendo a primeira experiência nacional em produzir álcool combustível, o mesmo passou por diferentes fases, o sucesso, a quase estabilidade até seu declínio, quando a estabilização do preço do barril de petróleo e os problemas enfrentados nas usinas com a retirada dos subsídios levou um grande número delas a falir, interrompendo este programa (maiores detalhes sobre isso estão no capítulo 3).

1.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS: CENÁRIO MUNDIAL

Verifica-se atualmente uma força de cunho ambiental mundialmente preocupada no que tange ao cenário energético, com a substituição dos combustíveis fósseis para os de baixa emissão de carbono e Gases do Efeito Estufa (GEE). Além das emissões significativas no quadro das alterações climáticas, existem outros impactos ambientais prejudiciais ao meio ambiente, como derramamentos de óleo, perda de biodiversidade, chuva ácida e ainda poluição urbana, que podem influenciar de forma local, regional ou global.

A problemática ambiental tem seu enfrentamento pautado por instrumentos de gestão instituídos por políticas públicas, que emergiram no auge das discussões sobre o meio ambiente, como uma possível saída para mitigação da degradação ambiental. Os combustíveis oriundos de fontes renováveis e os biocombustíveis, a exemplo da hidroeletricidade, energia solar fotovoltaica, energia eólica, biomassa, biogás entre outras, apresentam pequena²⁴ parcela significativa na nova economia mundial. Entretanto, até o momento é fato que os combustíveis fósseis mantêm o modelo atual e tecnológico do estilo de vida rural e urbano.

Estudos e pesquisas técnicas, econômicas, de impactos socioeconômicos e ambientais de empreendimentos que aplicam o uso de energias alternativas tem se intensificado e disseminado mundialmente. As fontes energéticas renováveis são provenientes de ciclos naturais, que são praticamente inesgotáveis e por isso não

²⁴ Dados do EPE (2020a) apontam que as fontes renováveis da matriz energética mundial representam 2%, quando somadas a participação da hidroelétrica e biomassa totalizam 14%.

alteram o balanço térmico do planeta, se regeneram de forma cíclica em uma escala de tempo reduzida e não emitem gases poluentes de acordo com o Protocolo de Kyoto²⁵.

Configuram-se como um conjunto de fontes de energia não convencionais, por não derivarem de combustíveis fósseis e de hidroelétricas, incluindo-se nessa categoria a energia eólica, de biomassa e a solar, que se regeneram facilmente, ou estão disponíveis abundantemente. Com o desenvolvimento tecnológico podem ser aproveitadas quer como combustíveis alternativos (álcool, combustíveis) quer na produção de calor e de eletricidade, como a energia eólica, solar fotovoltaica, aquecimento solar, biomassa, e de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), separadas das grandes hidrelétricas, com características renováveis, constituindo-se em fonte convencional de geração de calor e eletricidade (PACHECO, 2006). Para tanto é fundamental entender quais são as fontes de energia e suas bases de fornecimento, apresenta-se os recursos energéticos no Quadro 1:

²⁵ Acordo internacional entre os países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU), com o objetivo de reduzir a emissão de GEE's estufa e o causador do aquecimento.

Quadro 1 - Classificação das fontes de energia

Fontes	Tipos	Energia Primária: utilizadas diretamente para geração de calor/energia	Energia Secundária: utiliza-se um meio de energia para obter outro		
Renováveis: têm capacidade de se regenerar em um tempo curto, tornando-a inesgotável	Tradicionais	Biomassa primitiva: lenha de desmatamento	Calor		
	Convencionais: energias base da sociedade contemporânea	Potenciais hidráulicos de médio e grande porte	Hidroeletricidade		
	Novas	Potencial hidráulico pequeno porte		Hidroeletricidade	
		Biomassa “moderna”: lenha replantada, culturas energéticas (cana-de-açúcar, óleos vegetais, mamona, girassol, entre outras)		Biocombustíveis (etanol, biodiesel), termoeletricidade, calor	
		Alternativas: constituem uma alternativa ao modelo energético decorrente dos últimos dois séculos, diversifica a matriz energética dos países, aumentando a segurança e desenvolvimento econômico e ambiental	Solar (sol)		Calor e eletricidade fotovoltaica
			Eólica (vento)		Eletricidade
	Geotermal (calor da terra)			Calor e eletricidade	
Maremotriz (marés, ondas)		Eletricidade			
Não Renováveis: oriundas de matéria orgânica decomposta por milhões de anos, não havendo tempo hábil para serem formados para uso humano	Fósseis	Carvão Mineral	Termoeletricidade, calor, combustível para transporte		
		Petróleo e Derivados			
		Gás Natural			
	Nuclear	Materiais Físseis	Termoeletricidade, calor		

Fonte: Goldemberg; Lucon, (2007), adaptado pela autora

Para conceituar corretamente as fontes de estudo deste trabalho, energia eólica e energia solar fotovoltaica são fontes renováveis, consideradas novas, sendo alternativas que condicionam um novo modelo na matriz energética, aumentando a segurança, bem com o desenvolvimento econômico e ambiental. Atualmente as discussões energéticas nas agências internacionais, estados e sociedade, têm em sua pauta o debate sobre consumo, recursos naturais, economia, mudanças

climáticas e, principalmente, a segurança energética dos países – em especial dos países ricos.

É fato que o modo de produção capitalista e a corrida global por mais lucro aliada à tecnologia estão buscando novas alternativas energéticas, uma vez que novos produtos e o consumo desenfreado demandam mais energia, este cenário que é mutável constantemente é claramente descrito por Vichi e Mansor (2009):

O panorama mundial está mudando rapidamente, por motivos ligados a três das grandes preocupações da humanidade nesse início de século: meio ambiente, energia e economia global. Embora à primeira vista possam parecer distintas, estas três áreas estão, na realidade, completamente interligadas. As duas primeiras estão já há mais tempo na percepção do cidadão comum, devido ao efeito estufa e ao aquecimento global associado ao uso de combustíveis fósseis. Quanto à economia, só o tempo dirá quais os efeitos permanentes que esta crise no sistema financeiro internacional terá sobre o setor energético e, mais difícil de se prever, sobre o meio ambiente. A única certeza é de que os três setores serão permanentemente afetados. O sistema financeiro não pode ser ignorado (VICHÍ, MANSOR, 2009, p. 758).

Já que a economia apresenta restrita relação devida a dependência da sustentação das atividades econômicas, as fontes energéticas apontam o caminho escolhido pelas nações em termos econômicos, pois as escolhas são pautadas pelos padrões mundiais de produção e consumo de toda sociedade (SCHUTZ, MASSUQUETTI, ALVES, 2013 p. 3168). O cenário atual confere que o mundo precisa de mais energia para permitir que o padrão de vida global prospere e evolua, em geral o crescimento econômico mundial é impulsionado pelas prosperidades nas economias em desenvolvimento lideradas pela China e Índia.

Para que o consumo de energia possa permitir que bilhões de pessoas passem de baixa renda para média e permita melhora no índice de desenvolvimento econômico é necessário explorar mais o cenário energético. O índice de desenvolvimento da Organização Mundial da Saúde (ONU) sugere aumento de consumo de energia de até 100 gigajoules (GJ) por cabeça e isso está associado ao aumento no desenvolvimento e bem-estar humano (BP ENERGY, 2019).

Atualmente, cerca de 80% da população mundial mora em países em que o consumo é inferior a 100²⁶ GJ. Para melhorar esse índice de um terço da população até 2040 o mundo exigiria cerca de 65% a mais de energia do que produz atualmente, ou 25% a mais de energia no cenário de transição em evolução²⁷, o que significa o equivalente a todo o consumo de energia da China em 2017 (BP ENERGY, 2019).

De acordo com CIA World Factbook (2020) no Mapa Comparativo (interativo) entre Países que relaciona; eletricidade, consumo e países do mundo, utilizando a definição que os montantes de energia contabilizam energia total gerada anualmente, mais as importações e menos as exportações em KWh, ainda “a discrepância entre a quantidade de eletricidade gerada e/ou importada e a quantidade consumida e/ou exportada é contabilizada como perda de transmissão e distribuição”. Utilizando um comparativo por consumo de eletricidade por país, o que mais consumiu energia em 2019 foi a China (com 5.564 KWh) e, o Brasil, no mesmo ano, obteve um consumo de 509 KWh (CIA World Factbook, 2020).

Ainda de acordo com o CIA World Factbook (2020) com data base em 2019, o setor econômico relacionou o consumo de eletricidade per capita (kWh por habitante). Constatou-se que a Islândia ocupa a 1ª posição com consumo anual 51.467,46 KWh para cada indivíduo, ressaltando que possuía uma população de 343.518 ha e PIB per capita de US\$ 52.20; a China, em 69ª posição, consumiu por indivíduo anualmente 4.018,23 KWh e sua população contabilizava 1.384,689,024 ha com PIB per capita de US\$ 16,70; enquanto o Brasil com 208.846,896 ha, ocupou a 98ª posição onde cada consumidor anualmente utilizou 2.437,67 KWh de energia com PIB per capita de US\$ 15.60.

De acordo com Bp Energy (2019), as energias renováveis são fontes que apresentam maior crescimento, com relação a petróleo e gás para o ano de 2040,

²⁶ 100 Gigajoules equivalem a 27777.78 Quilowatts-hora.

²⁷ Neste cenário não são previsões do que provavelmente acontecerá, mas possíveis implicações de diferentes julgamentos e suposições que as políticas, tecnologias e preferências sociais do governo devem evoluir levando em consideração a maior demanda global de energia aumentada até 2040, impulsionada por melhorias nos padrões de vida, particularmente na Índia, China e em toda a Ásia, já que a indústria e edifícios correspondem por cerca de 75% desse aumento, os transportes diminuíram acentuadamente à medida que os ganhos em eficiência dos veículos se aceleram. Energia primária consome cerca de 75% e 85% do fornecimento de energia, e este é gerado por meio de energia renovável e gás natural, com as renováveis se tornando a maior fonte de geração de energia global até 2040. As emissões globais de carbono continuam aumentando, sinalizando necessidade de um conjunto abrangente de medidas políticas para alcançar uma redução substancial (BP ENERGY, 2019).

estima-se que corresponderão a menos da metade da energia global, já que atualmente representam 57% na matriz mundial. A participação do carvão na geração de energia em 2017 atingiu 40%, segundo projeções e declinará em 2040 para um quarto. Ressaltando que um cenário com maior demanda energética deve vir acompanhado da necessidade de mais ações para reduzir as emissões de carbono, sendo este o duplo desafio para o mundo, fornecer mais energia com menos emissões.

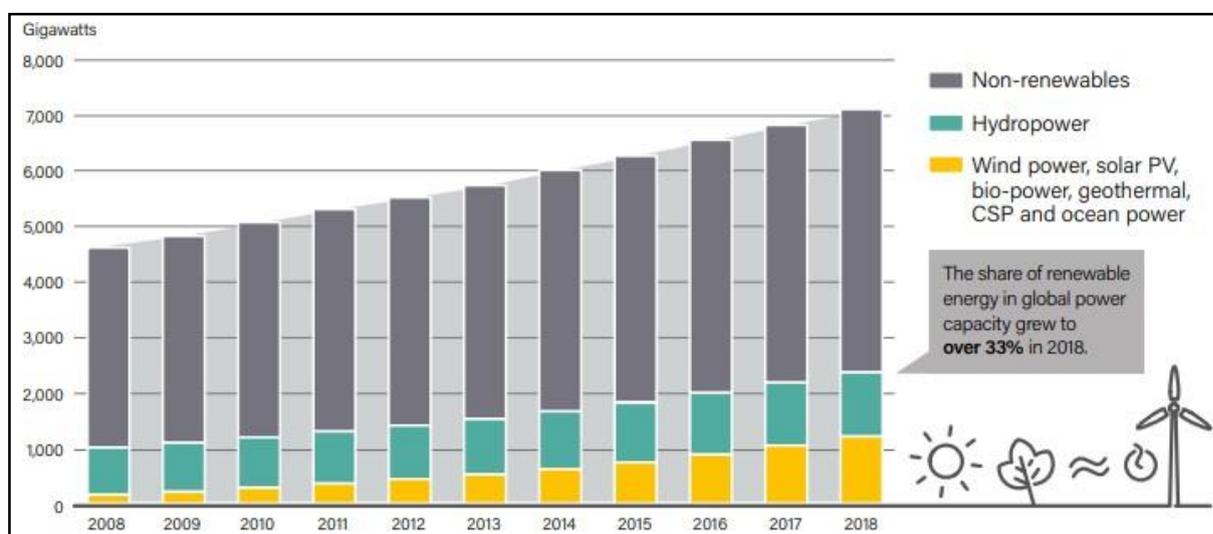
A tecnologia limpa apresenta alguns gargalos a serem desmantelados, mostrando que apesar do que parece ser altamente simples e normal, enfrenta alguns mitos, a P&D não é suficiente, o capital de risco não gosta tanto de risco e o pequeno não é necessariamente o melhor (MAZZUCATO, 2014, p.196). Para seguir na direção verde, as políticas governamentais devem superar a perspectiva ingênua e deixar para trás esses mitos e ideologias tendenciosas. O Estado, ao aceitar este risco na tecnologia limpa, obteve resultados positivos, pois, as turbinas eólicas e os painéis solares fotovoltaicos foram as duas tecnologias alternativas que mais se propagaram rapidamente, provocando o surgimento da indústria que expandiram mais rápido em várias regiões do globo. Um estímulo econômico fundamental para o enfrentamento da crise mundial em 2008, uma revolução verde que emergiu com um horizonte de possibilidades (MAZZUCATO, 2014, p.197).

Mas é fácil exagerar o progresso dos setores de tecnologia limpa como um todo. Embora o mercado de energia eólica tenha encolhido em 2010 em grande parte devido à crise financeira americana (agora é o segundo maior mercado de energia eólica do mundo, depois da China), os mercados de energia solar quase dobraram de tamanho entre 2009 e 2010, superando a energia eólica pela primeira vez (MAZZUCATO, 2014, p.198).

O aumento desses mercados foi marcado rapidamente e, junto às energias, somaram uma representação global de 164 bilhões de dólares em 2011, contra os 7 bilhões de 2000. Essas tecnologias catalizaram desenvolvimento histórico em todo o mundo (MAZZUCATO, 2014, p.198). De acordo com o REN 21 (2019), no ano de 2018 as energias renováveis cresceram em 26% a capacidade energética instalada, fato que se deu devido ao aumento de países na participação – que utilizam destas. No meio corporativo ampliou-se a capacidade em 50%, tendo crescimento significativo em todo mundo em relação ao ano anterior.

A capacidade instalada²⁸ de energia renovável foi maior que a combinação de combustíveis fósseis e nucleares nos quatro últimos anos²⁹, atualmente as renováveis apresentam mais de um terço da capacidade instalada global de energia, fato se deve em parte às iniciativas de políticas públicas e plano de metas da indústria, aliados à redução de custos e novos avanços tecnológicos (IRENA, 2019).

Gráfico 1 - Capacidade global de geração de energia, por fonte, 2008-2018



Fonte: REN 21 (2019).

A capacidade instalada global de energia renovável passou por mudanças em 2018, as hidroelétricas não dominaram o cenário, a energia eólica cresceu 25% e a solar fotovoltaica excedeu 20% pela primeira vez, assim houve um crescimento superior a 33% da geração instalada no mundo (REN 21, 2019, p.30). As energias alternativas (solar, eólica) estão crescendo e chegando perto de serem competitivas, já que atualmente são uma opção com menor custo, frente a geração de combustíveis fósseis e energia nuclear. Apesar do progresso ser lento no setor de maior porte aquecimento, refrigeração e transporte, os governos subsidiam os combustíveis fósseis e mantêm as estruturas de regulamentação em vigor, que apoiam a produção e o consumo centralizados de energia de alto carbono. Ainda as cidades estão se

²⁸ Potência de saída máxima, em condições ideais, de uma central de produção de eletricidade. É geralmente medida em quilowatts (kW), megawatts (MW) ou gigawatts (GW).

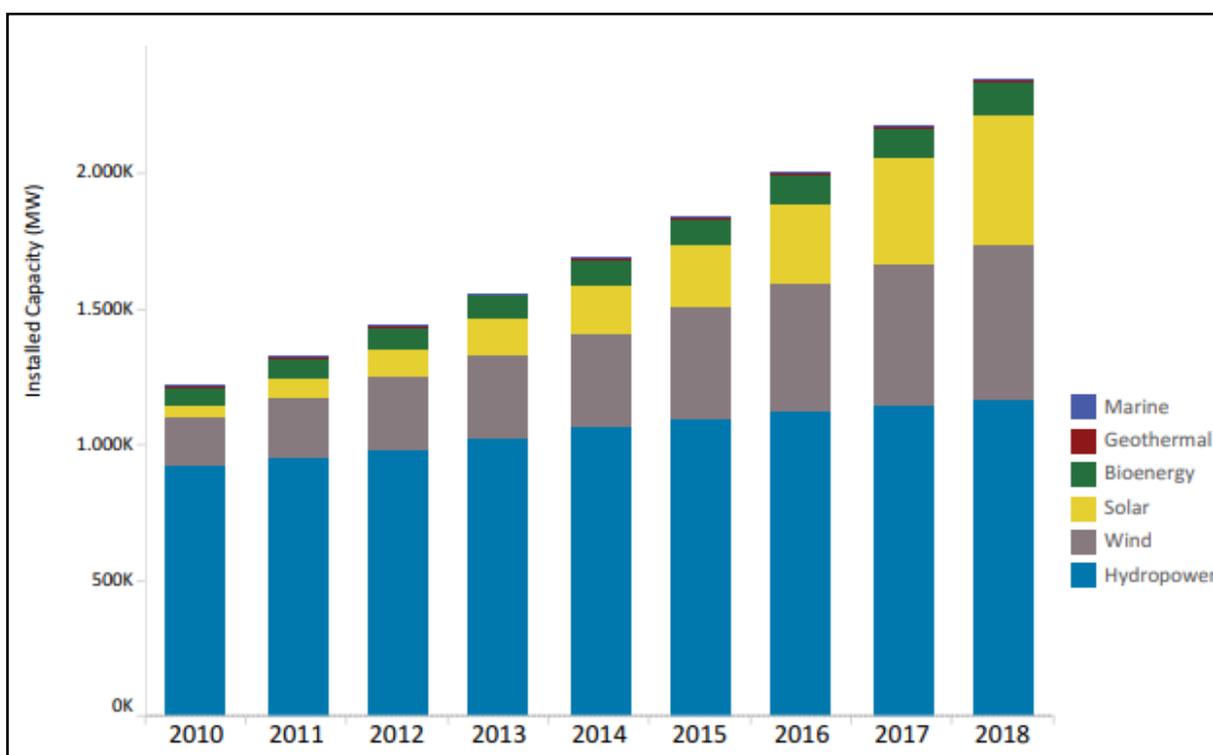
²⁹ A energia renovável se estabeleceu em escala global no final de 2018, mais de 90 países instalaram pelo menos 1 GW de capacidade de geração (incluindo energia hidrelétrica), enquanto pelo menos 30 países excederam 10 GW de capacidade. O principal país de geração de energia renovável com capacidade instalada foi a China, seguida pelos Estados Unidos, Brasil, Índia e Alemanha (IRENA, 2019).

tornando atores chave na disseminação da energia renovável, com um movimento crescente que visa se comprometer a fornecer grande porcentagem de eletricidade de fonte renovável.

Pelo menos 100 cidades em todo o mundo estavam fornecendo 70% ou mais de sua eletricidade a partir de fontes de energia renováveis até o final de 2018. Entre elas, Auckland (Nova Zelândia), Dar es Salaam (Tanzânia), Nairobi (Quênia) e Seattle (Estados Unidos). Mais de 40 cidades já eram totalmente movidas a fontes renováveis. A maioria está na América Latina, mas também em outros lugares. Exemplos incluem as cidades americanas de Burlington (Vermont), Georgetown (Texas) e Rock Port (Missouri), além de Reykjavik (Islândia) e Shenzhen (China) (REN 21, 2020).

De acordo com dados do International Renewable (IRENA) (2019) sobre as tendências da capacidade instalada global temos:

Gráfico 2 - Capacidade instalada global de energias renováveis



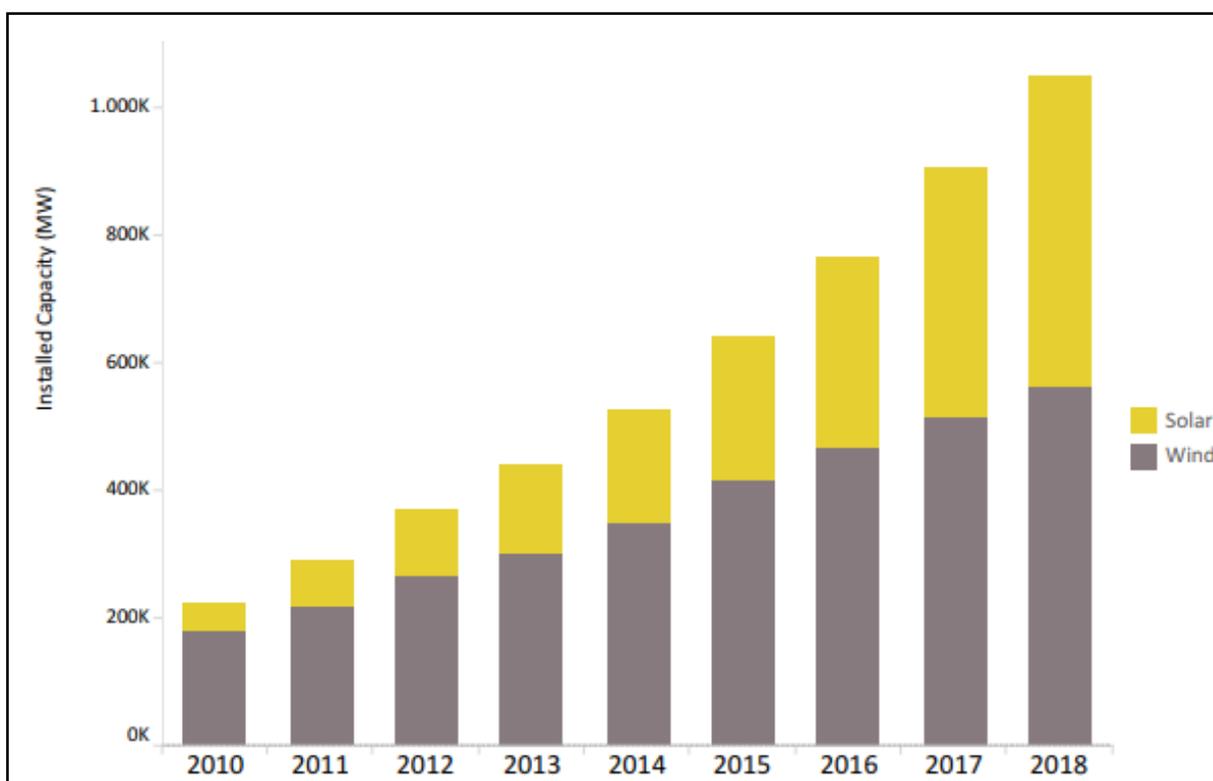
Fonte: IRENA (2019)

Em 2010 a energia solar era praticamente insignificante, ganhando apenas da energia geotermal em capacidade instalada no globo, no entanto, percebe-se claramente que esta teve um crescimento significativo desde o ano de 2015 frente as demais energias, quase dobrando sua capacidade frente à bioenergia e sendo a fonte

com maior capacidade instalada. Um dos fatores responsáveis por esse crescimento foi a popularização da energia solar, que se deu devido à redução do preço do investimento e diminuição do custo de produção dos equipamentos; e ganho em escala das fábricas, bem como as linhas de créditos disponíveis para a aquisição desta. Além disso, a China também foi um impulsionador desse setor, já que desde 2015 foi um país que estabeleceu grande potencial desse segmento e atualmente é o país³⁰ com maior produção de energia solar do mundo.

A energia eólica em 2018 apresentou pouco crescimento em relação ao ano anterior, já a hidroeletricidade quase que se mantém instável nos três últimos anos, enquanto que a bioenergia apresentou pouco destaque global em capacidade instalada.

Gráfico 3 - Capacidade instalada global de energia solar e eólica



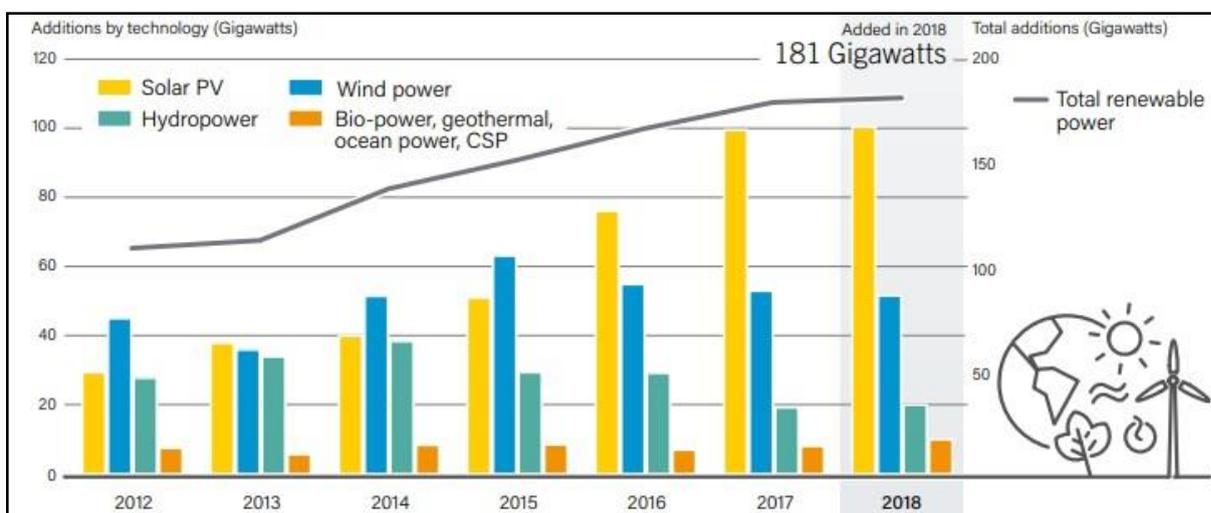
Fonte: IRENA (2019).

³⁰ A China foi o país campeão em investimento em energia limpa segundo estudo US\$ 758 bilhões foram empregados entre 2010 e 2019, a China assumiu a liderança no ranking em energia renovável já que foi o maior produtor, exportador e instalador de painéis solares, turbinas eólicas, baterias e veículos elétricos de todo o mundo (COEZER, 2020).

O gráfico 3 demonstra que a energia solar fotovoltaica é a que mais cresce atualmente, pois a tecnologia desta energia está pronta para desempenhar um papel importante no futuro frente ao mix global de geração de eletricidade, pois, podem ser combinadas para fornecer eletricidade em escala comercial, industrial ou dispostas em configurações menores para microgeração em uso residencial. Esta também pode alimentar mini-redes de maneira a levar acesso às pessoas que não moram perto de linhas de transmissão de energia, principalmente em países em desenvolvimento, com excelentes recursos de energia solar.

Já em relação à energia eólica, apesar de ser competitiva nos leilões de energia, seu custo para implantação ainda é extremamente elevado e não existe uma tecnologia econômica viável para que a mesma possa ser usada na micro geração.

Gráfico 4 - Capacidade de Energia Renovável, por Tecnologia e Total, 2012-2018 no mundo



Fonte: REN 21 (2019).

A energia renovável está cada vez mais barata se comparada às convencionais (oriundas de combustíveis fósseis). Até o final do ano de 2018 a eletricidade gerada de fontes de energia eólica e solar haviam se tornado mais econômicas que a energia produzida por combustíveis fósseis em muitos lugares. Em locais economicamente viáveis foram construídos novos parques eólicos e solares. Leilões de energia renovável foram realizados em muitos países, especialmente de energia solar fotovoltaica e eólica, embora esse desenvolvimento não tenha sido necessariamente positivo para a indústria (REN 21, 2019, p. 29).

A energia solar fotovoltaica vem se popularizando, é crescente o número de microgeração de energia solar residencial, os dados aqui não desmonstram este cenário específico (estando junto à produção total por setor) por não serem abordados no trabalho e serem difíceis de mensurar, já que aumentam diariamente em todas as partes do globo.

Como nos anos anteriores, as energias renováveis tiveram menor crescimento nos setores de aquecimento, refrigeração e transporte se comparado ao setor elétrico. Na construção civil e aplicações industriais, o uso de energia renovável (aquecimento e refrigeração) progrediu lentamente, já o uso de biocombustíveis no transporte, cresceu moderadamente durante 2018 (REN 21, 2019, p. 29).

As metas para uso de energias renováveis existem em quase todos os países, no entanto o desenvolvimento tecnológico precisa ainda evoluir, sendo um processo lento e muitas vezes restrito. O que ajuda a melhorar esses indicadores são as políticas públicas, incentivos fiscais, financiamentos, desenvolvimento em pesquisa e tecnologia, e parcerias entre o setor público e privado, aportes que impulsionam o cenário renovável. No cenário das políticas públicas a ampla maioria dos países demonstrou interesse como parte do esforço global na COP21 em Paris, a fim de mitigar a mudança climática mundial, de acordo com REN 21 (2016):

O número total de países com políticas para energias renováveis aumentou novamente em 2015. No final de 2015, pelo menos 173 países tinham metas para energias renováveis (sem incluir as INDCs³¹) e estima-se que 146 países tinham políticas de apoio a energias renováveis, em nível nacional ou estadual/provincial. Várias jurisdições aumentaram a ambição de suas metas e fortaleceram suas políticas, embora muitas outras tenham enfraquecido seu apoio às energias renováveis (REN 21, 2016, p. 8).

Já no ano de 2019, o número de empresas a aderir ao RE100³² chegou a 175, superando as 130 empresas do ano anterior, estes setores privados têm metas para apoiar a expansão da energia renovável em outros países e regiões, já que sua maioria se encontra nos Estados Unidos e Europa (REN 21, 2019).

³¹ São conhecidas como Intended Nationally Determined Contributions (INDCs). Em português, a expressão pode ser traduzida como “Contribuições Pretendidas, Determinadas em Nível Nacional”. A tradução oficial do governo é “Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada” (O ECO, 2015).

³² Uma iniciativa global de liderança corporativa que reúne empresas influentes comprometidas até 2050 a ter eletricidade 100% renovável. Desde que foi lançado na Climate Week NYC 2014, a iniciativa se expandiu pela Europa, América do Norte, Índia e China, e está em rápido crescimento pelo Japão e Austrália (RE100, 2019).

Essas políticas têm evoluído em resposta aos avanços tecnológicos, reduções de custos, crescente participação das renováveis no mix de energia de alguns países, avanços no desenvolvimento, armazenamento de energia e outras tecnologias facilitadoras. Nos países emergentes, as fontes renováveis desempenharam um papel importante para as famílias desprovidas de serviços elétricos, 5% da África e 2% da Ásia têm acesso à energia por sistemas solares fotovoltaicos, fora da rede (IRENA, 2019). Em 2017, a população global sem acesso à energia diminuiu para 1 bilhão, entretanto o financiamento para energia caiu em 2018 e permanece muito atrás do estimado necessário para alcançar o acesso universal à energia no nível subnacional³³ (IRENA, 2019).

De acordo com o Centro Nacional de Energia Renovável da China (CNREC)³⁴, às projeções da energia solar, eólica e bioenergia, a médio e longo prazo, na China, foram previamente estipuladas metas e objetivos ambientais, até o ano de 2050. As metas propostas indicam diferentes conjunturas sendo eles; cenário básico que se refere a capacidade de geração de energia eólica, no qual a China prevê para o ano de 2020 atingir 200 GW, em 2030-400 GW e em 2050-1000 GW. Ao se considerar um cenário agressivo, as metas passam a ter projeções com 300 GW em 2020, 1.200 GW em 2030 e 2 TW em 2050³⁵, em ambos os roteiros as metas são ambiciosas e arrojadas, no entanto possíveis, já que existem recursos avançado na tecnologia chinesa (CNREC, 2014).

Nessas perspectivas, a partir da energia eólica offshore (marítima) e onshore (em terra), além dos benefícios ambientais na mitigação de CO₂, a economia também será beneficiada no quesito geração de empregos, para isto projeta-se um cenário com a criação de 720.000 a 1.440.000 postos de trabalho, mas para que isto ocorra e a energia eólica se desenvolva rapidamente as ações a serem realizadas incluem implementação da energia eólica no plano de consumo, coordenado ao desenvolvimento nas fontes e na rede elétrica. A longo prazo esse setor deve estar completamente estabelecido. Após

³³ Projetos comunitários de energia renovável se espalharam. A Diretiva de Energia Renovável da União (UE) incluiu uma definição de “Comunidades de energia renovável” e a base para o desenvolvimento, como normas nacionais de apoio às iniciativas comunitárias (RESCOOP, 2018).

³⁴ Em abril de 2014, a Fundação de Energia da China, o Centro Nacional de Energia Renovável da China (CNREC) e outras organizações chinesas importantes lançaram em conjunto o Estudo de Cenário e Roteiro de Penetração de Energia Renovável da China 2050 em Pequim.

³⁵ A nível de comparação, de acordo com relatório técnico China Renewable Energy Outlook 2019, a China em 2018 produziu 21GW de capacidade instalada de energia eólica.

2030, tecnologias avançadas serão amplamente implantadas, incluindo avançados sistemas de armazenamento econômico e inteligente (CNREC, 2014).

A China acredita que nos próximos 40 anos a energia solar terá crescimento gradual até se tornar a principal fonte energética autônoma e independente. O documento Mapa eólico da China: solar e bioenergia versão curta 2050, estipula metas para um cenário básico, o qual substituirá a energia fóssil de carvão no ano de 2020 para 150 Ton³⁶, em 2030-310 Ton e em 2050-860 milhões de toneladas de carvão, entre os quais irá fornecer eletricidade de 150.510 e 2.100 bilhões de quilowatts-hora (KWH) ³⁷. Em um cenário positivo as metas alteram para 2020, 2030 e 2050 a energia solar substituirá a energia fóssil em 240 Ton 560 Ton e 1860 milhões de toneladas de carvão, o equivalente a 300.1020 e 4800 bilhões KWH (CNREC, 2014).

A realização das projeções acima resultará em impacto ambiental positivo, com a redução de dióxido de carbono e benefícios sociais, pesquisa tecnológica ativa e desenvolvimento na área de células solares. A principal direção do desenvolvimento futuro é a alta eficiência e o baixo custo a médio e longo prazo, a geração solar fotovoltaica (PV) distribuída³⁸ enfrentará a limitação de recurso para construção e tendem a se tornar estável, enquanto geração solar fotovoltaica centralizada³⁹ terá um desenvolvimento muito mais forte e potencial, sendo vantajosa – já que pode ser instalada no Deserto Gobi (CNREC, 2014).

A China tem muita importância na cadeia global de fornecimento de peças e equipamentos para construção de energia limpa, já que o país é líder global na produção de painéis fotovoltaicos, das 10 maiores fabricantes⁴⁰ do mundo no ano de 2019, seis são chinesas e uma é coreana, qualquer impacto na economia Chinesa é sentida em todo mercado de energia renovável global.

No que concerne à indústria da energia eólica, são necessários estímulos para

³⁶ Toneladas.

³⁷ É a unidade de medida de energia e hora, uma unidade de tempo. É a quantidade necessária para alimentar uma carga com potência de 1 Watt durante 1 hora.

³⁸ É a energia elétrica que é gerada próxima ou no local de consumo, com redução da etapa de transmissão, exigindo menos investimento.

³⁹ É composta por projetos de usinas de grande porte de capacidade instalada que comercializam a energia gerada nos ambiente contratação livre e regulado.

⁴⁰ De acordo com Finlay Colville (2019), chefe de pesquisa da PV-Tech & Solar Media Ltda, os maiores fabricantes em ordem são; JinkoSolar (China), JA Solar (China), LONGI Solar (China), Canadian Solar (Canadá), Hanwha Q-CeELLS (Coreia do Sul), Richen Energy (China), GCL-SI (China), Talesun (China) e First Solar (EUA) (PV TECH, 2020).

fornecedores e fabricantes, espera-se que as incertezas atuais sobre o setor desapareçam e que os governos locais se articulem de modo a intensificar as ações, e que o país possa usufruir dos benefícios desse recurso energético. Para tanto, veremos no próximo item os investimentos nas fontes alternativas de energia a fim de garantir a demanda e suprir a produção.

1.3 INVESTIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS FONTES ALTERNATIVAS

Muitos países projetam investimentos em energia renovável para os próximos anos, uma vez que a demanda por energia continua aumentando a um ritmo mais rápido nos mercados, já que a inovação e as perspectivas tecnológicas de inovação estão em constante evolução.

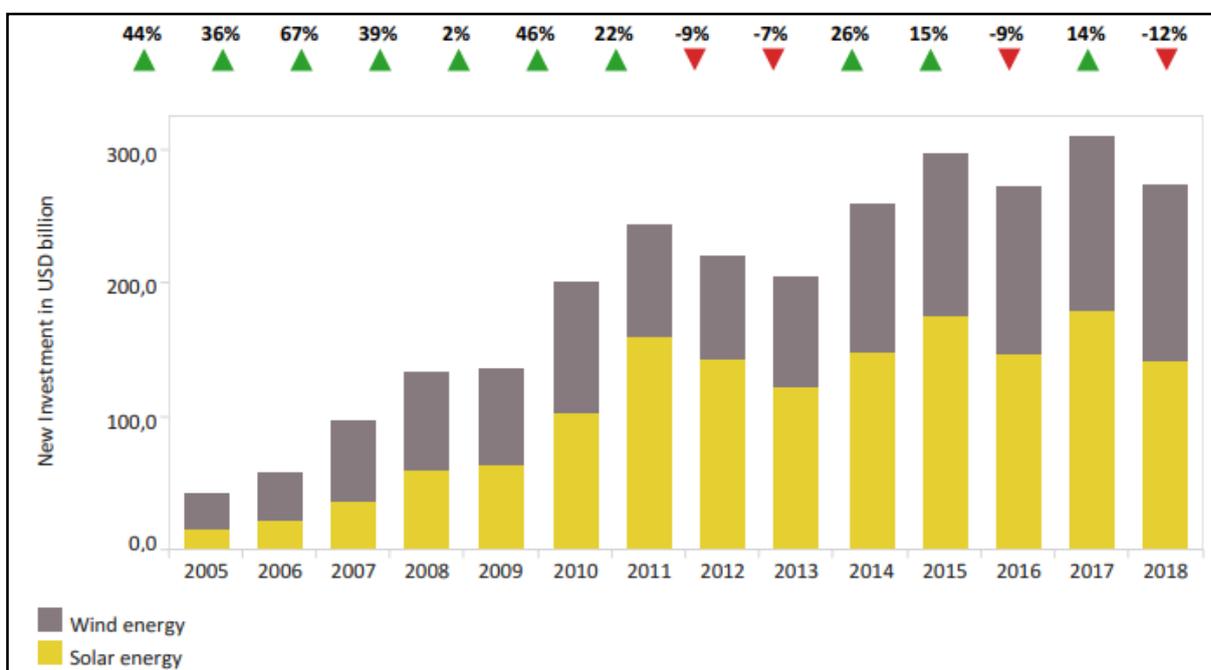
O aumento no uso de energia eólica se deve em parte porque os custos estão caindo, a capacidade instalada global de geração eólica onshore e offshore aumentou quase 75 vezes nas últimas duas décadas, passando de 7,5 gigawatts (GW) em 1997 para cerca de 564 GW em 2018, de acordo com os dados mais recentes do IRENA – no ano de 2019. A produção de eletricidade eólica dobrou entre 2009 e 2013, e em 2016 representou 16% da eletricidade gerada por energias renováveis. Muitas partes do mundo têm fortes velocidades de vento, mas os melhores locais para gerar energia eólica são, às vezes, lugares remotos. A energia eólica offshore oferece um tremendo potencial (IRENA, 2019).

Em 2019, as novas instalações globais de energia eólica ultrapassaram 60 GW, um crescimento de 19% em relação a 2018, e elevando a capacidade instalada total para 650 GW, um crescimento de 10% em relação ao ano anterior. Novas instalações no mercado eólico onshore atingiram 54,2 GW, enquanto o mercado eólico offshore ultrapassou a marca de 6 GW, representando 10% da nova instalação global em 2019, o nível mais alto até agora. Os cinco principais mercados do mundo em 2019 para novas instalações foram China, EUA, Reino Unido, Índia e Espanha, que juntos representaram 70% da instalação global no ano passado. Em termos de instalações cumulativas, os cinco principais mercados no final de 2019 permaneceram inalterados. Esses mercados são: China, EUA, Alemanha, Índia e Espanha, que juntos representam 72% da instalação total de energia eólica do mundo (GWEC, 2020 - tradução nossa⁴¹).

⁴¹ No original: “2019 saw the global new wind power installations surpassed 60GW, a 19 per cent growth compared to 2018, and bringing the total installed capacity to 650GW, a growth of 10 per cent compared to last year. New installations in the onshore wind market reached 54.2 GW, while the offshore

No gráfico cinco é possível verificar que desde 2005 os investimentos têm sido constantemente intensificados nesse setor e o vetor evolução vem acompanhado da transformação que ocorre aceleradamente em todos os campos, em particular nos que requerem consumo energético, para tanto o binômio tecnologia-energia, direcionado pelo meio ambiente e impulsionado pela economia é incorporado ao capital.

Gráfico 5 - Investimento global em energias renováveis solar e eólica



Fonte: FRANKFURT SCHOOL (2018).

De acordo com o gráfico, o crescimento se manteve de 2005 até 2011, quando ocorreu uma oscilação negativa. Retomou em 2014 e 2015, apresentou queda em 2016 e sobiu em 2017. Essa inconstância no mercado mundial está principalmente ligada ao mercado Chinês, uma vez que é o que apresenta maior fluxo de investimento devido ao seu programa de fomento internacional e alguns programas de fomento do governo local.

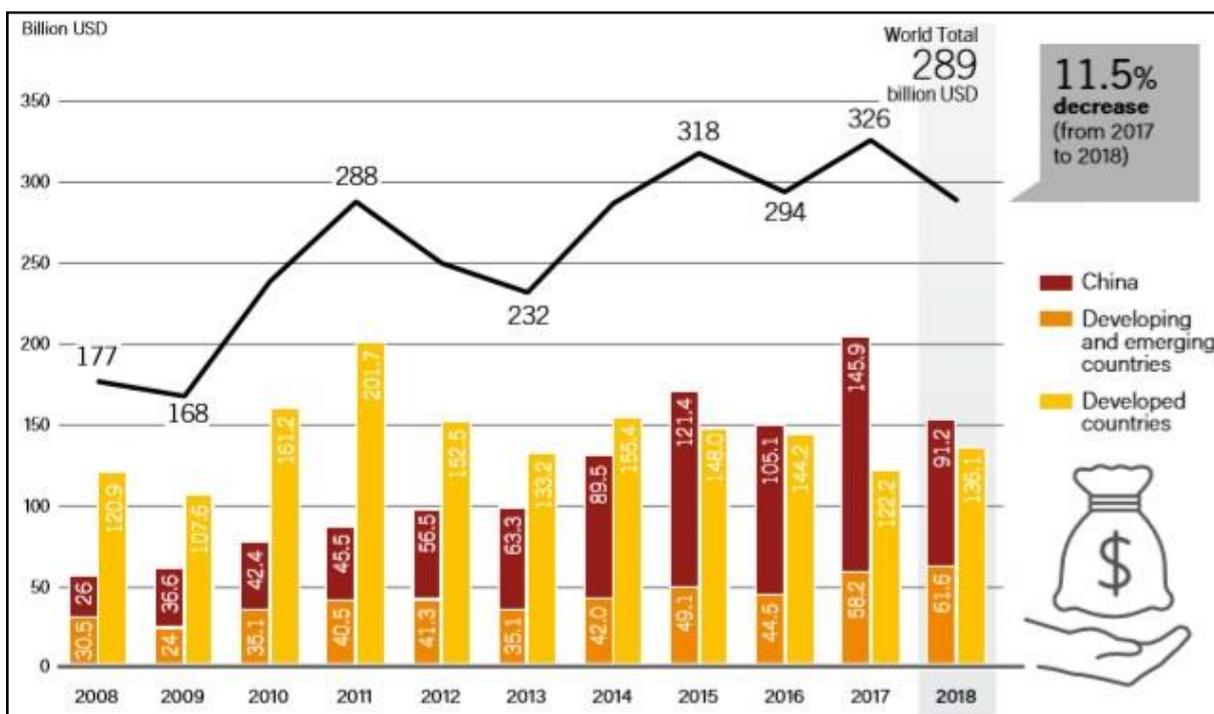
Dados do REN 21 (2019, p.148) apontam que o investimento global no ano de 2018, considerando toda forma de energia renovável, excedeu os investimentos em

wind market passed the milestone of 6 GW, making up of 10% of the global new installation in 2019 the highest level to now. The world's top five markets in 2019 for new installations were China, the US, United Kingdom, India and Spain, which together made up 70 per cent of the global installation last year. In terms of cumulative installations, the top five markets as the end of 2019 remained unchanged. Those markets are: China, the US, Germany, India and Spain, which together accounted for 72 per cent of the world's total wind power installation".

energia fóssil e nuclear, sendo o valor investido em dólares três vezes superior a geração de carvão e gás combinados. O foco central do investimento foi na energia solar: US\$ 139,7 bilhões em 2018, sendo 22% menor que 2017, devido aos custos mais baixos unitários e às mudanças no mercado fotovoltaico da China.

Os investimentos em energia eólica foram menores que na energia solar, no entanto apresentaram aumento de 2% em 2018, chegando aos US\$ 134,1 bilhões. Os setores de biomassa e de resíduos tiveram menos investimento: US\$ 8,7 bilhões, mas representaram 54% de aumento em relação ao ano (REN 21, 2019). Os EUA, ao longo dos anos, têm investido em diferentes tipos de energias renováveis e com capital para financiamento de empresas especializadas em energia verde. O país também presenciou uma série de investimentos de empresas e do governo em pesquisa e desenvolvimento e foi um dos maiores mercados mundiais de energia solar em pequena escala (FRANKFURT SCHOOL, 2018).

Gráfico 6 - Investimento global em energia renovável em países desenvolvidos, emergentes e em desenvolvimento, 2008-2018



Fonte: REN 21 (2019, p. 148).

Os valores anteriores não incluem investimentos em usinas hidrelétricas com potência maior que 50 MW. Os dados correspondentes aos anos anteriores foram

revisados desde a publicação do relatório *Global Trends in Renewable Energy Investment*⁴² 2018 (REN 21, 2019). O maior motivo para o declínio em investimento em 2018 se deve ao fato de um desfavorável cenário para o financiamento de energia solar (em dólares) – com a redução contínua dos custos de capital para instalações fotovoltaicas. Na referência global para sistemas, em 2018, 1MW chegou a custar US\$ 1,03 milhão, enquanto em 2017 custava US\$ 820.000 o MW nos mercados mais competitivos (FRANKFURT SCHOOL, 2018).

Atualmente, grandes projetos solares fotovoltaicos estão sendo construídos por um custo muito menor. Outra razão para a redução de investimentos é efeito do mercado solar da China, que experimentou repentino enfraquecimento a partir de 2018 em consequência de um crescente déficit nas tarifas de alimentação que o governo financia, restringindo o número de novos painéis solares (FRANKFURT SCHOOL, 2018).

Os investimentos na China, país que atrai o maior investimento em energia renovável, caíram acentuadamente em relação ao recorde de 2017. Os próximos maiores investimentos foram nos Estados Unidos, Japão e Índia. Um total de 19 países tiveram investimentos de mais de US \$ 2 bilhões cada, incluindo, pela primeira vez, Ucrânia e Vietnã. O investimento em energia renovável nos países desenvolvidos aumentou 11% em 2018, para US \$ 136,1 bilhões. Excluindo a China, que sofreu fortes quedas, o investimento nos países em desenvolvimento aumentou 6%, para US \$ 61,6 bilhões, um recorde. Isso reflete na ampliação da atividade de investimento em energia eólica e solar para mais países da Ásia, Europa Oriental, Oriente Médio e África. A China representou maior parte do investimento em todo o mundo pelo sétimo ano consecutivo, US \$ 91,2 bilhões em 2018, embora tenha caído 37% em relação a 2017 e tenha sido o menor valor anual desde 2014. O declínio ocorreu em grande parte devido a uma mudança ocorrida no meio do ano, política tarifária de alimentação do governo, que reduziu pela metade o investimento em energia solar (para US \$ 40,2 bilhões, ante US \$ 89 bilhões em 2017). Em comparação, o investimento em energia eólica na China diminuiu apenas 6%, para US \$ 50,1 bilhões (REN 21, 2019, p. 149-150, tradução nossa⁴³).

⁴² Tendências Globais no Investimento em Energia Renovável. O documento tornou-se importante para a produção de dados, relatórios e documentos com pessoas especialistas de todo mundo referente às energia renováveis.

⁴³ No original: "Investment in China, the country that attracts the most renewable energy investment by far, fell sharply from its record high in 2017. The next-largest investments were in the United States, Japan and India. A total of 19 countries had investments of more than USD 2 billion each, including, for the first time, Ukraine and Vietnam. Renewable energy investment in developed countries increased 11% in 2018, to USD 136.1 billion. Excluding China, which saw steep declines, investment in the developing world increased 6% to USD 61.6 billion, a record high. This reflects a broadening of investment activity in wind and solar to more countries in Asia, Eastern Europe, and the Middle East and Africa. China accounted for the bulk of investment worldwide for the seventh successive year, at USD 91.2 billion in 2018, although this was down 37% from 2017 and was the lowest annual figure since

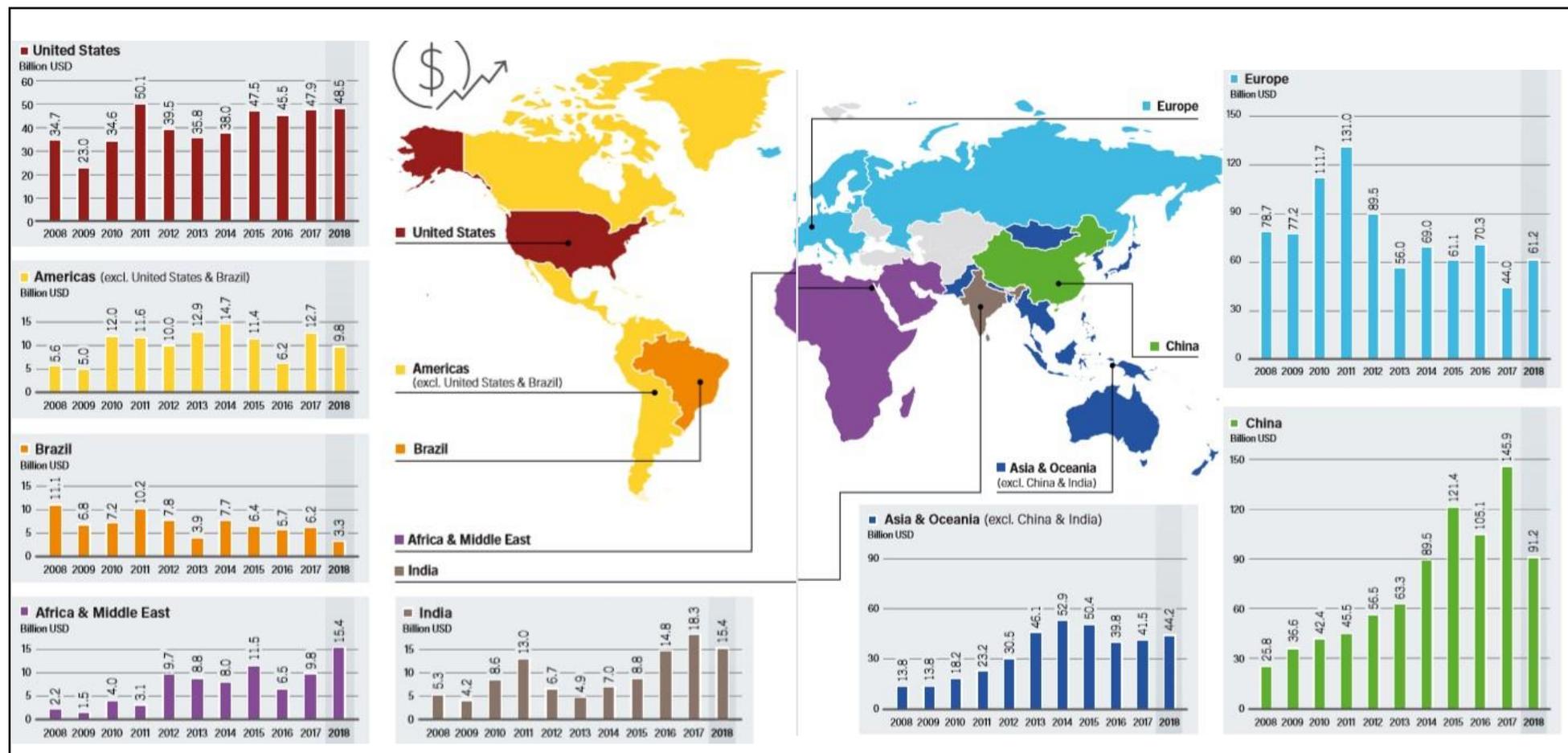
Os custos declinantes de algumas tecnologias de energia renovável, principalmente a solar fotovoltaica e eólica, apresentam influência descendente sobre o investimento total em dólares; assim, as mudanças no investimento monetário não necessariamente refletem mudanças em adições de capacidade. Políticas regulatórias foram fundamentais para garantir acesso ao mercado de energia renovável, os preços da energia elétrica voltados à sistemas renováveis conectados à rede puderam estabelecer mecanismos para alcançar preços mais acessíveis para tecnologia. Embora diferentes políticas tenham sido adotadas para apoiar em larga e pequena escala o investimento em projetos, são redutores condicionantes de preço ou tendências de maturação de tecnologia predominantes em cada um desses segmento de mercado.

A iniciativa privada desempenha um papel importante no setor energético, principalmente no que tange a geração de renovável nas questões de investimento e tecnologia. Quando se opta pela transferência do meio energético para o setor privado, é importante manter um conjunto de regras para controlar e proteger o interesse público no setor, já que a energia é uma necessidade coletiva, especialmente no controle das tarifas e a garantia de qualidade do serviço. Isto pode ser feito por meio de contratos na situação de venda das empresas ou por agências de regulação/ comissões; novas regras devem ser criadas antes das privatizações para ter independência política, o que atualmente tem sido raro (JANNUZZI, 2000).

Na figura 7 é possível verificar o total de investimento global por regiões em energias renováveis advindas de biomassa, eólica com mais de 1 MW, hidroelétricas entre 1 MW e 50 MW, projetos de energia solar apartir de 1 MW e biocombustível com capacidade de produção anual de 1 milhão de litros ou mais.

2014. The dip was due largely to a mid-year change in the government's feed-in tariff policy, which halved investment in solar power (to USD 40.2 billion, down from USD 89 billion in 2017). By comparison, investment in wind power in China decreased only 6% to USD 50.1 billion".

Figura 1 - Investimento global em energias renováveis, 2008-2018



Fonte: REN 21 (2019, p. 150-151).

Dos investimentos acima a energia solar foi a maior beneficiária em financiamento de projetos, seguida da energia eólica. Alguns países conseguiram aumentar os investimentos como é o caso dos Estados Unidos, África, Europa, Ásia e Oceania, enquanto nos demais houve uma redução.

O investimento na Europa saltou 39%, para US \$ 61,2 bilhões, o nível mais alto em dois anos. O aumento é atribuído a três fatores principais. Na Escandinávia, ocorreu um aumento nos financiamentos de projetos eólicos onshore na Suécia e na Noruega, apoiados por contratos de compra de energia corporativa (PPAs). Na Espanha, onde os preços da eletricidade eram garantidos por meio de leilões ou PPAs com empresas ou empresas de investimento em usinas solares fotovoltaicas aumentou. Por fim, a região experimentou uma recuperação no investimento eólico offshore, com cinco projetos eólicos offshore totalizando mais de US \$ 1 bilhão, atingindo fechamento financeiro nas águas da Bélgica, Dinamarca, Holanda e Reino Unido. No Reino Unido - maior investidor nacional da Europa em energia renovável em 2018 - o investimento saltou 23% para US \$ 8,3 bilhões, devido principalmente ao financiamento de dois projetos de energia eólica offshore e uma planta de conversão de carvão em biomassa. O investimento na Alemanha caiu 45%, para US \$ 7,5 bilhões, refletindo uma forte contração no mercado de energia eólica onshore. O investimento em outros países europeus aumentou substancialmente: a Espanha subiu 10 vezes, para US \$ 7,5 bilhões, a Holanda, 170%, para US \$ 5,1 bilhões, e a Suécia subiu 117% para 4,6 bilhões de dólares, seu nível mais alto até o momento. O investimento na França caiu 4%, para US \$ 4,5 bilhões. Nos Estados Unidos, o investimento subiu 1%, para US \$ 48,5 bilhões, o nível mais alto desde 2011. Isso se deu em grande parte a um aumento de 15% no investimento em energia eólica, que atingiu US \$ 24,6 bilhões. Os desenvolvedores intensificaram os esforços para financiar grandes projetos de energia eólica que se qualificam para o Crédito Fiscal de Produção do país antes que o incentivo expire. O investimento em energia solar nos Estados Unidos caiu 8%, para US \$ 21,8 bilhões. O investimento na região da Ásia-Pacífico (excluindo China e Índia) aumentou 6%, para US \$ 44,2 bilhões, o nível mais alto em três anos. O investimento variou amplamente por país, no entanto, aumentou 32% na Austrália, para US \$ 9,5 bilhões (o nível mais alto até o momento) e alcançou US \$ 4,1 bilhões no Vietnã, sete vezes mais que em 2017 (REN 21, 2019, p.149-150 - tradução nossa⁴⁴).

⁴⁴ No original: "Investment in Europe jumped 39% to USD 61.2 billion, the highest level in two years. The increase is attributed to three main factors. In Scandinavia, a surge in financings of onshore wind projects occurred in Sweden and Norway, backed by corporate power purchase agreements (PPAs). In Spain, where electricity prices were secured through auctions or through PPAs with companies or utilities, investment in solar PV plants increased. Finally, the region experienced a rebound in offshore wind investment, with five offshore wind projects totalling more than USD 1 billion reaching financial close in the waters off Belgium, Denmark, the Netherlands and the United Kingdom. In the United Kingdom – Europe's largest national investor in renewable energy in 2018 – investment jumped 23% to USD 8.3 billion, due mainly to the financing of two offshore wind power projects and one coal-to-biomass conversion plant. Investment in Germany was down 45% to USD 7.5 billion, reflecting a sharp contraction in the onshore wind power market. Investment in other European countries increased substantially: Spain was up 10-fold to USD 7.5 billion, the Netherlands was up 170% to USD 5.1 billion, and Sweden was up 117% to USD 4.6 billion, its highest level to date. Investment in France declined 4% to USD 4.5 billion. In the United States, investment edged up 1% to USD 48.5 billion, the highest

Não apenas os demais países apresentaram oscilação no fluxo de investimentos, o Brasil desde 2011 sofreu forte queda substancial de investimentos em ambas energias, tendo após essa data picos com aumento em 2014 e 2017 caindo em 2018, fato que se deu devido ao impacto de uma economia fraca, retrocesso, inflação, aumento do dólar, instabilidade política, taxa de juros alta, e ao momento de programa de leilão de energia renovável do país, toda esta conjuntura levou a um encolhimento significativo em relação aos dez anos anteriores.

Nas Américas (além do Brasil e dos Estados Unidos), o investimento caiu 23% (excluindo grandes hidrelétricas), para US \$ 9,8 bilhões. Dos mercados de bilhões de dólares, Argentina e Canadá ambos viram aumentos modestos em fundos comprometidos. O investimento na Argentina subiu 18% para US \$ 1,9 bilhões, seu nível mais alto até o momento. Investimento no Canadá subiu 17% para US \$ 1,6 bilhões. Investimento diminuiu em ambos Chile (queda de 41%, para US \$ 1,2 bilhões) e México (abaixo de 38%, para US \$ 3,7 bilhões); energia eólica sofreu duro em ambos os países (REN 21, 2019, p.150 - tradução nossa⁴⁵).

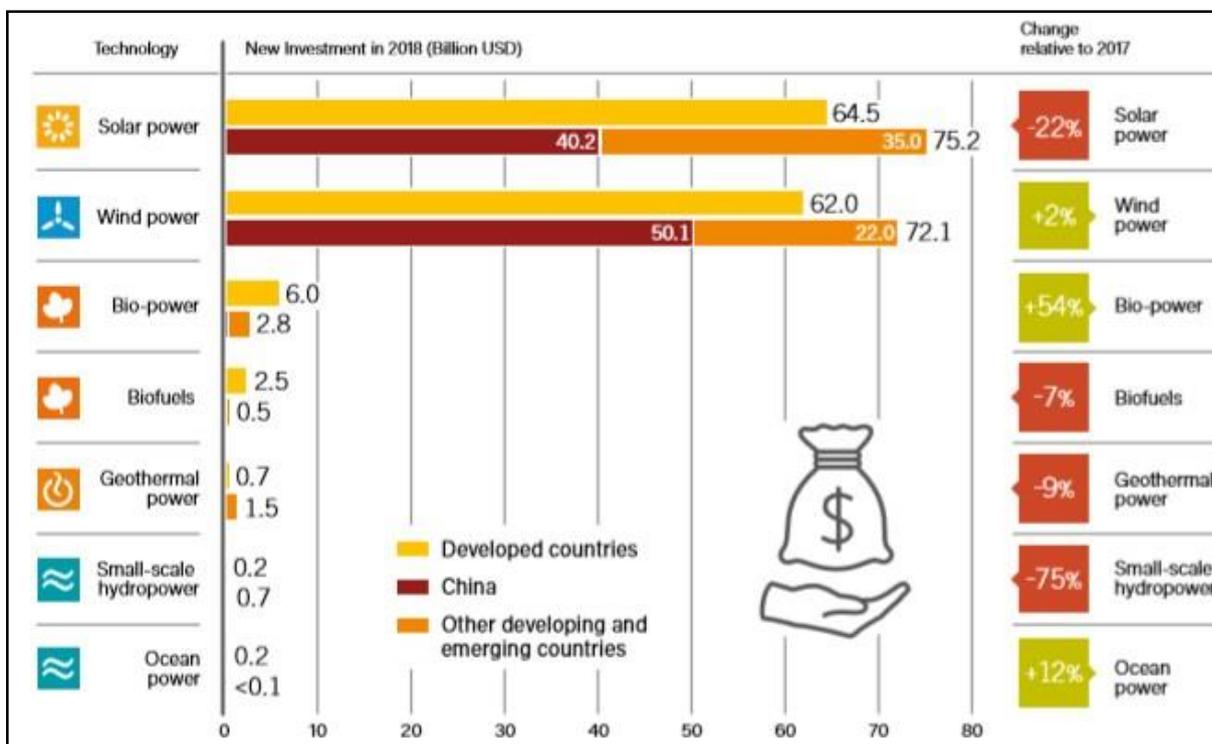
O Vietnã foi um dos países que emergiu como um mercado multimilionário voltado à energia solar fotovoltaica, quando assinou novos acordos de suprimento para dois projetos fotovoltaicos para a execução de 80 MW, o maior mercado do sudeste da Ásia, com módulos solares fornecidos pela Jiangsu Seraphim Solar System Co., Ltda⁴⁶ instalada em seu país, o mesmo será o ponto de referência para medir o sucesso de projetos futuros. Os parques solares representam um empreendimento conjunto da AMI Renewables do Vietnã e AC Energy das Filipinas; outra grande fabricante instalada no país é a Canadian Solar (SERAPHIM, 2020).

level since 2011. This was due largely to a 15% increase in wind power investment, which reached USD 24.6 billion. Developers stepped up efforts to finance large wind power projects that qualify for the country's Production Tax Credit before the incentive expires. Solar power investment in the United States was down 8% to USD 21.8 billion. Investment in the Asia-Pacific region (excluding China and India) increased 6% to USD 44.2 billion, the highest level in three years. Investment varied widely by country, however. It increased 32% in Australia, to USD 9.5 billion (the highest level to date) and reached USD 4.1 billion in Vietnam, up seven-fold from 2017.

⁴⁵ No original: "In the Americas (beyond Brazil and the United States), investment declined 23% (excluding large hydropower), to USD 9.8 billion. Of the billion-dollar markets, Argentina and Canada both saw modest increases in funds committed. Investment in Argentina was up 18% to USD 1.9 billion, its highest level to date. Investment in Canada was up 17% to USD 1.6 billion. Investment declined in both Chile (down 41% to USD 1.2 billion) and Mexico (down 38% to USD 3.7 billion); wind power suffered hard in both countries".

⁴⁶ Fabricante fundada na China de módulos solar de classe mundial, especializada em pesquisa, desenvolvimento, produção e venda de produtos fotovoltaicos solares, com produtos instalados em mais de 40 países.

Gráfico 7 - Investimento global em energia renovável por tecnologia em países desenvolvidos, emergentes e em desenvolvimento em 2018



Fonte: REN 21 (2019, p. 152).

A China e os demais países desenvolvidos lideraram os investimentos em energia solar e eólica no ano de 2018, o somatório de outras economias em desenvolvimento e países emergentes investiram significativamente em energia solar mais do que em eólica durante o ano. Embora o investimento em biomassa e o desperdício de energia tenha sido pequeno, houve um aumento de 54% em 2018. A energia solar tem papel de destaque, pois além da tecnologia estar se popularizando, casas de pequeno porte investem nesta energia como fonte energética e existem linhas de crédito para aquisição destas.

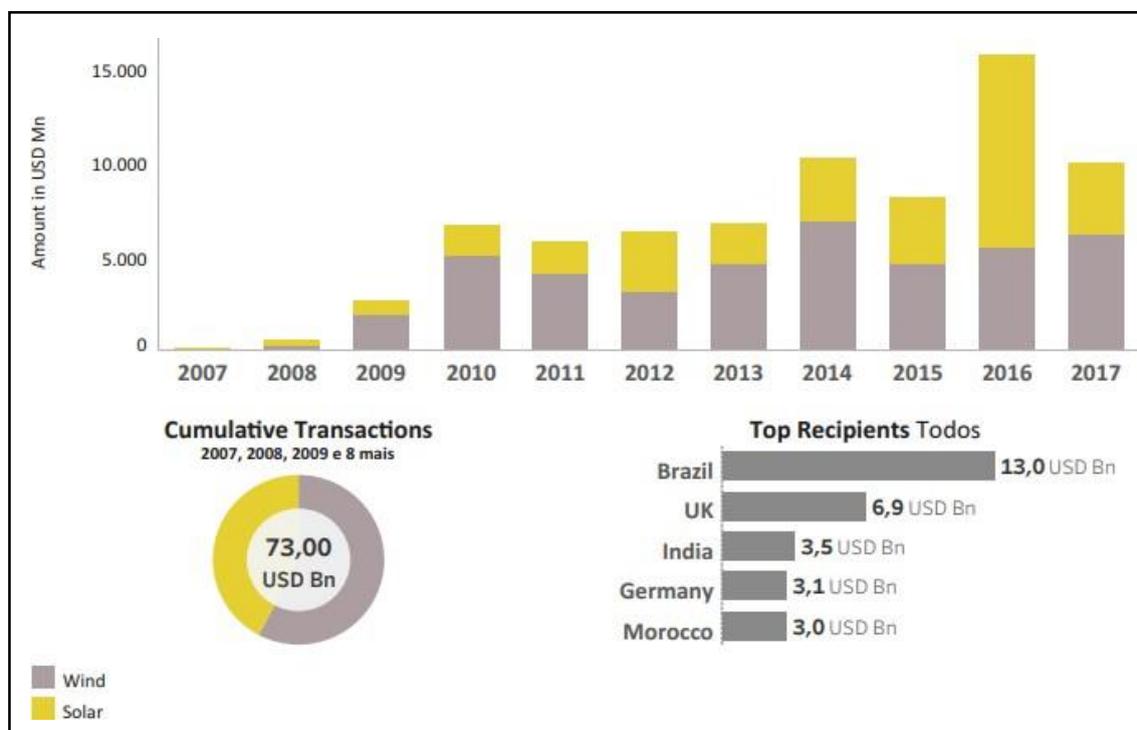
O gráfico 7 demonstra que o mundo adicionou mais capacidade de energia solar fotovoltaica do que de qualquer outro tipo de tecnologia de geração de energia, a solar fotovoltaica foi a principal fonte de energia em vários países, incluindo China, Índia, Japão e Estados Unidos. Globalmente foram instalados cerca de 98 GW de capacidade fotovoltaica solar dentro e fora da rede, contabilizando aumento de cerca de 29% em relação às adições recorde em 2016, este potencial equivale a mais de 40.000 painéis solares instalado a cada hora do ano (REN 21, 2019).

A energia eólica teve um crescimento modesto comparando aos anos de 2015 e 2016, em 2017 – apesar de pouco significativo – teve um aumento de 52 GW adicionados globalmente. Em 2016 houve um declínio nas instalações chinesas, enquanto vários outros mercados, incluindo Europa e Índia (figura 8), tiveram anos recordes em investimentos. Embora a energia eólica onshore represente a maior parte da capacidade instalada global (mais de 96%), nove países conectaram 4,3 GW de capacidade offshore em 2017, gerando um total mundial de capacidade instalada de energia eólica offshore em 30%, totalizando 18,8 GW. Os principais países com instalações offshore que aumentaram a capacidade foram: Reino Unido, Alemanha, China e Bélgica (FRANKFURT SCHOOL, 2018).

No ano de 2017, na China, foram investidos US\$ 19,6 bilhões em sistemas com geração inferiores a 1 MW, e US\$ 64,9 bilhões em matrizes com escala superior a 1 MW, maior parte desta capacidade estava conectada à rede de distribuição e não conectados à rede de transmissão, com projetos geralmente montados no solo ou em telhados industriais (FRANKFURT SCHOOL, 2018). As fontes renováveis se tornaram uma proposta atrativa de investimento global, já que as novas energias cresceram de menos de US\$ 50 bilhões por ano em 2004 para cerca de US\$ 300 bilhões por ano nos últimos anos de acordo com Frankfurt School - UNEP / BNEF (2019), valor superior a três vezes os investimentos em combustíveis fósseis em 2018 (REN21, 2019). A energia solar fotovoltaica (PV) e energia eólica representaram 90% dos investimentos totais em energia renovável em 2018 (FRANKFURT SCHOOL -UNEP/ BNEF, 2019).

Ainda sobre as fontes de investimentos, na figura 9 é possível identificar os fluxos de financiamento em energias renováveis, um panorama geral dos países indicados, por instituições financeiras que englobam investimentos vinculados à ativos de projetos de energia renovável entre os anos 2007-2017.

Gráfico 8 - Fluxos de Financiamento em Energia Renovável



Fonte: IRENA (2020).

As transações cumulativas totais dos principais destinatários Brasil, Uk, Índia, Alemanha e Marrocos, em energias renováveis desde 2007 estão centradas na energia eólica com 58% dos investimentos, um montante total de US\$ 42,128 milhões de dólares e 42% investidos na energia solar, com um total de US\$ 30,877 milhões de dólares (estes valores somados exibem os acumulativos de investimento US\$ 73,00 milhões). Essas tendências de investimento representam uma visão geral dos investimentos públicos globais em energia renovável de 2009 a 2017. Os valores citados ainda podem ser desmembrados e separados por região, tecnologia, tipo de instrumento, instituição financeira e subcategoria⁴⁷.

A desagregação dos fluxos de capital entre as fontes públicas e por instituições privadas apresentam características de investimentos com tendência a uma mudança geográfica para mercados emergentes e em desenvolvimento, que têm atraído a maior parte dos recursos renováveis e investimentos por todos os anos desde 2015, contabilizando 63% dos investimentos em energia renovável em 2018. A China atraiu

⁴⁷ Os dados exibidos representam as informações disponíveis no banco de dados do IRENA 2020, selecionados pelo autor.

33% dos investimentos globais totais em energia renovável em 2018, no entanto os principais mercados emergentes na última década atraíram investimentos como a Índia, Brasil, México, África do Sul e Chile (FRANKFURT SCHOOL -UNEP/ BNEF, 2019), porém países como África, Oriente Médio, Sudeste da Ásia e Sudeste da Europa ainda têm grande potencial de investimento em energias renováveis inexplorado.

Esse grupo heterogêneo de investidores operando dentro de diversos setores e circunstâncias nacionais formada em diferentes regiões, apresentam crescimento notavelmente mais rápido em mercados emergentes e em desenvolvimento, isto se dá devido à sua economia em crescimento e expansão da população. Como benefício, este capital pode ajudar nas lacunas e suporte de financiamento para infraestrutura local e desenvolvimento sustentável a longo prazo, estudos do IRENA indicam que os investimentos institucionais em renováveis revelam grande potencial que até agora permanece principalmente subutilizado (IRENA, 2020).

Além da diversidade geográfica e do desenvolvimento tecnológico, os investimentos estão testemunhando novos modelos de negócios que podem ativar diferentes investidores e financiar todas as etapas do ativo, como por exemplo o aumento no mercado de títulos verdes, com crescente aquisição de energia renovável e negócios para renováveis em pequena escala, como o modelo de pagamento conforme o uso, porém ainda é necessário investir muito mais em renováveis para atender a sustentabilidade e atingir os objetivos climáticos.

Ainda sobre os investimentos no setor eólico no mercado Europeu, no ano de 2019 a indústria investiu quase € 52 bilhões na Europa (este valor teve uma queda de € 5 bilhões em relação a 2018) sendo € 19 bilhões para construção de novos parques eólicos (24% a menos que 2018), os € 33 bilhões restantes foram distribuídos em transações de refinanciamento, fusões e aquisições em nível de projeto e corporativo, transações de mercado público e aumento de patrimônio privado (WINDEUROPE, 2020, p.7). Ainda para que este cenário pudesse se desenvolver, os bancos concederam € 20,3 bilhões em dívidas sem recurso para a construção e refinanciamento de parques eólicos, com ativos acumulados desde 2016 (WINDEUROPE, 2020).

A dívida sem recurso representou 49% de todo investimento em novos parques onshore e 77% de todo o investimento em novos parques eólicos offshore, destacando a importância dos bancos no financiamento da energia eólica. A energia eólica foi a maior oportunidade de investimento no setor de energia na Europa (WINDEUROPE, 2020, p.8 - tradução nossa⁴⁸).

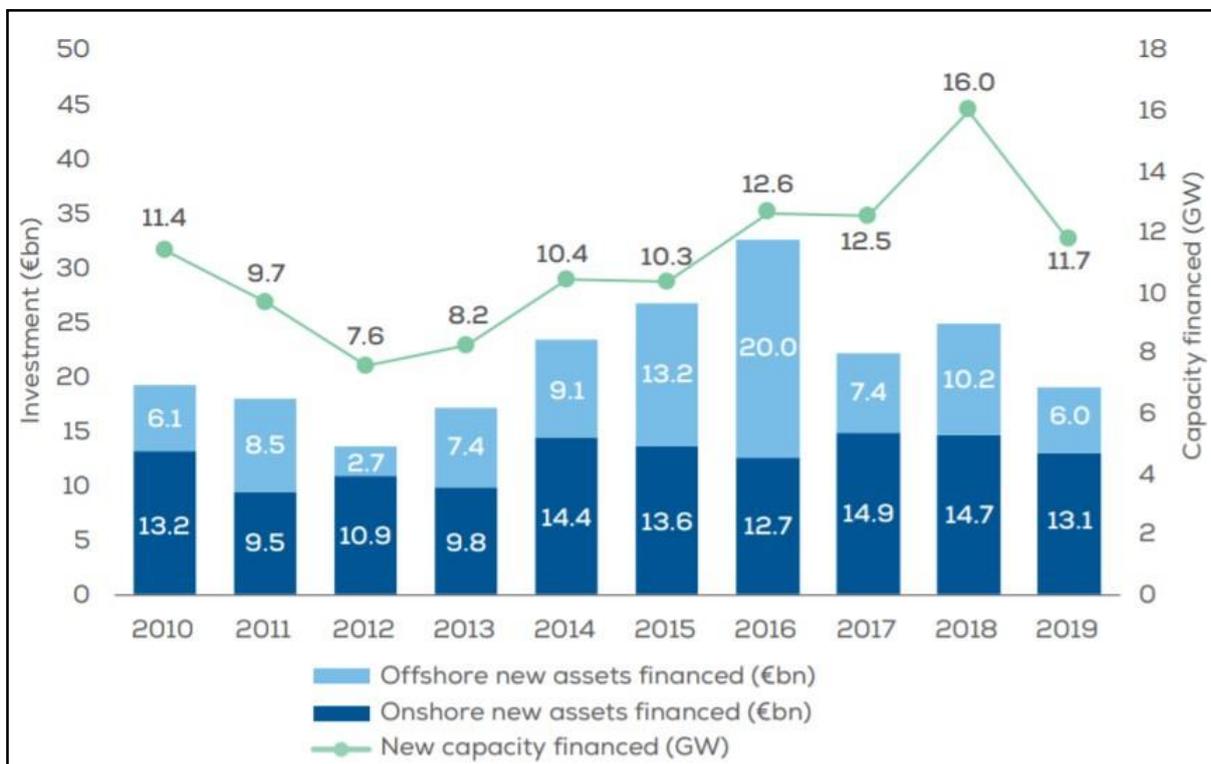
A Espanha, em 2019, financiou em projetos onshore um total médio de € 1 milhão por MW, a Europa do Norte e Ocidental detém a maior parte de novos investimentos, totalizando € 11,5 bilhões para construção de novos parques eólicos pela Europa, o que totaliza 60% do capital captado (WINDEUROPE, 2020).

A Alemanha ultrapassou o Reino Unido para ter o maior volume de aquisição de projetos em 2019 com um montante em € 4,9 bilhões (1,7 GW), 90% do investimento estava direcionado para energia eólica offshore. O Reino Unido foi o segundo maior mercado para aquisições de projetos com € 3,8 bilhões (1,2GW) de transações em andamento um percentual de 68% de energia eólica offshore (WINDEUROPE, 2020, p.8 - tradução nossa⁴⁹).

As taxas de juros em 2020 podem permanecer baixas devido à crise econômica da Covid-19, em circunstâncias normais isso significaria prosperidade para investimentos de longo prazo, o cenário global marcado pela pandemia determinará a rapidez com que os mercados retornem para a normalidade (WINDEUROPE, 2020).

⁴⁸ No original: "Non-recourse debt accounted for 49% of all investment in new onshore and 77% of all investment in new offshore wind farms, highlighting the importance of banks in wind energy financing. Wind energy was the largest investment opportunity in the power sector in Europe".

⁴⁹ No original: "Germany overtook the UK to have the greatest project acquisition volumes in 2019 with €4.9bn changing hands (1.7 GW). 90% of the investment was in offshore wind. The UK was the second largest market for project acquisitions with €3.8bn (1.2 GW) of transactions taking place (68% offshore wind projects)".

Gráfico 9 – Novos Financiamento de ativos em energia eólica na Europa 2010-2019

Fonte: WINDEUROPE (2020).

A análise do histórico da capacidade instalada na Europa indica que a Decisão Final de Investimento (FID) (quando os acordos financeiros estão em vigor) não são públicos, então os investimentos em novos ativos descritos acima provavelmente podem ser subestimados (WINDEUROPE, 2020). Os dados demonstram que o financiamento de ativos passou a aumentar desde 2013, quando apresentou o menor índice de nova capacidade financiada, mesmo apresentando posteriormente oscilações, superam os 8,2 GW nesse histórico.

A energia eólica offshore teve seu maior estágio de financiamento em 2016 e decaiu devido à grande concentração dos investimentos terem se destinado à energia onshore, que apresenta seu recorde em 2017, já que os FID direcionaram-se a 132 novos projetos em 25 países, destes 128 foram parques eólicos onshore (WINDEUROPE, 2020).

Gráfico 10 - Capacidade total instalada de energia eólica na Europa

Fonte: WINDEUROPE (2020).

Atualmente a Europa detém 205 GW de capacidade de energia eólica instalada, sendo a maior parte 183 GW no modo onshore e a tendência de maior crescimento se deve à utilização da tecnologia neste setor, pois 89% da capacidade instalada é onshore e apenas 11% offshore. Destes, a Alemanha com 61 GW continua sendo o país com maior capacidade instalada da Europa, seguida por Espanha (26 GW), Reino Unido (24 GW), França (17 GW) e Itália (11 GW), juntos estes se destacam pois representam 67% de toda capacidade instalada da Europa (WINDEUROPE, 2020).

A Alemanha, em 2019, registrou recorde com 46% da energia advinda de renovável, 9% a mais que o ano anterior (maior parte de eólica, foi um ano em que ventou muito no país), o carvão caiu em 20% e mesmo assim o país está prestes a não atingir a meta climática para o ano de 2020, pois a expansão da eólica parou quase completamente para o setor reagir. Medidas são necessárias a fim de evitar uma quebra completa da produção de eletricidade verde, sendo importante o papel do Estado na aplicação de uma política com reversão maciça para evitar lacuna neste setor e tentar atingir as metas de 2020 (RUETER,2020).

O WindEurope (2020)⁵⁰ escreveu um relatório em que projeta três possíveis cenários (baixo, central e elevado) para as instalações de energia eólica em 2030 na Europa, baseado nas condições potenciais que determinam a implantação de energia eólica pós o ano de 2020. Além das projeções de capacidade instalada, número de empregos gerados no setor, montante de investimentos, emissões de CO₂, destaca os impactos sociais e econômicos de cada cenário e recomenda alterações política e medidas necessárias para implantar a energia eólica, visando a sustentação da liderança tecnológica nesse ramo.

No item 1.4 será apresentada a geopolítica das energias renováveis, que por muito tempo foi centrada no setor de óleo e gás, contabilizando maiores investimentos em suprimento energético. Porém, na realidade atual, outros setores acabam por motivar e influenciar esse cenário – como o eólico e solar fotovoltaico. A energia tem importância nas economias modernas, sempre dentro de uma nova ordem mundial, que estabelece critérios e posições, rivalizando grandes produtores e grandes consumidores.

1.4 GEOPOLÍTICA DAS ENERGIAS: EÓLICO E SOLAR FOTOVOLTAICO MUNDIAL

Chegará ao ponto em que as energias alternativas eólica e solar, como commodities, poderão roubar o lugar do petróleo, dominando o mercado de trocas de ações globais? Esta possibilidade pode ser vista como uma perspectiva futura, uma vez que os países têm se reunido a fim de criar metas climáticas e incentivo para maior inserção de energias renováveis, exemplos podem ser vistos pelo INDCs⁵¹, Acordo de Paris⁵², ou pelas Metas Climáticas da UE⁵³, em que o Parlamento Europeu

⁵⁰ Para saber mais sobre as projeções da Europa para 2030 ver em Wind energy in Europe: Scenarios for 2030, disponível em <https://windeurope.org/>. (WINDEUROPE, 2020).

⁵¹ As contribuições determinadas a nível nacional são reduções nas emissões de gases de efeito estufa sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

⁵² O Acordo de Paris pede aos países que cumpram novos compromissos climáticos nacionais (CNDs) a cada cinco anos, informados pelos últimos avanços em tecnologia, ciência e tendências econômicas em mudança.

⁵³ Regras acordadas pelo Parlamento Europeu (PE) e pelos Estados-Membros, pelo menos 32% do consumo de energia da União Europeia (UE) em 2030 terá de provir de fontes renováveis, como o sol ou o vento. Os países da UE terão também de garantir que pelo menos 14% dos combustíveis para os seus transportes provenham de fontes renováveis.

aprovou os novos objetivos, a fim de aumentar a utilização de energias renováveis e melhorar a eficiência energética. Na Indonésia, a iniciativa de Desenvolvimento de Baixo Carbono (LCDI)⁵⁴ lançada no Ministério do Planejamento Nacional de Desenvolvimento da Indonésia, declarou como objetivo integrar a ação climática na agenda de desenvolvimento do país e identificar caminhos para a redução de carbono que gerem crescimento econômico, criação de empregos e diminuição da pobreza – estratégias integradas para o próximo plano econômico.

Ainda outros países desenvolvem planos estratégicos para redução dos GEE, e eventos como a Cop 26⁵⁵, em Glasgow, na Escócia, que propõem debate para acordar uma ação coordenada para combater as mudanças climáticas, o evento seria realizado em Glasgow e contaria com a cúpula internacional, reunindo mais de 30.000 delegados, incluindo chefes de estado, especialistas em clima e ativistas (GLASGOW, 2020).

Quase todas as metas e contribuições são pensadas a nível nacional para reduções das emissões de gases de efeito estufa sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima⁵⁶. Além das metas climáticas, outro impulsionador do sistema energético renovável são as tecnologias que podem facilitar a operação, tornando mais eficiente, sustentável e econômica, bem como o sistema técnico, físico, organizacional e as barreiras legais que podem desacelerar ou interromper o crescimento das energias renováveis.

Os sistemas crescem e com eles os desafios podem surgir, pois requerem sistemas com abordagens estratégicas, integração avançada por meio adequado de operações, regulamentos e mercados que regem aos sistemas de energia, além de melhorias de infraestrutura ou maior flexibilidade na demanda e fornecimento.

As perspectivas para economia mundial, de acordo com o Fundo Monetário Internacional (FMI), publicado em abril de 2019, apontaram crescimento moderado e fraca recuperação, uma vez que há menos de um ano a atividade econômica estava

⁵⁴ O objetivo é incorporar explicitamente as metas de redução de emissões de GEE no exercício de planejamento de políticas, juntamente com outras intervenções para preservar e restaurar os recursos naturais. Para maiores informações ver Low Carbon Development: A Paradigm Shift Towards a Green Economy in Indonesia 2019, disponível em: <https://drive.bappenas.go.id/owncloud/index.php/s/ZgL7fHeVguMi8rG#pdfviewer> (GARRIDO et al., 2019).

⁵⁵ Cancelada devido à COVID-19.

⁵⁶ Neste momento o texto procura dar uma introdução geral sobre as metas do clima, mostrando um panorama em que possa existir uma probabilidade destas estarem relacionadas mesmo que indiretamente com a commodities, não entrando no debate mais profundo sobre as metas climáticas.

acelerando com projeções de crescimento de 3,9% em quase todas as partes do globo, fato que foi alterado devido às tensões comerciais entre os Estados Unidos e China, tensões macroeconômicas na Argentina e Turquia, e distúrbios na indústria automotiva da Alemanha. Diante disso a China adotou políticas de crédito mais rígidas, este aperto financeiro aliado à normalização da política monetária nas maiores economias enfraqueceram a expansão global de maneira significativa, especialmente no segundo semestre de 2018 (FMI, 2019).

Esse cenário pode ser alterado com o apoio de políticas das principais economias, no entanto diante desse risco global, a Reserva Federal dos Estados Unidos, diminuiu as taxas de juros sem apresentar acréscimo até o final de 2019, o Banco Central Europeu, o Banco do Japão e o Banco da Inglaterra, adotaram uma postura mais tranquila, a China optou por mais estímulo fiscal e monetário a fim de neutralizar efeitos negativos e tarifas comerciais (FMI, 2019).

Os acontecimentos em grandes centros acabam impactando em mercados emergentes, estes vivenciam queda nos fluxos de empréstimos de países soberanos e fortalecimento de sua moeda em relação ao dólar, no entanto, a produção em investimento industrial nas economias avançadas e emergentes – e o comércio global – precisam se recuperar (FMI, 2019).

O documento publicado pelo FMI (2019, p. xiii) *World Economic Outlook*, projetou melhorias para o segundo semestre de 2019 e previu crescimento global em 2020, retomando ao número de 3,6%, impulsionado principalmente pela China e Índia. Nas economias avançadas continuará a desacelerar gradualmente à medida que o impacto do estímulo fiscal dos EUA diminuir, dadas as tendências de envelhecimento da população e o baixo crescimento da produtividade. Os mercados emergentes e as economias em desenvolvimento se estabilizaram cerca de 5%, embora com uma variação considerável entre os países, à medida que os preços baixos das commodities e os conflitos civis enfraquecem.

O rápido crescimento em energias renováveis impulsiona o pensamento geopolítico, que está focando em mudanças e posições dos Estados, no sistema internacional. De acordo com Overland (2019, p. 36), a geopolítica das energias renováveis representa uma nova direção, argumentos vistos com tanta frequência tornam-se conhecimento comum, tendem a envolver a transposição da lógica geopolítica de petróleo e gás para as fontes renováveis, mesmo com diferenças consideráveis na tecnologia e infraestrutura.

Uma afirmação frequente sobre as consequências da transição energética é que haverá uma crescente concorrência geopolítica sobre materiais críticos para tecnologias de energia renovável. “Materiais críticos” é um termo amplo que se refere a matéria-prima para as quais não existem substitutos viáveis às tecnologias atuais, das quais a maioria dos países consumidores depende da importação e cujo suprimento é dominado por um ou poucos produtores (OVERLAND, 2019, p. 36, tradução nossa⁵⁷).

A matéria prima encontrada em “terras raras” (usadas como atalhos para os materiais críticos para energia renovável) disposta principalmente em concentrações diluídas – sendo onerosa a sua mineração e com pouca demanda recentemente, portanto de produção limitada. Os chineses com projeções futuras e com pouco custo cercaram a maior parte deste mercado. Porém, até o momento os materiais para tecnologia renovável não estão no grupo de elementos de terras raras (OVERLAND, 2019, p. 36).

A transição energética é sobretudo sobre tecnologia e inovação. É impossível prever com certeza quais tecnologias de energia renovável serão desenvolvidas no futuro; mas é altamente provável que haja melhorias tecnológicas e reduções de custos em algumas ou outras áreas. Um dos principais objetivos da pesquisa em energia renovável é o desenvolvimento de novas tecnologias que usem materiais mais baratos, e as perspectivas de sucesso nesse empreendimento são boas (OVERLAND, 2019, p. 37 – tradução nossa⁵⁸).

A importância da inovação tecnológica no uso de novos materiais pode ser essencial, ou pelo menos considerada fundamental, para não cair na armadilha estática de ser ultrapassado e enfraquecido pelo mercado. Assuntos de energia internacionais poderão ser menos sobre locais, já que são abundantes em diversas partes do globo.

⁵⁷ No original: “One frequent claim about the consequences of the energy transition is that there will be increasing geopolitical competition over critical materials for renewable energy technologies. “Critical materials” is a broad term that refers to raw materials for which there are no viable substitutes with current technologies, which most consumer countries are dependent on importing, and whose supply is dominated by one or a few producers”.

⁵⁸ No original: “The energy transition is above all about technology and innovation. It is impossible to predict with certainty which renewable energy technologies will be developed in the future; but it is highly probable that there will be technological improvements and cost reductions in some or other areas. One of the main aims of research on renewable energy is to develop new technologies that use cheaper materials, and the prospects for success in this endeavor are good.

Como os recursos de energia renovável tendem a ser distribuídos geograficamente de maneira mais uniforme do que os combustíveis fósseis e nucleares, as vantagens econômicas e de segurança do acesso à energia serão distribuídas de maneira mais uniforme entre os países, deve haver menos riscos relacionados aos estrangulamentos de transporte e menos razões para grandes potências competir em locais valiosos (OVERLAND, 2019, p. 38 – tradução nossa⁵⁹).

Fiori (2020a), descreve que diferentes autores apontam que a geopolítica das energias renováveis para o futuro do ponto de vista militar, “a própria concepção de geração de energia vai se afastar razoavelmente do modelo ‘coletor’ da economia fóssil-dependente, e que os recursos serão direcionado pelo um modelo ‘agricultor’, no qual a energia seja efetivamente gerada em toda sua totalidade em espaços predeterminados pelas estratégias de cada um. Assim, na ‘colheita de energia plantada’ estariam os microgeradores portáteis e pessoas capacitadas, com o potencial de garantir autonomia operacional a um soldado com seus equipamentos (BARREIROS, 2019).

Os Estados Unidos, a Rússia, a China, a própria Índia e as demais potências intermediárias do sistema mundial trabalham todas com o mesmo horizonte de 2050/60, quando programam a “transição energética” de suas estruturas e plataformas militares, com vistas à construção de um novo paradigma “fóssil-free”. Assim mesmo, hoje já é possível identificar a presença deste novo paradigma do futuro, no desenvolvimento atual de algumas tecnologias militares “de ponta” utilizadas em alguns armamentos que já se encontram em fase embrionária, ou, em alguns casos, em pleno uso experimental nas disputas pelo petróleo do Oriente Médio. Incluem-se nesta categoria três tipos de tecnologias que interagem entre si, e que já vêm sendo utilizadas de forma cada vez mais mortífera, como é o caso dos “drones”, dos “enxames” e da “inteligência artificial” para uso militar (FIORI, 2020a).

A competição internacional pela energia pode mudar o controle sobre os recursos físicos, locais, rotas de transporte e direitos de propriedade intelectual, projeções sobre o futuro comércio internacional de energia solar e eólica, alguns lugares produzem domesticamente parte da energia renovável que utilizam, mas negociam com os países vizinhos, dessa maneira consumidores serão mutuamente dependentes. A suposição é que o controle sobre os recursos e sua distribuição confere aos estados poder no sistema internacional (BURKE E STEPHENS, 2018).

⁵⁹ No original: “Because renewable energy resources tend to be more evenly distributed geographically than are fossil and nuclear fuels, the economic and security advantages of access to energy will be more evenly spread among countries, there should be fewer risks related to transportation chokepoints and less reason for great powers to compete over valuable locations.”

As decisões que envolvem energia estão centradas em questões referentes à crescente conscientização das repercussões sociais e políticas das escolhas energéticas, o acesso à energia está pautado na soberania energética e em questões tecnológicas/militar, por mais que as vezes se escondam no discurso da melhora do bem-estar e do ambiente sustentável.

A questão global de responder às mudanças climáticas, tendo em vista o Acordo de Paris, prioriza reduzir as emissões de gases de efeito estufa, aliadas às prioridades de desenvolvimento nacional. Os entendimentos sobre energia evoluíram de uma abordagem orientada à segurança do suprimento, para uma que inclui disponibilidade, acessibilidade, conformidade, equidade e aceitabilidade (BHARDWAJ et al., 2019).

Atualmente surgiram novas formas de governo, com atores não nacionais ou estatais que manipulam normas e comportamentos relacionados à produção, consumo, bens e serviços, os quais são potenciais em causar impactos ambientais, econômicos e sociais.

Diariamente os principais veículos de comunicação (jornais, sites de notícias, nacionais e internacionais, páginas de setores energéticos, agências reguladoras) emitem notícias sobre as projeções de crescimento e expansão de parques eólicos ou solares fotovoltaicos, acrescidos da sua capacidade instalada, o fato é que essa transição continua a impressionar em competitividade, desempenho e confiabilidade, os efeitos positivos geram benefícios socioeconômicos, como a criação de novos empregos, melhora do bem-estar das pessoas e do meio ambiente.

Desde 2009 o preço da eletricidade gerada por usinas eólicas caiu cerca de um terço, e a por centrais solares, aproximadamente 80%. A eletricidade gerada pelas novas instalações é em geral mais barata do que a de usinas convencionais a diesel, carvão, gás e nuclear.(...) Nos últimos anos, o principal motor da expansão global de energia renovável foi a Ásia, com a China decididamente na dianteira. Segundo dados da Irena, o país asiático construiu em 2016 centrais eólicas com capacidade total de 19 GW, seguido a distância pelos EUA (9 GW), Alemanha (5 GW) e Índia (4 GW). Em relação à energia solar, o ritmo na Ásia é ainda maior. Com a construção de usinas com a capacidade de 50 GW no ano passado, o continente respondeu por cerca de 70% do crescimento mundial. Foram instalados painéis solares com capacidade de 34 GW na China, 8 GW no Japão, 8 GW nos EUA, e 4 GW na Índia. Como precursores na expansão das renováveis, a Europa e, em particular, a pioneira Alemanha continuam caindo na ampliação desses tipos de energia. No velho Continente foram instalados apenas 5 GW de energia solar, na Alemanha apenas 1 GW. Como motivo para a diminuição, especialistas veem, sobretudo, a pressão das empresas de energia convencional na política do setor. "Há um forte movimento contra a energia renovável. Os setores fóssil e nuclear tentam sustar sua expansão, que prejudicam o modelo de negócios deles", diz Stefan Gsänger, secretário-geral da Associação Mundial de Energia Eólica (WWEA), em entrevista à DW (RUETER, 2017).

Os combustíveis fósseis geralmente dominaram o mercado de energia, no entanto as energias alternativas estão se tornando favoráveis, mas para serem mais atrativas dependem da coalizção do governo em dar suporte e criar condições de maior expansão e oportunidades, já que geram consequências a favor do clima, geração de empregos e renda. Não apenas no setor energético, mas as relações econômicas entre China e outros países vêm alterando transformações no mercado e no cenário internacional, gerando forte impacto, tanto nos Países do Norte como emergentes e na América Latina (BEKERMAN; DULCICH; MONCAUT, 2013).

Se posicionado como principal país fabricante e exportador do mundo, a China vem intensificando relações econômicas tanto em nível de comércio como de investimento estrangeiro direto, deslocando tradicionais centros de acumulação de capital e desenvolvimento tecnológico, como os EUA e a UE, no fornecimento de diversos bens de capital e insumos (BEKERMAN; DULCICH; MONCAUT, 2013).

A China projeta perspectivas ousadas no setor solar, planeja construir uma usina de energia solar no espaço até o ano de 2025, a fim de obter energia em larga escala, uma usina solar interestelar, que orbitará à 36 mil quilômetros da Terra. O anúncio foi feito por Science and Technology Daily⁶⁰.

O país afirma já ter iniciado no espaço pesquisas sobre a solução desde o final de 2018. A construção da base experimental da usina está prevista para ser iniciada em 2021, com operação prevista para até 2025. O cronograma seguinte prevê que até 2030 essa estrutura aumente a produção em nível de megawatt. Até 2050, espera-se que isso chegue aos gigawatts. Para operacionalizar o projeto, a proposta inicial de especialistas chineses é a de criar uma “fábrica espacial”. Nela, os componentes necessários seriam produzidos em impressoras 3D e montados com a ajuda de robôs espaciais... O primeiro desafio está relacionado com o peso da estrutura da usina interestelar. Para se ter uma ideia, a Agência Internacional Espacial é a maior construção fora da Terra, pesando cerca de 400 toneladas. Já a produtora de energia solar, poderia chegar a dezenas de milhares de toneladas. A China também deseja transformar energia solar em elétrica ainda no espaço, a partir de um receptor de micro-ondas ou a laser, que deve ser alimentado por um sistema instalado na Terra. Mas ainda está estudando se esse método pode causar algum efeito negativo sobre a atmosfera terrestre. O governo chinês estima que, se o plano der certo, até mesmo áreas muito remotas ou de difícil acesso poderão ter acesso a energia limpa em casas, comércios e indústrias. Isso porque a sua captação acontece em 99% do tempo, o que não seria possível a partir do nosso planeta. A energia solar espacial já tem sido também usada para alimentar espaçonaves e a Estação Espacial Internacional, e poderia potencializar o uso desses mecanismos em pesquisas mais aprofundadas (DAILY, 2019).

⁶⁰ Site de notícias do governo chinês, voltado para os setores científico e tecnológico, em fevereiro de 2019.

Outro estudo publicado em 2019 sobre matrizes de microfios independentes, esticáveis e incolores para células solares transparentes com flexibilidade, dá aos painéis solares grandes vantagens, as células solares orgânicas, ou de plástico, que vêm despontando como uma alternativa promissora, poderão ser colocadas sobre qualquer superfície e serem flexíveis e transparentes. As células solares transparentes existentes são fabricadas em substratos rígidos de vidro, e tem seu alcance de aplicação limitado, já a nova célula solar deve manter sua eficiência inicial de mais de 95%, (já feitos testes de flexão) e pode vir a ser aplicada em edifícios, vidros de veículos e dispositivos eletrônicos portáteis (KANG, KIM, JEONG, *et al.*, 2019).

Os acontecimentos que influem na economia global como a guerra comercial⁶¹ entre EUA e China no ano de 2018 geram incertezas para a economia mundial. O governo norte-americano aplicou tarifas sobre os produtos chineses, a fim de estimular a produção interna; o governo da China reagiu com retaliações, chegando a impor as mesmas tarifas sobre produtos norte-americanos.

Essas tensões comerciais causaram uma desaceleração acentuada nas economias emergentes da Ásia, principalmente no que tange à cadeia de fornecimento de tecnologia global. As ameaças e quebras de acordo fazem com que os investidores busquem investimentos mais seguros, fazendo com que os índices das bolsas em todo o mundo recuem.

As projeções para o futuro da energia limpa preveem fábricas inteligentes, cibersegurança e repotencialização que garantam evolução do setor solar na próxima década⁶² (PVTECH, 2020). Outra inovação no setor de energia renovável solar foi apresentada pela Faculdade de Engenharia Computacional e Elétrica da Universidade da Califórnia, na cidade de Davis, por Jeremy Munday: um painel “solar” que pode

⁶¹ Existem muitas nuances nessa guerra comercial, as quais não detalharemos aqui por abranger vários campos. Atualmente essas duas potências assinaram (1ª fase do acordo de trégua – janeiro de 2020), mas refere-se a a um campo insólito que pode ter muitas nuances, além de altos e baixos.

⁶² Esta informação aponta a inteligência artificial, juntamente com a tecnologia 5G que irá revolucionar a maneira como os módulos inversores e rastreadores serão fabricados nos próximos dez anos e transformarão a cadeia de suprimentos solar. As fábricas inteligentes, tensões comerciais, repotencialização e segurança cibernética estão a caminho. Produção mais eficiente e automatizada aliada a um designer inteligente (com uso de software alimentado por análise de dados juntamente com o monitoramento de desempenho em tempo real) combinadas com lâminas de silício, célula e módulo, prevêem aumentar o rendimento de energia, minimizando custo nos sistemas solares. As fábricas automatizadas terão custos de capital iniciais mais íngremes e diminuirá a necessidade de mão-de-obra. No entanto com o sistema dependente de dados, tecnologias de TI e telecomunicações em toda a cadeia de suprimentos, o que aumentará o risco de violações da segurança cibernética (PVTECH, 2020).

gerar energia no escuro (à noite) (UBERGIZMO, 2020).

O funcionamento é parecido com os solares convencionais, só que “invertido”, com o mesmo princípio de gerar energia a partir do calor, usando células termoativas que podem ser aquecidas na ausência de luz. No entanto, precisa de combustíveis fósseis para aquecer, contando com o calor gerado por processos industriais, em vez de deixá-los desperdiçar, equilibrando as emissões de carbono. O protótipo, a princípio, é capaz de gerar 50 Watts de eletricidade por metro quadrado, o que representa 25% da capacidade de um painel solar convencional com funcionamento diurno (UBERGIZMO, 2020).

Todavia, o desenvolvimento de conteúdo científico nessa temática pode estar pouco avançado, fato se deve à geopolítica de energias renováveis diferir muito do setor de óleo e gás, tornando o cenário de intercâmbio de conceitos e metodologias mais complicado, ou ainda, o setor não apresenta tanto impacto na economia global para que estudos mais elaborados sejam desenvolvidos.

CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 1

Na formação do desenvolvimento da tecnologia para o setor energético alternativo, o Estado esteve presente e configurou como importante papel central, com comprometimento financeiro e investimentos públicos, as iniciativas governamentais deram suporte, impulsionando as energias renováveis e ajudaram muitas empresas a se consolidar no mercado eólico e solar, atualmente um forte exemplo é a China, que iniciou com sinais de um mercado doméstico e expandiu para o mercado global.

A partir do momento que se internacionalizou o mercado energético Chinês, as empresas chinesas já entram competitivas, tanto no acesso à matéria prima exigida pela economia em acelerado crescimento, quanto nos mercados onde seus equipamentos são vendidos, tornando um dos países chave para a disseminação desta energia no mundo, e isto fica evidente quando existem companhias de petróleo e de energias renováveis espalhadas pelo continente, como é o caso do Brasil, onde a China tem participação e investiu em energia solar e eólica em diversos estados do país.

Nos últimos anos, o setor de energia renovável na China se desenvolveu rapidamente, reflexo de aspectos como escala de mercado da energia renovável, que expandiu rapidamente com capacidade instalada recentemente de energia eólica e

energia solar fotovoltaica estando em primeiro lugar no mundo em 2017, e os investimentos de energia renovável representam 45% do investimento global em energia verde.

Quando analisados os investimento e desenvolvimento das fontes alternativas, as figuras demonstram claramente que o destaque sempre se dá pela China, e por consequência a outros países (alguns até nem mensurados, estando classificados em “outros”), esse cenário global atual pode ser alterado em consequência da COVID-19.

O texto vem a consolidar que as fontes renováveis estão em ampla disseminação, o mundo está investido nelas, a capacidade ociosa é um indicativo para entender o volume de produção e isso fica evidente quando citado o desenvolvimento da economia continental Chinesa e o fortalecimento de sua projeção internacional que têm se dado de maneira articulada. A capacidade econômica aliada a oferta de mão de obra de baixo custo, crédito estatal abundante e taxas de juros baixas, fortalecidas por um conjunto de políticas industriais, comerciais e tecnológicas, com estímulos governamentais, voltados a transformar nichos de mercados em nichos de massa externos com ganhos de escala, coloca o país em favorável posição internacional, tornando-o mais competitivo e líder no setor eólico.

O mundo investe em energias renováveis e são várias as diretrizes que levam a este fator, palavras-chave como, oferta, demanda, meio ambiente, fontes disponíveis abundantemente, gratuidade na fonte de matéria prima (sol-vento), evolução tecnológica, inserção no mercado, competitividade entre outras podem ser elencadas.

Porém, possivelmente a soberania nacional energética percorre um campo mais concreto, fundamentalmente se esta vier acompanhada pelo lucro aliado ao retorno econômico e com o “slogan brinde” sustentabilidade, é o casamento perfeito, pois essencialmente o globo é capitalista, mesmo os que assim não se intitulam, e o maior reflexo seria o benefício ao meio ambiente e acessibilidade às estratégias de mercado.

As perspectivas para o setor energético permeiam um campo que oferece segurança na oferta, mas ainda instabilidade no preço, é totalmente dinâmico, inovador e completamente mutável, que busca constantemente o aperfeiçoamento e modernização, tão sujeito ao desenvolvimento e ao mercado econômico que até terminar este trabalho, algumas situações acima citadas já estarão em funcionamento, ultrapassadas, ou até mesmo outras novas estarão em pesquisa.

Assim, este capítulo analisou o panorama global do setor energético eólico, investimentos e perspectivas do setor, cumprindo parte da dimensão espacial da

cadeia de energia eólica, verificando a capacidade, percebendo que muitos países (como por exemplo a China) têm grande potencial tecnológico para produzir (industrializar) em grande escala e ser competitivo no contexto global. No segundo capítulo veremos como as trajetórias tecnológicas do segmento de energia eólica sustentam um novo paradigma tecnológico.

CAPÍTULO 2 – AMBIENTE TECNOLÓGICO DA ENERGIA EÓLICA

A noção de paradigma tecnológico constitui uma ferramenta teórica para o entendimento da relação entre tecnologia, ciência e sistema econômico. Este capítulo aborda a difusão de tecnologia, trajetória tecnológica da geração de energia eólica do Brasil e da China, e o processo de formação da cadeia produtiva e tecnologia do aerogerador onshore. As características tecnológicas influenciam o impacto das políticas de a inovação.

A China é um dos países líderes desenvolvedores de tecnologia e com atores principais, também é o maior detentor no número de patentes no mundo. No Brasil, para verificar a situação do desenvolvimento tecnológico da energia eólica, foi feita uma busca no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) a fim de verificar o número de patentes depositadas desde 2015 até 2021. O recorte de 2015 se dá devido ao ano em que o Brasil ultrapassa os 12GWh de geração de energia eólica (gráfico 16) quase que dobrando o ano anterior de acordo com os dados do EPE 2019a.

2.1 DIFUSÃO TECNOLÓGICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA: UM NOVO PARADIGMA

O domínio do homem para transformação da natureza tornou uma busca constante pela melhoria e desenvolvimento, que desembocou no progresso técnico, apesar de não haver uma ligação direta entre o progresso técnico e o desenvolvimento econômico, ambos cenários são complementares. Assim, o progresso técnico deixou de ser apenas um processo de comercialização para se tornar uma fonte primordial de desenvolvimento, que gera impulso das nações sobre a base técnica da sociedade e constitui um fator fundamental para história da sociedade humana. O conteúdo técnico do espaço geográfico transforma áreas menores, podendo produzir em quantidade maior, rompendo o equilíbrio existente entre o homem sobre o domínio da natureza.

A tecnologia que dá início à evolução da indústria da energia eólica não é algo recente, já que a transformação de energia cinética em energia mecânica (sistema usado para funcionamento eólico) vem sendo utilizado há mais de 3.000 anos, por moinhos de vento na moagem de grãos e bombeamento de água para atividades agrícolas (MARTINS, GUARNIERI E PEREIRA, 2008).

Apesar do longínquo início da atividade eólica para diferentes usos e aplicações ao longo da história, o uso e a estrutura básica de funcionamento do sistema eólico não foi alterado, Martins, Guarnieri e Pereira (2008) destacam que a estrutura de captação por meio de pás giram do impacto direto do vento, transformando a energia cinética em energia mecânica e em elétrica por meio de um rotor instalado em cada turbina.

Existem diferentes contextos históricos na literatura econômica para tratar da teoria da mudança técnica e da transformação industrial, Dosi (2006) propõe inicialmente um modelo de determinações das direções da mudança técnica, em que a teoria econômica tem se esforçado para definir os elementos comuns de um conjunto amplo de invenções ou inovações (uma revolução tecnológica), além da busca pela força motora da atividade inventiva. Assim duas abordagens são dominantes nesse sentido; uma indica as forças de mercado como determinantes da mudança técnica (indução pela demanda) e outra que define a tecnologia como fator autônomo, ou quase autônomo (impulso pela tecnologia) (DOSI, 2006, p. 30).

Nesse cenário, Dosi (2006) tece críticas sobre essas duas abordagens, em que a indução pela demanda deve ser considerada diante das necessidades do consumidor, dimensões de utilidade, monitoramento do mercado sobre a aptidão de satisfazer as necessidades, de modo que o mercado induziria a atividade inventiva. Existem diversos pontos problemáticos nessa teoria, o primeiro seria que a teoria geral dos preços definida por oferta e demanda, mas o autor pretende não abordar esse ponto e foca na dificuldade lógica de interpretar a inovação por meio da teoria da indução pela demanda. A teoria deveria explicar os avanços tecnológicos principais e não somente o progresso incremental.

O outro ponto é a indução pela técnica, em que Dosi (2006) coloca como problemática, uma vez que os fatores econômicos são realmente importantes no direcionamento do processo de inovação, sendo as mudanças distributivas ou variações nos preços relativos. Havendo então uma complexa estrutura de retroalimentação entre o ambiente econômico e as direções das mudanças tecnológicas, porém as duas teorias apresentadas não conseguem fazer isso.

Com base em Dosi (2006), entende-se que o paradigma tecnológico da energia eólica também passa pelo dispositivo seletivo que é composto por três elementos: as forças econômicas, os fatores institucionais e os fatores sociais. As forças econômicas da energia eólica, assim como em outros campos, apresentam variáveis

específicas e podem entrar em cena fatores como: o interesse das organizações das áreas de P&D envolvidas na tecnologia; a história tecnológica com seus campos de especialização; e as variáveis institucionais.

A energia está diretamente associada ao sistema produtivo e tecnológico de cada sociedade, algumas nações conseguiram um grande grau de riqueza e bem-estar social que está diretamente ligado ao elevado nível de padrão de consumo, enquanto outros povos apresentaram um padrão consideravelmente inferior. As nações mais ricas conseguiram dominar um conjunto inovador de técnicas políticas, econômicas e produtivas, que permitiram controle de sistemas mais produtivos e avançados possibilitando um alto grau de acumulação de capital e qualidade de vida (OLIVEIRA, 2012).

Como este processo esteve diretamente relacionado à estruturação do Sistema Internacional de Estados, a riqueza e poder acumuladas por determinados países fizeram com que estes se consolidassem como os Estados dominantes. A intensificação da competição internacional acabou por consolidar estruturas hierárquicas de dominação entre os Estados que controlavam as tecnologias e infraestrutura e processos produtivos mais avançados de cada período ou ciclo, e, de outro lado, aqueles que não controlavam tais processos e acabariam tornando-se, frequentemente, dominados pelos primeiros (OLIVEIRA, 2012, p. 28).

Os processos inovativos na dinâmica econômica e as percepções de causalidade, têm significativa influência dos escritos de Schumpeter (1985), suas contribuições sobre inovação tecnológica e desenvolvimento econômico estruturaram as bases dos estudos contemporâneos sobre inovação, as quais podem ocorrer através de uma série de novas combinações, como introdução no mercado de um novo bem, novo processo de produção, abertura de um novo mercado, descoberta de uma nova fonte de matéria-prima e o desenvolvimento de novas formas organizacionais (NASCIMENTO, MEDONÇA, 2012).

Assim as inovações tecnológicas como um processo de aprendizado desembocam em um padrão maior de atividades que constituem a inovação tecnológica, sob estes sistemas Hayashi (2020) juntamente com Bergek; Jacobsson; Carlsson; Lindmark; Rickne, (2008) descrevem:

Os sistemas de inovação compreendem “atores, redes e instituições que contribuem para a função geral de desenvolvimento, difusão e utilização de novos produtos (bens e serviços) e processos” (BERGEK; JACOBSSON; CARLSSON; LINDMARK; RICKNE, 2008). Os atores incluem empresas, universidades, institutos de pesquisa e associações industriais. Eles se conectam por meio de redes formais e informais, como parcerias público-privadas, relações comprador-vendedor e redes profissionais. As instituições referem-se à cultura, normas, leis, regulamentos e rotinas que são necessários para a inovação tecnológica (HAYASHI, 2020 p. 2).

Pérez (2004) destaca a inovação como um fato econômico que consiste na aplicação comercial de uma invenção. Lundvall (1988) aborda o assunto sob uma perspectiva mais ampla, tratando a inovação como um processo de aprendizado interativo que torna-se relevante no contexto atual, submetido por transformações e pela interdependência de políticas de todas as competências necessárias para o alcance da competitividade. Nessa perspectiva, Nascimento e Medonça (2012, p. 636), citando alguns autores importantes como Junfeng, Pengfei e Hu (2010), Maxwell (2009) e Pérez (2004; 2010), destacam que:

Inserida nessa dinâmica de inovações, sustentabilidade e desenvolvimento econômico, a energia eólica se destaca como uma das mais competitivas e promissoras fontes de energia renovável, mas também produz efeitos ambientais como barulho, invasão visual, acidentes com pássaros e radiação eletromagnética, que são evitáveis e significativamente inferiores aos efeitos ambientais proporcionados por outras fontes de energia, principalmente em decorrência dos avanços tecnológicos proporcionados por uma dinâmica de inovação que busca, cada vez mais, reduzir esses impactos (JUNFENG, PENGFEI e HU, 2010). Conforme destacam Maxwell (2009) e Pérez (2004; 2010), as questões energéticas podem vir a se tornar a próxima onda de inovação, ou seja, o desenvolvimento de novos paradigmas e trajetórias tecnológicas que, na visão de autores evolucionários, pode contribuir para a formulação de políticas de catching up (NASCIMENTO; MENDONÇA, 2012, p. 636).

Ainda é importante destacar o papel do conhecimento científico na inovação e sua difusão no âmbito das empresas, já que o conhecimento científico não é exógeno ao processo inovador, uma vez que sempre existe uma maior interação entre a ciência e a tecnologia (FREEMAN, 1974). Outro ponto essencial no quesito inovação é entender como se comporta o mercado consumidor perante o sistema produtivo, neste entendimento Furtado (1978) e Schumpeter (1982) são complementares, sendo a inovação o elemento do sistema produtivo que leva a eficiência na inovação, logo, esta molda o gosto do consumidor para um produto mais sofisticado, porém chama a atenção para consequência perversa no mercado ao consumidor, reafirmando a heterogeneidade social.

Posto que o acesso aos produtos mais “sofisticados” está restringido à minoria de alta renda, o processo de ascensão social tende a confundir-se com a subida na escala de diversificação no consumo.[...] A interdependência entre o sistema de estímulos, que opera ao nível dos indivíduos, e o fluxo de inovações, que estimula a acumulação, faz que a civilização industrial tenda implacavelmente a manter a sociedade estratificada em função de padrões de consumo (FURTADO, 1978, p. 120).

Percebe-se que a inovação é um elemento da civilização industrial que modifica a situação de dependência dos países periféricos através da tecnologia, mas também é o elemento próprio da acumulação de excedente no capitalismo, que ocasiona disparidades sociais. Porém essa contradição pode ser minimizada nos países em condições periféricas, se construído um sistema nacional de inovação voltado para a heterogeneidade social, sendo distributivo.

No setor energético as inovações radicais são mais incentivadas, devido ao longo tempo de maturação tecnológica e ao risco de não produzir os resultados esperados, já as incrementais são mais comuns nos investimentos empresariais por conta do atendimento das demandas imediatas do mercado elétrico (DEUS; ISSBERNER, 2017).

O sistema de inovação compreende não somente empresas (concessionárias de eletricidade, seus fornecedores e indústrias eletro-intensivas), mas também o governo através de políticas setoriais explícitas e a rede de instituições públicas ou privadas de P&D (como universidades, centros de pesquisa, órgãos reguladores, agências de fomento). Todas essas entidades deverão interagir entre si de maneira contínua e colaborativa (CGEE, 2015).

Os investimentos, seja em nível nacional ou mundial, em P&D são essenciais para a promoção de inovações em energias renováveis, bem como os investimentos empresariais, políticas públicas e pesquisas científicas no processo inovativo. Lundvall (1988) destaca a necessidade de um ambiente propício para a inovação interativa (entre produtores, usuários, universidades e governo), o fortalecimento da dimensão social mediante confiança da dimensão tecnológica, que depende do aprendizado coletivo. O mesmo ressalta que o papel das universidades deve atender ao estudo das aplicações de mercado, considerando as necessidades tecnológicas juntas ao papel da ciência ao lado da tecnologia e da produção, o que tornou o fortalecimento dessa ligação uma questão de política nacional prioritária.

Os fatores institucionais, de acordo com North (1994), são um conjunto formal e informal de regras de conduta que facilitam a coordenação ou o governo das

relações entre os indivíduos, e as regras do jogo numa sociedade são restrições criadas pelo homem que dão forma às interações humanas. O papel das instituições é restringir as ações humanas reduzindo o custo, gerando um fator importante para a qualidade e o desenvolvimento econômico, assim proporciona uma dinâmica na ordem e na redução das incertezas nas sociedades, gerando oportunidades e alternativas para os agentes econômicos (ROCHA JR et al, 2013).

O sistema setorial de energia eólica é provido por uma série de instituições públicas, autarquias, empresas privadas, órgãos reguladores e acionistas que demonstram crescente interesse no desenvolvimento do setor no país, a mesma tem evidenciado o potencial de competitividade energética em comparação com as demais, destacando-se nos leilões de energia.

Os sistemas de inovação e as relações entre seus agentes específicos influenciam os processos de aprendizagem tecnológica e desenvolvimento de suas capacidades, dentro da região ou localidade onde estão inseridos, em consequência das interações entre redes de empresas, universidades, clientes, fornecedores, essas inovações não ocorrem de forma isolada, mas por interações outros agentes que influenciam o processo de inovação, sendo fruto das interdependência e não linearidade do processo (DUTRÉNIT, 2004).

Como qualquer atividade econômica, pode causar impactos sociais e ambientais que devem ser mitigados. Essas controversas da energia eólica e a localização da implantação dos parques é um problema bastante complicado, dado a incompatibilidade entre esses impactos e o grande benefício público associado à segurança energética do país (PINTO, MARTINS, PEREIRA, 2017).

Todavia, a inovação e a sustentabilidade se relacionam sob uma ótica de desenvolvimento de produtos e serviços que agreguem valor aos consumidores enquanto diminuem os impactos ambientais das atividades econômicas, focando em maiores níveis de eficiência ambiental, produção limpa e mecanismos de padronização (FUSSLER; JAMES, 1996; KEMP; FOXON, 2007; OCDE, 2009). Os fatores sociais, a relação intrínseca entre o consumo de energia e o desenvolvimento social são frutos do benefício esmero da infraestrutura para oferta de serviços essenciais associado ao crescimento do padrão de vida da população de uma região. A localização dos parques deve ser levada em consideração, bem como os usos e ocupação da terra na região de interesse, o planejamento deve ser alinhado com as

perspectivas e políticas de expansão no país e com a definição de um zoneamento ecológico-econômico para energia eólica (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2014).

Referente a implantação dos parques eólicos, fatores importantes devem ser detalhados como o estudo sobre a localização das turbinas, quantidade de aerogeradores, impacto visual na paisagem (já que existe um apego pela identidade visual dos moradores) à população que habita a localidade, o porte do empreendimento. O projeto deve ser compatível com o uso e ocupação existente da terra de maneira a não prejudicar negativamente as comunidades habitantes da área e deve ser estabelecida uma considerável negociação de distribuição dos benefícios gerados (GORAYEB, BRANNSTROM, MEIRELES 2019).

Os benefícios gerados são os impactos positivos provocados pelos parques eólicos nas comunidades locais, quando executado o pagamento de royalties e arrendamento aos proprietários e atendidas as expectativas nas esferas ambientais e sociais. Com parques construídos em parcerias com a sociedade e atendendo aos anseios de todos, levando em consideração o suporte físico-territorial-conversacionista e aspectos históricos, culturais e econômicos, o benefício é geral e a energia mais barata, com retorno para investimentos (GORAYEB, BRANNSTROM, MEIRELES 2019).

Existem muitos campos para dialogar nessa fonte renovável que apresenta parte da solução dos desafios energéticos, com muito a contribuir para reduzir as contradições ambientais e sociais da energia eólica⁶³. Os autores Freeman (1982) e Lundvall (1992), após muita pesquisa e dedicação sobre os fatores determinantes do progresso tecnológico, trouxeram a definição do conceito de sistema nacional de inovação (ALBUQUERQUE, 1996).

Sistema nacional de inovação é uma construção institucional, produto de uma ação planejada e consistente ou de um somatório de decisões não planejadas e desarticuladas, que impulsiona o progresso tecnológico em economias capitalistas complexas. Através da construção desse sistema de inovação viabiliza-se a realização de fluxos de informação necessária ao progresso de inovação tecnológica (ALBUQUERQUE, 1996 p. 57).

⁶³ Sobre este podem ser encontradas maiores informações no livro “Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil” de Gorayeb, Brannstrom, Meireles (2019).

No que compete a definição de sistema nacional de inovação, Albuquerque (1996) coloca que o Brasil está incluído na categoria de países que não tiveram seus sistemas científicos e tecnológicos transformados em sistemas nacionais de inovação maduros, esta hipótese é investigada pelos dados disponíveis nas estatísticas básicas de P&D brasileiras, por meio de análise de gastos com P&D, quantidade de cientistas e pesquisadores empregados, número de produção científica e patentes concedidas no Brasil, em comparação aos órgãos internacionais.

Traduzindo para a linguagem dos fluxos de informação, é possível afirmar que a análise aqui realizada constatou problemas importantes em cadeias decisivas dos fluxos que devem ser sustentados por um sistema de inovação efetivo: a baixa produção científica em relação a média dos países capitalistas avançados compromete a criação de importantes "externalidades" para o processo econômico geral: o setor produtivo utiliza mal os recursos que estão a sua disposição e esse fluxo geral de informações não é fortalecido pelo empenho tanto do setor público como do privado. Dado ser uma função precípua do sistema nacional de inovação, a manutenção do fluxo de informações necessárias à dinâmica tecnológica que impulsiona a atividade econômica moderna, as debilidades naqueles fluxos podem ser interpretadas como deficiências importantes no "sistema de inovação" existente (ALBUQUERQUE, 1996 p. 69).

Essa deficiência na trajetória tecnológica no sistema nacional de inovação reflete no atual sistema tecnológico da cadeia produtiva da energia eólica, em que maior parte do processo tecnológico é oriundo de outros países. O emprego de novas tecnologias deve ter como caráter prioritário o desenvolvimento socioambiental, econômico e a eficiência energética, bem como dominar a tecnologia de geração eólica, a fim de utilizar como um agente propulsor no desenvolvimento econômico.

Não apenas parques eólicos de grande escala, mas a utilização de pequenos aerogeradores ainda apresentam um importante papel social, distribuindo energia elétrica às comunidades isoladas, onde não possui rede elétrica convencional. Com o desenvolvimento de tecnologia de geração eólica em pequena escala pode-se suprir as necessidades de determinada população, melhorando a qualidade de vida, trabalho, dignidade e igualdade das quais foram privados (PINTO; SANTOS NETO, 2012).

O desenvolvimento das redes inteligentes (smart grids) por sua vez, trará benefícios sociais e econômicos para o Brasil. A filosofia smart grid foi introduzida para expressar o conceito de rede elétrica inteligente. Esse conceito proporciona o fluxo de potência bidirecional na rede elétrica e a utilização de recursos computacionais para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a segurança na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Além disso, essa filosofia busca incorporar tecnologia de sensoriamento, de monitoramento e de telecomunicação para melhorar o desempenho da rede, identificando, de maneira antecipada, possíveis falhas e capacitando-a a se auto recompor diante de eventuais ocorrências que possam afetar sua performance. Nesse novo sistema, o consumidor passará a ser um componente ativo no processo de produção e distribuição de energia elétrica, podendo suprir suas necessidades de consumo e ainda comercializar o excedente. Esse fato aumentará a geração de renda das famílias e do próprio país, uma vez que não seriam necessários elevados investimentos no sistema de distribuição e/ou na geração, além de evitar transtornos como riscos de apagões ou sobrecargas no sistema elétrico (PINTO; SANTOS NETO, 2012, p. 105).

No entanto, esse sistema necessário mas pouco difundido no Brasil, e sem total domínio da tecnologia de geração eólica em pequena escala, é um conceito que apresentaria uma solução para o sistema de distribuição de energia elétrica, com uso inteligente da rede, sem elevados investimentos no sistema de distribuição e/ou geração, evitando risco de apagões ou sobrecargas no sistema elétrico.

Inicialmente, um modelo de determinações e das direções da mudança técnica fez com que a revolução tecnológica alterasse de forma massiva um conjunto de tecnologias, ocorrendo de diferentes maneiras ora substituição ou modernização de equipamentos, processos e formas de operação. Gerando mudanças profundas nas pessoas, organizações e habilidades, alterando modelos existentes e com períodos de explosão nos mercados financeiros (PEREZ, 2004). O desenvolvimento econômico consiste na perspectiva de solucionar o processo, visando condições para um sistema eficiente de produção, circulação e distribuição de bens e serviços à população, não apenas à acumulação de capital.

2.2 TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS DA ENERGIA EÓLICA

Por meio das observações históricas, as revoluções tecnológicas surgem nos países industrializados e se espalham posteriormente nos países mais atrasados.

Cada revolução tecnológica levou à substituição massiva de um conjunto de tecnologias por outro, seja por substituição ou modernização dos equipamentos, processos e formas de operação existentes. Cada um trouxe mudanças profundas nas pessoas, organizações e habilidades, como um furacão que varre hábitos existentes. Cada um deles levou a um período de explosão nos mercados financeiros (PEREZ, 2004a, p. 26).

Essas alterações levam à transformação do modo de organização da sociedade, nos tipos de habilidades requeridas pelas indústrias e implicam necessidade de ajuste do marco institucional e regulatório capaz de ampliar e facilitar o funcionamento das novas tecnologias – ou da “nova economia” (Perez, 2010).

Ao revolucionar as estruturas produtivas e conduzir ao surgimento de sucessivos padrões de produção e de organização da atividade produtiva nas firmas, cada revolução tecnológica implica um processo de divergência das taxas de crescimento e, portanto, de desequilíbrio entre diferentes firmas, indústrias, países e regiões mundiais. O restabelecimento das condições e a plena utilização do novo potencial trazido pelas novas tecnologias são um processo complexo e que dependem, portanto, das condições sociais e econômicas, historicamente alcançadas pelos países ao longo do tempo (CONCEIÇÃO, FARIA, 2003, p. 224).

A necessidade de buscar novas fontes de energia a partir dos anos 70, sobretudo 90, começaram a emergir novas fronteiras tecnológicas que estavam relacionadas à trajetória do petróleo, porém a transferência tecnológica e as questões que envolvem os países em desenvolvimento já se encontram em um ponto avançado das suas trajetórias de desenvolvimento de algumas tecnologias, pois são claramente dominadas por um grupo restrito de países.

As diferentes trajetórias e padrões de crescimento de longo prazo observados na economia mundial são o resultado desse processo cíclico e evolutivo de mudança tecnológica e estrutural, na qual o papel das instituições é essencial para dar suporte à geração, à difusão e à exploração do conhecimento tecnológico, bem como à implementação das mudanças organizacionais e estratégias das firmas (CONCEIÇÃO, FARIA, 2003, p. 224).

Os primeiros avanços na trajetória tecnológica do setor eólico se deu no tamanho e na capacidade da turbina em gerar energia, com turbinas maiores e com maior capacidade de captação de ventos, obtem-se maior velocidade, fato possível devido ao aumento do tamanho em relação ao solo. A capacidade de geração de energia foi impulsionada de maneira exponencial devido à essas evoluções, sendo que as sinergias criadas e o conhecimento acumulado conseguiram reduzir os custos

para a criação possibilitando assim a difusão desse tipo de tecnologia (CICHELERO, 2019, p.50).

Ainda existe a evolução dos materiais utilizados nas turbinas, reduzindo seu peso, as pás por exemplo já foram fabricadas em madeira, aço, depois no alumínio, atualmente os materiais mais utilizados para fabricação são madeiras, fibras de vidro, fibras de carbono, matrizes poliméricas como poliésteres, epóxi, ester vinílica, o reforço mais comum é fibra de vidro, essas melhorias contínuas possibilitaram o aumento do tamanho das turbinas e a capacidade de geração de energia dos novos modelos.

Devido à resistência estrutural limitada, materiais compósitos são utilizados na nacele, leme e pás dos aerogeradores, exceto nas torres e demais componentes estruturais. As fibras de vidro e fibras de carbono são utilizadas junto à resina epóxi, na formação de compósitos com fibras multidirecionais para a construção das pás de aerogeradores, devido à facilidade de conformação, baixo peso e grande resistência mecânica (ASHWILL, 2009).

À medida que as turbinas eólicas crescem e têm capacidade de gerar mais energia, tanto pás como os demais elementos também precisam acompanhar essa evolução tecnológica. Nos anos 1980, o tamanho médio das pás era de apenas 8 metros (exceto projetos específicos). Atualmente, os modelos comerciais têm aproximadamente 120 metros. A evolução foi possível devido à evolução dos materiais utilizado na fabricação das pás e os ajustes na aerodinâmica.

No quadro 2 estão listados os dez maiores aerogeradores do mundo⁶⁴, tanto para os parques eólicos offshore (sendo este a maioria, demonstrando que o setor energético continua a apostar na inovação) quanto para parques onshore. O maior desempenho dos departamentos de inovação para desenvolvimento da tecnologia está centrado para produção de energia eólica no mar.

⁶⁴ Este quadro foi criado em janeiro de 2021, podendo a qualquer momento ser atualizado. É resultado de pesquisas em sites de notícias referente a maiores aerogeradores, site das empresas, podem haver mais aerogedores de grande porte, mas os 10 maiores do mundo estão identificados. Os critérios utilizados para esta lista estão baseados em: capacidade de produção de energia (mw); diâmetro do rotor e comprimento das pás; e se foi construída ou se está gerando energia.

Quadro 2 - Os maiores aerogeradores do mundo

Modelo/ Fabricante/ Local de instalação	Sistema	Pás/ Diâmetro	Observação
V164 9.5MW - Vestas Reino Unido	Offshore	80 metros de comprimento e uma nacelle muito leve, com diâmetro de 164 metros.	Fabricado na Dinamarca e no Reino Unido, tem sido continuamente aumentada e atualmente situa a sua capacidade de produção nos 9.5 MW, previsão de instalação de 90 turbinas, conclusão prevista até início de 2022.
Adwen AD-180 LM Wind Power A/S - Gamesa e a Areva Alemanha	Offshore	88,4 metros e 180 metros de diâmetro.	Com uma capacidade de 8 MW, esse aerogerador baseia-se no design da unidade Gamesa, especialmente no que diz respeito ao drivetrain.
SWT-8.0-154 - Siemens-Gamesa Renewable Energy Dinamarca	Offshore	Atualizada: possui potência de 8MW e diâmetro estendido até 154 metros.	Essa turbina foi vista pela primeira vez em 2011 com uma unidade de 6 MW e com um diâmetro de 120 metros. A turbina foi fabricada principalmente na Dinamarca, embora a Siemens tenha construído uma fábrica de lâminas e uma fábrica de montagem em Hull, Yorkshire.
E-126 7.5MW - Enercon Holanda	Onshore	Rotor com um diâmetro de 127 metros.	Atualmente ainda é o maior aerogerador onshore. Com uma potência de produção atual situada nos 7.580 MW. O tamanho e o custo deste design limitaram a sua aceitação, mas um total de 87 máquinas de 6MW e 7.5MW estão agora operacionais, incluindo 38 E126s instalados na Holanda.
MHI Sea Angel 7 MW - Mitsubishi Escócia	Offshore	Rotor com diâmetro de 167 metros.	Com 7 MW, pertence à Mitsubishi Heavy Industries (MHI) e, por um curto período de tempo, teve a maior lâmina do mundo. Conhecido como o Sea Angel, instalado pela primeira vez no Hunterston Test Center, na Escócia, e na costa japonesa perto de Fukushima, nesta a instalação foi feita numa base flutuante. No entanto, é pouco provável que entre em produção em série, pois a Mitsubishi tem a sua atenção voltada para a joint venture offshore com a Vestas (V164).
S7.0 171 7MW - Samsung Aguardando produção	Offshore	Pás com 85 metros, e com diâmetro de 171, 2 metros.	Ainda não entrou em produção, uma vez que a empresa Coreana informou que saiu do mercado de energia eólica offshore, por ainda ser muito caro e incerto. Ainda está no lugar onde era suposto ser instalado, na Escócia. Atualmente está sendo usado como um centro de treino, após um acordo com o ORE Catapult, a organização de tecnologia limpa do Reino Unido.
Continua na próxima página			

Ming Yang 6.5 MW SCD (Super Compact Drive) Sul da China (Específico para áreas costeiras propensas a tufões, onde prevalecem condições climáticas extremas)	Não divulgado	O primeiro protótipo com um diâmetro do rotor de 130 metros e uma capacidade de produção de 6.5 MW foi instalado na China no segundo semestre de 2014, onde foi testado.	Passaram-se 80 anos desde que a fabricante chinesa Ming Yang assinou um acordo com a empresa alemã de design Aerodyn para construir a sua turbina offshore de duas lâminas para o mercado chinês. A Aerodyn projetou uma plataforma flutuante para o Ming Yang SCD 6.5MW, embora nunca tenha entrado em produção. A empresa pretende vender a turbina para mercados fora da China e está atualmente desenvolvendo uma variante de 8 MW com um diâmetro de rotor de 168 metros.
Senvion 6M 6.2MW Irlanda	Offshore e Onshore	A potência foi aumentada para 6.15 MW e o diâmetro do rotor também aumentou de 126 para 152 metros, permitindo que seja instalado em locais com menor intensidade de vento.	Introduzida como uma unidade de 5MW em 2004 sob a marca Repower, a Senvion, continuou a desenvolver essa turbina offshore. Melhorou a extensão da vida útil, que passou de 20 para 25 anos. O aerogerador tem como objetivo continuar o sucesso conseguido com o seu antecessor 5 MW, que foi um dos maiores quando foi lançado em 2004, tendo sido a primeira turbina de 5 MW a ser instalada em massa e usada em grandes projetos do Mar do Norte e no mar da Irlanda.
GE Haliade 150 - 6MW - GE Renewable Energy Block Island - EUA	Offshore	Tem lâminas de 73,5 metros e um diâmetro de rotor situado nos 150.8 metros.	No final de 2016, a turbina offshore GE Haliade de 6 MW, projetada pela empresa francesa Alstom, começou a gerar eletricidade no seu primeiro projeto comercial (o desenvolvimento da ilha Block nos EUA). Foi o primeiro parque eólico offshore da América. Pode fornecer energia ao equivalente a cerca de 5.000 residências europeias. Atualmente, essa turbina eólica abastece dezenas de milhares de residências na Alemanha e também no estado de Rhode Island.
Sinovel SL6000 Fase de teste na China	Offshore	Diâmetro de rotor com 128 metros atualmente a aumentou diâmetro de rotor para 155 metros.	O modelo SL6000 do fabricante chinês Sinovel, que iniciou a sua produção com uma máquina de 5 MW, em 2011 aumentou a potência da turbina para 6 MW. Modelo já foi testado com temperatura de 45 °C e uma velocidade de vento até 62,5 metros/segundo (225 km/h). Com auto-manutenção de componentes grandes e corrosão anti-sal. O fabricante Sinovel afirma que se encontra na fase final de desenho e projeto de um aerogerador com uma potência de 10 MW.

Fonte: Elaboração própria.

Vale ressaltar que a empresa Siemens Gamesa lançou recentemente a maior turbina eólica do mundo, com uma capacidade 14 MW, podendo ainda ser otimizada para os 15 MW com *Power Boost*, sistema offshore, a mesma não se encontra listada

acima, pois ainda está em fase de protótipo, e ainda não gerou ou gera energia (conforme os critérios estipulados para o quadro 2).

O modelo SG 14-222 DD, se caracteriza pelas suas dimensões físicas e pela capacidade de produção, o protótipo da nova turbina eólica tem 222 metros de diâmetro e usa as novas pás da Siemens Gamesa B108. Cada uma das pás tem 108 metros de comprimento e a área coberta pela turbina chega aos 39 mil m². A empresa destaca que a cada nova geração de tecnologia de turbina de acionamento direto offshore, usa menos peças móveis do que turbinas com engrenagem, as melhorias de componentes possibilitaram maior desempenho. O lançamento da produção em série deste aerogerador está prevista para 2024, mas pode se antecipar no mercado devido aos processos padronizados e uma cadeia de suprimentos totalmente desenvolvida (SIEMENS GAMESA, 2021).

Um estudo conduzido por cientistas suíços e holandeses Caduff, Huijbregts, Althaus, Koehler e Hellweg (2012) destacam que quanto maior for o tamanho do aerogerador, mais “verde” será a eletricidade produzida pela energia eólica, o efeito deve-se ao tamanho da turbina, fato que se deve ao conhecimento e experiência adquiridos com a tecnologia ao longo do tempo.

A trajetória tecnológica, no caso da energia eólica, tem dependência dos países que já estão com esta tecnologia consolidada e se veem diante de três opções nesse mercado: através da importação de equipamentos (e tecnologia); da atração de fabricantes multinacionais; ou empreender e investir um esforço de aprendizado tecnológico (CAMILLO, 2013). A maneira como um país administra o seu desenvolvimento e conduz a mudança tecnológica é o que o diferencia em relação aos outros, em vista que todos estão diante do mesmo contexto de acesso (ou falta de) a tecnologias e equipamentos disponíveis no mundo (LALL, 2005).

Nesse contexto, o primeiro ponto visa que o país deve empreender o *catching up*⁶⁵ tecnológico e ser capaz de criar seu próprio processo de coevolução que instaure uma dinâmica de aprendizado que leve, posteriormente, a desenvolvimentos autônomos, seja ao importar a tecnologia (por meio da atração de Investimento Direto

⁶⁵ O conceito de *catching up* compreende a capacidade de centros secundários de absorver técnicas e conhecimentos gerados nos centros líderes, de forma a permitir que aqueles “alcancem” os níveis de produtividade destes e, portanto, reduzam o hiato tecnológico (e de desenvolvimento econômico) que os separa (LEMOS, 2006).

Estrangeiro - IDE) ou por licenciamento tecnológico, ou então por outra forma que envolva a transferência de tecnologia para uma empresa doméstica (NELSON, 2006).

Nessa perspectiva, as nações que se mostram mais favoráveis às mudanças institucionais adequadas aos novos “paradigmas tecnoeconômicos” exibem rápido crescimento e ingressam em uma trajetória de catching up e desenvolvimento. Em outra perspectiva, a rigidez ou inércia institucional dos países pode resultar na prolongada incompatibilidade entre seu sistema institucional e o crescimento potencial das novas tecnologias, inviabilizando o ingresso em uma trajetória de desenvolvimento com catching up. Nesse sentido, a compreensão do processo de desenvolvimento na tradição evolucionária permite explicar as diferentes trajetórias seguidas pelos países ao longo do tempo (CONCEIÇÃO, FARIA, 2003, p. 225).

A empresa multinacional pode restringir o processo ao domínio das atividades operacionais essenciais ao processo produtivo (*know-how*)⁶⁶. A incorporação da tecnologia por empresas domésticas vai demandar a compreensão da tecnologia (*know-why*)⁶⁷, podendo proporcionar um aprimoramento das aptidões tecnológicas (LALL, 2005).

Segundo ponto: o país precisa ir além da cópia, podendo constituir uma vantagem competitiva se os custos salariais forem compensadores, a imitação criativa ou engenharia reversa⁶⁸ proporciona interação intra e extra empresa, a integração vai se intensificando quando os produtos se tornam mais complexos, interagindo com universidades e institutos de pesquisa (NELSON & KIM, 2005), ou quando oportunizam-se espaços de sistemas de inovação locais e desencadeamento de trajetórias autônomas.

E por terceiro, a trajetória tecnológica dos países em processo de desenvolvimento é diferente dos países avançados. Países avançados partem de uma inovação radical, com formatos variados nos nichos de mercado que vão se constituindo. Após, estabelece-se um design e atingem capacidades e escalas de produção relevantes. Assim o produto ou o processo se torna altamente padronizado, prevalecendo as inovações incrementais (ABERNATHY & UTTERBACK, 1978).

⁶⁶ Saber fazer uma coisa. Acervo tecnológico ou de recursos humanos de uma empresa, um país ou uma pessoa.

⁶⁷ Refere ao modo como se pensa na utilidade e a intenção em cada atividade.

⁶⁸ Processo de exame e compreensão do software existente, para recapturar ou recriar o projeto e decifrar os requisitos atualmente implementados pelo sistema, apresentando-os em um nível ou grau mais alto de abstração (BRAGA, 2006).

Todavia países em desenvolvimento adquirem tecnologia importada (geralmente madura), na qual as atividades de produção se restringem à montagem dos insumos estrangeiros. Após, vem a fase da assimilação, a qual tem aumento da concorrência entre aqueles que adquiriram a tecnologia e desencadeiam esforços de caráter técnico (não de P&D). Na fase de aperfeiçoamento da tecnologia as atividades de P&D se tornam importantes caso a estratégia for realizar melhoramentos criativos de produtos já existentes (NELSON & KIM, 2005).

Romper o ciclo vicioso da energia altamente dependente do petróleo e inserir uma nova fonte energética renovável não se deu de forma instantânea, delongou muito tempo e ainda caminha paralela ao bem estabelecido combustível fóssil. Um dos maiores impulsionadores para mudança tecnológica foi a alta do preço do petróleo, o mesmo ainda se mantém quase que dominante, mesmo com fases de queda, alta e reestruturações.

Sobre as transições energéticas da energia, histórias e definições, o autor Sovacool (2016) inicia um debate na revista científica *Energy Research & Social Science* a cerca da temporalidade, as transições com o artigo intitulado *How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions*. O estudo aborda a questão do tempo nas transições de energia globais e nacionais e considera a forma de como a literatura acadêmica convencional trata a escala de tempo das transições de energia (SOVACOOOL, 2016).

Para solucionar o questionamento, Sovacool (2016) argumenta que habitualmente existe uma visão dominante das transições de energia, como assuntos longos e prolongados, muitas vezes levando décadas a séculos para ocorrer; esse fato decorre da história de grandes transições de energia anteriores, como a mudança da madeira para o carvão ou do carvão para o petróleo e se baseia na escala e complexidade simples envolvidas nas grandes transições.

Também parte da história se baseia em simples complexos que envolvem as grandes transições, como a tendência de novos sistemas enfrentarem o bloqueio ou dependência do caminho dos sistemas existentes, todavia, o trabalho oferece algumas evidências empíricas de que a visão predominante do tempo nem sempre é apoiada pelas evidências (SOVACOOOL, 2016).

[...] a transição energética” pretende ser semelhante a “transformação” ou “revolução” energética, uma transformação disruptiva ou radical tanto da tecnologia como das práticas sociais, muitas vezes centrado na expansão do acesso à energia ou abundância, mas ocasionalmente com foco na escassez (SOVACOOOL, 2016 p. 203).

Para sustentar a hipótese o autor cita exemplos na história acadêmica, em que as transições energéticas ocorreram de maneira rápida e enfatiza que as forças motrizes da transição em curso não são necessariamente as mesmas das transições passadas.

Quadro 3 - Tansições energéticas pela literatura acadêmica

Transição Energética	
Conceito	Autor
Fonte única de energia, ou um grupo de fontes relacionadas, com domínio de mercado durante um período ou era particular, qual foi desafiado e posteriormente substituído por outra(s) fonte(s) principal(is).	(MELOSI, 2009)
Tempo que decorre entre a introdução de uma nova fonte de energia primária, ou principal motor, e sua ascensão para reivindicar uma parcela substancial do mercado geral. Mudança na composição (estrutura) da oferta de energia primária.	(SMIL, 2010)
Alteração nos padrões de uso da energia na sociedade, potencialmente afetando recursos, operadoras, conversores e serviços.	(O' CONNOR, 2010)
Argumenta que “grandes transições” podem ocorrer quando atingem 50% de um mercado.	(GRUBLER, 2012)
Mudança no sistema economico dependente de uma ou uma série de fontes de energia e tecnologias para outro.	(FOUQUET E PEARSON, 2012)
Uma mudança na natureza ou padrão de como a energia é utilizada dentro de um sistema.	(ARAÚJO, 2014)
Mudança dos combustíveis (madeira para carvão, carvão para óleo) e as tecnologias associadas.	(HIRSH; JONES, 2014)
Mudanças nas fontes de combustível para produção de energia e nas tecnologias utilizadas para exploração deste combustível.	(MILLER; RICHTER; O'LEARY, 2015)
Não existe uma definição padrão da transição da energia na literatura acadêmica, mas temas comuns entre eles geralmente envolvendo determinada fonte de combustível, tecnologia ou motor principal.	(SOVACOOOL, 2016).

Fonte: Elaboração própria.

A discussão inicial de Sovacool (2016) levanta a questão de como acelerar transições energéticas, após uma série de críticas ao artigo inicial (BROMLEY, 2016; GRUBLER; WILSON; NEMET, 2016; KERN; ROGGE, 2016; SMIL, 2016; VEN, D. J. VAN DE; FOUQUET, 2017), reconhecidos os equívocos o autor publica na mesma revista científica o artigo com título, *Further reflections on the temporality of energy transitions: a response to critics*, dos autores Sovacool e Geels (2016) com a finalidade

de expor que a transição energética atual é motivada por problema e não motivada por oportunidade como transições energéticas anteriores:

Começamos investigando a multidimensionalidade das transições de energia, bem como as velocidades de transição para diferentes partes dos sistemas de energia em diferentes escalas. Em seguida, chamamos os analistas para considerar as velocidades de transição e os níveis escalares. Também defendemos o enfoque na difusão acelerada impulsionada por mudanças rápidas no custo, melhorias na tecnologia ou outros fatores (SOVACOOOL; GEELS, 2016, p. 232).

Nesse trabalho o autor continua a afirmar sua tese inicial de que as transições passadas ocorreram sem o conhecimento acumulado sobre a sociologia, a política e economia de transições energéticas e, atualmente, poderia permitir que a difusão acelerada de práticas, tecnologias e serviços energéticos a partir de fontes renováveis seja a norma e não a exceção (SOVACOOOL, 2016; SOVACOOOL; GEELS, 2016).

Assim não há definição específica, mas concepções diferentes sobre transições energéticas, sendo possível encontrar definições amplas sobre mudanças profundas de sistemas energético, conceitos novos surgiram na tentativa de preencher esta lacuna, como transição energética limpa ou transição energética sustentável (ZOTIN, 2018). A definição de transição limpa corresponde à mudança de um regime energético advindo de fontes fósseis para uma limpa (tecnologias de energia renovável: solar, eólica, biomassa, geotérmica e PCH) (ISOAHO; GORITZ; SCHULZ, 2016).

Já o conceito de transição energética sustentável diz respeito ao processo controlado que se orienta para uma sociedade técnica, avançada, pela substituição de todas as grandes fontes fósseis de energia primária por recursos renováveis sustentáveis, ao mesmo tempo que mantém suficiente nível de serviço energético final per capita (SGOURIDIS; CSALA, 2014). Ambos os termos apontam que a mudança na estrutura da oferta de energia primária se dará pelo aumento da proporção de fontes de base renovável na matriz energética (ZOTIN, 2018).

A transição energética está associada às mudanças futuras e apresenta sempre uma noção de urgência, de esforço global, guerras e choques de petróleo que encorajaram a busca por soluções para a garantia de abastecimento de energia. O caráter global dos possíveis efeitos climáticos e das devidas ações necessárias é recente (ARAÚJO, 2014).

De acordo com Araújo (2014), são apontadas a co-evolução de três tendências globais acompanhando as mudanças no sistema energético atual: o aumento populacional (principalmente em países emergentes onde o acesso à energia já se apresenta como um desafio) e a crescente urbanização; intensificação do processo de globalização de modo a criar uma economia global cada vez mais integrada; e o enriquecimento do Oriente em detrimento do Ocidente.

As transformações energéticas profundas ocorreram nos sistemas energéticos do passado sendo sua compreensão fundamental para a formulação de políticas e estratégias, assim é importante apurar que fatores que foram essenciais à expansão das indústrias de carvão e petróleo (ZOTIN, 2018). Na literatura, a dinâmica das transições energéticas é apresentada sobre três perspectivas: a inovação como motor fundamental, entendendo como centrais os aspectos técnico-econômicos nos processos de transição energética (FOUQUET; PEARSON, 2012; GRUBLER; WILSON; NEMET, 2016; SMIL, 2010); os limites naturais como força-motriz principal, manifesta principalmente na forma da escassez física de recursos (ou superabundância) como imperativo das mudanças climáticas sendo elemento novo na presente transição energética global (LARSSON, 2009; POMERANZ, 2000); e pelas relações de poder, que entende as transições como projetos históricos de dominação por classes econômicas ou sociais (DELÉAGE, 2014).

Ainda que as três abordagens se sobreponham em alguns pontos, esta perspectiva permitirá o diálogo entre elas à medida em que se avança no entendimento da dinâmica das transições energéticas, e representa o arcabouço teórico que conduzirá a posterior análise do papel da China da transição energética global (ZOTIN, 2018, p. 35).

Em síntese, são quatro⁶⁹ as forças-motrizes à transição energética na China: impactos ambientais locais e a conseqüente escalada de protestos por melhor qualidade ambiental; segurança energética; vulnerabilidade aos potenciais efeitos de mudanças climáticas; e liderança estratégica nas negociações internacionais do clima (ZOTIN, 2018).

⁶⁹ Para saber mais sobre cada uma dessas forças motrizes da China ver Zotin (2018), capítulo 4, página 88 a 115.

Assim como no Brasil, no que tange ao nível de desenvolvimento de tecnologias de energia eólica, na China também são classificados como *latecomers*⁷⁰ no mercado de aerogeradores (CAMILLO, 2013).

O mercado já era percebido como fechado a novos players. Países *latecomers*, quando comparados aos pioneiros em desenvolvimento de tecnologia de energia eólica, percorreram um caminho próprio, tanto em termos de desenvolvimento tecnológico quanto em termos de políticas de inovação. *Latecomers* investem esforços principalmente em importação da tecnologia, inovações incrementais e de adaptação, puxando o desenvolvimento tecnológico do setor (CAMILLO, 2013). Porém a China trouxe uma nova dinâmica para o setor com a sua trajetória, alavancada pela crise financeira de 2008 (ZOTIN, 2018, p. 44).

Os sistemas de inovação muitas vezes são combinados com a transferência de tecnologia e têm sido aplicado para comparar o desenvolvimento da indústria de fabricação de turbinas eólicas e solar fotovoltaica na China e na Índia (HAYASHI, 2020). O sistema de inovação Chinês é nacional e liderado pelo estado, o qual se beneficia de investimentos em ativos em P&D por várias empresas estatais, políticas industriais que promovem empresas nacionais com exigência de conteúdo local para energia eólica e com fortes vínculos entre universidade, indústria para pesquisa tecnológica (HAYASHI, 2020), diferentemente da Índia onde o setor privado apresenta liderança na pesquisa de energia eólica e tecnologia solar fotovoltaica. Apesar do governo indiano desempenhar papel fundamental na geração do mercado por energia eólica e solar, o apoio governamental em P&D nessas áreas ficam atrás da China (LEWIS, 2007).

A China e a Índia apresentam semelhanças para comparação, ambas têm um grande mercado e em rápido crescimento, o que facilita a acumulação de capital e atrai investimentos estrangeiros diretos, apoiando o desenvolvimento de capacidades de inovação (ALTENBURG; SCHMITZ; STAMM, 2008). As duas utilizam sistemas de eletricidade movidos a carvão, desafios semelhantes para a energia eólica e solar na integração da rede elétrica. No ano de 2017, o carvão para a geração de energia foi aproximadamente 63% na China e 76% na Índia (BP, 2018).

⁷⁰ Países que começaram a investir retardamente nesta fonte de energia após demais países já terem alcançado elevado grau de desenvolvimento e mercantilização da tecnologia, a partir dos anos 2000 (CAMILLO, 2013).

No entanto, China e Índia diferem em nível e velocidade de desenvolvimento econômico, estrutura industrial e sistemas políticos. As diferenças econômicas são principalmente devido às suas diferentes estratégias de desenvolvimento. A China buscou uma estratégia de exportação de mão-de-obra intensiva, enquanto a Índia adotou uma estratégia de exportação de serviços com uso intensivo de conhecimento (HAYASHI, 2020 p. 3).

Já no Brasil, apesar de ótimos ventos e consistência, a tecnologia desenvolvida para o setor eólico ainda é incipiente, os principais atores envolvidos neste cenário de P&D são as universidades e seus laboratórios; fundações e institutos de pesquisa (CGEE, 2012), que pouco estabelecem parcerias com empresas privadas.

Historicamente, os investimentos em P&D em tecnologia eólica no Brasil são derivados basicamente de duas fontes, ambas ligadas ao governo: a Agência Nacional de Energia Elétrica (através do seu Programa de P&D) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. O principal foco dado às chamadas públicas para o desenvolvimento de projetos de P&D brasileiros é a criação de produtos adaptados às particularidades dos ventos nacionais (LEUSIN, 2018, p, 47).

O interesse dos empreendedores na pesquisa de tecnologia eólica tem sido baixo desde o início da indústria (FURTADO; PERROT, 2015). O maior interesse em P&D na área de aerogeradores é restrito às empresas locais de origem brasileira ou latina, enquanto os fabricantes de equipamentos originais (OEMs) tendem a concentrar seus esforços nas suas matrizes no exterior (LEUSIN, 2018). No entanto, existem empresas nacionais de capital privado com o desenvolvimento de projetos específicos para o contexto brasileiro – com a finalidade de melhorar o desempenho dos aerogeradores e as usinas de geração.

Para identificar a situação atual do desenvolvimento tecnológico da energia eólica no Brasil, foi feita uma busca no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual⁷¹ (INPI) “Bases e Patentes” no campo “Pesquisa Avançada” para “Patentes Concedidas” limitada à ocorrência de “todas as palavras” do termo “Energia Eólica” no campo “título”, com data de 01/01/2015 a 18/01/2019, em que foram encontradas 39 patentes, conforme segue.

⁷¹ O INPI é uma autoridade federal brasileira, criada em 1970, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Quadro 4 - Patentes concedidas pelo INPI 2015-2021 no Brasil – Energia Eólica

Ano	Título da Patente
2019	Motor mecânico para geração de energia através da movimentação de águas
	Turbina eólica de eixo vertical com módulos telescópicos
2018	Sistema de transmissão para equipamento gerador de energia elétrica
	Disposição introduzida em turbina eólica de eixo vertical
	Disposição construtiva aplicada em sistema alternativo pneumático para gerar energia motriz limpa e sustentável por meio de ar comprimido
	Circulador de água ou de energia térmica
	Usina para produção de energia utilizando fontes geotérmica, hidrogênio e biogás de maneira integrada
	Engrenagem planetária, trem de acionamento, e, instalação de energia eólica
	Equipamento gerador de energia elétrica
	Sistema e aparelho para dispositivo modular de energia rotacional de campo axial
	Linha de transmissão aérea de energia elétrica utilizando subfeixes de condutores
	2017
Dispositivo para geração de energia extra em motores de combustão interna com sistema simultâneo de depuração de gases e sequestro de material particulado, método distribuidor e método retificador de fluxo	
Métodos e sistema para sincronizar comunicações entre um dispositivo pai em uma rede de salto de canal particionado por tempo primário (tsch) e dispositivos terminais de baixa energia	
Adição de sistema de canais de fuga da água com canais de fuga flutuantes com reaproveitamento da água para aumentar a geração de energia das hidrelétricas	
Sistema ininterrupto de alimentação com otimização de consumo de energia de bateria para portões automáticos e congêneres	
Processo e unidade de recuperação de vapor combustível de corrente gasosa, com cogeração de energia	
Turbina eólica de eixo vertical	
Dispositivo para geração de energia extra em motores de combustão interna com sistema simultâneo de depuração de gases e sequestro de material particulado, método distribuidor e método retificador de fluxo	
2016	Turbina eólica de eixo vertical
	Compensador de energia reativa para uma transmissão de energia elétrica ou rede de distribuição
	Dispositivo de controle de conversão de energia
	Dispositivo transmissor de energia elétrica sem contato e sistema de transferência de energia elétrica
	Aperfeiçoamentos introduzidos em medidor de vazão volumétrico de deslocamento positivo consistindo de um dispositivo de autogeração da energia necessária à alimentação elétrica do respectivo conversor
2015	Conversor rotativo de energia eólica
	Sistema de geração de energia acionado por motor e método para localizar um ruído coincidente dentro de um dispositivo de movimento alternado
	Dispositivo potencializador de gases para produção de energia limpa
	Dispositivo de transmissão de energia elétrica
	Disposição construtiva aplicada em aquecedor com fonte de energia a base de biomassa
	Método de operação de um sistema para geração de energia proveniente das marés e sistema para geração e armazenamento de energia proveniente das marés
	Processo de produção de butadieno e hidrogênio, a partir de etanol em duas etapas reacionais de baixo consumo em água e em energia
	Sistema de passo, método de preparação de um sistema de passo e sistema de turbina eólica
	Transformador a óleo vegetal e núcleo amorfo para distribuição de energia elétrica dotado de sistema de monitoramento de temperatura
	Disposição construtiva em equipamento híbrido para secagem de produtos naturais com sistema solar e geração de energia elétrica para lugares sem eletrificação
	Disposições aplicadas em módulo de alimentação ininterrupta de energia para controladores semafóricos, radares de trânsito e câmeras de vigilância pública
	Sistema construtivo para aumentar a geração de energia com reaproveitamento da água nos canais de fuga das hidrelétricas existentes
	Disposição construtiva em rodas automotivas para geração de energia elétrica
	Caixa blindada tipo envelope para medidores de energia elétrica
Caixa blindada para medidores de energia elétrica com pinos de travamento	

Fonte: elaboração própria com base nos dados retirados do INPI ⁷² (2021)

⁷² A data da pesquisa foi realizada no dia 18 de janeiro de 2021.

Dentro das patentes concedidas pesquisadas, nenhuma se refere a aerogeradores em sua totalidade, foi feita a mesma busca, mas com o termo “tecnologia em energia eólica” nos últimos 10 anos, e constatou-se no Brasil apenas uma patente, cujo título é “Turbina eólica geradora de energia elétrica com tecnologia naval”, do ano de 2013, um dos motivos para o baixo patenteamento de empresas no Brasil pode estar relacionado à demora para se conseguir o registro junto ao INPI.

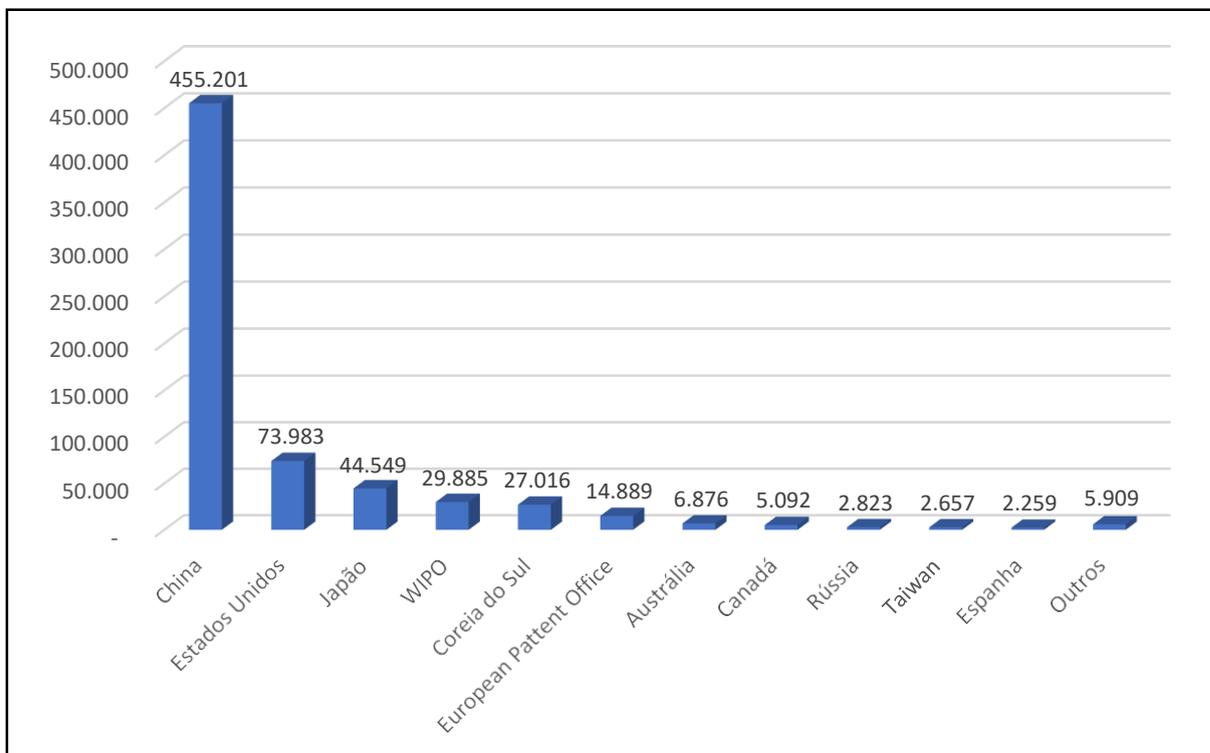
Ainda Leusin, Vaz e Maldonado (2018) apontam que:

O atraso no registro de patentes relacionadas à energia eólica leva no mínimo 2 anos, Júnior e Da Silveira Moreira (2017) apontam que o tempo médio do INPI para conceder um registro de patente está próximo dos 11 anos. Hoss (2012) destaca que atrasos na concessão de patentes causam prejuízos não apenas aos depositantes das patentes, mas também às empresas concorrentes, aos inovadores e ao mercado em geral, uma vez que desencorajam inovações futuras e criam insegurança jurídica. O autor também destaca como dano causado aos depositários de patentes a redução do tempo sobre o qual estes mantêm a proteção sobre as patentes, uma vez que este tempo é contado a partir da data de depósito, e não da data de concessão.

Também em busca no Espacenet - patent search ⁷³ com o termo “wind energy” com data base de 2015 até 2021⁷⁴ para verificar como está o registro de patentes no mundo de energia eólica, para todos os países, constatou-se que:

⁷³ Site desenvolvido pelo European Patent Office (EPO) em conjunto com os estados membros da European Patent Organisation para pesquisa de patentes e pedidos de patentes.

⁷⁴ A pesquisa foi realizada no dia 18 de janeiro de 2021.

Gráfico 11 - Número de registros de patentes no mundo de Energia eólica 2015-2021

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Espacenet - patent search (2021).

Observa-se claramente que o maior número de patentes é da China com 455.201 registros, destas a empresa State Grid Corp China é a que mais registra com um total de 8.278 patentes registradas, seguida pelos Estados Unidos com o número 73.983 de registros de patentes, a empresa Gen Eletric detém 4.950 dos registros, em terceiro lugar temos o Japão totalizando 44.549 sendo grande parte pela Mistsubishi Eletric Corp com 3.950 registros, o Brasil apenas com 4 registros de patentes, não sendo citada o nome da (s) empresa (s) (ESPACENET, 2021).

Se contabilizar os três países: China, Estados Unidos e Japão, os mesmos representam 85% de todas as patentes depositadas no mundo; ainda se considerar apenas a China, esta representa 68% das patentes depositadas. Percebe-se claramente quem são os maiores detentores de patentes tecnológicas no setor eólico mundial.

Um dos fatores que reflete essa disparada em número de ocorrências de patentes na China pode ser explicado de acordo com as políticas de impulso de desenvolvimento de capacidade da tecnologia, já que o governo Chinês implementou um conjunto diversificado de políticas de inovação além das concessões de P&D,

incluindo uma dedução fiscal de 150% nas despesas de P&D e depreciação acelerada em equipamentos de P&D (ZHOU; LIU, 2016).

Além disso os esforços políticos da China para desenvolver a indústria de aerogeradores e turbinas eólicas é considerada como parte de sua estratégia de desenvolvimento mais ampla, pois no ano 2000 os formuladores de política da China observaram que as principais atividades de inovação eram em grande parte restritas aos centros de P&D de corporações multinacionais em países industrializados, com isto acreditavam que a globalização havia minado a independência tecnológica e a segurança da China (ZHOU; LIU, 2016).

Dessa forma Hayashi (2020) destaca que para transformar a China em uma economia voltada à inovação, o Conselho de Estado da China estabeleceu uma política de inovação local como a nova plataforma nacional, formulando o Programa Nacional de Médio e Longo Prazo para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (2006-2020), este programa estabeleceu a meta de aumentar o gasto interno bruto da China em P&D para 2,5% do PIB até 2020 como maneira estratégica da energia para a economia nacional.

Como medida para alavancar a economia nacional, a China aplicou várias políticas industriais para atualizar sua indústria de turbinas eólicas. No ano de 2010 o Conselho de Estado identificou sete indústrias emergentes estratégicas, incluindo novas energias (renováveis e nuclear) para atualizar sua estrutura industrial e transformar o modo de desenvolvimento econômico da China, o valor adicionado por estas indústrias deve representar 8% do PIB da China até 2015 e 15% até 2020, incluindo os benefícios do apoio financeiro fornecido para acelerar a transformação industrial (HAYASHI, 2020). Esta política industrial de energia renovável foi importante pois influenciou o esforço mais amplo da China para mudar de uma economia baseada na fabricação de baixo custo para uma economia mais voltada para a inovação e alta tecnologia (ZHANG; ANDREWS-SPEED; ZHAO; HE, 2013).

No campo da difusão da tecnologia está em estudo o sistema híbrido de energia eólica e solar, considera-se sistema híbrido quando se utiliza conjuntamente mais de uma fonte de energia, dependendo da disponibilidade dos recursos energéticos locais, para geração de energia elétrica; nesta as fontes que mais se sobressaem são a solar e a eólica, ambas de caráter renovável (BARBOSA et al, 2004). Para Hansen (1998), a característica mais importante do sistema híbrido depende de pelo menos dois fatores: a

confiabilidade da operação ao fornecimento de energia e o custo da energia gerada.

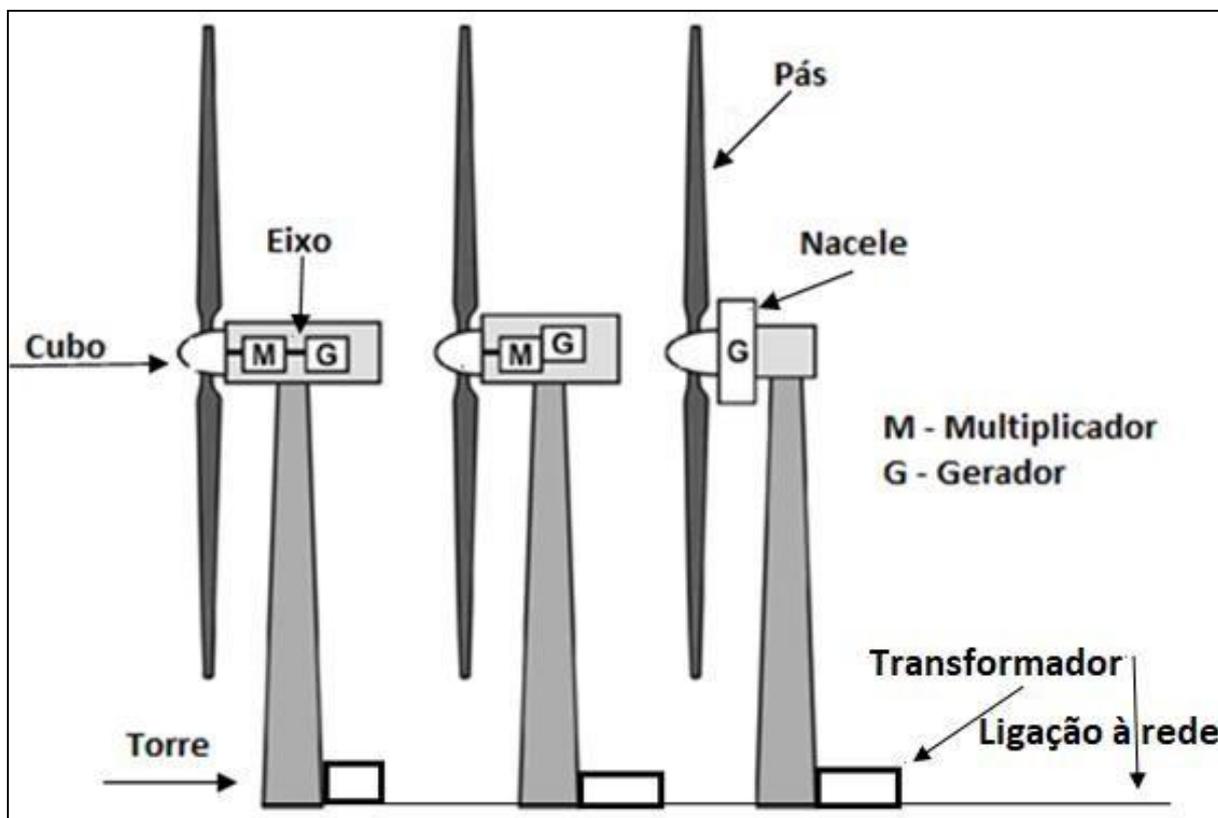
Para esse sistema o armazenamento da bateria pode ser reduzido, uma vez que há menos dependência de um método de produção de energia, pois quando não há sol, há muito vento, ao combinar essas duas fontes intermitentes, a eficiência e a confiabilidade da transferência de energia do sistema podem ser melhoradas significativamente (BM SHAGAR, 2012).

Apesar de ser uma tendência a combinação destas duas fontes renováveis para uso de energia de forma híbrida, ainda existem poucos estudos referentes à temática (e a maioria de ordem internacional), e o que mais está em voga são os estudos dos projetos de conversores, armazenamento de baterias, desempenho das turbinas, modelagem e configurações técnicas. Além destes elementos é fundamental o estudo da implantação, já que deve ser em um local propício: abundante de sol e vento contante.

2.3 CADEIA PRODUTIVA E TECNOLOGIA DO AEROGERADOR (ONSHORE)

De maneira geral a composição de um aerogerador de eixo horizontal é considerada complexa e crítica, já que representa 60% do investimento de um parque eólico. Os componentes básicos de maior importância de um rotor de eixo horizontal do tipo hélice composto normalmente por três pás para parques Onshore em diferentes configurações, podem ser variáveis. Apesar das diferentes configurações e modelos (convencional ou múltiplos), de maneira esquemática, um aerogerador tem suas principais partes marcadas por torre, nacelle, rotor e pás (ABDI, 2014).

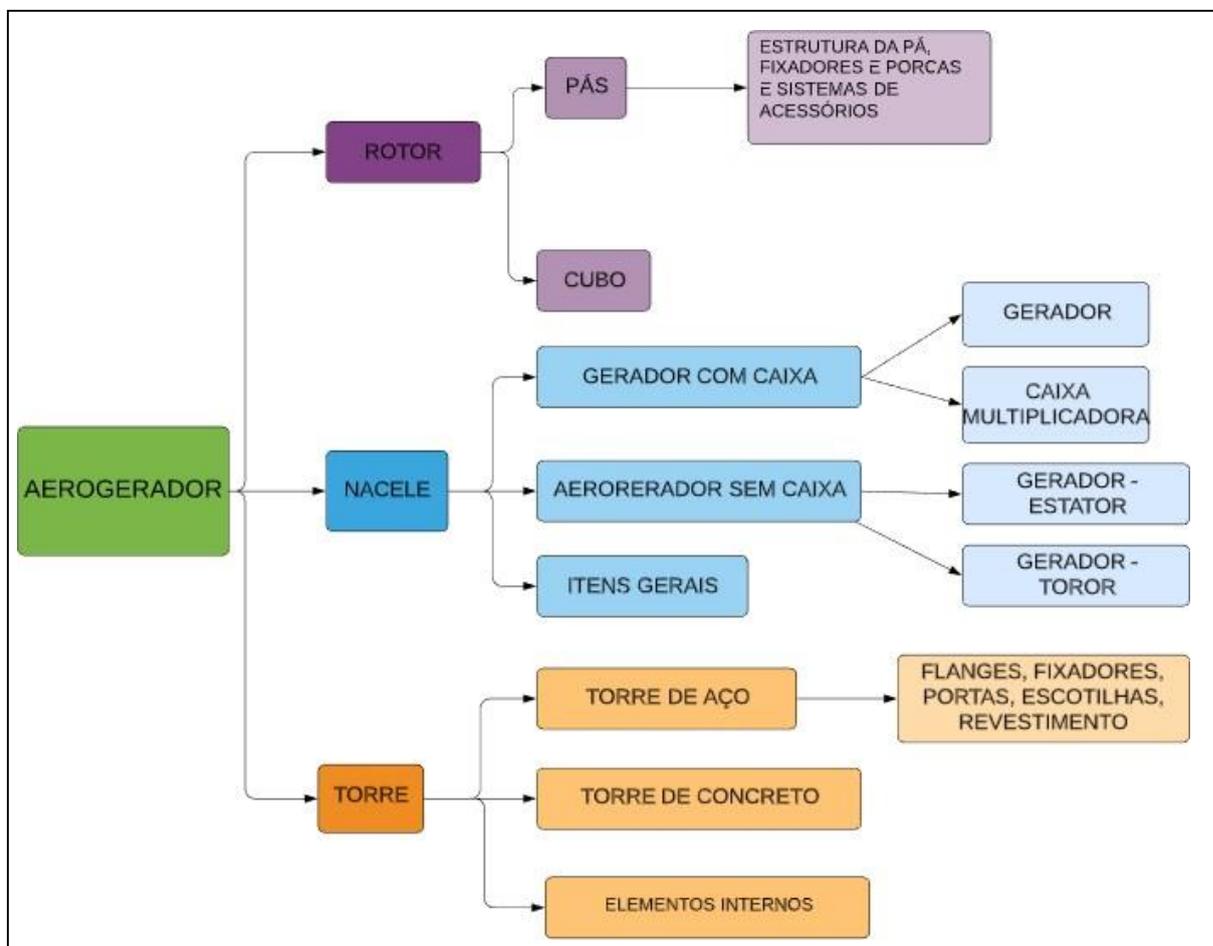
Figura 2 - Componentes de aerogerador de eixo horizontal



Fonte: Adaptado de CRESBE (2008) *apud* ABDI (2014).

A cadeia produtiva da indústria eólica basicamente é composta pelo aerogerador, itens de infraestrutura (fundações) do parque eólico e equipamentos para conexão à rede elétrica (transformadores, subestação, cabos e inversores). Vários são os componentes e subcomponentes das principais peças de um aerogerador de eixo vertical, no esquema abaixo demonstra um panorama geral das principais peças.

Figura 3 - Principais componentes do aerogerador



Fonte: Elaborado pela autora com base em ABDI (2014).

O rotor compreende basicamente as 3 pás por aerogerador (tipo comercial de grande porte) e o cubo onde estas são fixadas, elas trabalham diretamente com o vento, possuem perfil aerodinâmicos de 30 a 70 metros de comprimento (instalações Onshore), no tipo offshore a empresa Adwen e a fornecedora de hélices LM Wind fabricam pás de 88,4 metros (equivalente a um edifício de 30 andares). As pás representam cerca de 22% do custo do aerogerador e 7% de sua massa (6 a 10 toneladas cada uma) (ABDI, 2018).

As pás são fixadas em uma estrutura metálica à frente do aerogerador (à frente da nacele) denominada cubo. O cubo é uma peça única de ferro fundido, de alta precisão de fundição e usinagem, construída com liga de alta resistência. Sua massa varia de 7 a 20 toneladas (AWEA, 2011).

A pá é o componente com maior custo do aerogerador e com maior impacto em seu desempenho, atualmente, no Brasil, as maiores fabricantes de pás eólicas são a WOBLEN (fabrica apenas para seu próprio consumo local e exportação), a TECSIS, a AERIS e a LM Wind Power. A nacela é a carcaça sobre a torre que contém vários componentes e subcomponentes, o tamanho e o formato são variáveis respondendo aos componentes e a disposição em seu interior (CUSTÓDIO, 2013). A nacela, dependendo da tecnologia/configuração do aerogerador, pode ter uma série de elementos estruturais (bastidor, chassi e quadros); o eixo principal, construído em aço ou liga metálica de alta resistência, é o responsável pelo acionamento do gerador, transferindo a energia mecânica da turbina, este transforma a energia mecânica de rotação em energia elétrica. Os geradores⁷⁵ necessitam do uso de conversores de frequência, para controle da onda de saída, constituindo-se de um retificador e um inversor (ABDI, 2014).

O transformador é o equipamento que eleva a tensão de geração ao valor da rede elétrica à qual o aerogerador está conectado. O transformador pode ser instalado no interior da nacela, no interior da torre ou mesmo externamente, acoplado à torre ou no chão (ABDI, 2014, p. 24).

A nacela é um item que precisa ser constantemente feita manutenção, representando uma fonte de possíveis falhas. Em relação aos serviços de operação e manutenção, os produtores de energia geralmente terceirizam as atividades de operação e manutenção do parque eólico, as atividades são contratadas principalmente dos fornecedores dos aerogeradores na forma de serviço de pós-venda de longo prazo. Os sistemas elétricos do parque, desde as subestações unitárias até as conexões com as redes de transmissão e distribuição de energia, requerem serviços de manutenção (ABDI, 2014).

A maioria dos fabricantes do setor eólico no Brasil tem buscado cada vez mais o aumento do conteúdo local, com o objetivo principal de propiciar aos seus clientes o financiamento pelo BNDES. Entretanto, como a indústria é muito nova no Brasil, no contexto atual, são praticamente inexistentes os fornecedores locais dos principais componentes, subcomponentes e peças necessárias à nacionalização completa dos aerogeradores, o que torna importante a manutenção de alguns itens relevantes da cadeia produtiva na lista de importados essenciais (MELO, 2013, 131).

⁷⁵ Para maiores informações técnicas ver ABDI (2018).

Um exemplo foi a WEG, que optou por uma política de não acomodação com investimento contínuo, capacitação de recursos humanos, P&D, elevou sua produção e porte corporativo, internacionalizou a empresa, aproveitou o incentivo a partir do Proinfra, que ajudou a se consolidar e ofereceu segurança às suas expectativas de retorno dos investimentos nessa nova fronteira tecnológica. Se tornou um player competitivo no mercado internacional de aerogeradores e oferece aerogerador com tecnologia 100% nacional em parceria com a Tractebel. A complexidade industrial na diversificação produtiva vem sendo a melhor opção para avanços no mercado global, mostrando que pode haver contratos de longo prazo e dependência tecnológica na manutenção (PARRONCHI, 2017).

Fabricantes deste estágio da cadeia são normalmente focados em um determinado componente e não produzem outros. Um fabricante de aerogeradores normalmente trabalha com dois ou três fornecedores para cada componente essencial, de modo a não depender de um único fornecedor. São comuns contratos de longo prazo ou são estruturados acordos de forma a garantir um fornecimento contínuo e de alta qualidade (ABDI, 2018. P. 32).

A torre, elemento estrutural de sustentação e posicionamento do conjunto rotor e nacele, deve ter altura conveniente para funcionamento. A tipologia das torres podem ser cônica, treliçada, de diferentes materiais (aço laminado, concreto protendido, aço galvanizado). Existem torres (cônicas) híbridas, a parte de baixo da torre (aproximadamente 60 metros) é em concreto e a superior em aço, ambas partes são acopladas em um anel de transição. A escolha do material tem suas variáveis pautadas em fatores de custo, altura do aerogerador, facilidade de transporte, montagem e manutenção (ABDI, 2018).

De maneira geral, pode-se dizer que as torres de aço cônicas são mais utilizadas em alturas menores, na faixa de 80 a 100 metros, enquanto as torres de concreto, híbridas ou as treliçadas são mais empregadas em alturas maiores, acima de 100 metros. As torres treliçadas são mais comumente empregadas em situações que requerem uma logística simplificada, como instalações em locais de difícil acesso. Para o caso de torres “ultra-altas” (na faixa dos 200 metros), há ainda tecnologias que empregam madeira na construção ou então utilizam um esqueleto interno de aço envolto em tecido arquitetônico de alta resistência (BRAZIL WINDPOWER, 2013).

A cadeia produtiva de energia eólica no Brasil tem como característica principal a grande quantidade de itens que podem ser considerados alavancados ou estratégicos, nestes os impactos econômicos nas negociações são muito significativos e as estratégias de compras dos fabricantes de aerogerador são focadas no desenvolvimento de mais de um fornecedor por item para aumentar seu poder de barganha (ABDI, 2018).

No caso de fabricantes multinacionais, é comum a seleção de fornecedores com base na cadeia de fornecimento global da empresa. Atualmente a seleção de fornecedores para parques no Brasil está sendo influenciada pelas regras de concessão de financiamento, que privilegiam uma base de fornecedores locais (ABID, 2014, 34).

Já os poucos itens considerados críticos ou com dificuldades, como a capacidade produtiva limitada ou falta de capacidade, baixa competitividade de custo e restrições no transporte de componentes, têm recebido atenção dos fabricantes. As estratégias se voltam para o desenvolvimento de novos fornecedores, ou em alguns casos de mudanças nas especificações técnicas (ABDI, 2018).

Percebe-se, portanto, a necessidade de um grande esforço das empresas fabricantes dos aerogeradores no gerenciamento de suas compras e nas negociações com fornecedores uma vez que o mercado fornecedor é de elevada complexidade e há riscos de fornecimento. A construção de parcerias estratégicas cliente-fornecedor, a participação acionária em fornecedores e a integração vertical são algumas das estratégias utilizadas pelos fabricantes de aerogerador no mercado brasileiro (ABDI, 2018, p.76).

Os serviços que fazem parte da construção da cadeia produtiva da energia eólica são baseados em quatro grandes fases, sendo elas; desenvolvimento do projeto, negociação, execução e implantação, operação e manutenção.

Uma subdivisão possível para os serviços seria: serviços de desenvolvimento de projetos de parques, serviços de apoio à negociação com fornecedores e compradores/leilão, serviços de apoio a pré-construção, serviços para implantação dos parques – logística e execução de obras, serviços de operação e manutenção; além de serviços associados à certificação de aerogeradores e treinamento técnico (ABDI, 2014 p. 27).

As etapas que compreendem a implantação de parque eólico⁷⁶ no Brasil é composta de várias fases que vão desde o planejamento, transporte e operação até tomada de decisão. Antes de começar a operar e ser construído, algumas atividades legais devem ser cumpridas para o atendimento das normas brasileiras. No entanto, não são somente as obrigatoriedades legais que dificultam as empresas a instalarem usinas eólicas no Brasil, mas a logística (ABDI, 2014).

Para fazer a implantação do Aerogerador em um parque eólico, em primeiro momento para atender a demanda de instalação e execução deve abrir vias de acesso para chegar a uma plataforma de montagem, após deve ser instalado dentro ou próxima do Parque Eólico uma central de britagem e uma central de concreto, para atender a toda logística do complexo, dessa forma o concreto é feito dentro do Parque (uso para fundações e quando as torres são de concreto para fabricação, moldagem e cura das torres) evitando custo de transporte.

Em caso de torres metálicas é necessária a construção (dentro da área interna do Parque) de uma unidade de fabricação de torres metálicas, a fim de reduzir custos com logística e minimizar os riscos com o transporte. Dentro dessa unidade fabril de produção metálica, para sistematizar e aumentar a produtividade, as linhas de produção são semi-automatizadas (possibilitando em média a produção de uma torre a cada dois dias). Neste processo produtivo para execução das torres é feito o corte da chapa metálica, seguido da calandragem, e as soldas longitudinais, soldas das flanges, soldas da circunferência, formando uma parte da torre que será encaixada nas outras partes da torre (todas pelo mesmo processo de fabricação). Para seguir todos os padrões de qualidade a verificação das soldas é feita por ultrassom.

A parte da obra civil da infraestrutura de fundações é feita por escavação com retroescavadeiras. É inserida a armação de ferro necessária para sustentar o aerogerador, as formas de madeira para moldar o concreto, e no centro se insere parte da torre metálica para encaixar as demais peças, concretagem e após a cura do concreto, cobre-se toda a fundação com terra para não ficar exposta ao tempo.

A unidade fabril das torres é dotada de cabines de jato de granalha e de três cabines de pintura (fundo, pintura de intermediária e pintura de acabamento) e

⁷⁶ A descrição do processo de execução tem como base o projeto desenvolvido via animação 3D (vídeo) do O Parque Eólico Serra do Tombador, pela empresa Andrade Gutierrez para cidade de Jacobina (BA) produzido por KINOMAKIA IMAGENS (2016).

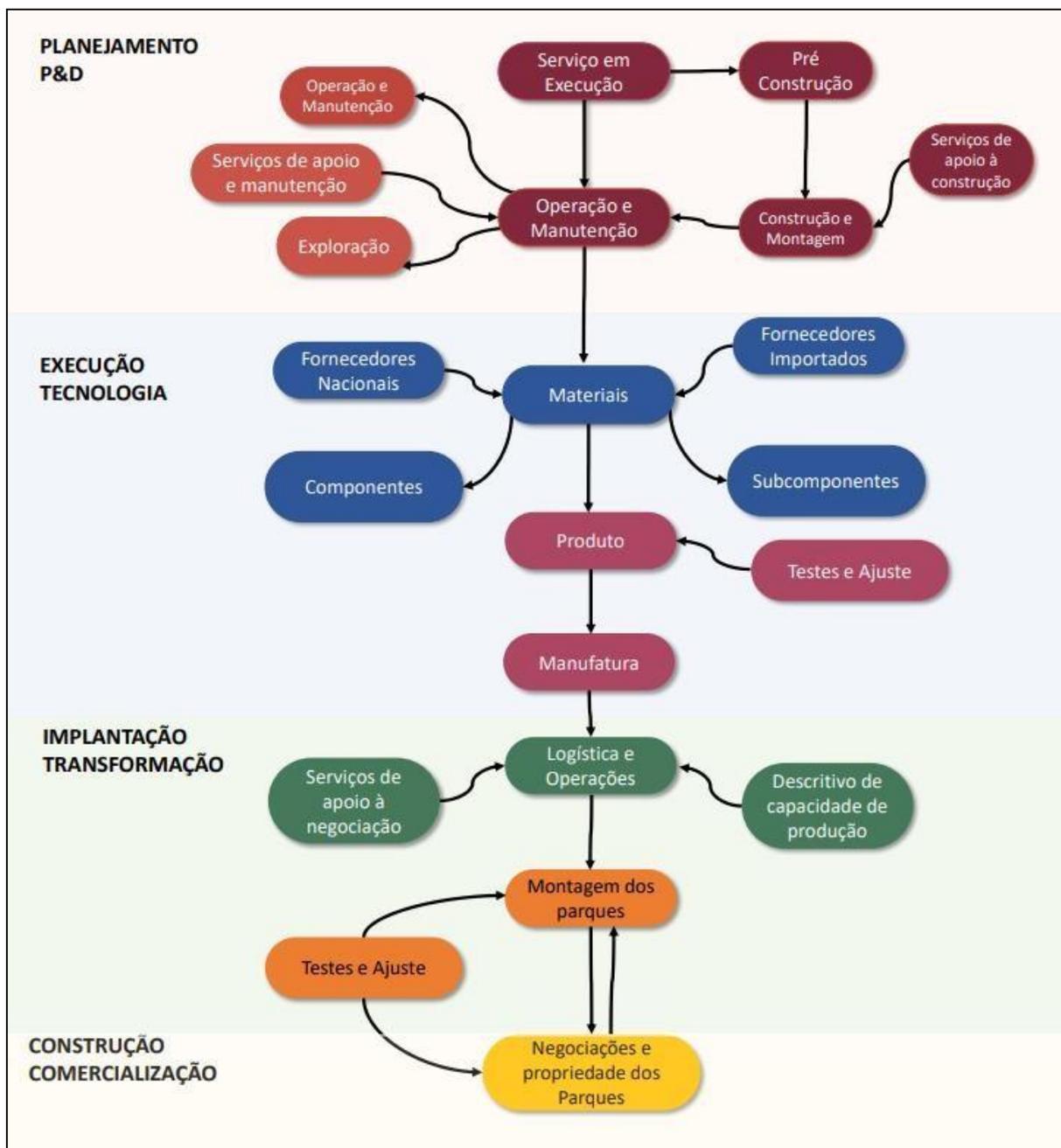
jateamento a qual passam todas as partes da torre metálica, este processo nas torres respeita todas as recomendações do fabricante, entre cada uma das fases da pintura tem um intervalo de tempo, entre cada de mão também seguindo recomendações da norma.

Após a estocagem é feito o carregamento de cada tramo (parte da torre) em carreta especial para transporte até o local da montagem (fundação), por isso a importância da criação de vias de acesso para menores distância implicam em menores custo de transporte e da unidade fabril in loco.

Para montagem dos tramos é inserida uma a uma com ajuda de um guindaste encaixando-se todas as partes da torre e fixando-as até a altura planejada, após isso é realizada a montagem da nacelle, pás e por fim o cubo. Com todos os aerogeradores montados vem a instalação de redes de transmissão e as redes aéreas interligando os aerogeradores às subestações coletoras, cada uma com geradores de força (com voltagem específica de acordo com a necessidade), segue para as linhas de transmissão até as subestações principais com elevação de tensão para Volts (específica) e posteriormente é feita a ligação às concessionárias de energia que fazem a distribuição.

Ainda antes da etapa produtiva de montagem e fabricação o começo se dá pelo planejamento pesquisa e desenvolvimento, que planejam todo o processo pelo qual o cadeia de bens e serviços da energia eólica percorre: execução, tecnologia, implantação e transformação, construção e comercialização, para por fim chegar a distribuição.

Figura 4 - Cadeia Produtiva do aerogerador

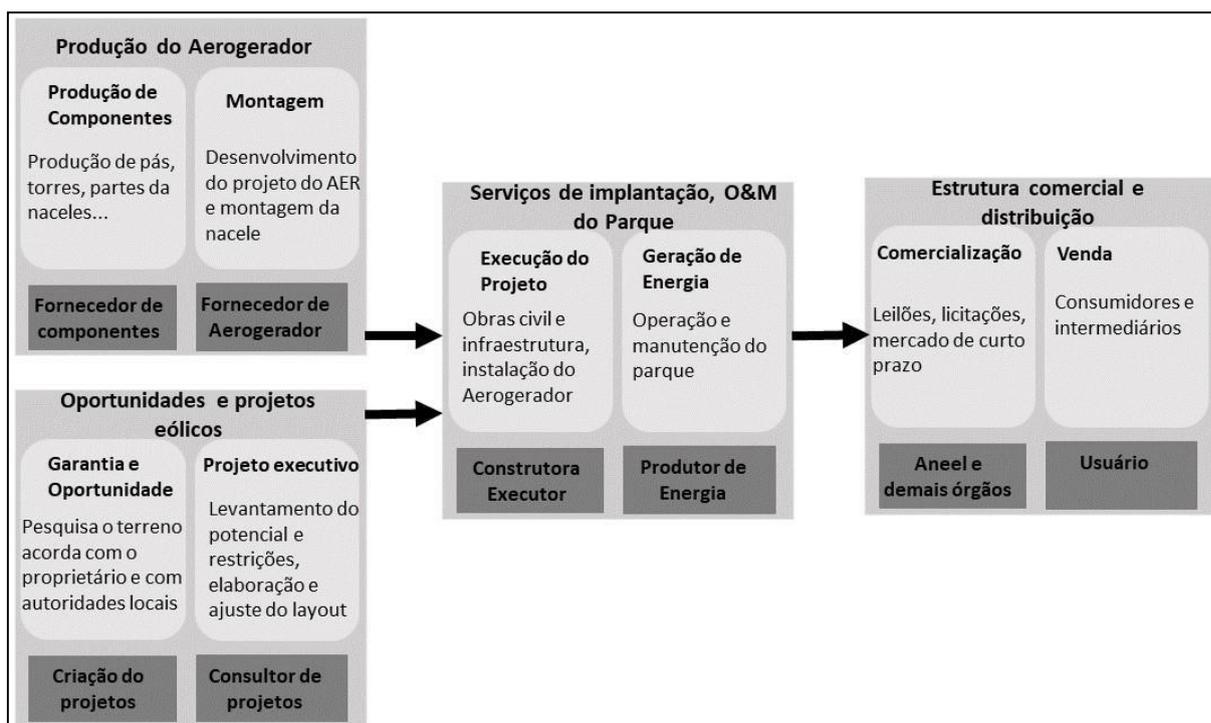


Fonte: Elaboração própria.

Já a segmentação de todo o processo da cadeia produtiva de bens e serviços da indústria eólica para aerogeradores de grande porte (>1Mw) para parques onshore, é dividida em três setores, sendo eles: cadeia produtiva de bens e serviços associados ao aerogerador que contempla a produção de componentes e montagem; cadeia produtiva de serviços associados ao desenvolvimento de projetos, a qual desenvolve a prospecção de oportunidades e garantia na energia eólica e o layout do projeto,

ambas estão ligadas diretamente ao terceiro setor; cadeia produtiva de bens e serviços associados à construção e O&M do parque, a qual é responsável pela execução do projeto e geração da energia.

Figura 5 - Cadeia de bens e serviços da indústria eólica e segmentos



Fonte: Adaptado de ABDI 2014.

Na etapa de produção do aerogerador muitos componentes e subcomponentes são desenvolvidos abrangendo diferentes fabricantes e requerem maior desenvolvimento de tecnologia e produção da maioria dos elementos, e em série.

A fase dos projetos eólicos o estudo preliminar do empreendimento compõem avaliação de potencialidades para implantação do parque e de fatores como a disponibilidade e constante de ventos. O projeto arquitetônico básico considera a posição dos aerogeradores que devem ser dispostos de acordo com a estrutura destes e estudo do vento, dimensionamento da potência instalada, atendendo as especificações técnicas (altura das torres do aerogerador, diâmetro do rotor, potência nominal das turbinas) e projetos construtivos preliminares, acesso, fundações para torres, edificações, levantamentos topográficos, sondagens, análise energética. Também são submetidos aos processos de licenciamento ambiental por meio da legislação ambiental CONAMA, Resolução nº 462/2014, por serem empreendimentos

de baixo impacto, caso a implantação do parque eólico seja em locais de formações com especificidades naturais diferenciadas (mangues, dunas, mata atlântica, zona litorânea, aves migratórias, passáros em extinção...) considera-se que o empreendimento é de alto risco, necessitando ser feito estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA)⁷⁷, com este é possível adquirir a Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação do empreendimento.

Ainda é importante o aceite da população, identificação do patrimônio histórico cultural, e por fim a regularização fundiária que envolve o proprietário do terreno e a negociação direta entre empreendedores firmados contratos de arrendamento com remuneração baseada em porcentagem negociada sobre o faturamento do parque, a prestação destes serviços incluem demarcação das áreas, e toda a documentação junto aos órgãos competentes (BITTENCOURT et al, 2017).

Além dos itens acima verificados a Análise de Viabilidade visa o retorno econômico dos novos empreendimentos eólicos por meio da Taxa Interna de Retorno (TIR) cuja função é verificar valores e condições dos fornecedores, comercialização de créditos de carbono, avaliar oportunidades comerciais além de dimensionar os custos de cobertura de riscos através do seguro (BITTENCOURT et al, 2017).

No serviços de implantação, O&M do parque, todas as decisões importantes do processo de planejamento já foram discutidas e definidas, e executadas agora compete a estrutura comercial e distribuição o fornecimento de energia para seus consumidores.

CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 2

A tecnologia é um aspecto central no entendimento da mudança econômica, perante essa abrangência Dosi, no que tange a relação aos “paradigmas tecnológicos”, aponta alguns problemas apesar dos avanços que a mesma trouxe sobre a tecnologia, suas fontes e interações, os desafios enfrentados pela construção do autor constitui-se de um esforço para entender a seleção de tecnologia e da estruturação de trajetórias tecnológicas nas firmas.

⁷⁷ O qual ira possibilitar minimizar impactos relativos a ruído, mudança de paisagem, supressão vegetal, patrimônio histórico e cultural, uso e ocupação do solo e interferências socioeconômicas.

A forma como a tecnologia evolui permite compreender como a tecnologia, a economia e o território se influenciam mutuamente através do processo de inovação e concorrência. Assim, a energia eólica e os avanços das novas tecnologias são complexos, demandam altos investimentos, sendo multifacetados e necessitam de cooperação entre esferas públicas, privadas e instituições.

Os países em desenvolvimento e o “aprendizado tecnológico tardio” ficam em uma situação ainda mais complexa, tendo que exportar tecnologia, assim as políticas são um componente essencial para promoção e inovação das novas tecnologias, e isso fica evidente quando comparado o número de patentes registradas no Brasil em comparação aos demais países, outro fator essencial é que o INPI deve melhorar seu sistema de propriedade industrial tornando-o mais eficiente e de qualidade – com vistas à promoção do desenvolvimento econômico.

A atuação global das indústrias brasileiras de energia eólica no mercado externo ainda é incipiente, apesar do desenvolvimento do mercado interno ter crescido nos últimos anos. Já a China implementou políticas que atendem a requisitos específicos de tecnologia, quando analisado os 10 maiores aerogeradores do mundo, o Brasil não está na lista, apenas países desenvolvidos, fortalecendo que políticas inadequadas de impulso de tecnologia levam a um fraco desempenho na inovação.

A partir do entendimento da trajetória tecnológica, do sistema de inovação, e do desenvolvimento do setor energético, o capítulo 3 aborda o contexto nacional, como os governos conduziram as políticas nacionais para o desenvolvimento energético, o mercado brasileiro e a cadeia produtiva, bem como as políticas energéticas voltadas ao setor.

CAPÍTULO 3 – BRASIL: DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO E CADEIA PRODUTIVA

Este capítulo confere um panorama geral referente a como os governos brasileiros trataram as questões energéticas renováveis de 1930 até o ano de 2019. Também verifica o processo de evolução da energia elétrica, os paralelos e divergências nas decisões políticas dentro do contexto econômico do país e o papel do Estado.

O processo evolutivo das energias renováveis e suas fases históricas nos levam a perceber que a soberania dos países sempre foi considerada, quando analisada a evolução destas, no Brasil, percebe-se que o mesmo é fortemente dependente do combustível fóssil externo estando vulnerável à crises, tal fato se consolida quando ocorre o 2º embargo petrolífero em 1973; a crise faz o Brasil (há tempos latente) despertar para uma soberania energética, um novo momento que culmina na criação do programa Proálcool, um dos maiores casos de sucesso nas energias renováveis no país.

O texto identifica as fontes de energia eólica no cenário nacional, as questões relacionadas ao mercado, empresas atuantes, financiamentos, cadeia produtiva, competitividade, tecnologias, gargalos produtivos e o papel do estado na comercialização via leilões de energia, bem como os desafios e possibilidades que envolvem esse campo.

3.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS: CENÁRIO BRASILEIRO ATÉ 2019

A ideia de dialética da capacidade ociosa proposta por Rangel (1984) projeta-se sobre o desenvolvimento econômico, num processo marcado por conflitos de tendências, contra tendências, interesses em choque, movimentos cíclicos de dualidades. A reversão do ciclo econômico por meio das transferências de recursos dos setores os quais se tornam ociosos, fato explicado pela excesso de investimentos em setores que não existem oportunidades para acumulação, e faz com que uma nova formação social domine a partir da dualidade anterior.

Assim, a base econômica das dualidades dos regimes políticos econômicos das forças produtivas e das relações de produção internas do país, bem como as

evoluções da economia periférica, mantém as economias centrais (MAMIGONIAN, 1997).

O Brasil se desenvolve de forma cíclica, apresentando sempre dois componentes, um externo em que o Brasil é parte da economia mundial capitalista que se desenvolve em ciclos longos, e outro interno, denominado ciclo de juglar⁷⁸ brasileiro, ciclos decenais, uma nova determinada área superinvestida, representando recursos ociosos, em que há uma formação de poupança e outra carente de investimentos,⁷⁹ que representa as deficiências conseqüentes do desenvolvimento anterior, ou seja, os nós de estrangulamento.

Não seria difícil apontar exemplos de aguda escassez ou insuficiência de capacidade instalada, em atividades tais como energia elétrica, transportes urbanos de passageiros, transportes pesados inter-regionais de carga, especialmente ferroviários, água, esgoto e armazenagem. Em suma, os grandes serviços de utilidades públicas, sem cuja superabundância, há algo mais de meio século, nossa industrialização não teria sequer principiado, mas que se tornaram insuficientes, em decorrência da industrialização e conseqüentes urbanização, novos hábitos de consumo e uma divisão territorial do trabalho radicalmente nova. Esses serviços públicos converteram-se no epitome dos pontos de estrangulamento do sistema, exigindo inadiavelmente vultuosos investimentos que os rompem (RANGEL, 2005, p. 538-539).

Nesse contexto o Estado está presente no setor energético, de nanotecnologia e de biotecnologia (em diversos setores), fazendo investimentos, levantando recursos, assumindo riscos e comprometendo os recursos fiscais. Os serviços públicos, por tempo concentraram-se nas mãos do Estado, organizados como concessão às empresas públicas.

As mudanças institucionais, que, ordinariamente, instrumentalizam a transição da fase recessiva para a fase expansiva do ciclo econômico, podem ser postergadas. Somente quando se esgota essa capacidade de endividamento, as referidas mudanças institucionais se tornam compulsórias, abrindo novo ciclo (RANGEL, 2005, p. 538-539).

⁷⁸ Denominação dada a ciclos curtos de oito a dez anos, de variações alternadas na atividade econômica (SANDRONI, 1999).

⁷⁹As empresas têm capacidade de gerar uma sobra de caixa muito maior do que geram. Então potencialmente a poupança nacional está lá. [...] O setor tem capacidade para gerar uma sobra de caixa e não tem necessidade de investir em si mesmo. Então aquilo é poupança, e as empresas deverão procurar uma aplicação em outro setor. A poupança é, portanto, a expressão da capacidade ociosa. Ao ser utilizada, essa capacidade gera poupança. Mas para que haja poupança é preciso que haja investimento (RANGEL, 2005, p. 531).

Para entender o cenário nacional energético em todas as etapas é importante compreender a ideia de circuito espacial produtivo, da localização das atividades econômicas e da articulação entre suas diferentes esferas.

A noção de circuito espacial produtivo enfatiza, a um só tempo, a centralidade da circulação (circuito) no encadeamento das diversas etapas da produção; a condição do espaço (espacial) como variável ativa na reprodução social; e o enfoque centrado no ramo, ou seja, na atividade produtiva dominante (produtivo) (CASTILLO; FREDERICO, 2010 p.463).

Diante do exposto, a produção não se limita apenas ao ato produtivo em si, mas pela circulação de mercadoria desde sua produção até o consumidor final, momento que se materializa a produção do excedente (mais-valia) (CASTILLO; FREDERICO, 2010). O circuito espacial produtivo da energia eólica é compreendido como um setor com unidades distintas, em que sua circulação ganha destaque demonstrando o carácter essencial para realização da produção. O texto coloca a categoria do espaço e demonstra a espacialidade da produção, distribuição, consumo, como um ciclo constante.

Para que tudo possa fluir e rodar o setor deve obter investimentos e uma política econômica sólida, e isto requer uma postura do Estado coesa como agente regulador, planejador e fiscalizador, além do importante papel na intermediação financeira, sendo responsável pelo aval dados nos títulos, a empresa privada assume a concessão de um serviço. Ainda, a utilização dos recursos produtivos nacionais contribuirá para a melhor circulação do capital interno, com o uso intensivo da capacidade produtiva existente, melhorando o uso da capacidade ociosa, ajudando o Brasil a desenvolver seus próprios meios de produção. Ao longo de todo o capítulo 3 essas questões estarão em pauta.

A maturidade na escolha do tipo de energia a utilizar são reflexos e condicionantes advindos do passado, com o tempo pode se aperfeiçoar ou vir a manter a mesma tradição. No caso do Brasil, com vasta dimensão territorial e abundância de bens renováveis, o caminho se projeta para uma matriz sustentável, no entanto para entender essa evolução e transformação se faz necessário compreender como o país evoluiu para este momento.

O desenvolvimento econômico de acordo com Bresser-Pereira (2006) é um fenômeno histórico que está relacionado, de um lado, com formação dos estados

nacionais e, de outro, com a acumulação de capital e a incorporação de progresso técnico a serviço do próprio capital realizado em mercados relativamente competitivos. Ainda a acumulação do capital e o aumento da produtividade de um país levam ao crescimento sustentado da renda por habitante e à melhoria dos padrões de vida da população dos países.

Com as relações econômicas estabelecidas e as transformações sociais, e suas diferentes concepções do desenvolvimento brasileiro, os formuladores de políticas estão atentos às oportunidades que se abrem por meio da incorporação das novas tecnologias aos seus modos de produção, o Brasil possui a vantagem de ter um sistema elétrico predominantemente renovável e diversificado, com potencial de expansão a baixo custo, representa a oportunidade de eletrificar outros setores da economia, gerando assim eficiência energética e econômica.

Nesse contexto, o texto confere um panorama histórico que nos leva a interpretar os governos frente ao mercado de energia, quais as ações da política nacional que proporcionaram o desenvolvimento do setor energético entre 1930 e 2019. Esta datação inicia-se com a decolagem do desenvolvimento brasileiro até entrar efetivamente a etapa da Revolução Industrial e se estende até o fim da ditadura militar e início da privatização do setor, até os dias atuais. Vale ressaltar que as condicionantes que mantiveram o maior topo da matriz energética nacional foram oriundas da lenha, petróleo e hidroeletricidade.

O texto abaixo está baseado nas seguintes fontes: Dias Leite (2014), Theis (1990), Mercedes, Rico e Pozzo (2015), Mercedes (2012), Oliveira (2018), Cano (2015), ANEEL, órgãos reguladores, entre outros. De maneira geral, visa fatos históricos nacionais, periodizando governos brasileiros, relacionando com as fases da energia elétrica de acordo com os “ciclos energéticos e suas eras”, seus planos nacionais de energia elétrica, ações e condicionantes que contribuíram para evolução da energia no Brasil⁸⁰.

⁸⁰ Para este texto foi realizada uma busca constante que delongou muito tempo, em sites, jornais, livros, artigos, agências, órgãos reguladores, entre outros, para poder se verificar os governos, os fatos históricos ocorridos em cada período, verificando os planos nacionais energéticos e as fontes de energia, legislação, fatos que se relacionaram de forma direta ou indireta com o setor energético até o ano de 2019.

A era Vargas (1930 – 1945) foi um período marcado pela revolução na política nacional, onde o Brasil esteve governado 15 anos por Getúlio Vargas, o qual visava a centralização do poder com medidas para enfraquecer o Legislativo e reforçar os poderes do Executivo, dissolvendo o congresso e substituindo os governadores. Na política trabalhista ampliou os benefícios, criou o Ministério do Trabalho e concedeu direitos aos trabalhadores – uma forma de reforçar seu poder aproximando-se das massas – e fez uso da propaganda política como forma de ressaltar as qualidades de seu governo além da capacidade de negociação política.

Durante o período que esteve no poder o Governo Federal intervém na Energia Elétrica com medidas a fim de melhorar o impasse tarifário, principalmente da empresa Light que detinha maior capacidade instalada no Brasil, sob pressão da demanda, o Estado Novo fez remoção dos obstáculos legais, por ele próprio criado, que até então a geração, distribuição e transmissão eram todas por concessionárias privadas, sem interferência do Estado (DIAS LEITE, 2014).

Naquela época o programa energético era insuficiente para atender a demanda de expansão territorial, pois havia falta de investimentos e empréstimos necessários para desenvolver o setor no país. A capacidade de energia instalada não acompanhou o crescimento demográfico e reduziu drasticamente. A fim de melhorar o setor energético foi criado o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE) por meio do Decreto Lei nº 1.285/1939 e o Decreto Lei nº 2.079/1940 que autorizou novos investimentos e abriu crédito especial para pagamento de subvenções, também a Lei nº 6/1942, que permitiu o aproveitamento de quedas d'água e outras fontes de energia hidráulica à empresas estrangeiras ou sociedades nacionais, reservada sempre ao proprietário na preferência da exploração, ou lucros (DIAS LEITE, 2014). A fonte energética dominante neste período era oriunda de lenha, carvão mineral nacional e derivados do petróleo (DIAS LEITE, 2014).

No período de 1946 - 1955 no Pós-Guerra, houve uma sucessão de governos temporários: 1946 - 1951 Eurico Gaspar Dutra, 1951 - 1954 o retorno de Getúlio Vargas, 1954 - 1955 Café Filho - todos os governos sem a presença de Ministro de Minas e Energia.

O governo Eurico Gaspar Dutra é por vezes descrito como pêndulo, pois a prioridade recaiu sobre um plano de estabilização inflacionária (limitação do gasto público, controle do crédito), apoiado em reformas liberais (abertura comercial e

financeira) a estabilidade do câmbio nominal, e a inflação atribuída a heranças intervencionistas do Estado Novo, controlava os preços e exigia liberar mecanismos de mercado e limitar influências nocivas do governo (BASTOS, 2004).

Dutra pela liberalização cambial, mostrando que se vinculava a um programa de estabilização e desenvolvimento de corte liberal, mas que não pretendia restaurar a chamada "vocalização agrária" exportadora do país (BASTOS, 2004, p.99).

No governo Vargas, na década de 40, o Estado passou a incentivar a criação de grandes estatais brasileiras, com investimentos em setores pesados como: Companhia Vale do Rio Doce na mineração em 1942; Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1940; Fábrica Nacional de Álcalis, no setor químico em 1943; e a Fábrica Nacional de Motores, mecânica pesada, em 1943. Estes investimentos trouxeram muitas consequências positivas, como a queda de dependência brasileira de produtos manufaturados importados, criação de milhares de postos de trabalho, diminuição de custos e aumento de produção, deixando produtos mais baratos, as benfeitorias geraram progresso no setor de infraestrutura e transporte, além da criação de sindicatos que lutariam por salários mais adequados, direitos e condições de trabalho dignas.

Entre 1930 e 1945, com o I Vargas, pudemos avançar a industrialização, graças à inequívoca condução de uma política nacional de desenvolvimento. Entendamos, contudo, que tal política continha muitas falhas temáticas e sociais, e não poderia conter, para saná-las, maiores recursos e uma estrutura específica de planejamento (CANO, 2015, p. 448).

O desenvolvimento econômico como um todo tem influência creditada à política de industrialização que elevou o crescimento nacional brasileiro no pós-guerra, em especial à década de 50, não apenas na indústria de bens de consumo, mas nas indústrias intermediárias e de bens de capital, ressaltando que nesse momento o Brasil não produziu apenas mercadorias e serviços, mas também vários empresários nacionais.

O retorno de Vargas (1951-1954) teve mais clareza em seus propósitos nacionalistas e industrializantes. A despeito do período em grande parte conflituoso com as forças reacionárias do país, avançamos ainda mais na consolidação da implantação da indústria leve e do início da marcha rumo à indústria pesada. Cerceado pela direita, Vargas se suicida em 1954, e seu gesto, tendo tido forte impacto político sobre as massas populares, certamente conseguiu adiar (para 1964) o golpe tão almejado pela direita (CANO, 2015, p. 450).

No ano de 1950 ocorreu a primeira intervenção direta do Governo Federal no setor de energia elétrica do país, com a criação da Companhia hidroelétrica do São Francisco (Chesf). Em 1951 Vargas consistia criar uma empresa estatal, holding de empresas regionais, que seria responsável pela realização de estudos, projetos, construção e operação de usinas, linhas de transmissão e distribuição de eletricidade: a Eletrobrás (Centrais Elétricas do Brasil), incorporada a um Plano Nacional de Eletrificação (PNE), o PNE não foi aprovado e a Eletrobrás não foi criada.

As ações do governo voltadas à energia elétrica eram menos centralizadoras e intervencionistas. Foi proposto o Plano SALTE durante o governo Dutra, que visava o desenvolvimento de setores de saúde, alimentação, transporte e energia por todo o Brasil, aprovado em 1950 e abandonado em 1951 por não ter alcançados os objetivos pretendidos.

No campo econômico, para ajudar a desenvolver o sistema energético, surgiram financiamentos para setores concedidos pelo Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (Bird) e pelo Eximbank dos EUA, que dispunham de condições favoráveis em prazo, carência e taxas de juros. Criaram-se as empresas Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A. (Cemig) (DIAS LEITE, 2004).

No âmbito regulatório foi gerado o imposto único, fixado em termos monetários para carvão e petróleo, por meio da Lei nº 2.944/56 que institui o Fundo Federal de Eletrificação, regulamentado em 1956, do qual reservava-se 40% para União, 50% para os Estados e 10% para os municípios.

O setor energético no pós guerra se configura um período diferente na política econômica, o governo passa a favorecer as corporações multinacionais e facilidades são concedidas ao capital estrangeiro, isto demonstra como o setor energético nacional constituído por 60% de empresas públicas, 40% privadas (das quais 30% eram sob controle externo), havia uma indefinição na questão central do regime econômico das empresas de energia elétrica (mesmo com o Código das Águas e Constituição de 1946). Evidenciava-se escassez de energia, e necessidade de rápida expansão da capacidade produtiva além da dificuldade de assegurar financiamento em moeda nacional (THEIS, 1990).

Houve a Criação do Conselho Nacional de Economia (CNE) em 1952, que aprovou o documento “Organização dos serviços e diretrizes para o desenvolvimento de eletrificação no país”, mas a proposta da CNE falhou quanto ao imposto único

devido à inflação, e em 1950 vivenciou-se um período contraditório e construtivo do sistema elétrico (THEIS, 1990).

Afim de melhorar a legislação surgiu o Decreto Lei nº 8.031/45, que autorizou a organização da Companhia Hidroelétrica do São Francisco, a Lei nº 2.354/54 instituiu o Banco Nacional para Desenvolvimento Econômico (BNDE), e a Lei nº 1.310/51 que fundou o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq). Em 1953 foi instituída a Petrobrás, importante produtora de petróleo e grande distribuidora de derivados de petróleo.

A Petrobras foi pensada como uma sociedade de economia mista responsável pela exploração e produção de óleo cru, pela administração das refinarias do governo federal e da frota de navios petroleiros. E, para obter os cerca de 500 milhões de dólares necessários à sua realização, a Assessoria Econômica da Presidência da República (AEPR) desenhou uma fórmula bastante engenhosa que incluía as propriedades da União sobre o setor petrolífero (jazidas, refinarias, equipamentos, navios), a transferência de alíquotas tributárias e a criação de novos impostos, além da participação do investidor privado, mesmo, em alguns casos, de forma compulsória. Com essa fórmula, Vargas evitava o investimento direto do Estado no projeto tanto por verba orçamentária quanto por empréstimo e, com isso, não contrariava “a vigente política de estabilização do valor da moeda” (MARTINS, 2015, p. 412).

No próximo período (1956 – 1964) existem mudanças sucessivas no quadro político marcado pelo desenvolvimento e crise, a presidência de Juscelino Kubitschek (1956 – 1961) (Sebastião Paes e Almeida como ministro de Minas e Energia), e dos presidentes Jânio Quadros/ Ranieri Mazzilli/ João Goulart/ em 1960. Com a chegada de Juscelino a bandeira nacional passa a ser a industrialização a qualquer custo, busca no desenvolvimento econômico por meio do Programa de Metas⁸¹ intensa diferenciação industrialização em um prazo de tempo curto, articulado pelo Estado (SERRA, 1982), o qual visava, principalmente na infraestrutura, desenvolver o setor de energia elétrica, a fim de eliminar os pontos de estrangulamento da economia nacional, especialmente os da energia que visavam reformas de longo prazo (mínimo 10 anos) e projetos alternativos

⁸¹ Programa do governo que visava acelerar o crescimento da economia nacional, expandindo o setor industrial, melhorando a infraestrutura de transporte e telecomunicações, expandindo o alcance da eletrificação no Brasil e criando um mercado interno forte. Período denominado também de ciclos de crescimento industrial, inalgurando a fase expansiva do “milagre econômico”, até 1973, após a indústria entrou em um período de desaceleração (1973-1980), mesmo inferior a taxa de crescimento do pós guerra ainda razoavelmente elevada em confronto com outros países (SERRA, 1982).

a fim de contribuir para uma produção de energia de menor custo (DIAS LEITE, 2014).

O programa de Metas de Juscelino Kubitschek representou notável passo adiante, porque pela primeira vez, a Nação foi confrontada com um esboço de plano realmente nacional. O desejo nacional de programação, que estava latente, tornou-se explícito, consciente e este fato envolve um salto qualitativo, para usarmos a terminologia dialética. A conexão, que era apenas iminente, converte-se, no nível de consciência coletiva, em exigência lógica, em imperativo categórico (RANGEL, 1980, p. 13).

O desenvolvimentismo do Plano de Metas que começou em 1956 em prol da industrialização viveu o seu primeiro ciclo significativo de expansão industrial com a promessa de desenvolver o país “50 anos em 5”, cumpriu um papel fundamental na formulação de decisões políticas com ideias econômicas apoiada pelas forças sociais, encampada no âmbito do aparelho estatal e em diversas instâncias da sociedade, no âmbito da energia elétrica, equacionava-se carências notórias de uma industrialização desordenada com claros pontos de estrangulamento como os custos de produção e operação.

Mas é bom lembrar que a excepcionalidade do período não significa que estávamos trilhando o almejado caminho do desenvolvimento econômico, que nos pudesse levar, algum dia, a atingir o mesmo padrão de vida dos países desenvolvidos. Furtado já havia esclarecido esta questão desde 1974, em seu clássico *O mito do desenvolvimento*. Tentávamos desde os anos 1930, isto sim, alterar nosso padrão de crescimento via industrialização, como sabiamente teorizou a Cepal, ao final da década de 1940, e melhorar o nível de vida da nação (CANO, 2015, p. 445).

Apesar da cessação de investimentos em energia nos anos de 1955 - 1960 a capacidade instalada crescia 8,8% a cada ano e 8,3% entre 1960 e 1965 (DIAS LEITE, 2014). Um dos planos nacionais para energia foi a criação de taxas de eletrificação sob várias denominações, com objetivo de reforçar a capacidade financeira das empresas que até então permaneciam sem definição no que tange a questão tarifária, e o projeto de criação da Eletrobrás, que estava paralisado no Congresso desde 1954.

O período “desenvolvimentista”, voltado para a industrialização e urbanização do país, durou várias décadas. À medida que as metas dos sucessivos governos iam-se estabelecendo, em maior ou menor grau, a pressão sobre o sistema elétrico, então disperso, crescia. Porém, criavam-se as condições que levaram à organização institucional e centralização do planejamento do setor (MERCEDES, RICO, POZZO, 2015, p.18).

Inicia-se uma revisão e prorrogação no plano do carvão, a energia nuclear começa a se desenvolver no mercado com produção de minério de urânio no Brasil, e o petróleo ultrapassa o consumo de lenha no país. O cenário energético apresenta deficiência e racionamento em 1959 em Belo Horizonte nas áreas da Light, iniciava-se uma grave crise de suprimento de energia elétrica. A integração física dos sistemas elétricos nas regiões Norte e Centro Oeste era imaginável nesse período, já no Nordeste a integração estava definida, e se daria pela Chesf. No Sudoeste a integração pela Furnas (com disputa das empresas pela concessão de aproveitar os recursos hidroelétricos), no Sul não havia empresa sob controle da União.

Foram criadas as legislações, Decreto nº 41.019/57 que regulamenta os serviços de energia elétrica à Lei nº 4.156/62, que altera a legislação sobre o Fundo Federal de Eletrificação, em que o consumidor receberia obrigações da Eletrobrás (a partir de 1964), resgatáveis a cada 10 anos, vencendo juros de 12% ao ano sem correção monetária, já que a inflação era ignorada na legislação econômica e o Decreto nº 1.203/62 para criação da Comissão de Nacionalização das Empresas Concessionárias de Serviços Públicos (CONESP) (DIAS LEITE, 2014).

Surge a Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí (CIMPU) centrada no desenvolvimento de bacias hidrográficas, que adotou a concepção de desenvolvimento regional integral, baseado no planejamento de conjunto da Bacia Paraná-Uruguaí.

Sobre o comando de Goulart, a partir de 1962 a economia brasileira sofreu queda significativa, já que o período é de instabilidade política marcada pela ascensão do governo nacionalista reformista, que pode ser atribuída a fatores de ordem cíclica e desaceleração do crescimento (THEIS, 1990, p. 71).

Entre 1964 - 1985 temos o período da ditadura militar, oriunda do golpe de Estado de 1964⁸². Após o Golpe foram feitas reformas econômicas e se manteve o papel importante do Estado como planejador, sendo que Nessa fase cinco presidentes governaram o Brasil⁸³. Durante o período de Regime Militar a política econômica, no

⁸² A realização do Golpe Civil-Militar iniciou-se a partir da rebelião de um grupo das Forças Armadas em Juiz de Fora, em 31/03/64 e consolidou-se no dia 02/04, Auro Moura declarou vago o cargo de presidente no Brasil, dando fim à experiência democrática. A partir de 1979, o governo militar inicia o processo de retomada da democracia, com a Lei da Anistia.

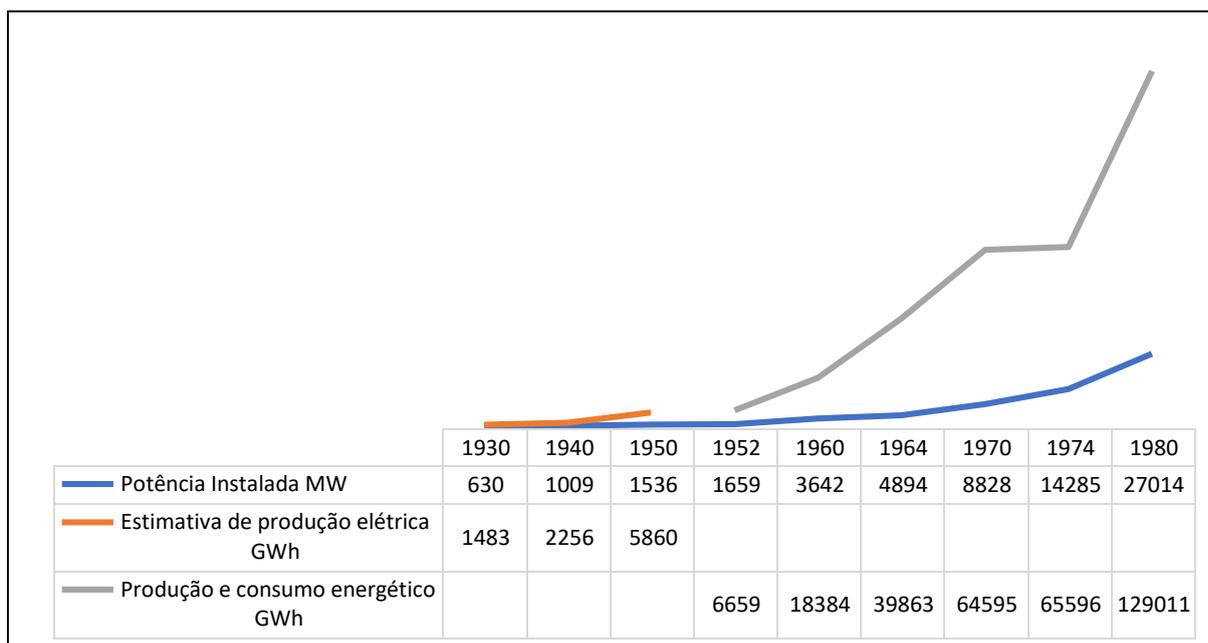
⁸³ Neste período governaram o Brasil: 1964 - 1967 presidente Castelo Branco e Mauro Thibau

que tange a questão energética, deixou o maior legado na infraestrutura nacional energética até o momento, com a construção de muitas usinas hidroelétricas⁸⁴, ressaltando que o maior número de barragens construídas até os dias atuais é durante o período de 1964 a 1989.

[...] o sucesso obtido pelo setor elétrico brasileiro até metade dos anos 70, quando houve grande ampliação da capacidade produtiva que possibilitou, além de sustentar acelerado processo de crescimento econômico, criar ampla capacitação nacional na área de engenharia de projetos, consultorias e construção de usinas hidrelétricas, que se revelou altamente competitiva ao conseguir contratos até no exterior (LORENZO, 2020, p.157).

O investimento estatal na construção de infraestruturas durante o Plano de Metas teve papel central na energia e transportes que representaram 73% dos investimentos planejados, entre os quais o setor elétrico sozinho representava quase 24% do Plano de Metas (LIMA, 1995, p.69).

Gráfico 12- Evolução do sistema elétrico brasileiro de hidroeletricidade 1930-1980



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do IBGE (1990).

representando Minas e Energia; 1967 - 1969 Costa e Silva com Antonio Dias Leite como MME; 1969 - 1973 Emílio Médice mantendo o mesmo MME; 1974 - 1979 Ernesto Geisel e MME por Shingeaki Ueki; e 1979 - 1985 João Figueiredo César com Cals O. Filho como MME.

⁸⁴ Os dados podem ser verificados no documento do IBGE (1990) intitulado Estatísticas históricas do Brasil: séries econômicas, demográficas e sociais de 1550 a 1988.

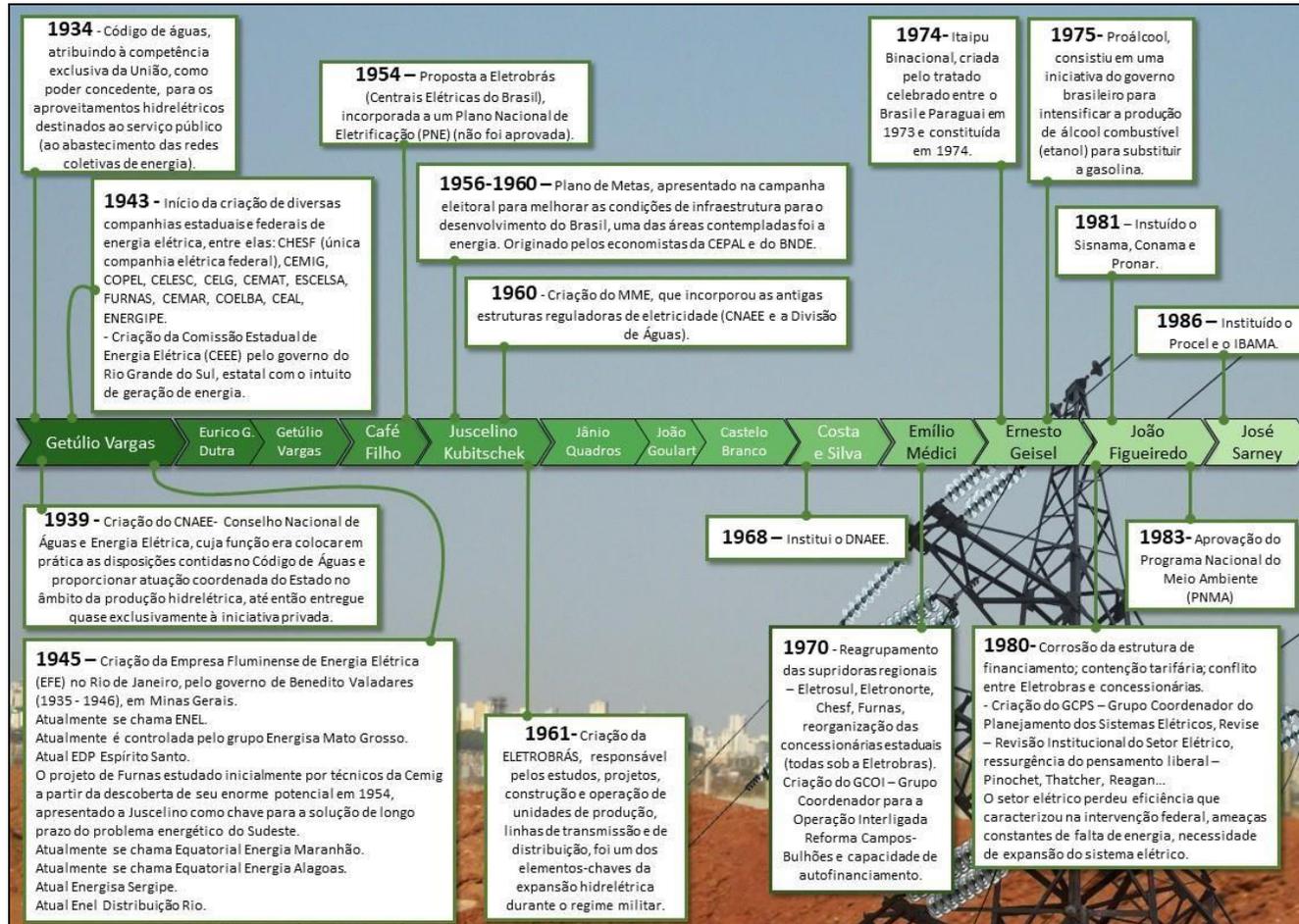
No período de grande aceleração, a produção de eletricidade de fonte hidráulica aumentou consideravelmente, passando de 3.642 MW de potência instalada em 1960 para 14.285 MW em 1974, e 27.014 MW em 1980 – quase que duplicando em uma década. O modelo estatal de geração se consolidou com reformas institucionais e da grande importância e autonomia dada à Eletrobrás nesse processo.

Segundo Oliveira (2018):

Assim, durante o início do regime militar, continuou, e mesmo se acentuou, a rápida expansão da geração de energia pela construção de hidrelétricas de grande porte, consideradas como essenciais ao projeto econômico do regime e sua conseqüente legitimação. Durante a ditadura, houve a construção de 61 grandes barragens hidrelétricas que aumentaram a capacidade instalada de 4.894 MW a 37.437 MW entre 1964 e 1985, e a eletrificação residencial, que chegou a 75% em 1985 contra somente 45% em 1970. Contrariamente aos períodos anteriores, quase todas essas construções foram realizadas sob a responsabilidade do Estado através da Eletrobrás ou das outras concessionárias estatais estaduais e a construção de barragens de grande porte se espalha pelo território nacional (OLIVEIRA, 2018, p.334).

A capacidade da potência instalada de geração de energia hidroelétrica teve seu auge quando o governo militar assume, após 1964, a parte preponderante do arcabouço legal e institucional que se consolidou e impulsionou a constituição do setor elétrico brasileiro, que é anterior a 1964 ou posterior a 1984, como apresentado na figura síntese 1:

Figura 6 - Aparato institucional histórico, impulsionar da energia elétrica nacional até 1980



Fonte: Elaboração própria com base em Dias Leite (2014), Mercedes (2012) e Sauer (2003)

É fato que o período militar foi essencial para o desenvolvimento da energia no Brasil, já que fica evidente a relação da expansão hidrelétrica com o projeto de desenvolvimento do país e o papel motor do Estado como agente, contudo não há base concreta para afirmar que a capacidade de geração atual do setor elétrico brasileiro tenha sido instalada essencialmente durante os governos militares pós-1964, já que no período pós-redemocratização foi criada a maior parte do sistema de produção de eletricidade, que atualmente atende a população brasileira e novas fontes energéticas foram inseridas.

A noção de que sistemas de governo autoritários são mais eficientes em termos de políticas públicas de infraestrutura do que governos democráticos é contrariada pelos fatos, no caso da constituição do imenso sistema e diversidade de fontes de energia nacional. Firma-se no setor energético em 1966 o processo entre Brasil e Paraguai do Rio Paraná e da início a Itaipú Binacional. Em 1970 a Amazônia e a Belém-Brasília passam a chamar atenção com descobertas minerais, havia esperança de achar petróleo, em 1973 reformulou-se o Código das águas, que regularizava a prática de ajuste sistemático da tarifa, entra em discussão a criação da 1ª usina nuclear iniciada em 1971 com término em 1985.

A Lei nº 5.655/71 dispõe sobre a remuneração legal do investimento das concessionários de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências, Castelo Branco prepara um novo Código Florestal mais compacto, mas rigoroso no uso das florestas (Lei nº 4.778/65).

Em 1972 a Petrobras, por meio da Braspetro⁸⁵, inicia a exploração e produção internacional de petróleo, associando-se a outras companhias petrolíferas para reforçar a disponibilidade interna de petróleo cru, já que o mercado interno apresentava altas taxas de crescimento econômico e a demanda por petróleo era crescente em 1970, a maior motivação para criação dessa subsidiária era buscar no exterior suprimento de petróleo para o Brasil em meio às crises econômicas mundiais (1973 e 1979) e do preço do petróleo.

Na 2ª fase dos governos militares de Geisel e Figueredo, Geisel anuncia abertura política em busca de democracia relativa, o governo assume diante da crise

⁸⁵ Criada para atuar exclusivamente no exterior, com atividades relacionadas aos vários segmentos da indústria do petróleo.

mundial em face a 1ª crise do petróleo, o Brasil tenta continuar em crescimento acelerado com ênfase na substituição das importações.

Desde 1964 foram visíveis as divergências entre correntes militares sobre a organização do tipo de regime. A sucessão presidencial provocava momentos de aguda tensão no meio militar, apesar do rodízio no poder ter sido adotado como procedimento do regime. [...] o desafio do governo Geisel não se resumiu em dismantelar e renovar a estrutura legal autoritária, ao mesmo tempo que manipulava o sistema eleitoral para impedir a oposição de conquistar o poder no âmbito das próprias regras do regime. [...] A proposta de liberalização acionou reações até porque significava a perspectiva de deslocamento de grupos encastelados no aparelho de Estado que, inevitavelmente, perderiam posições de poder conquistadas após a radicalização das ações repressivas empreendidas após 1968. [...] Embora fosse verdadeiro o empenho de Geisel e Figueiredo para controlar as ações dos órgãos de segurança do aparato repressivo, os presidentes não se comprometeram em desmontá-lo, mesmo recebendo das oposições demonstrações de apoio manifestadas nas condenações a qualquer ato de violência e, em particular, aos atos de terrorismo praticados pela linha dura (CARVALHO, 2005, p.119-131).

Nasce em 1975 – 1979 o II Plano Nacional de Desenvolvimento⁸⁶ (II PND) instituído durante o governo do general com a finalidade de estimular a produção de insumos básicos, bens de capital, alimentos e energia, este foi o mais relevante e conhecido plano, sendo uma resposta à crise econômica decorrente do primeiro choque do petróleo, no fim do chamado "milagre econômico brasileiro". Investimentos em pesquisas cresceram de 1973 e 1976 e estagnaram até o segundo choque do petróleo, com adição de novos recursos para pesquisa mineral em 1973, se tem ampliação das reservas de urânio e se consolida a tecnologia de exploração do xisto 1965 (DIAS LEITE, 2014).

Em 1979 o Brasil investe no Programa Nuclear Autônomo (PATN), independente do Programa Nuclear Brasileiro, mas vinculado ao Acordo Brasil - Alemanha, neste ano também introduziram mecanismos tarifários para incentivos no uso da eletricidade em substituição aos derivados do petróleo. A consolidação econômica no serviço de energia se deu no governo Médice com a regulamentação do imposto único, empréstimo compulsório e do Fundo Federal de Eletrificação. O governo promove o Plano de Integração Nacional (PIN) com a finalidade de promover

⁸⁶ O plano firmou-se politicamente graças ao capital financeiro nacional e às oligarquias tradicionais. Entretanto, o II PND não obteve o êxito que pretendia e a dívida externa do Brasil aumentou consideravelmente no período de vigência deste.

e financiar obras de infraestrutura na Região Norte do país visando integração à economia nacional e progressivo povoamento da área. Surge o Decreto Lei nº 44/66 que altera os limites do mar territorial do Brasil, estabelece uma zona contígua e dá outras providências, revogada atualmente para Lei nº 8.617/93 que dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileiros, assim a Petrobrás vai para plataforma continental.

Em 1972 surge o Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (Remac), um dos mais extensos trabalhos sobre geologia e geofísica que gerou uma série de mapas sobre o fundo marinho, onde foi possível coletar informações sobre as estruturas geológicas rasas e profundas, além da localização de áreas com potenciais para exploração petrolífera, coordenado pela Petrobrás, com a participação do Departamento Nacional da Produção Mineral, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, da Diretoria de Hidrografia e Navegação e do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq). O convênio contou com a participação de instituições estrangeiras dos EUA e França, ainda a participação de diferentes universidades brasileiras através do CNPq e do Programa de Geologia e Geofísica Marinha.

Inicia-se uma rediscussão sobre o petróleo, o preço deste importado pelo Brasil baixou durante de 1957 até 1970, quando começaram os primeiros indícios de aumento dos preços, com a reivindicação dos países exportadores de aumento dos royalties e participação. Em 1973 e em 1974 houve um salto de US\$ 3,66 o barril para US\$ 12,2 por barril, precisava agir no que tangia à; reduzir o impacto potencial sobre o volume de pagamento do petróleo; assegurar a lucratividade da Petrobrás; minimizar os investimentos iniciais no novo programa de petróleo no país; aumentar a segurança no suprimento nacional que era totalmente dependente de compra externa; e, por fim, ampliar o sucesso nas pesquisas de novas reservas (DIAS LEITE, 2014). Fase marcada por derivados de Petróleo, lenha e hidroeletricidade, na área rural grande parte do consumo se mantinha a lenha (DIAS LEITE, 2014).

Dos dois choques do petróleo e suas sequelas, o lado positivo é o início de uma política de substituição do petróleo e conservação da energia por meio do programa Proálcool, através do Decreto nº 76.593, que institui o Programa Nacional do Álcool e dá outras Providências. Conforme _____, “O mundo estava buscando alternativas diferentes após a crise do petróleo, e cada país partiu da iniciativa que mais lhe beneficiava, no Brasil o campo energético surgiu da área até então mais abundante e

de tecnologia que mais lhe convinha”, assim, o olhar para agricultura como modo de energia, começa a ser observado após a década de 70, quando o país se torna cada vez mais dependente do petróleo importado, devido às metas de um setor acelerado pela industrialização automobilística dos anos 50.

Quando o elevado preço do petróleo, combinado com o impacto na balança comercial brasileira, necessitou buscar alternativas energéticas para substituir os combustíveis derivados de petróleo, o Brasil buscou adotar um novo modelo socioeconômico independente, tendo como base a agricultura da cana de açúcar. Então, em 1974, o Governo Federal instituiu o programa denominado Proálcool, que visou estimular a produção do álcool anidro, como aditivo de 20% na gasolina, sem modificar as instalações físicas nos veículos e atender as necessidades do mercado interno e a política de combustíveis automotivos, sendo esse o primeiro grande programa nacional de eficiência energética (DIAS LEITE, 2014).

O álcool proveniente da cana de açúcar para combustível teve sua origem antes da Segunda Guerra Mundial, porém é compreendido em três ciclos distintos: o 1º ciclo se dá em 1934 até 1975 – álcool de motor anidro adicionado à gasolina; o 2º ciclo compreendendo 1972 até 1980 – primeira fase do Proálcool, álcool hidratado como substitutivo da gasolina; e o 3º de 1981 até 1986 – com a intensificação do Proálcool⁸⁷ (DIAS LEITE, 2014). No quadro 5 é possível identificar as ações governamentais que nortearam o desenvolvimento do programa, em suas três fases, o início, auge até o declínio do Proálcool.

⁸⁷ Decreto nº 83.700/1979, alterado para nº 76.593/1975, instituído o Programa Nacional do Álcool visando as necessidades do mercado interno, externo e da política de combustíveis automotivos, sendo incentivada pela expansão da oferta de matérias-primas, com ênfase no aumento da produção agrícola, da modernização e ampliação das destilarias existentes e da instalação de novas unidades produtoras, anexas à usinas ou autônomas, e de unidades armazenadoras. Os investimentos relacionados com o Programa serão financiados pelo sistema bancários em geral.

Quadro 5 - Fases e processos do Próalcool

Início:	4 de novembro de 1975. Programa Nacional do Alcool (PNA), pelo governo Ernesto Geisel.
Motivação:	Crise internacional do açúcar, liberação da cana para a produção de álcool, situação internacional do petróleo, dependência externa de energia e crise da economia açucareira.
Ações:	Adição de 22% de álcool à gasolina, incentivos governamentais.
Sistema de Crédito:	Prazo de amortização de 12 anos com 3 anos de carência, financiamentos para área industrial de 80% a 90% com juros de 15% ao ano, para produtores do Norte e Nordeste e 17% para produtores do Centro-Sul, 100% de investimento financiado no setor agrícola e 7% de juros anuais sem correção monetária. Compra garantida de álcool anidro produzido pela Petrobrás.
Produção:	Aceleração na produção de álcool hidratado em 1979, devido à segunda elevação dos preços do petróleo. Aumento do preço interno da gasolina. Álcool comparativamente 25% mais barato. Baixo custo de álcool da cana: aproveitamento da capacidade ociosa de destilarias (38%); ganho de produtividade agrícola. Crescimento da aérea destinada à cana de 32%.
Motivação	Novas decisões frente ao segundo choque do petróleo, quando os preços chegaram a US\$ 30/barril na primeira metade da década de 80.
Ações:	O governo e a Anfavea assinam um protocolo de comprometimento das montadoras em investir na tecnologia de desenvolvimento de carros movidos exclusivamente a álcool. Fixação do preço do álcool em 64,5% do preço da gasolina, redução do IPI para carros movidos a álcool. Estabelecimento de nova meta de produção: 10,7 bilhões de litros a partir da safra de 1985/1986. Em 1986, 567 destilarias somam uma capacidade produtiva em torno de 16 milhões de m ³ de álcool.
Conseqüências/Resultados	Desenvolvimento em regiões não tradicionais: Mato Grosso do Sul, Goiás, Paraná, Santa Catarina e região Norte. Incentivos à indústria automobilística, redução da Taxa Rodoviária Única, isenção de ICMS, acesso a toda tecnologia desenvolvida pelas estatais. Alianças com postos de gasolina, obrigatoriedade da venda de álcool. Controle de preços, manutenção de estoques estratégicos.
Problemas:	Problemas técnicos nos motores de explosão interna, distribuição e armazenamento de álcool, rapidamente contornado pelo Próalcool.
Produção:	Evolução da produção de veículos a álcool: 30% do total de automóveis em 1980-1981, 88% em 1983, 94,4% em 1984 e 96% em 1986. Propaganda governamental, “ <i>este pode usar que não vai faltar</i> ”. Expansão de destilarias autônomas, produção dissociada do açúcar dá sensação de maturidade ao álcool e prospecção de novos empresários para o ramo.
Continua na próxima página.	

Motivação	No final de 1983, a Comissão Nacional de Energia aprova uma nova meta, produção de 14,3 bilhões de litros. Dois anos depois, o governo comemora o bom resultado dos investimentos despendidos no Proálcool. Gerou mais de um milhão de empregos diretos e indiretos, atingiu-se a produção de onze bilhões de litros, benefícios ambientais decorrentes da menor poluição do álcool frente à gasolina.
Problemas:	Redução brusca dos recursos públicos investidos na expansão do programa. Recuperação dos preços internacionais do açúcar, queda dos preços do barril de petróleo chegando a US\$ 35,00 em 1980 para US\$15,00 em 1988 desmotivam a produção alcooleira.
Produção:	Em 1986, com uma produção em 12 bilhões de litros, não é possível suprir a demanda, mesmo depois de consumidos os estoques estratégicos que eram mantidos.
Declínio:	Inicia-se um processo de desconfiança por parte do consumidor que já começa a surtir efeitos na venda de carros a álcool. Em 1988, a participação caiu para 88,4%, em 1989 para 61% e em 1990, 19,9%. A imagem do setor foi ainda mais prejudicada quando houve a falta de álcool no final de 1989, principalmente devido à realocação das usinas para produção de açúcar.

Fonte: Adaptado pela autora de Garcia, Conejero e Neves (2007).

O Proálcool se fortaleceu devido aos seus sucessivos ganhos de produtividade e eficiência, a intensificação no processo de abertura da economia, desenvolvimento do agronegócio, e o êxito incentivou modelos para disseminação de novas formas e fontes de energia. Na época do lançamento do Proálcool existia um ceticismo em relação aos combustíveis alternativos e o consumidor temia pelo desabastecimento. No decorrer do programa, o álcool fica subsidiado a um regime de preços tabelado, a demanda de combustível passa a ser função direta da frota, a produtividade agrícola que era pequena passa a aumentar.

Embora houvessem questões ambientais presentes, estas não exerciam influência na comunidade internacional no período, o governo passou a ter uma atuação importante na garantia de abastecimento e no preço do etanol, havia o entrave na inexistência de mercado de exportação. Economicamente atraente e sustentável, o álcool passa a ser uma opção energética que reduz os gases do efeito estufa (GEE) e articula a base agrícola em seus diversos segmentos. Esse processo interfere na economia brasileira e em outros setores, como na produção de combustíveis, indústria metal mecânica, automobilística e indústria química (PAUL; FUCK; DALCIN, 2012).

Diante desse cenário, a discussão em torno do álcool combustível ganhou um significado que extrapola os limites da agroindústria e passou a sinalizar para a formação de uma nova matriz energética e, por conseguinte, um novo conjunto de possibilidades tecnológicas (PAUL; FUCK; DALCIN, 2012, p.7).

O Proálcool não criou um novo produto, mas um mercado com maiores possibilidades e melhores técnicas de produção. Motores foram adaptados ao novo combustível, usinas que só produziam açúcar se remodelaram para produção de álcool, e a agricultura foi contemplada com variadas culturas de cana de açúcar, mais oportunidades para o pequeno produtor e maior geração de empregos (VASCONCELLOS; VIDAL, 1998). Nessa perspectiva, as alternativas tecnológicas e o desenvolvimento geográfico estão no centro da análise para uma transformação do espaço identificando seus determinantes na transformação da agricultura e suas novas direções.

Esse ângulo da realidade representa com fidedignidade as transformações nas estruturas de mercado das cadeias de produção dos agronegócios, a nova face integrada do complexo produtivo da agricultura (GONÇALVES, 2005, p.7).

As evoluções tecnológicas conduziram a sociedade às transformações econômicas, definindo conceitos e abrangências na medida em que nações capitalistas líderes na industrialização implementam mudanças estruturais no complexo produtivo em seus diversos segmentos.

A base interdisciplinar da tecnologia, por seu intermédio, envolve um campo que controla total ou parcial uso das matérias-primas e outros fatores de produção, como a terra e o capital, distribuição e uso do trabalho nas unidades de produção, além de intervir como uma configuração política das sociedades (VIDAL, 1987).

No início da segunda fase do Proálcool ocorreu o segundo choque do petróleo, fazendo com que elevasse o preço em 126%. O aumento fez as autoridades brasileiras traçarem novos rumos para a política energética, o país enfrentou uma crise econômica no período 1981-1983, no entanto o desempenho do Proálcool na segunda fase demonstrou uma rápida aceleração na capacidade de produção (CALVALCANTE, 1992).

Com isto, a capacidade de produção, em milhões de litros/safra, aumentou de 7.738,6 para 13.594,4, entre 1980-85, respectivamente, com um incremento de 76%. A produção de álcool atingiu 11.772,9 milhões em 1985, contra 3.676,1 milhões de litros em 1980, variando em mais de 3 (três) vezes (CALVALCANTE, 1992, p.5).

Na terceira e última fase, a economia brasileira passou pela deterioração das condições econômicas e sociais, para tentar recuperar foram diversos planos de estabilização sem sucesso a fim de tentar reverter o quadro adverso de dificuldades da aceleração inflacionária na economia brasileira (CALVALCANTE, 1992).

As dificuldades atravessadas pela economia brasileira provocaram sérios reflexos no PROÁLCOOL. Os baixos preços do petróleo no mercado internacional e as modificações ocorridas nos principais instrumentos de política econômica em resposta à crescente deterioração das condições econômicas e sociais do país, afetam marcadamente a política energética. As pressões e contra pressões sobre as fontes alternativas de energia e o PROÁLCOOL, em particular, são crescentes a partir de 1986 e, correções do programa são exigidas pela nova conjuntura econômica (CALVALCANTE, 1992, p.6).

Após o término do Proálcool como programa de benefícios e incentivos fiscais do governo federal, permaneceram as normas estabelecidas à adição de álcool anidro à gasolina na proporção de 22%⁸⁸, todos os fabricantes de motores, veículos e fabricantes de combustíveis ficaram obrigados a tomar as providências necessárias para reduzir os níveis de emissão de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, fuligem, material particulado e outros compostos poluentes nos veículos comercializados no País.

Após mais de quarenta anos do Proálcool é possível perceber que existe uma grande receptividade a novos combustíveis, como os biocombustíveis⁸⁹, mais desenvolvimento em pesquisa e inovação tecnológica, bem como linhas de fomento específicas para aquisição de novas energias. Devido ao desenvolvimento do programa Proálcool os carros *flex-fuel* não temem mais o desabastecimento, são bem vistos e valorizados, a produtividade agrícola é mais desenvolvida, existem maiores variedades de cana-de-açúcar com maior resistência à pragas e doenças.

⁸⁸ Lei nº 8.723/1993 sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências.

⁸⁹ Derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia.

As questões ambientais exercem influência significativa na definição de políticas energéticas e comercialização do etanol por meio de contratos em bolsas de valores, esta commodity tem preço estabelecido em cada contrato no momento de sua negociação, no entanto o pagamento ocorre apenas na data de vencimento.

A biomassa é outro recurso disponível de uso rápido, fundamental na produção energética e com grande potencial de lucros. O controle de novas tecnologias de geração de energia por meio de biomassa e o controle das áreas onde podem ser geradas criam não apenas um interesse geoeconômico, mas também toda uma movimentação geopolítica de controle energético (PAUL; FUCK; DALCIN, 2012). O fortalecimento de um pensamento aliado à gestão, instituídos por políticas públicas, mostra-se como uma possível saída para a redução e mitigação da degradação ambiental.

Após a ditadura se inicia um novo momento e nele inicia a transição para a Nova República, que perdura até os dias atuais. A política e economia do país muda, bem como configura-se um novo e diferente quadro institucional da energia elétrica com a introdução de novas fontes alternativas, no período de 1985 até 2019.

O período que compreende 1985 a 1995⁹⁰ foi de transição do governo na busca para uma nova república a fim de redemocratizar o Brasil, e isso inclui o retorno das liberdades sociais (imprensa, manifestação política, expressões artísticas e culturais) eleições diretas para presidente da República a partir de 1990, promulgação de uma nova constituição em 1988, criação de programas sociais voltados para as populações carentes, aumento da influência do Brasil no cenário externo, entre outras ações.

O tumulto no novo governo civil deixou o setor de energia elétrica dramático, até que o MME, junto com a Secretaria de Planejamento e Assuntos Econômicos (Seplan) e Ministério da Fazenda, em 1985 aprovaram junto ao Banco Mundial um Plano de Recuperação Setorial (PRS)⁹¹ com investimentos para energia elétrica (DIAS LEITE, 2014). No mesmo ano José Sarney iniciava um modelo de redemocratização e transição entre o modelo intervencionista militar e o modelo liberal, e com a aprovação

⁹⁰ Governaram em 1985 - 1989 Tancredo Neves (morre antes da posse), 1985 - 1990 José Sarney com MME Aureliano Chaves (1985-1988) e Vicente Cavalcante Filho (1989-1990), 1990 - 1992 Fernando Collor de Mello com MME Pratini de Moraes e 1992 - 1995 Itamar Franco e MME Pratini de Moraes (1992), Paulino Cícero de Vasconcelos (1992 - 1993) e Alexis Stepanenko (1995).

⁹¹ Após aprovado submetido ao Banco Mundial o qual apoiou a implantação desde que o Brasil se submetesse há algumas regras por ele imposta. Sob a supervisão da Eletrobras e a participação das empresas concessionárias e o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE).

do PRS os projetos e obras deveriam ser executados até 1989. Contudo, os processos de negociação, dívida externa e brigas entre as concessionárias pelos recursos disponíveis, aliados às reformas promovidas nos setores de infraestrutura de caráter estratégico e rentabilidade assegurada travaram o andamento (MERCEDES, 2012).

Fatos históricos que marcaram essa década política foram as eleições indiretas⁹² em 1985, terminando a ditadura militar com mudanças políticas e econômicas, a criação da Constituição Federal de 1988, destinada a assegurar o exercício dos direitos sociais e individuais, liberdade, segurança, bem-estar, igualdade e justiça, e o Plano Cruzado⁹³ em 1986. Com o Plano Cruzado e congelamento das tarifas, o setor elétrico foi incapaz de assegurar a remuneração estabelecida pelas concessionárias, limitando a capacidade de gerar recursos para investir.

O setor da energia elétrica foi, assim, uma das maiores vítimas do erro fundamental cometido pelos autores do Plano Cruzado, pois não entenderam que seria necessária, antes ou pouco depois do choque, uma operação de reequilíbrio de preços relativos, em particular daqueles controlados ou administrados primeiro pelo governo (DIAS LEITE, 2014 p. 250).

Sendo o setor de energia maior vítima do Plano Cruzado, a recuperação econômica do sistema se deu em 1978 - 1986 com o economista e ministro Bresser Pereira, pela avaliação do dano causado. A redefinição de um Estado em crise engloba um processo de reforma que tem envolvido quatro aspectos: a delimitação do tamanho do Estado; o papel regulador do Estado; a recuperação da governança e o aumento da governabilidade (BRESSER PEREIRA, 1997).

No ano de 1992 ocorre o processo de impeachment de Fernando Collor de Mello⁹⁴, assumindo a presidência seu vice Itamar Franco, em um momento crítico de hiperinflação, este, convoca Fernando Henrique Cardoso (FHC) para o Ministério da Fazenda, a fim de traçar um novo plano para o Brasil, e com ele uma nova moeda

⁹² Foi última ocorrida de forma indireta, por meio de um colégio eleitoral, sob a égide da Constituição de 1967.

⁹³ Criado o plano de estabilização econômica em fevereiro de 1986, no governo do presidente José Sarney, inicialmente bem-sucedido, pois os índices inflacionários caíram consideravelmente, o retorno da inflação levou o plano ao fracasso no final de 1986.

⁹⁴ Primeiro impeachment do Brasil e da América Latina, foi acusado de crime de responsabilidade, é condenado à perda do mandato e à inelegibilidade por oito anos.

entrou em circulação, o Cruzeiro Real⁹⁵. Não sendo eficiente para conter a inflação em 1994 tem-se a criação do Plano Real⁹⁶ e também a Crise do México⁹⁷ que desencadeia uma fase de instabilidade econômica junto aos mercados emergentes, em que Brasil e Argentina são especialmente atingidos. A inflação medida pela Fundação Getúlio Vargas no ano de 1993 registra recorde histórico 2.567,46% o PIB tem crescimento de 4,96% em relação a 1992 (DHNET, 2020).

Toma força o discurso sobre a questão ambiental e por isso em 1985 foi instituído o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)⁹⁸ e, posteriormente, instaurada a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)⁹⁹, o Sistema Nacional do meio Ambiente (Sisnama)¹⁰⁰, criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama)¹⁰¹ e o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR), com este a adição de 22% de aditivo de álcool etílico anidro combustível à toda gasolina do território nacional, além de fundado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)¹⁰².

No ano de 1986 - 1987 suspende-se o incentivo ao reflorestamento e cria-se o Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal (IBDF)¹⁰³, incorporando seus

⁹⁵ Padrão monetário no Brasil no período entre 1 de agosto de 1993 a 30 de junho de 1994.

⁹⁶ Programa brasileiro com o objetivo de estabilização e reformas econômicas, implantado no governo de Itamar Franco.

⁹⁷ Conhecida como Efeito Tequila, foi repercutida mundialmente, provocada pela falta de reservas internacionais, causando desvalorização do peso, durante os primeiros dias da presidência de Ernesto Zedillo.

⁹⁸ Visa ao uso racional de energia elétrica pelo MME e da Indústria e Comércio do Brasil, por meio da portaria nº 1.877 e é gerido por uma secretaria executiva ligada à Eletrobrás, em 1991 foi transformado em Programa de Governo, em decreto presidencial, tendo assim sua abrangência e responsabilidade ampliadas.

⁹⁹ Lei nº 6.938/81- Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

¹⁰⁰ Criado pela Lei 6.938/1981, regulamentada pelo Decreto 9.9274/1990, o Sisnama é a estrutura adotada para a gestão ambiental no Brasil, é formado pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios responsáveis pela proteção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no Brasil.

¹⁰¹ Criado pela Lei Federal nº 6.938/81, é o órgão colegiado brasileiro responsável pela adoção de medidas de natureza consultiva e deliberativa acerca do Sistema Nacional do Meio Ambiente.

¹⁰² Lei nº 7.735/1989, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA). É o órgão executivo responsável pela execução da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), desenvolve atividades para a preservação e conservação do patrimônio natural, o controle e a fiscalização sobre o uso dos recursos naturais (água, flora, fauna, solo, etc), concede licenças ambientais para empreendimentos de sua competência.

¹⁰³ Lei nº 289/67 destina-se a formular a política florestal bem como a orientar, coordenar e executar ou fazer executar as medidas necessárias à utilização racional, à proteção e à conservação dos recursos naturais renováveis e ao desenvolvimento florestal do País, de conformidade com a legislação

serviços do recém criado IBAMA.

O ano de 1992 foi importante para a energia renovável no país, pois foi instalada a primeira turbina de energia eólica do Brasil, situada em Fernando de Noronha (CEMIG, 2020), ainda ficou marcado pela Eco 92¹⁰⁴. Após dois anos entrou em operação a primeira usina eólica conectada ao sistema elétrico integrado na cidade de Gouveia - MG, no Vale do Jequitinhonha, instalada pela Cemig¹⁰⁵ a usina possui quatro geradores eólicos com 250 KW de potência em cada gerador, totalizando 10 MW (CEMIG, 2020).

Turbinas Eólicas do Arquipélago de Fernando de Noronha-PE: a primeira turbina foi instalada em junho de 1992, cujo projeto foi realizado pelo Grupo de Energia Eólica da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, com financiamento do Folkecenter (um instituto de pesquisas dinamarquês), em parceria com a Companhia Energética de Pernambuco - CELPE. A turbina possui um gerador assíncrono de 75 kW, rotor de 17 m de diâmetro e torre de 23 m de altura. Na época em que foi instalada, a geração de eletricidade dessa turbina correspondia a cerca de 10% da energia gerada na Ilha, proporcionando uma economia de aproximadamente 70.000 litros de óleo diesel por ano. A segunda turbina foi instalada em maio de 2000 e entrou em operação em 2001. O projeto foi realizado pelo CBEE, com a colaboração do RISØ National Laboratory da Dinamarca, e financiado pela ANEEL. Juntas, as duas turbinas geram até 25% da eletricidade consumida na ilha. Esses projetos tornaram Fernando de Noronha o maior sistema híbrido eólico-diesel do Brasil (ANEEL, 2020a p.105).

Com a instalação das turbinas eólicas, iniciava-se no Brasil, mesmo que de forma tímida o primeiro passo para as energias alternativas, o balanço energético do período compreendido entre 1985 a 1995 foi bem irregular, sendo as fontes de energias primárias variáveis oriundas de petróleo, hidráulica, lenha, bagaço de álcool, carvão e gás natural em menor escala.

A partir de 1995 a situação econômica que já não era boa ficou pior, o setor energético ficou marcado pela Greve Nacional dos Petroleiros¹⁰⁶ a qual foi violentamente reprimida e não apresentou ganhos econômicos, mas políticos e

em vigor.

¹⁰⁴ Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Também conhecida como Cúpula da Terra, reuniu mais de 100 chefes de Estado para debater formas de desenvolvimento sustentável, um conceito relativamente novo à época.

¹⁰⁵ Primeira concessionária brasileira a instalar uma usina eólica conectada ao sistema elétrico integrado, a Usina Eólio-Elétrica Experimental Morro do Camelinho, em 1994.

¹⁰⁶ Maior greve da categoria (com duração de 32 dias) e que impediu a privatização da Petrobrás naquele momento.

sociais, em um momento marcado pelo projeto neoliberal e seu objetivo de desconstruir as organizações das classes trabalhadoras. No mesmo ano o Senado aprova fim do monopólio estatal do petróleo, sancionado pelo presidente Fernando Henrique Cardoso (DHNET, 2020).

A partir dos anos 90 começam as privatizações do setor energético brasileiro, o governo de Fernando Collor deu início a abertura econômica, mas o responsável pelas reformas liberais foi o governo de Fernando Henrique Cardoso, que acelerou o Programa Nacional de Desestatização, adotou regime de âncora cambial, endureceu a política de ajustes fiscais e estabilidade monetária (MERCEDES, 2012).

A privatização de serviços públicos, juntamente com a “publicização” e a terceirização são fenômenos que, dentro do processo de reforma, estão diretamente relacionados com a questão da delimitação do tamanho Estado. A privatização tem sido ainda utilizada pelo governo nessa perspectiva de reforma do Estado, como instrumento de superação da crise fiscal. Percebe-se, desse modo, que a privatização é encarada como uma etapa necessária à reforma do Estado que vem se processando não só no Brasil mais em muitas outras nações (KAWABE, FADUL, 1998, p. 2).

Nesse cenário o governo mantinha uma postura bem específica e objetivos bem estabelecidos no setor energético, entre as diretrizes estabelecidas incluíam:

- Mercantilizar o serviço público de fornecimento de energia.
- Remover os entraves à “globalização” da indústria energética, permitindo o livre trânsito dos capitais internacionais, segundo seus interesses.
- Promover a ideologia da eficiência econômica: o setor privado é mais eficiente em promover alocação de recursos do que o setor público; o incremento de competição e a desregulamentação levam à eficiência econômica; políticas orientadas pelo mercado criam verdadeiras pressões democráticas sobre a gestão do sistema, pois a escolha econômica individual é a única autêntica expressão da liberdade na sociedade; somente a liberalização levaria à eficiência ambiental, por levar à abolição de tecnologias obsoletas (MERCEDES, 2012, p. 24).

A falta de investimento no setor e a hidrologia desfavorável (até 1996) fez o presidente Fernando Henrique Cardoso propor políticas e ações como forma de reestruturar o setor elétrico com base em licitações, competição de geração, livre acesso à rede de transmissão, escolha livre no suprimento de energia (MERCEDES, RICO & POZZO, 2015 p. 25). Contudo o entrave em promover uma reforma energética duradoura consistiu em duplo desafio, já que ao mesmo tempo era necessário expandir o mercado para promover esse processo. O Comitê Coordenador do

Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE) foi responsável por esse processo de restauração (MERCEDDES, RICO & POZZO, 2015 p. 25).

O ano de 1995 foi uma fase de deterioração e recuperação do Estado, já que o final do século 20 ficou marcado pela falência da União Federal e dos Estados, registra-se na época o início das reformas de Estado e da economia, que se deu no Governo Fernando Collor, cuja consequência foi o desmonte da estrutura federativa e deterioração generalizadas dos serviços públicos (DIAS LEITE, 2014).

Nos anos subsequentes a inflação foi contida, atingido um mínimo de 3,8%, em 1998. A mediana do período 1995-1998 situou-se no patamar de 8% e o crescimento médio manteve-se no modesto nível de 2,3% ao ano. A estratégia adotada teve como princípios a abertura comercial e uma taxa de câmbio administrada e supervalorizada, que propiciavam a importação de bens de consumo e bens duráveis, com o objetivo de instensificar a concorrência no mercado interno e, por essa via, conter a elevação de preços. Produziu resultados compensadores. A importação de bens de capital a preços módicos contribuiu para a modernização da indústria (DIAS LEITE, 2014, p. 286).

Durante a transição do setor energético os problemas de planejamento vinham acompanhados dos custos marginais de expansão da geração, transmissão e operação, que balizavam tanto a tarifação, quanto o despacho otimizado. Na transferência de controle da energia surgiu a necessidade de órgãos reguladores e de responsabilidade para o suprimento de energia a longo prazo, então criou-se a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vinculada ao MME, pela Lei nº 9.472/96 que dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8 de 1995. Com as privatizações surgem os processos de licitações de aproveitamentos hidroelétricos e de linhas de transmissão, nos quais a ANEEL promoveu ações por meio do Mercado Atacadista de Energia (MAE)¹⁰⁷.

A legislação para o setor energético aprova a Lei nº 8.987/95 sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 9.427/96 que por finalidade visa regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, de acordo as políticas e diretrizes do governo federal, a Lei nº 9.648/98 institui normas

¹⁰⁷ Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, que atua sob autorização, regulação e fiscalização da ANEEL, criado na forma da Lei nº 10.433/2002, sucedido pela CCEE.

para licitações e contratos da Administração Pública e, por fim, a Lei nº 9.478/97 que cria o Conselho da Política Energética Nacional (CNPE) para o aproveitamento racional das fontes de energia.

Como diretrizes gerais iniciava-se no setor energético as privatizações, sem extinção da origem do capital e sem a maior atenção à existência de monopólios naturais. No ano de 1996 a privatização avança à empresa de distribuição de energia elétrica do Rio de Janeiro (Light), com amplos protestos.

Apesar do interesse do Estado em passar o controle à iniciativa privada, esta não foi uma tarefa das mais fáceis. A empresa tinha um enorme passivo trabalhista, sérios problemas de operação e existem estudos estimando a necessidade de investimentos adicionais da ordem de um bilhão de dólares. Estes investimentos, evidentemente, tornavam a empresa pouco atraente ao capital privado e, principalmente estrangeiro, que era o maior alvo do governo. Com isso, “o leilão foi adiado várias vezes por desistência de concorrentes e só ocorreu depois de o governo oferecer condições excepcionalmente favoráveis”¹⁶. Afinal a empresa foi leiloada na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro, em 21 de maio de 1996 e, em 4 de julho do mesmo ano, os novos controladores (AES CORAL REEF INC., EDF INTERNATIONAL S.A., HOUSTON INDUSTRIES ENERGY INC., BNDES PARTICIPAÇÕES e COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL - CSN) assinaram contrato de concessão por 30 anos (KAWABE, FADUL, 1998, p. 10-11).

De acordo com a Kawabe, Fadul (1998) a Light enfrentou dificuldades junto a opinião pública, devido às quedas de fornecimento e a divulgação de expressivos lucros, a Light foi campeã do setor elétrico na distribuição de dividendos em 1996 com 114% sobre o lucro. A empresa atribuiu os problemas de apagões à questão do aquecimento ambiental do El Niño¹⁰⁸, que teria gerado sobrecarga anormal do sistema.

No entanto, na análise de resultados de indicadores de gestão e de regulação após a privatização da Light, constatou-se que não foram encontradas evidências de que a privatização implicou melhoria nos indicadores técnicos da Light¹⁰⁹ e, em 1999, ocorre um super apagão, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País, apesar da privatização da Light.

¹⁰⁸ Fenômeno climático caracterizado por aquecimento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico Tropical, altera o clima global, mudando os padrões de vento a nível mundial, afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias.

¹⁰⁹ Para saber mais sobre o desempenho técnico da Light após documentação, verificar FILARDI; LEITE; TORRES (2014).

No caso da Light, o contrato previu – isto mesmo, previu – e autorizou a piora dos serviços, pois permitiu um número maior de blecautes ou “apagões”, e também de interrupções mais prolongadas no fornecimento de energia. Incrível? Pois essa “piora autorizada” foi denunciada antes mesmo da assinatura do contrato com a Light, por uma organização não-governamental do Rio, o Grupo de Acompanhamento Institucional do Sistema de Energia, do qual o físico Luís Pinguelli Rosa é um dos integrantes. Como se não bastasse, a multa fixada para as empresas de energia que desrespeitarem até os limites “simpáticos” combinados com o governo é absolutamente ridícula. Quanto? Apenas 0,1% do faturamento anual. Ou seja, se a Light ou a Eletropaulo ou a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) faturarem 1,2 bilhão de reais em um ano, a multa será de apenas 1,2 milhão de reais (BIONDI, 2003, p. 14).

A privatização da indústria de energia elétrica no Brasil se deu por motivos ao mesmo tempo ideológicos e pragmáticos, com base que o Estado deve se concentrar nas funções que lhe são inerentes e afastar-se das atividades empresariais (FILARDI; LEITE, TORRES, 2004).

Quadro 6 - Principais estatais energéticas privatizadas entre 1995 - 2016

Escelsa (Energia do Espírito Santo) 1968	Federal	1995	EDP Espírito Santo	Sob o controle da ELETROBRÁS, foi a primeira empresa de energia elétrica a ser privatizada, dentro do PND ¹¹⁰ .
Copel (Companhia Paranaense de Energia) 1954	Estatal	1994	Copel	Abriu seu capital ao mercado de ações em 1994 (BM&FBovespa) e em 1997 a primeira do setor elétrico brasileiro listada na Bolsa de Valores de Nova Iorque. Atual sociedade de economia mista.
Light 1899 (capital externo privada) Estatizada em 1970	Federal	1996	Enel Distribuição São Paulo	A Light foi privatizada pelo programa federal de desestatização através de leilão na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro. Em 1979, o governo brasileiro, por meio da Eletrobrás, comprou da Brascan o controle acionário da Light. Em 1981, o controle passa para o Governo de São Paulo e cria sua empresa de energia, a Eletropaulo - Eletricidade de São Paulo SA. Em 1995 esta foi dividida em 4 empresas menores. Em 2001, a venda das ações e passa a se chamar AES Eletropaulo. Em 2018 a compra pela Enel Distribuição São Paulo.
Continua na próxima página				

¹¹⁰ Programa Nacional de Desestatização, em leilão de privatização.

CEEE (Comissão Estadual de Energia Elétrica) 1943	Estatual a partir de 1947	1997	Grupo CEEE	Em 1997, por leilão público, foi vendida à AES Guaíba Empreendimentos e a Norte-Nordeste foi adquirida pelo consórcio formado pela VBC (Votorantim, Bradesco e Camargo Correa), Previ (fundo de pensão dos funcionários do Banco do Brasil) e Community Energy Alternatives. A CEEE Par foi criada pelo Estado do Rio Grande do Sul em 2006, passando a ser a nova acionista controladora da CEEE.
CEMAT (Centrais Elétricas Matogrossenses)	Estatual	1997	Energisa	Em 1994, o Governo do Estado de Mato Grosso e a Eletrobrás passaram a administrar a boa parte do capital aberto da empresa, que em 1997, leiloadada e adquirida pelo Grupo Rede. Em 2014, a ANEEL aprovou a transferência da gestão da Rede Cemat para o Grupo Energisa.
Gerasul (Centrais Elétricas Geradoras do Sul S/A_ que passou a ser Tractebel	Federal	1998	ENGIE	O Grupo em 2018 adquiriu duas empresas de serviços: a GV Energy e a ACS. A aquisição da GV Energy, maior consultoria especializada na área de gestão de energia do Brasil.
Elektro (Eletricidade e Serviços S.A) 1998	Estadual	1999 2004 Elektro para a Prisma Energy 2006 Ashmore Energy International. 2011 Iberdrola ¹¹¹ 2017, Elektro Holding S.A	Iberdrola	Em 1999, por meio de leilões, a Enron passou a deter indiretamente, por suas holdings brasileiras, 99,62% do capital social total da Elektro. Em 2004, a falência ¹¹² da Enron, transferiu sua participação acionária. Em 2006, a fusão da Prisma Energy e Ashmore Energy International Limited, surgindo a Ashmore Energy International. Em 2017 a Elektro Holding S.A. foi incorporada pela Neoenergia S.A., esta passa a ser acionista da Elektro Redes, na qualidade de sucessora universal da Elektro Holding, que é extinta, a Iberdrola Energia controladora a Elektro Redes.
Continua na próxima página				

¹¹¹ Maior grupo de energia elétrica da Espanha, maior produtor de energias renováveis da Europa e dos EUA, uma das cinco maiores companhias elétricas do mundo e líder mundial em energia eólica.

¹¹² Enron e algumas de suas afiliadas iniciaram um processo de proteção falimentar com base no Capítulo 11 da Lei de Falências dos Estados Unidos. Concretizando uma das etapas do Plano de Reorganização da Enron, aprovado na Corte de Falências de Nova Iorque (Enron sai da falência), a Prisma Energy passou a ser 100% controlada diretamente e indiretamente pela Enron.

Duke Energy (Geração Paranapanema) no Brasil criada em 1973	Estadual	1999 Duke Energy 2016 CTG	CTG (China Three Gorges Corporation)	Realizado na BOVESPA Leilão da Cia. de Geração de Energia Elétrica Paranapanema.
CESP (Companhia Energética de São Paulo) 1966	Estadual	1996 CPFL 1998 Elektro, subsidiária da CESP	CESP CPFL Paulista CPFL Piratininga CPFL Santa Cruz	Em 1997 foram vendidas 60,7% das ações ordinárias da CPFL, controlada pela CESP desde 1975. Em 2018, após quatro tentativas frustradas de privatização, o consórcio São Paulo Energia, formado pela Votorantim Energia e o Canada Pension Plan Investment Board (CPPIB), arrematou o controle acionário do governo paulista na CESP.
CELPE (Companhia Energética de Pernambuco)	Estadual	2000	CELPE	Arrematada ADL Energy (Iberdrola), pela PREVI ¹¹³ e BBI ¹¹⁴
CEMAR (Cia Energética do Maranhão)	Estadual	2000	Equatorial Energia Maranhão	Em 2000 foi comprada pela PP&L. Em 2002, o grupo americano desistiu e o governo federal, por meio da ANEEL, promoveu uma intervenção na empresa. Em 2004, o controle acionário da CEMAR foi transferido à SVM Participações e Empreendimentos Ltda ¹¹⁵ . Em 2006 o processo de reestruturação financeira da CEMAR, o controle acionário passou para a Equatorial Energia.
SAELPA (Sociedade Anônima de Eletrificação do Paraíba)	Estadual ¹¹⁶	2000	Energisa Paraíba	Em 2000 foi comprada pela Companhia Força e Luz Cataguazes Leopoldina (Energisa).
Em 2003 a ANEEL deu continuidade à outorga de concessões para exploração de empreendimentos de transmissão incluídos no PND. Foram leiloadas pela Bovespa, concessões para sete lotes com 11 linhas de transmissão em oito estados, também no mesmo ano foram alienadas participações minoritárias que são titulares de entidades controladas pela União, incluídas no PND pelo Decreto 1.068/94 ¹¹⁷ . Em 2006, 2007, 2008, foram incluídas instalações de transmissão de energia elétrica no PND, integrantes da SIN, dando continuidade à outorga de concessões para exploração de empreendimentos de transmissão. Foram alienadas participações minoritárias incluídas pelo Decreto 1.068/94.				
Continua na próxima página				

¹¹³ Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil.

¹¹⁴ Banco do Brasil de Investimento.

¹¹⁵ Controlada por fundos de private equity da GP Investimentos.

¹¹⁶ Era uma sociedade de economia mista estadual, sob forma de sociedade anônima de capital fechado.

¹¹⁷ Dispõe sobre a inclusão no Programa Nacional de Desestatização (PND) das participações societárias minoritárias, detidas pelas entidades da Administração Federal que menciona e dá outras providências.

Usina Hidrelétrica de Santo Antônio	Federal	2007	Hidrelétrica de Santo Antônio	O Consórcio Madeira Energia venceu o leilão da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio.
Usina Hidrelétrica Jirau	Federal	2008	ESBR (Energia Sustentável do Brasil S.A.)	Leilão arrematado pelo Consórcio Energia Sustentável do Brasil (CESB).
Em 2010 a ANEEL realizou os leilões para a proveitamento hidrelétrico de várias usinas.				
Celg Distribuição S.A. 1956	Sociedade de economia mista	2016	Enel Distribuição Goiás	Até 2014, a CELG D era uma subsidiária integral da CELGPAR ¹¹⁸ , sociedade mista controlada pelo Estado de Goiás, com 99,7% do capital social da CELGPAR. Em 2015, a Eletrobras adquiriu 50,93% das ações da CELG D, passando a ter o controle acionário da empresa. A CELGPAR permaneceu com 49% de ações da CELG D. Para viabilizar o processo, a dívida de um empréstimo da empresa Celgpar foi assumida pelo governo do estado de Goiás e 10% das ações oferecidas a funcionários e ex-funcionários aposentados.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de BNDES (2020, 2020a, 2020b) e Biondi (2003).

De acordo com BNDES (2020b), estão em andamento para o processo de privatização as empresas de energia: distribuidoras da Eletrobras, CEPISA, CEAL, ELETROACRE, CERON, BOA VISTA e AMAZONAS ENERGIA; e Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras), Companhia de eletricidade do Amapá (CEA)¹¹⁹, Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D)¹²⁰, Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE-GT)¹²¹, e também a CEB¹²² Distribuição S.A.

A Eletrobras como agência planejadora e financiadora, além de holding de outras empresas federais, se estabeleceu mais fortemente no período do regime militar devido a este ser centralizador, durante o PND passou por mudanças institucionais, com perda de algumas de suas funções de estatal e mudança no perfil, atuando na distribuição de energia elétrica, por meio de empresas nos estados de Alagoas, Piauí, Rondônia, Acre, Roraima e Amazonas. Encerrou suas atividades no setor de distribuição em 2018 (ELETROBRAS, 2020).

¹¹⁸ Companhia CELG Participações S.A.

¹¹⁹ Pregão Eletrônico 43/2018.

¹²⁰ Pregão eletrônico 40/2019.

¹²¹ Pregão eletrônico 40/2019.

¹²² Pregão eletrônico 42/2019.

Devido ao mau desempenho macroeconômico na década de 1980, o setor público enfrentou grave dificuldade financeira na década de 90, desta maneira a combinação entre crise fiscal do Estado, demanda crescente e redução dos investimentos, levou à escolha pelo processo de privatização dos ativos públicos no setor elétrico (FILARDI; LEITE; TORRES, 2014).

De acordo com Biondi (2003), as privatizações não foram suficientes para suprir o “rombo” e as dívidas do Tesouro Nacional, tampouco foram eficientes para criar novos motores na economia, mas adverso, com a conivência e até incentivos do governo, setores como energia, telecomunicações, entre outros, realizaram importações explosivas, gastando dólares e aumentando a dívida da balança comercial (exportações menos importações).

Além disso, os “donos” multinacionais das empresas privatizadas passaram a realizar remessas maciças para o exterior, para seus países, seja como lucros, dividendos, juros ou até como pagamento de “assistência técnica” ou “compra de tecnologia” de suas matrizes. Em lugar de ajudar a tapar o “rombo” externo, a privatização o agravou, e de forma permanente. Como? Decisões do governo que dessem preferência ao produtor local poderiam corrigir distorções e levar à redução nas importações. Mas as remessas às matrizes permanecerão. Para sempre (BIONDI, 2003 p. 14).

No ano de 1996 os dados do Relatório sobre Desenvolvimento Mundial (Banco Mundial, 1996) revelaram que, no período 1983-1994, o Brasil encabeçou a lista de maior concentração de renda, os 10% mais ricos se apropriavam de 51 % da renda nacional IDH (2020), esta desigualdade acarreta em um sério problema econômico e levou a realização de manifestações de rua no Rio de Janeiro.

A crise econômica e a crise política levaram a expansão de saques nos mercados de alimentos no Nordeste, por trabalhadores rurais desesperados com a seca (IDH, 2020). Ainda em 1997 houve uma ampla crítica da oposição e dos antigos nacionalistas contra a política de privatizações do governo Fernando Henrique Cardoso, no ano seguinte acontece o Leilão de privatização da Telebrás e muitos protestos no Rio de Janeiro.

O processo de desestatização das telecomunicações iniciou-se em 1995, com a aprovação da Emenda Constitucional nº 8, que rompeu o monopólio estatal das telecomunicações. Posteriormente, em 1997, foi aprovada a Lei Geral de Telecomunicações (Lei nº 9.472/97), que formulou as diretrizes para o processo de privatização. A lei, entre outros aspectos, autorizou a cisão do capital da Telebrás e a privatização do sistema. Também determinou a criação de um órgão regulador, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), estabelecendo a sua organização e os princípios e diretrizes da ação regulatória para o setor. A preparação do processo de privatização, além da criação de um marco regulatório, demandou de imediato um realinhamento das tarifas do setor, uma vez que o sistema Telebrás utilizava-se de forte esquema de subsídios cruzados. Além disso, as tarifas vinham sendo deprimidas em face da inflação, inviabilizando a remuneração adequada dos serviços prestados. O procedimento de ajuste foi conduzido a partir de 1996, de forma que o subsídio cruzado estivesse eliminado até a privatização (LINS, 2000).

Com o modelo de leilão para privatização, o Estado estava na modalidade vigente compatível com a legislação, além de ser adequado ao objetivo de maximização dos preços de venda das empresas, perseguido pelo governo federal (LINS, 2000). Para a nova política econômica e reformas administrativas, defendia-se a extensão máxima de mercados competitivos, propugnava-se pela extinção dos monopólios, a palavra-chave era desregulação.

A execução da reforma do setor elétrico, pensada no início dos anos 90, foi bastante complexa e controvertida. Além de o programa de desestatização ter sido iniciado antes da regulamentação específica do setor, uma questão contribuiu decisivamente para o andamento confuso do processo de reforma institucional: o conflito entre o BNDES e a Eletrobras sobre o controle dos recursos, o contrato e o programa do gás da Bolívia, compreendendo o gasoduto principal e a discussão sobre a sua localização e extensão para o Sul (LORENZO, 2020, p. 163-164).

Devido à crise de abastecimento veio o racionamento e iniciou-se o Gasoduto Brasil - Bolívia (Gasbol¹²³), o comércio do gás é regido pelo acordo Tratado de La Paz redigido em 1996, que começou a ser construído em 1997, iniciando sua operação em 1999.

¹²³ É uma via de transporte de gás natural entre a Bolívia e o Brasil com 3150 quilômetros de extensão, sendo 557 em território boliviano (trecho administrado pela GTB) e 2593 em território brasileiro (trecho administrado pela TBG).

Em agosto de 1997, a Eletrobrás Termonuclear (Eletronuclear) foi criada a partir da cisão da área nuclear de Furnas e sua fusão com a Nuclen, integrando de imediato o quadro de empresas controladas pela holding. A Eletronuclear tornou-se responsável pela operação de Angra 1 e pela conclusão das obras de Angra 2. A cisão do segmento nuclear de Furnas foi determinada pelo Conselho Nacional de Desestatização (CND) como medida preparatória para a privatização da empresa (FGV, 2020).

No entanto a Usina Termonuclear Angra II entrou em operação comercial apenas no ano de 2001, a abertura institucional de capital privado à Petrobrás também foi beneficiada, pois injetaram maior dinheiro na exploração de petróleo e gás e obtiveram eficácia na descoberta de novas reservas.

No ano de 1997 ocorreu a venda da Vale do Rio Doce¹²⁴, uma companhia que desempenhou um dos papéis principais implantando a infraestrutura para exploração-exportação de minério de ferro, foi importante também na produção agroindustrial uma vez que desenvolveu importantes articulações econômicas extra-regionais, em particular no que se refere ao destino de sua produção (ARAUJO, 1997).

No ano de 2000, por meio do Programa Nacional de Eletrificação Rural (PNER), foi lançado o programa Luz no Campo, que visava a universalização da rede rural de energia elétrica do Governo Federal realizada em todo território nacional, a fim de levar energia elétrica e condições mínimas de cidadania ao interior, este programa antecedeu ao programa Luz Para Todos.

Neste sentido o "Luz no Campo" se apresenta hoje, devido a sua amplitude, como o grande instrumento da sociedade brasileira na busca da universalização do serviço de eletricidade. E ainda, a importância da eletrificação rural foi reforçada pela recente aprovação da Lei N. 10.438 (26/04/2002) que dispõe, entre outros da universalização do fornecimento, incorporando definitivamente na agenda política o acesso pleno de energia elétrica a todos os brasileiros nos próximos anos (GUSMAO et al, 2002).

No fim do séx. XX a crise financeira e administrativa atingiu grandes empresas do campo energético cessando a construção de obras de usinas geradoras, e insuficiência dos sistemas de transmissão e distribuição, que apontavam risco de abastecimento a médio prazo. No ano de 1999, os principais reservatórios das regiões (Sudeste/CentroOeste/Norte

¹²⁴ Para saber mais sobre a Vale do Rio Doce e seu processo produtivo e importancia ver ARAUJO, (1997).

e Nordeste) estavam com baixa capacidade e o Sul com capacidade aceitável, que desencadeou na crise de 2001. Foi feita a implantação do modelo de energia elétrica com alto risco hidrológico (MERCEDES, RICO & POZZO, 2015). Ainda no episódio que desencadeou a crise de 2001, a falta de competência técnica, aliada à perda das principais áreas de planejamento e operação do sistema elétrico, ampliaram os custos de transação regulatórios, o que gerou abusos pelas novas concessionárias e aumento exponencial das tarifas (MERCEDES, RICO & POZZO, 2015 p. 26).

A crise hídrica de 2001, conhecida como apagão, é derivada de fatores como a hibernação de investimentos de geração e transmissão devido às reformas e condução do setor elétrico pós privatização, se tornando um importante gargalo do setor, mais do que falta de chuva, a responsabilidade pode ser indiciada pela falta de política e ação para cumprir a legislação, tanto por agentes públicos quanto privados, deflagrando uma crise anunciada (SAUER, VIEIRA, KIRCHNER, 2001).

Desentendimentos ocorriam entre a União representada pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE)¹²⁵ e os Estados economicamente mais influentes. A ANEEL, por meio da Legislação Básica do Setor Elétrico Brasileiro, através da Portaria nº 485/99, aprova a estruturação transitória do Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE), com atribuição de coordenar a elaboração do planejamento da expansão dos sistemas elétricos brasileiros.

No entanto, ao privatizar a energia no Brasil, a ANEEL foi estratégica ao estabelecer uma resolução obrigando as companhias privatizadas a alocar 1% da receita em P&D¹²⁶ em programas de eficiência energética, mas não houve um entendimento de como seria conduzido este investimento, para atingir benefícios públicos que o mercado não seria capaz de promover.

Essa iniciativa progressista por si só não garante nada, já que a formulação de programas de P&D pelas próprias concessionárias, limita a abrangência de oportunidades que trazem maiores benefícios sociais (JANNUZZI, 2000). O modelo

¹²⁵ O Decreto nº 63.951/68, aprovou a estrutura básica do MME, dispôs que o Departamento Nacional de Energia (DNAE), passa a se denominar Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE).

¹²⁶ Resolução nº 271, de 19 de julho de 2000. Estabelece os critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro (ANEEL, 2000).

mercantil adotado por FHC resultou no modelo de multicontratação bilateral com grandes brechas ao arcabouço legal-institucional e vários equívocos de gestão, as tarifas chegaram a ser extremamente elevadas, falta de planejamento, investimento, manutenção que levaram a constantes “apagões e apaguinhos”, e falta de luz, para grande parte da população.

Do ano de 2003 até 2011 o país é conduzido pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva com MME: Dilma Vana Rousseff (2003-2005) Silas Rondeau C. Silva (2005-2007), em 2011-2016 Dilma Rousseff MME: Edilson Lobão (2008-2010) Márcio Pereira Zimmermann (2010) Edilson Lobão (2011-2014) 2016-2019 Michel Temer MME: Eduardo Braga (2015-2016) Marco Antonio Martins Almeida (2016) Fernando Coelho Filho (2016-2018) Moreira Franco (2018-2018).

O texto¹²⁷ tem como base destacar as questões relacionadas ao setor elétrico e plano de nacional de energia durante o período que visavam, sobretudo, a redução dos poderes das agências reguladoras, descontinuação do programa de privatização e desverticalização além de mudanças institucionais nas relações entre MME, Eletrobrás e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)¹²⁸.

O marco regulatório criado para fontes renováveis foi o Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica)¹²⁹ que viabilizou a implantação de 1.050 MW até dezembro de 2003, integrado ao sistema elétrico interligado nacional e promoveu o aproveitamento da fonte eólica alternativa de desenvolvimento energético, econômico, social e ambiental e a complementaridade sazonal com os fluxos hidrológicos nos reservatórios do sistema interligado nacional.

Neste contexto a ANEEL baixa a resolução nº 067 que estabelece critérios para a composição da Rede Básica do Sistema Interligado Nacional e dá outras providências. No governo liderado pelo Partido dos Trabalhadores (PT), no que tange

¹²⁷ Para realização deste texto que se inicia em 2003 e vai até 2019, foi uma busca constante que **delongou muito tempo**, em sites, jornais, livros, agências, órgãos, entre outros, para poder se verificar os governos e os fatos históricos ocorridos em cada período, os planos nacionais energéticos e as fontes de energia, as leis, todos os itens verificados são os de relevância ou que afetam de forma direta ou indiretamente o setor energético e sua evolução até os dias atuais com o aparecimento das novas energias eólica e solar, o quadro encerra-se em 2019, já que após esta data ainda não é possível mensurar, pela falta de dados, e pela atual instabilidade de mercado devido à Covid-19.

¹²⁸ Órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no SIN e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da ANEEL, Criado pela Lei nº 9.648/98, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/2004 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/2004.

¹²⁹ Criado pela câmara de gestão da crise de energia elétrica pela resolução nº 24/2001.

ao setor energético, as propostas e o debate para estratégias de planejamento estabelecidas, foi adotado o modelo para política nacional energética baseado em:

[...] tentar combinar um planejamento estatal determinativo com um modelo de geração, transmissão e distribuição baseado na competição e no mercado. No novo modelo, uma entidade – provisoriamente chamada de Administradora da Contratação de Energia (ACE), sob controle público, planejará e determinará as novas licitações necessárias para atender à demanda prevista (MERCEDES, 2012, p. 28).

Dentre as medidas públicas de políticas nacionais em 2003, foi criado o programa Luz para todos, pelo decreto 4.873/2003¹³⁰, uma reformulação do Programa Luz no Campo, que visou levar eletrificação às áreas remotas e com tarifas subsidiadas pelo Governo Federal, estadual e distribuidoras, uma proposta reformulada do Governo anterior. Linhas de crédito facilitadas e a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronafe), que estabeleceu no país incentivo para as energias renováveis, à universalização do acesso, à expansão das fontes eólica, solar e a modicidade tarifária; isso fez com que garantisse maior estabilidade e segurança no setor de abastecimento.

A abordagem histórica e os aspectos evolutivos caracterizam uma trajetória tecnológica evolucionária, que abrange um sistema de inovação, dotado de agentes heterogêneos (compostos por usuários com diferentes hábitos, fornecedores, agências governamentais e departamentos de pesquisa e desenvolvimento, instituições, empresas entre outros) com relações mercantis e não mercantis na adoção de novas e estabelecidas energias, para geração, distribuição, transmissão e comercialização, do mesmo setor energético.

A Lei nº 10.848/2004 vem para instituir a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que visou a comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como, destes com seus consumidores, no Sistema Interligado Nacional (SIN), dar-se-á mediante contratação regulada ou livre criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O governo opta pela reforma aprovada e pelo retorno ao comando do Estado à reforma do mercado administrado pela CCEE.

¹³⁰ Revogado pelo Decreto Lei nº 10.087/2019 que Declara a revogação, para os fins do disposto no art. 16 da Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998, de decretos normativos.

Em 2004 foi lançado o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) com a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional.

Dentre a criação de programas e leis nacionais, o maior projeto para apoiar o planejamento e execução de medidas de conservação de energia, os mais relevantes são: o Plano Nacional de Energia 2030¹³¹ e o Plano Nacional de Eficiência energética¹³².

O primeiro grande projeto nacional que alavancou o uso das energias renováveis no Brasil foi a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (Proinfra)¹³³. Um dos objetivos deste era aumentar a participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos à biomassa) na produção de energia elétrica, privilegiando empreendedores que não tinham vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição.

Devido ao Proinfra as energias renováveis têm um impulso em 2006, a produção de energia eólica chega a 342 GWh, e termina o fim do governo do partido dos trabalhares com 33.489 GWh. Com o Proinfra e as políticas subsequentes, a energia eólica evoluiu rapidamente, projetos subsidiados pelo programa permitiram entendimento técnico das plantas produtivas, o modo de produção e domínio tecnológico, somados a um estruturado modelo de financiamentos e políticas regionais, permitiu no médio prazo que a indústria local chegasse a preços competitivos (MELO, 2014).

É criada a Lei nº 11.097/2005 e com esta a introdução do Biodiesel na matriz energética brasileira, a expansão do sistema elétrico e a diminuição da dependência externa. Em 2007 é criado o decreto nº 6.025/2007 que institui o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), entram no setor energético importantes investidores estrangeiros, a Petrobrás passa a se envolver diretamente e participar de nove destilarias e indústrias integradas, bem como na construção de alcoodutos, com

¹³¹ Visa o planejamento de longo prazo do setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas.

¹³² Série de estudos que buscam fornecer insumos para a formulação de políticas energéticas segundo uma perspectiva integrada dos recursos disponíveis, o Plano Nacional de Energia – PNE 2030 tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético do país (EPE, 2006).

¹³³ Criado pela Lei nº 10.438/2002.

estes houve o aumento no consumo do Etanol, que superou a gasolina em 2008 elevando sua competitividade devido ao preço do petróleo.

Mesmo com a crise de 2008 que repercutiu em vários países, esse é um momento importante pois marca uma diminuição global no ritmo de crescimento e impacta de forma geral no preço das commodities energéticas.

A desaceleração verificada tanto na economia nacional como na internacional, fruto da crise financeira de 2008, vem produzindo efeitos diretos e indiretos no mercado de energia elétrica brasileiro, gerando um reflexo imediato no nível de utilização da capacidade instalada e nas perspectivas de expansão da produção de alguns dos segmentos industriais voltados à exportação de commodities, como é o caso do setor siderúrgico e de outros da metalurgia. Em consequência, projetos de expansão industrial foram revistos e postergados (EPE, 2019a, p.29).

A energia eólica vem ganhando destaque, e em 2009 é a primeira vez que entra no Leilão de Energia de Reserva¹³⁴. O organismo responsável pela realização do leilão foi a CCEE e estabeleceu prazo de concessão para 20 anos, o resultado dessa negociação

[...] contratou 71 empreendimentos com uma capacidade somada de 1.805,7 megawatts (MW), ao preço médio de R\$ 257,23 por MWh (atualizado para valores de hoje pelo IPCA). Na ocasião, um dado já demonstrava nossa potencialidade, porque estavam habilitados 10 GW de projetos, em 339 empreendimentos. O LER 2009 garantiu o investimento de R\$ 9,4 bilhões na construção das usinas de geração de energia eólica, segundo cálculos do Ministério de Minas e Energia (GANNOUN, 2020).

Os leilões trouxeram muito progresso para a energia Eólica e muitas usinas foram construídas, os resultados desse arranjo político-regulatório para o setor eólico são notáveis, tanto no sentido de eficiência técnica das usinas quanto na competitividade da fonte, já que atualmente o preço da energia eólica nos leilões está bem mais acessível. A isenção de leilões no mercado da energia é uma ferramenta indispensável para um setor em constante expansão, além de apresentar responsabilidade, sustentabilidade, transparência e acomodar inovações de negócio e de tecnologia.

¹³⁴ Leilão nº 03/2009 da ANEEL pelo processo nº 48500.002227/2009-21, constitui objeto deste LEILÃO a Contratação de Energia de Reserva, de que tratam os art. 3º e 3º-A da Lei nº. 10.848, de 15 de março de 2004, específico para contratação de energia elétrica de fonte eólica, para início de suprimento em 1º de julho de 2012, conforme Portarias MME nº. 147/2009 e nº. 211/2009.

A China, no ano de 2010, entra no setor elétrico Brasileiro, a ANEEL autoriza a empresa State Grid International Development Limited a comprar sete ativos de transmissão de energia, todos do grupo espanhol Plena Transmissoras (Elecnor, Isolux, Lintran do Brasil e Abengoa) A operação abre as portas do mercado nacional à elétrica chinesa, caso a empresa chinesa participar de leilões para construção e operação de novas linhas de transmissão no país, a mesma não precisará constituir uma empresa no Brasil (ANA, 2019).

Em 2012 a Resolução normativa da ANEEL nº 482/2012 estabelece condições gerais para acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica.

Para 2018 abre-se uma nova forma de financiamento para as renováveis, com o lançamento do Finame Renovável pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDES), uma linha de crédito permanente para apoiar investimentos em energias, com financiamento para aquisição e comercialização de sistemas de geração de energia solar, eólica e aquecedores solares, incluindo serviço de instalação e capital de giro associado.

O EPE (2019a) divulgou o Plano Decenal de Expansão de Energia para 2019, e descreveu o planejamento do setor energético brasileiro, sendo possível identificar as principais trajetórias da oferta e demanda de energia e as diretrizes de política energética do país, esse documento é um componente fundamental do processo de planejamento energético nacional.

O período que compreendeu entre 1995-2002 pode ser compreendido entre a deterioração generalizada dos serviços públicos e a recuperação do Estado. O período de transição/transformação a nível institucional, econômico e social, com as privatizações o desmonte da estrutura administrativa do governo federal, refletiu de forma direta no setor energético (DIAS LEITE, 2014).

Na energia elétrica, a simultaneidade da desestatização com o início do processo de formulação de um modelo radicalmente novo, seguida de estratégia de implantação imprudente, contribuiu para a crise de abastecimento de 2001. Essa, por sua vez, cortou qualquer possibilidade de crescimento econômico, que só alcançou 1,3% em 2001 e 1,92% em 2002 (DIAS LEITE, 2014 p. 287).

Quadro 7 - Estruturação da energia elétrica no período de 2003-2016

<p>2003 -2016</p> <p>Desenvolvimentismo</p> <p>Visava à universalização do acesso.</p>	<p>Financiamento do setor se deu por vários modelos, principalmente financiamento público.</p> <p>Regulamentação tarifária preço teto incentivado.</p> <p>Propriedade de ativos semiprivada.</p>	<p>Inserção de fontes renováveis (eólica, solar fotovoltaica, biomassa, bicomcombustíveis) por meio do Proinfra.</p> <p>Maior demanda de indústria e transporte.</p> <p>Descoberta do Pré-sal.</p>	<p>Criação do EPE – CCEE - CMSE- PAC.</p> <p>Política de planejamento por: CNPE/MME- ANEEL – CCEE.</p> <p>Regulação e fiscalização: ANEEL.</p> <p>Apoio para créditos e financiamento: BNDS – Eléctrobras Proinfra.</p> <p>Criação do PAC.</p>
--	--	--	--

Fonte: Elaboração própria com base em Mercedes (2012).

O período acima reconhece o descompasso entre a expansão da geração hidrelétrica e o aumento do consumo, ameaçado por um período de crise e racionamento em 2015, que ocasionou a redução do consumo, decorrente da recessão da economia, somados ao uso intensivo da geração termelétrica, de alto custo.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) foi a região que mais sofreu em 2014-2015 com o abastecimento de água, já que os baixos totais acumulados de chuva sobre a região da Cantareira, ao nordeste da RMSP, afetaram significativamente a disponibilidade hídrica dos reservatórios do Sistema Cantareira principal sistema de abastecimento (MARENGO, ALVES, 2016).

A combinação de baixos índices pluviométricos durante o verão 2014 e 2015 e um grande crescimento da demanda de água, assim como a ausência de um planejamento minimamente adequado para o gerenciamento dos recursos hídricos (e sem contar a parcela de culpa que pode ser atribuída à ausência de consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional da água), tem gerado o que chamamos de “crise hídrica”, uma crise já anunciada, pois enfrentamos situação semelhante durante a “crise do apagão” durante a seca de 2001-2002 (MARENGO, ALVES, 2016 p. 486).

Além do racionamento de água, com a seca houve o aumento do número de focos de queimadas, a seca gerou impactos socioeconômicos nas áreas que exploram o turismo às margens de rios e represas (MARENGO, ALVES, 2016).

Muitas são as especulações sobre as causas desta seca histórica: algumas sugerem uma redução do fluxo da umidade da Amazônia associada a variações na circulação atmosférica regional ou global; outras atribuem a seca ao desmatamento da Amazônia e da mata atlântica; e outras ainda as mudanças climáticas globais. Em verdade, trata-se de anomalias na circulação de verão que afetam o padrão de chuvas na região Sudeste do Brasil, modificando o transporte de umidade que vem da Amazônia, as brisas marítimas que do Oceano Atlântico Sul e a ação dos sistemas frontais que vêm do sul do Brasil. Em geral, pode-se dizer que a crise hídrica foi gerada por uma conjunção de fatores, entre eles, a falta de gerenciamento dos recursos hídricos, agravada pela escassez de chuva, como observado em 2001 e agora em 2014-2015 (MARENGO, ALVES, 2016 p. 486).

Ambos os governos, Fernando Henrique Cardoso, Lula e Dilma, apresentaram carácter liberal da economia no que tange ao setor elétrico, e promoveram reformas nos setores de infraestrutura a fim de priorizar a rentabilidade assegurada na energia. Os objetivos eram bastante definidos, dada sua importância na organização e crescimento econômico, de acordo com Mercedes, Rico & Pozzo (2015), que incluíam as especificidades abaixo.

Quadro 8 - Objetivos da primeira e segunda fase de liberalização da energia elétrica

Primeira fase de liberalização - Fernando Henrique Cardoso	Mercantilizar o serviço público de fornecimento de energia. Remover os impedimentos da indústria energética, permitindo capitais internacionais. Disseminar o pensamento da eficiência econômica, onde o setor privado é mais eficiente na alocação de recursos frente ao setor público; competição e a desregulamentação geram eficiência econômica; políticas orientadas pelo mercado criam verdadeiras pressões democráticas sobre a gestão do sistema; apenas a liberalização levaria à eficiência ambiental, por levar novas tecnologias.
Segunda fase de liberalização - Lula e Dilma	Política Energética, implicações estratégicas. Quadro resultante da crise e as medidas do Governo. Novo modelo de Serviço Público Integrando empresas elétricas estatais e privadas. Diferenças entre o modelo (anterior) e a Presente Proposta (novo modelo). Ações imediatas para Superar a Crise.

Fonte: Elaboração própria com base em Mercedes, Rico e Pozzo (2015).

Na primeira fase de liberalização o planejamento da expansão passou a ser efetuado pelo CCPE e a operação coube ao ONS, que manteve sua função na segunda fase Lula e Dilma (MERCEDES; RICO; POZZO, 2015).

Na CCPE, alterações fundamentais foram introduzidas no modelo liberalizado, as informações antes compartilhadas abertamente por todos os agentes começa a não ser aberta, uma estratégica comercial pelos agentes privatizados, sem disponibilizar a transparência de antes, o planejamento que tinha caráter normativo passou a ser indicativo com critérios técnicos e econômicos de acordo com interesses próprios para os agentes, ou o que era mais vantajoso (MERCEDES; RICO; POZZO, 2015).

Finalmente, passou a existir a tarefa política de assegurar um mínimo planejamento necessário à prestação de um serviço público, diante de atores privados, com programações próprias, não necessariamente produzidas no país (orientações vindas das matrizes, dentro de contextos supranacionais) (MERCEDES, 2002).

No segundo modelo para tentar reestruturar o setor elétrico o mercado, juntamente com o setor de planejamento, tentam um sistema de planejamento estatal determinativo com um modelo de geração, transmissão e distribuição, baseado na competição e no mercado. Neste, uma instituição provisoriamente chamada de Administradora da Contratação de Energia (ACE) de controle público, estruturará novas licitações necessárias para atender à demanda prevista (MERCEDES; RICO; POZZO, 2015).

O governo eleito em 2018, comandado pelo presidente Jair Bolsonaro, e atual, no que se refere ao mercado de energia não teve muita evolução, é preciso aguardar para ter um embasamento de qual caminho seguirá o setor energético, até o momento foram registradas as seguintes ações: Foi criada a Portaria nº 403/2019, que visa instituir o Comitê de Implementação da Modernização do Setor Elétrico (CIM) no âmbito do Ministério de Minas e Energia, bem como propor possíveis medidas complementares que se façam necessárias, de modo a promover as melhores soluções para a modernização setorial, em consonância com os princípios da governança pública, estabilidade jurídico-regulatória e previsibilidade (MME, 2020).

O quadro síntese 6 retrata os períodos dos governos citados no texto acima, histórico de ações e condicionantes da Energia Elétrica, divididos em cinco períodos de acordo com as ações estruturantes do setor energético em consonância com as fases dos governos.

Quadro 9 - Periodização e características da energia elétrica no Brasil de 1930 até 2019

<p>Primeiro Período 1930 - 1945 Industrialização (aumento da produção interna, e diminuição das exportações).</p>	<p>Insuficiente para atender a demanda de expansão territorial.</p>	<p>Privada, com empréstimos externos e aumento da capacidade produtiva com autofinanciamento. Função do Estado predominantemente regulatória.</p>	<p>Institucionalização Promulgação do Código de Águas e Poder concedente da energia elétrica local para federal. Serviços públicos fortemente regulados.</p>	<p>Distribuição.</p>
<p>Segundo Período 1945 - 1960 Mudanças estruturais na economia brasileira, no quadro político alternâncias, gerando instabilidade e crise.</p>	<p>Capital insuficiente para realizar os investimentos obrigatórios às necessidades de expansão, tarifas de energia elétrica inadequadas. Período atípico, alta da inflação causada pelo elevado déficit público, devido aos investimentos para suprir a infraestrutura (transporte, energia, saneamento, etc.). Baixa renda per capita, aumentando impostos da população.</p>	<p>Privada, grandes concessionárias estrangeiras de energia (Grupo Light and Power e Grupo Amforp) detentoras da maior capacidade instalada de energia elétrica no país.</p>	<p>Criação da Chesf Aprovação (1950) do Plano Salte e abandono em 1951. Criação do CNE. Instituiu o BNDE e a Petrobras. Vários racionamentos de energia principalmente em São Paulo.</p>	<p>Distribuição.</p>
<p>Terceiro Período 1960 - 1990 Industrialização crescente. Crise do desenvolvimentismo. Nacionalismo Reformas sociais Modelo de gestão intervencionista militar e transição para um modelo democrático liberal.</p>	<p>Grandes companhias, necessidade de fontes alternativas Proálcool. Industrialização planejada; Plano de Metas Capitais estrangeiros Criação do Ministério de Minas e Energia.</p>	<p>Estatal, necessidade da nacionalização do petróleo e crise do petróleo. 1970 fortalecimento da Eletrobras. 1980 crise internacional do capital - corrosão da estrutura de financiamento, contenção tarifária, conflito entre Eletrobras e concessionárias. Constituição Federal 1988 - redemocratização.</p>	<p>Crescimento. Furnas - início da integração do setor DNAEE, regulação (normalizadora e fiscalizadora) Criação da Eletrobras - execução da geração e extensão geográfica do atendimento).</p>	<p>Transmissão interligada, geração de grande escala.</p>
<p>Continua na próxima página</p>				

Quarto Período Fase A 1990 - 2000 Desestatização neoliberalismo.	Diversificação da matriz energética.	Privada, iniciam-se as privatizações; esvaziamento institucional da Eletrobras.	Introdução de competição. Collor e Plano Nacional de Desestatização, Operação desmonte.	Desverticalização diversificação, combustíveis fósseis (gás natural).
Fase B 2000- 2017 Desenvolvimentismo.	Programas de governo que fortalecem novas fontes renováveis.	Semiprivada Integrando empresas privadas e estatais.	Inserção do Proinfra, Pac. Instituído co CCEE.	Política energética; estratégia a fim de tentar superar a crise.
Quinto Período 2018 - atual desestatização neoliberalismo.	Diversificação da matriz energética.	Privada.	Continuação da desestatização.	Desverticalização; diversificação da matriz energética.

Fonte: Elaboração própria com base em Dias Leite (2014), Mercedes (2012) e Sauer (2003) Brasil (vários anos) Aneel (vários anos) EPE (vários anos) Legislação (vários anos)

De maneira geral as políticas energéticas adotadas no quadro 6 não são compatíveis com os recursos energéticos disponíveis da época, a demanda energética gerada pelo acelerado crescimento econômico é insuficiente e acarreta em escassez energética, a maioria das políticas do governo incentivam o desenvolvimento de fontes não-renováveis, porém existe uma série de medidas que ajudam a desenvolver o campo energético hidroelétrico, com a inserção do maior programa que incentiva a energia renovável, o Proálcool, as fontes renováveis ganham programa de incentivo como o Proinfra, assim a energia eólica e solar ganham maior participação na matriz energética e são competitivas nos leilões de energia.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE MERCADO DAS ENERGIAS ALTERNATIVAS

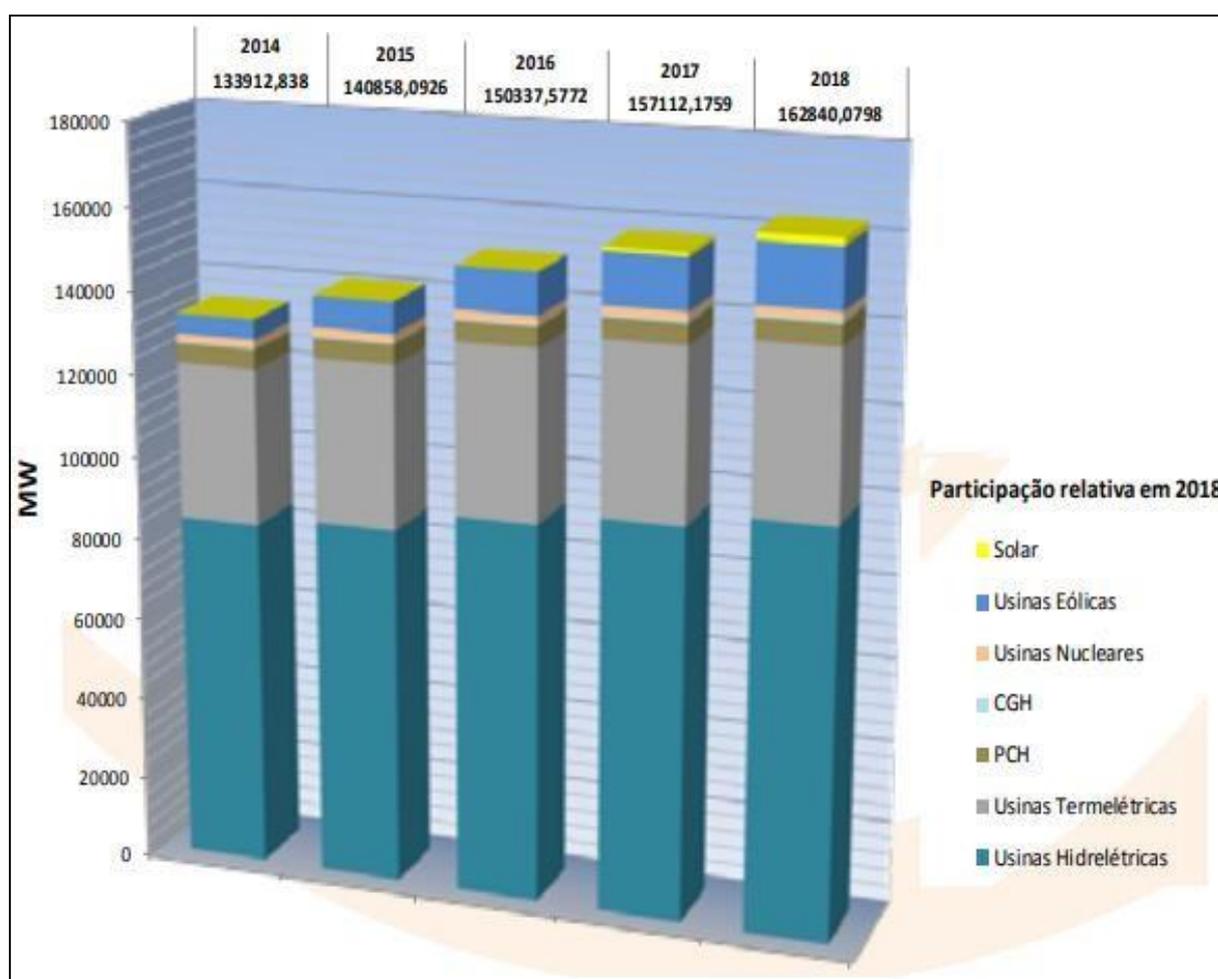
O uso da energia para aquecimento, refrigeração e transporte, combinado com o baixo índice de carbono, gera um papel importante na transformação energética global, o que significa que o impacto das políticas energéticas renováveis pode ser sentido na economia. De maneira geral o mercado de energia está presente em todos os setores e ramos, e é consumido por diferentes usuários, podendo ser público, empresarial, privado, residencial, industrial, não sendo apenas importante, mas indispensável.

Dados da EPE (2019b) apontam que a geração de energia elétrica por fonte no Brasil (data base de 2018) foi constituída por 64,7% de hidráulica, 9,1% de gás natural,

8,6% de biomassa e 8,1% de eólica, e o restante das demais fontes. Destas quatro maiores fontes, três são renováveis, indicativo de que o Brasil vem crescendo nas energias alternativas (EPE, 2019b).

A participação de geração efetiva de cada fonte, sua capacidade instalada de geração elétrica no Brasil em 2019, está demonstrado no gráfico 13. Considera-se a parte nacional de Itaipu (6.300 MW até o ano de 2006 e 7.000 MW a partir de 2007); PCH e Central Geradora Hidrelétrica (CGH)¹³⁵.

Gráfico 13 - Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)



Fonte: ANEEL; BEN, 2018; elaboração: EPE 2019b.

¹³⁵ São pequenas usinas de água para gerar energia elétrica. São hidrelétricas de pequeno porte, como as PCHs, mas com capacidade e tamanho ainda mais reduzidos.

Apesar da maior participação ser proveniente de fonte hidroelétrica e a primeira fonte limpa a ser investida no Brasil, a capacidade de geração de energia eólica e solar já alimenta residências, comércios, indústria, setores públicos e vem ganhando cada vez mais distribuição na rede em todos os setores. O consumo destes é exponencial, a medida que os dados sobre a geração e o desempenho de sistemas solares se tornam mais disponíveis, a estrutura de custos vem caindo e atraindo o interesse de governos e de investidores.

Gráfico 14 - Tarifas médias por classe de consumo (R\$/MWh)

	2014	2015	2016	2017	2018	Δ% (2018/2017)	Δ% (2018/2014)
Residencial	305,35	427,89	454,33	453,47	511,70	12,8	67,6
Industrial	249,01	374,93	392,94	397,12	451,66	13,7	81,4
Comercial	293,07	415,67	444,78	446,68	504,10	12,9	72,0
Rural	202,56	293,43	307,13	313,70	348,71	11,2	72,2
Poder público	305,97	421,51	455,18	457,91	516,23	14,6	71,6
Iluminação pública	178,87	252,50	259,36	267,98	307,00	8,6	63,4
Serviço público	219,89	327,70	344,49	345,95	385,86	11,5	75,5
Consumo próprio	308,23	416,23	459,39	463,56	514,19	10,9	66,8

Fonte: Aneel/SAD¹³⁶, consulta em 30 ago. 2019, apud EPE 2019b.

Os valores do gráfico 14 não estão contabilizados os impostos, essas tarifas também são tarifas médias de fornecimento e são obtidas por meio dos valores de mercado declarados pelas concessionárias e permissionárias de energia no Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado para Regulação Econômica (SAMP)¹³⁷, a maior variável de preços de 2014 até 2018 é do setor industrial, devido ao seu desenvolvimento e maior consumo, com uma diferença de 81,4%, já no ano de 2018 com relação ao ano anterior, a maior variação se dá no setor do poder público.

¹³⁶ Sistema de Apoio à Decisão, desenvolvido para dar suporte às atividades desempenhadas pelos servidores da ANEEL em suas atividades de Regulação, Fiscalização e Mediação do setor elétrico

¹³⁷ Resolução da ANEEL nº 674/2002, estabelece os procedimentos para implementação do SAMP, em substituição ao Acompanhamento de Mercado Padronizado (AMP).

Gráfico 15 - Tarifas médias por região (R\$/MWh)

	2014	2015	2016	2017	2018	Δ% (2018/2017)	Δ% (2018/2014)
Média Brasil	276,97	395,04	419,15	421,95	475,20	12,6	71,6
Norte	303,53	373,04	419,76	477,74	533,09	11,6	75,6
Nordeste	269,07	340,06	367,45	394,89	452,05	14,5	68,0
Sudeste	282,22	413,05	441,67	431,77	481,66	11,6	70,7
Sul	264,28	409,41	415,39	403,28	456,47	13,2	72,7
Centro-Oeste	273,63	398,08	419,38	426,95	489,36	14,6	78,8

Fonte: ANEEL/SAD, consulta em 30 ago. 2019, apud EPE 2019b.

No gráfico 15 também não estão computados os tributos sobre o valor da energia, o estado do Paraná, destacado pela região Sul¹³⁸ dentre as Regiões e Unidades Federativas a relação consumo de energia elétrica e número de consumidores no Brasil, de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019 (ano base 2018) pelo EPE (2019b) apesar deste, não ter a maior população, apresenta o maior consumo de energia elétrica per capita 2,90 kWh/hab, sendo o maior consumo médio com 576 kWh/mês, desencadeando o mais alto consumo residencial médio de 179 kWh/mês (EPE, 2019b).

No ano de 2014 a região Sul apresenta a menor tarifa frente as demais, com preço de R\$ 264,28 R\$/MW e termina 2018 com R\$ 456,47 R\$/MW, sendo mais alto apenas que o Nordeste, durante esses quatro anos sofreu uma alteração de 72,7%, apesar da tarifa ser definida pela ANEEL, com base no custo de geração¹³⁹ de energia elétrica do país e aplicada para todos os clientes do território nacional.

O elevado aumento pode ser atribuído a problemas de ordem de perda por racionamento, escassez de chuva, inflação, redução tarifária incluída pelo governo, bandeiras e diferença de horário no consumo da energia; toda esta alteração influi mesmo que de maneira indireta no setor econômico tarifário para a composição do custo tarifário da energia elétrica.

¹³⁸ Não serão analisadas todas as regiões, uma vez que os dados falam por si só. No entanto, existe o destaque para a região Sul, de acordo com o consumo, conforme descrito.

¹³⁹ Para saber mais sobre composição de custos da tarifa de energia ver HUAYLLAS (2008).

No entanto, é explicitado em seus contratos de concessão que o limite de preço aplicado às concessionárias de serviço público emprega três mecanismos nos custos das concessionárias sobre as tarifas: reajuste anual, revisão periódica e revisão extraordinária (ANEEL, 2020).

O desempenho do sistema econômico é resultado das múltiplas interações que envolvem o setor energético, embora fortemente interdependentes, Pinto Junior (2016) descreve cinco principais: a) dimensão macroeconomia que compreende uma série de aspectos; b) dimensão microeconômica que se reporta as funções de custo e critérios de formação de preços, tomada de decisões de investimentos, mecanismos e expansão dos sistemas energéticos; c) dimensão tecnológica relacionada ao binômio energia-tecnologia, que estão amplamente associados ao processo de inovação tecnológica e equipamentos para produção mais eficientes e econômicas; d) dimensão de política internacional, já que a distribuição de fontes de recursos energéticos naturais são diferentes nas partes do globo e ainda estabelecem uma série de complexas e intensas relações comerciais e geopolíticas; e e) dimensão ambiental que é a chave para o desenvolvimento sustentável.

A energia entendida como “bem público¹⁴⁰”, serviço que é produzido em função da existência de mercado competitivo, ou um clássico exemplo chamado de imperfeições de mercado, são bens consumidos por todos os indivíduos e não podem ser restritos a um seleto grupo de compradores (JANNUZZI, 2000, p.3). A consequência dos aspectos relativos aos bens públicos, caracterizam-se pela falta de interesse das firmas ou indivíduos de produzi-los, a não ser que fundos sejam coletados pela sociedade por meio de taxas, impostos, ou outras maneiras, para o financiamento como exemplo para essa energia (JANNUZZI, 2000, p.4). Assim Jannuzzi (2000) descreve como o setor de energia elétrica se observa na literatura americana:

¹⁴⁰ Vários economistas dos anos 1950 e 1960 se preocupavam com este tema, foi começado a ser discutido pelos Europeus e posteriormente pelos EUA na década de 50 principalmente por Paul Samuelson. Mais tarde a teoria de ação coletiva (Mancur, 1965) também baseada na teoria de bens públicos e dando novos enfoques a esta. Destacando que bens privados são fornecidos pelos mercados enquanto que bens públicos através de instituições públicas. Esta seção e explicações mais profundas baseiam-se em Pindyck & Rubinfeld (1994) (JANNUZZI, 2000).

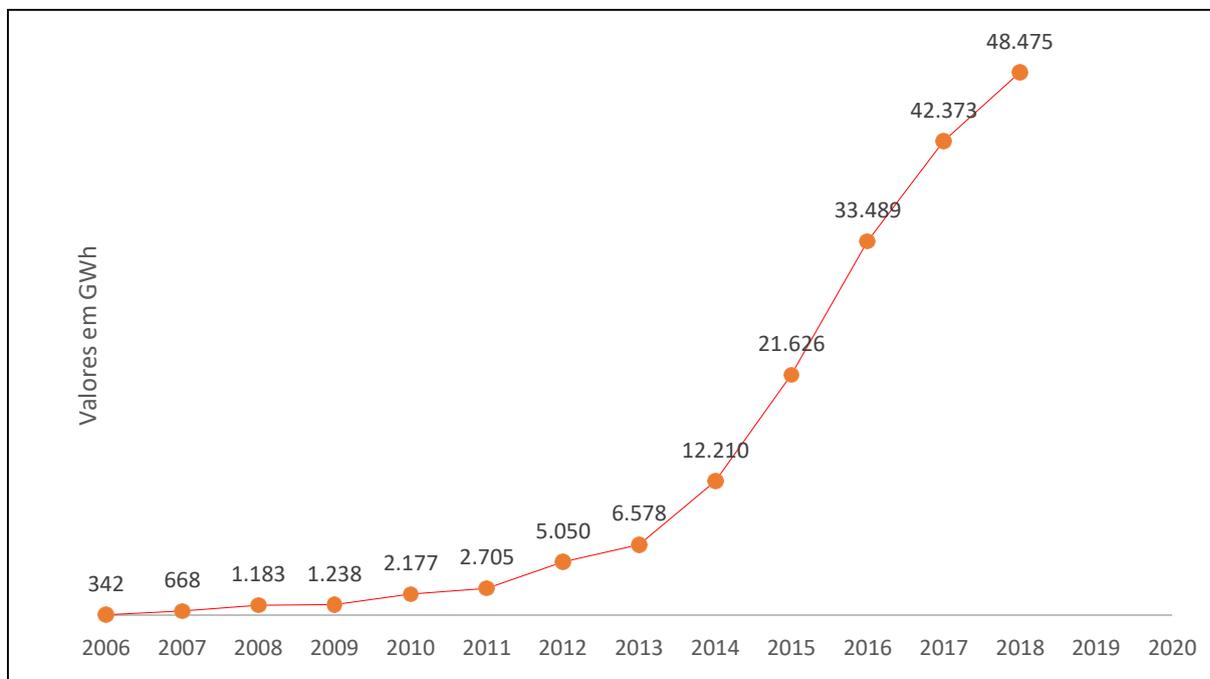
[...] foi a preocupação de se definir quais seriam os aspectos de “bens públicos” cuja manutenção seria necessária no contexto de menor regulamentação pública no que se refere a preços e organização da indústria e maior competição entre empresas (JANNUZZI, 2000, p. 4).

No que compete ao setor público e aos bens públicos, este deve estabelecer limites para emissões de gases poluentes, especificar padrões de desempenho dos equipamentos energéticos, evitar poluição atmosférica, melhorar eficiência energética e normatizar a legislação. A revisão desses quesitos favorecem avanços tecnológicos que correspondem à expectativa da sociedade e induzem novas técnicas e padrões, favorecendo benefícios sociais e ambientais.

A preocupação com a eficiência energética vem favorecendo as fontes renováveis de energia e quando se trata de investimentos no setor elétrico os investimentos governamentais aliados à iniciativa privada atuam para elevar o setor das fontes alternativas.

O Proinfa foi uma iniciativa pioneira para as energias provenientes de fontes renováveis, entretanto, apesar de todos os desafios enfrentados, é inegável a evolução do setor elétrico brasileiro que o programa consolidou, além do marco regulatório que ajudou a atrair investimentos externos.

No Brasil, o setor eólico e solar foi crescente nos últimos períodos e vem se destacando de acordo com a EPE (2019b). Na participação de energia elétrica por período, referente a energia eólica, aparecem dados publicados desde 2006, já referente à energia solar, os dados são computados a partir do ano de 2015, porém de ambas vêm crescendo a participação na matriz energética nacional.

Gráfico 16 - Geração¹⁴¹ de energia eólica no Brasil - GWh

Fonte: Elaboração própria apartir dos dados da EPE (2019b).

O aumento exponencial desse gráfico se deve a criação acelerada de usinas eólicas por meio de capital estrangeiro que vem se instalando no Brasil, devido às condições favoráveis de vento constante, principalmente na região Nordeste. Durante a temporada de maior constante de ventos (geralmente entre junho a novembro), período em que os parques atingem maior capacidade, fazendo com que a produção dos aerogeradores instalados em solo brasileiro seja muito maior que as mesmas instaladas em outros Países.

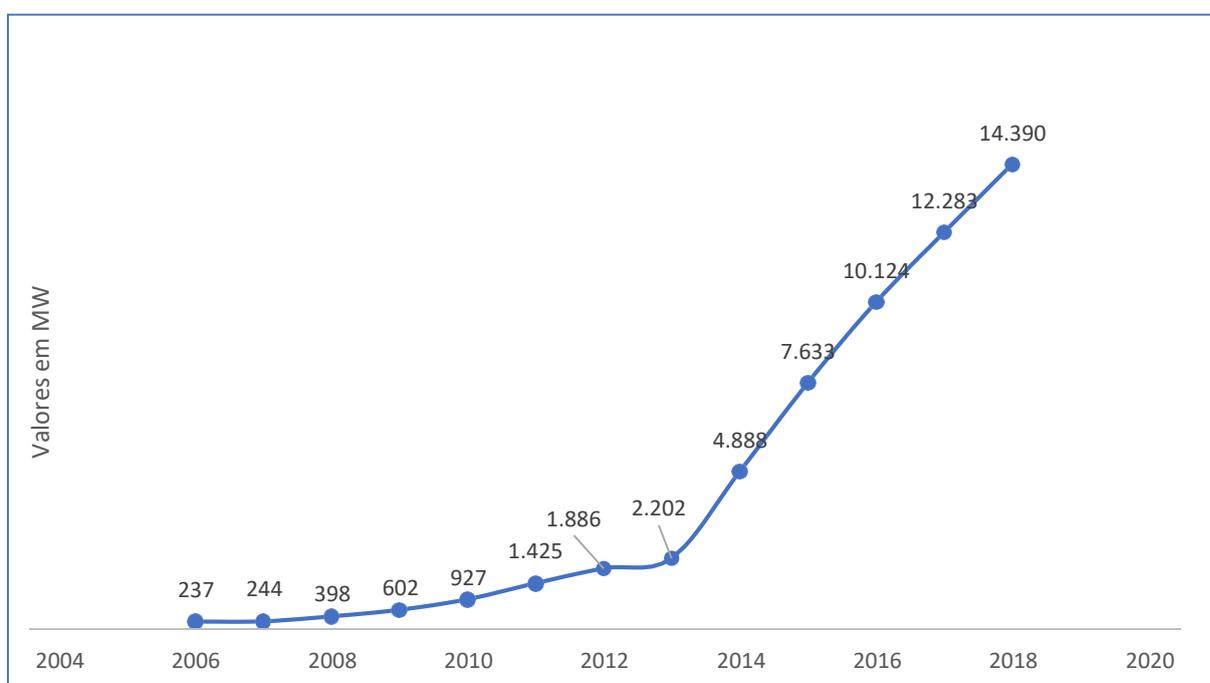
A geração interna de energia eólica no Brasil vem sendo constante e crescente, como demonstra no gráfico 3, no ano de 2012 houve uma variação de crescimento de 86,7% em relação ao ano anterior, este ano também é marcado pela inserção de 5GWh de geração de energia.

De 2012 a 2013 o crescimento é pequeno (30,2%), e volta a reagir em 2014 com um salto para 85,6% em relação a 2013, nos anos de 2014 a 2017 vem se mantendo crescente e constante, em 2018 percebe-se um pequeno encolhimento,

¹⁴¹ Consiste na transformação em energia elétrica de qualquer outra forma de energia, não importando sua origem, e as linhas e subestações do sistema de transmissão de conexão (ANEEL, 2020).

onde o crescimento reduz para apenas 14,4%, e esse cenário é reflexo da macroeconomia no crescimento econômico nacional. Porém o câmbio desfavorável ao real não afeta a indústria eólica¹⁴², já que, desde de 2013, a produção nacional de equipamentos eólicos aumentou, diminuindo a exposição ao dólar.

Gráfico 17 - Capacidade instalada¹⁴³ de geração elétrica de energia eólica no Brasil - MW



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2019b).

No início de 2012 o Brasil chegou próximo à capacidade instalada de geração de energia elétrica de fonte eólica perto de 2MW, no sistema elétrico nacional de participação na matriz elétrica brasileira, o fator responsável por esse crescimento se deve à efetiva inserção da indústria eólica no Brasil.

¹⁴² Observação: este contexto estava antes do surgimento da COVID19, agora é necessário aguardar para verificar como responderá o setor, já que o cenário mundial está instável devido à pandemia.

¹⁴³ Somatório das potências instaladas, concedidas ou autorizadas, das usinas de geração de energia elétrica em operação localizadas no sistema, definidas conforme legislação específica da ANEEL, e das capacidades autorizadas de importação de energia localizadas no sistema. Nesse somatório, não deve ser considerada a potência instalada relativa à Itaipu Binacional (ANEEL, 2020).

Somente em 2012 foram instalados 40 novos parques eólicos, totalizando 108 empreendimentos, e acrescentados 1 GW no sistema. Esse mesmo volume foi injetado anteriormente em um período de 13 anos, de 1998 a 2011. Demonstrando um salto virtuoso da participação da fonte na matriz (MELO, 2013 p.126).

A capacidade instalada consolidada até 2018 se aproxima dos 14,5 MW de geração de energia elétrica advinda de fonte eólica, possibilitando o abastecimento de milhares de residências, além de importante no cunho ambiental é uma fonte do ponto de vista socioeconômico relevante na geração de emprego e renda, principalmente em regiões carentes, com economias estagnadas, em sua maioria no semiárido brasileiro¹⁴⁴.

Ao abordar o estado e a relação dinâmica que o mesmo tem com as energias, cabe permear o campo dos leilões de energia voltados às renováveis, para entender como o crescimento delas tem se comportado no mercado. O sistema via leilão de geração de energia atua desde 2005, e até outubro de 2019 já realizou 41 leilões de energia, sendo: 26 Leilões de Energia Nova, 9 Leilões de Reserva, 3 Leilões de Fontes Alternativas e 3 Leilões Estruturantes. Foram cadastrados 1.244 projetos, sendo que corresponderam a 57% da matriz elétrica nacional (sem contabilizar os projetos cancelados) destes, 18% eram de energia eólica e 4% de energia solar fotovoltaica (salientando que a participação da solar fotovoltaica ocorreu a primeira vez no leilão A-6 – em setembro de 2019). Os contratos dessas fontes são mediante à modalidade e quantidade (enquanto para outras fontes é modalidade e disponibilidade) e o prazo estabelecido é de 20 anos de suprimento (EPE, 2019c).

As modalidades de leilões podem ser Leilão de Energia e Leilão de Transmissão, para as empresas poderem participar do Leilão (para a modalidade a qual se inscreveu) precisam fazer o cadastro técnico e estarem habilitadas. Os leilões regulados de geração e transmissão de energia foram introduzidos pela Lei nº 10.848/2004, que dispõe da comercialização de energia elétrica.

Por meio dos leilões gera-se concorrência que garante a redução de custos de novas instalações de geração e transmissão, beneficiando o consumidor com a menor tarifa, e ainda podem ser disputados entre agentes do setor e sujeito a entrada de empreendedores de outros setores e demais países.

¹⁴⁴ Não serão abordados neste trabalho os impactos sociais em virtude dos parques eólicos, visto que existem, no campo geográfico, vários trabalhos com o tema e vários exemplos podem ser encontrados no livro Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil (2019).

Quadro 10 - Leilões de Energia

Venda	Tornou disponíveis aos agentes distribuidores e comercializadores lotes de energia ofertados por empresas geradoras federais, estaduais e privadas, assegurando-se igualdade de acesso aos interessados.	2002 (ano que ocorreu o início dos leilões).
Compra	Distribuidores e comercializadores puderam comprar energia dos geradores, produtores independentes e comercializadores/distribuidores que possuíam sobras contratuais, permitindo o leilão de compra um ambiente competitivo para venda de lotes de energia por esses agentes.	2004 e 2004.
Reserva	O governo pode contratar novos empreendimentos de geração para proporcionar “reserva de capacidade” para aumentar a segurança de fornecimento de energia elétrica.	2008 a 2016.
Nova	Compra de energia proveniente de novos empreendimentos de geração, os empreendedores concorrem para a instalação e operação de usinas de geração para atender o crescimento da demanda prevista.	A-5: 2005 a 2017 (2012*) A-3: 2006 a 2015 (2012*) A-4: 2017 a 2019 (2020*) A-6: 2017 a 2019.
Fontes Alternativas	Instituído com o objetivo de atender ao crescimento do mercado no ambiente regulado e aumentar a participação de fontes renováveis (eólica, biomassa e energia proveniente de PCHs) na matriz energética brasileira.	2007, 2010 e 2015.
Estruturante	Lei nº 10.848/2004, adicionou as prerrogativas do CNPE: “indicar empreendimentos que devam ter prioridade de licitação e implantação, tendo em vista seu caráter estratégico e de interesse público, que visem assegurar a otimização do binômio modicidade tarifária e confiabilidade do Sistema Elétrico” (Lei nº 9.478/1997).	2007, 2008, 2010, 2014*.
Existente	Contratar energia gerada por usinas já construídas e em operação, cujos investimentos já foram amortizados e possuem um custo mais baixo.	A-1: 2009, 2010, 2014, 2015, 2016 A-2: 2019 A-4: 2020 (postergado por tempo indeterminado).
Sistemas Isolados	Sistema elétrico, que em sua configuração normal não esteja conectado ao SIN. Atualmente, existem cerca de 250 localidades isoladas no Brasil, maior parte na região Norte.	2009 (Boa Vista e localidades conectadas).
Ajuste	Visam adequar a contratação de energia pelas distribuidoras, tratando eventuais desvios oriundos da diferença entre as previsões feitas, distribuidoras em leilões anteriores e o comportamento de seu mercado.	.
Excedentes	Visou a venda dos excedentes de energia elétrica das concessionárias e autorizadas de geração decorrentes da liberação dos contratos iniciais, bem como os montantes estabelecidos nas Resoluções ANEEL nº 267, 450 e 451, todas de 1998, compreendidos como energia de geração própria.	2003

Fonte: elaboração própria a partir de documentos publicados pela EPE (2020d)

Notas: *Cancelados. A sigla A-nº indica o horizonte de contratação desse leilão, ex.: leilão A-1 indica processo licitatório para a contratação de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração existentes realizado com um ano de antecedência do início do suprimento. E assim por diante.

Quadro 11 - Leilões de Transmissão

Transmissão	A legislação do setor elétrico determina que o processo de outorga de concessão das novas instalações de transmissão seja efetuado através de licitação ou autorização, a depender da natureza, linhas de transmissão ou subestações novas.	nº 02/2017 nº 02/2018 nº 04/2018 nº 02/2019
--------------------	---	--

Fonte: Elaboração própria a partir de documentos publicados pela EPE (2020d).

Os leilões de energia são mecanismos de mercado que visam aumentar a eficiência da contratação de energia, além de ser a principal forma de contratação de no Brasil também fortalecem o setor, já que visam atender ao crescimento do mercado no ambiente regulado e aumentam a participação de fontes renováveis, para a contratação de energia elétrica, pelos agentes de distribuição do SIN.

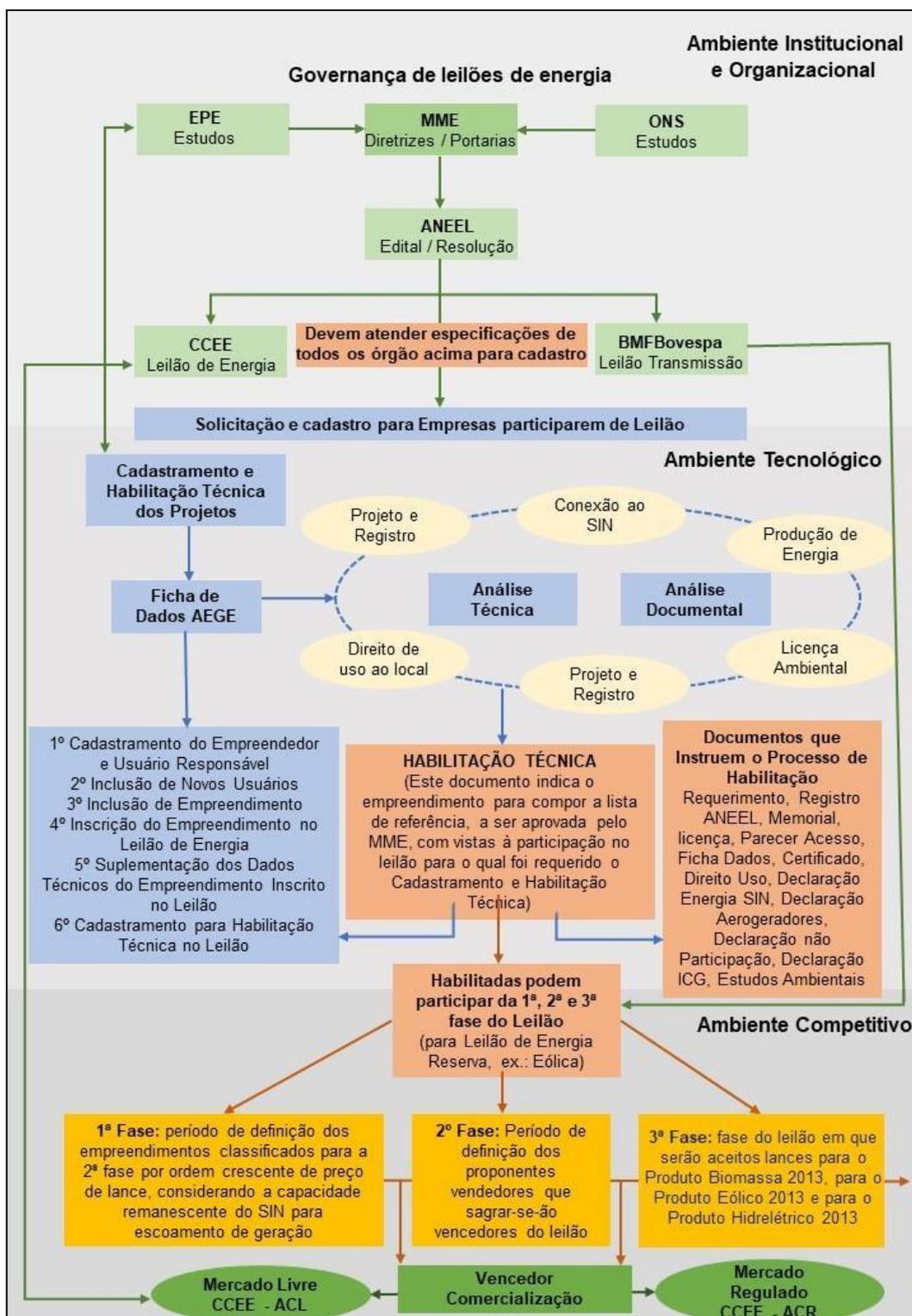
A energia elétrica começa seu percurso nas usinas geradoras, no Brasil, a maior demanda vem das hidroelétricas, termoelétrica e energia eólica, estas são as de maior destaque. Nesse setor produtivo as distribuidoras de energia e agentes comercializadores, estes não produzem, mas podem atuar no mercado livre, comprando ou vendendo energia.

Na dinâmica dessa cadeia aparecem os investidores que operam por meio de licenças, concessões ou autorizações, que podem ser temporárias ou com possibilidade de renovação. As empresas do setor para operar estão submetidas a uma série de regulamentações de várias instituições, sendo ANEEL a principal, a iniciativa privada também é responsável pela geração e auxílio para que empresas possam gerir de forma eficiente este recurso.

Por esse sistema, concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do SIN garantem o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). Quem realiza os leilões de energia elétrica é a Câmara de comercialização de energia elétrica (CCEE)¹⁴⁵, por delegação da ANEEL.

¹⁴⁵ Leilão de fontes alternativas foi regulamentado por meio do Decreto nº 6.048, de 27 de fevereiro de 2007, o qual altera a redação do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004 (CCEE, 2020).

Figura 7 - Síntese esquemática da estruturação do processo de formação à execução do Leilão



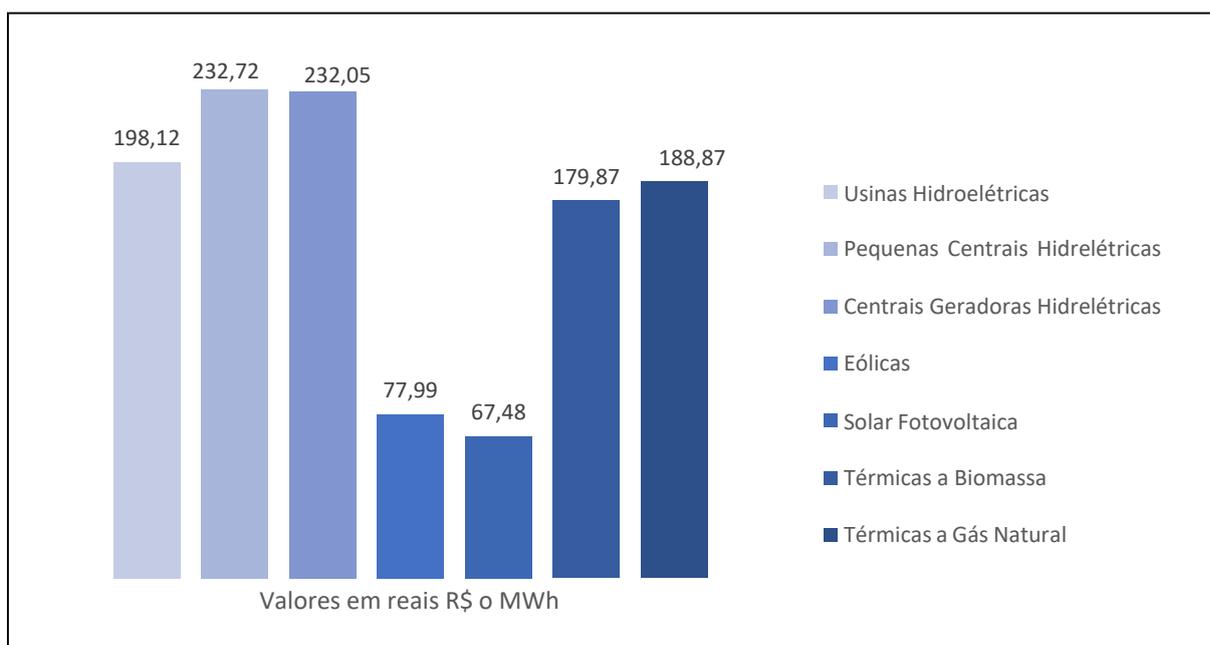
Fonte: Elaboração própria com base em documentos publicados pela EPE (vários anos), ANEEL (vários anos), CCEE (vários anos) e BRASIL (2012).

A estruturação organizacional e todos os processos envolvidos nas diferentes fases para que o Leilão aconteça e as empresas possam se cadastrar e habilitar, competindo até o resultado final, é extremamente complexo e dotado de normas e especificações e, de maneira geral, a figura 16 faz uma síntese dessa esfera.

Em 2019 o governo brasileiro definiu a agenda de Leilões voltados à compra e à venda de energia até 2021¹⁴⁶, e no Leilão A-4, ocorrido em junho de 2019, foram contratados 15 projetos, resultando num total de 81,1 MW médios ou, aproximadamente, 401,6 MW de capacidade instalada; já no Leilão A-6, em setembro de 2019, foram contratados 1.702,46 MW médios, oriundos de 27 empreendimentos, de acordo com a EPE (EPE, 2020c).

Com os valores do Leilão A4 verifica-se o quão competitivas as energias alternativas estão no mercado frente as demais, sendo estas as fontes mais acessíveis no leilão.

Gráfico 18- Resultado de preços do Leilão de Energia A-4



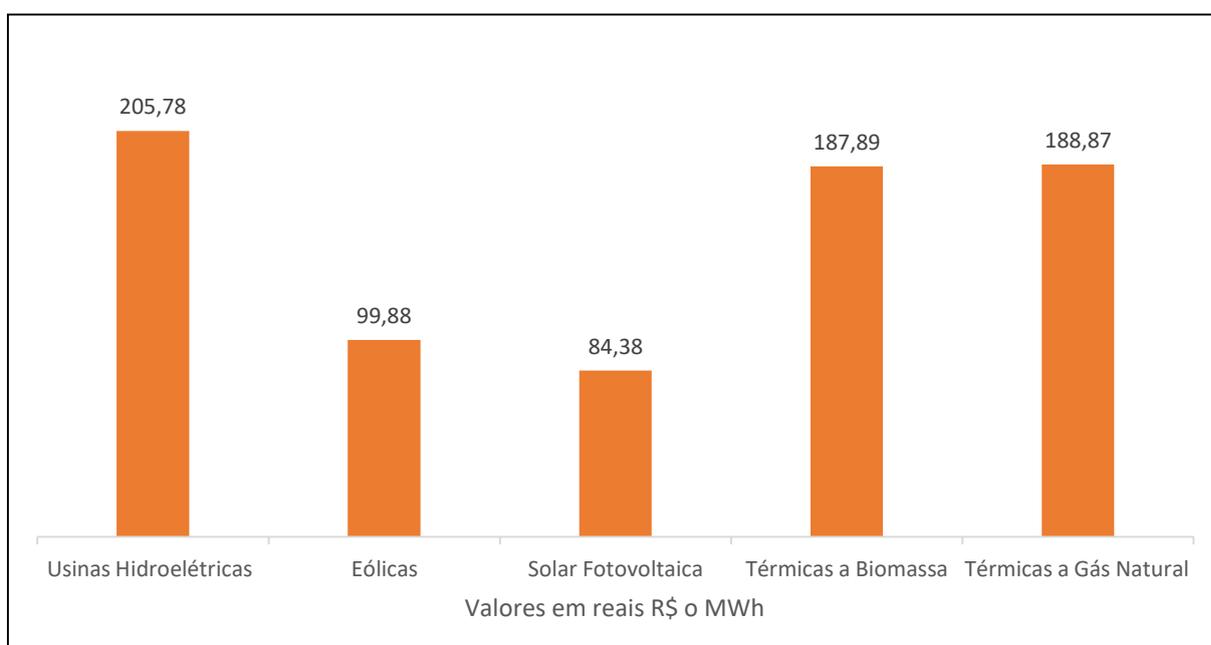
Fonte: Elaboração própria a partir dos Dados EPE - Leilões de energia elétrica 2019c.

Um fator relevante para o crescimento energético eólico se deve ao desenvolvimento da tecnologia, fazendo com que o custo da energia gerada se torne

¹⁴⁶ Alguns cancelados por tempo indeterminado devido à Covid-19.

competitivo, tanto que em 2019 os empreendimentos eólicos tiveram o preço médio final de R\$ 77,99/MWh, passando o valor da energia hidráulica (usinas) que ficou na casa de preço final em R\$ 198,12/MWh, a energia solar fotovoltaica foi a segunda mais barata no leilão com preço final R\$ 67,484/MWh, sendo esta a primeira vez que a venda de projetos de energia solar foi inferior que a energia eólica (EPE, 2019c).

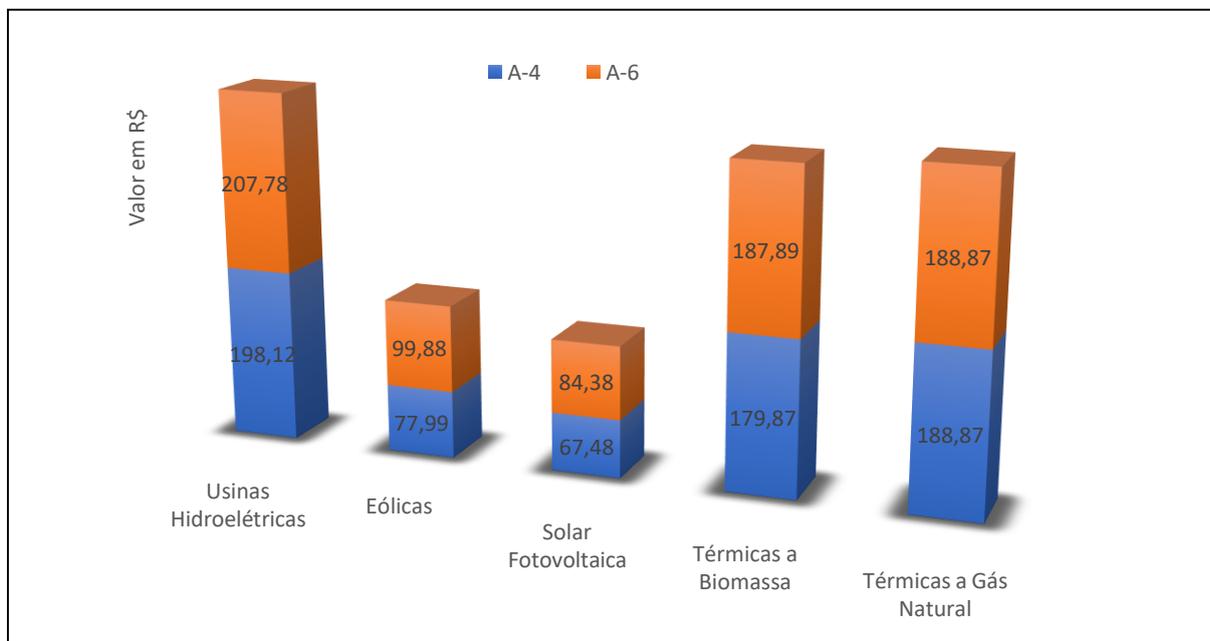
Gráfico 19 - Resultado de preços do Leilão de Energia A-6



Fonte: Elaboração própria a partir dos Dados EPE - Leilões de energia elétrica 2019c.

Nos leilões, a energia solar e eólica em 2019 foram mais competitivas frente às demais, no entanto, a pequena diferença de três meses entre um leilão e outro demonstrou acréscimo no preço médio final da energia eólica em R\$ 21,89 MWh e solar em R\$16,99 MWh, ainda a sazonalidade de entrega dos contratos foi alterada para ambas as fontes.

No Leilão “A-4” a sazonalização dos contratos seguiu o perfil de geração dos empreendimentos, enquanto no “A-6” optou-se pela sazonalização conforme o perfil de carga, o que permite uma competição mais isonômica e valoriza os empreendimentos que melhor atendem aos requisitos do consumidor (EPE, 2019c, p.04).

Gráfico 20 - Comparativo de preços das fontes de energia nos Leilões A-4 e A-6

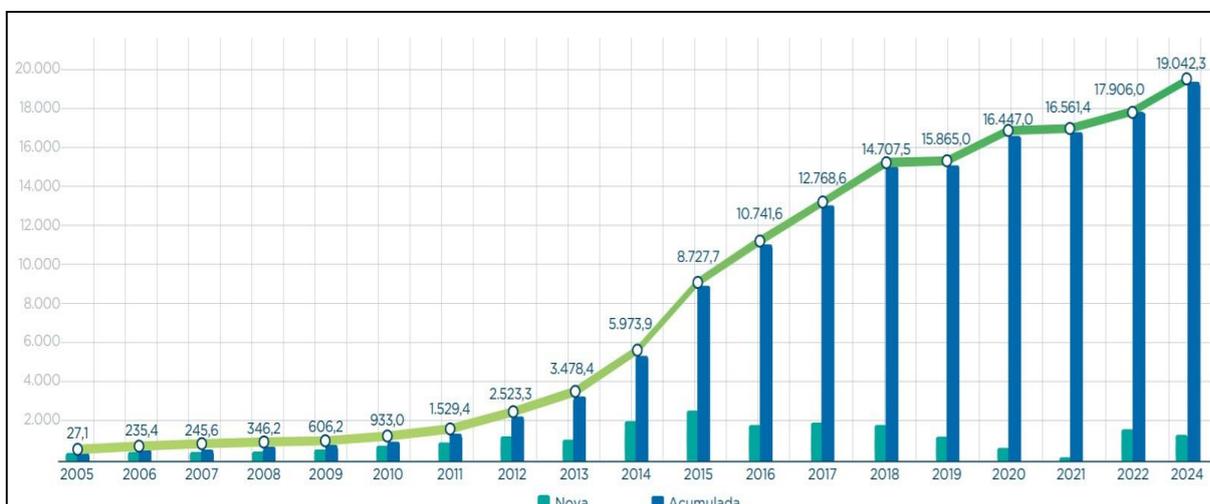
Fonte: elaboração própria a partir de dados da EPE (2019c) EPE (2019d).

Em ambos os Leilões (A-4 e A-6) a energia solar fotovoltaica pode ser considerada bastante competitiva quando comparada a outros países, e no Brasil, e inferiores, pela primeira vez, aos valores ofertados para a fonte eólica.

Ressalta-se, contudo, que os empreendedores optaram por comercializar via leilões no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) cerca de 30% a 50% de sua Garantia Física, deixando o restante descontratado para negociações no Ambiente de Contratação Livre (ACL). Assim, os preços obtidos nos leilões não podem ser tomados como uma referência de custo de energia da fonte, dado que os projetos receberão uma composição das duas receitas como remuneração. Mesmo considerando as diversas estratégias dos agentes, os valores alcançados e os volumes negociados pela fonte solar fotovoltaica indicam um amadurecimento da tecnologia no país e resultarão em benefícios ao consumidor (EPE, 2019d, p.05).

Além dos leilões e sua importância para o setor como forma de assegurar a expansão e operação eficiente do sistema elétrico, não podemos esquecer os fornecedores dessa cadeia, indispensáveis para que a mesma ocorra, como empresas, indústrias e investidores do setor energético renovável eólico.

Gráfico 21 - Evolução da capacidade instalada (MW) em função das contratações realizadas



Fonte: ABEEólica, 2018 - Boletim anual.

O gráfico 21 representa a evolução da capacidade instalada e o crescimento da fonte eólica nova e acumulada em função das contratações já realizadas nos leilões regulados e também no mercado livre. Até chegar às redes de distribuição e comercialização a energia é assistida por diferentes órgãos: CCEE, EPE, SIN, ONS, MME, CNPE, ANEEL. A energia pode ser comprada / vendida por meio de licitações, clientes regulados, clientes livres¹⁴⁷, intermediários, e produtores de energia. A negociação da energia pode ser descrita como:

Etapa de negociação entre os potenciais consumidores do mercado livre de energia (consumidores com demanda superior a 3MW) e as geradoras, detentoras de projetos de parques eólicos que ainda não foram implementados. Esse formato de negociação ocorre dentro do Ambiente de Contratação Livre (ACL), onde empresas negociam seus contratos diretamente com os geradores de energia, evitando a intermediação das distribuidoras. Essa negociação direta permite a obtenção de preços bem mais competitivos dado que não estão sujeitos a um intermediador que possui múltiplas atribuições e necessidade de remuneração de seus próprios investimentos. A negociação da energia pode ocorrer ao longo de qualquer etapa da cadeia, inclusive após a conclusão do investimento e da entrada em operação comercial, de maneira que a etapa apresentada aqui seria deslocada no fluxograma. A etapa equivalente no âmbito do ACR corresponde à participação no leilão ANEEL (BITTENCOURT et al, 2017, p.82).

¹⁴⁷ Aquele cujas unidades consumidoras satisfazem, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei nº 9.074, de 1995, porém não adquirem energia elétrica no ambiente de contratação livre (ANEEL, 2020).

O funcionamento do modelo de mercado do setor elétrico brasileiro define que a comercialização de energia elétrica pode ser negociada em dois ambientes de mercado, o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Quadro 12 - Ambiente de Contratação

Modalidade	Ambiente de Contratação Livre (ACL)	Ambiente de Contratação Regulado (ACR)
Participantes	Geradores, concessionários de serviço público de geração, produtores independentes de energia ou autoprodutores, consumidores livres, comercializadores, importadores e exportadores de energia.	Geradoras, distribuidoras e comercializadoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia existente (Ajuste e A-1).
Contratação	Livre negociação entre os compradores e vendedores, sendo que os acordos de compra e venda de energia são pactuados por meio de contratos bilaterais.	Realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da ANEEL.
Tipo de contrato	Acordo livremente estabelecido entre as partes.	Regulado pela ANEEL, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR).
Preço	Acordado entre comprador e vendedor.	Estabelecido no leilão.

Fonte: adaptado pela autora de CCEE (2020a).

Os agentes de geração (concessionários de serviço público de geração, produtores independentes, autoprodutores, comercializadores) podem vender energia elétrica nos dois ambientes ACR ou do ACL, mantendo o caráter competitivo e registrados na CCEE, estes servem de base para a contabilização e liquidação das diferenças no mercado de curto prazo (GUERRA; YOUSSEF, 2011).

No ambiente ACL há a livre negociação entre os agentes geradores, sendo que os acordos de compra e venda de energia são pactuados por meio de contratos bilaterais. No ACR os Agentes Vendedores e os Agentes de Distribuição de energia elétrica, a fim de garantir o atendimento aos seus mercados Guerra e Youssef (2011), podem adquirir energia das seguintes formas, de acordo com o art. 13 do Decreto nº. 5.163/2004, que estabelece energia contratada: nos leilões de compra de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração existentes, inclusive os de ajustes, e de novos empreendimentos de geração; proveniente de geração distribuída; usinas que produzam energia elétrica a partir de fontes eólicas, PChs, biomassa, a partir do PROINFA, Itaipu Binacional, cotas de garantia física de energia e de potência definidas para as usinas hidrelétricas cujas concessões sejam prorrogadas ou licitadas e Angra I e II.

As Regras de Comercialização são um conjunto de equações matemáticas e fundamentos conceituais, complementares e integrantes à Convenção de Comercialização de Energia Elétrica, instituída pela Resolução Normativa ANEEL n. 109, de 26 de outubro de 2004, que associadas aos seus respectivos Procedimentos de Comercialização, estabelecem as bases necessárias para a operação comercial da CCEE e estipulam o processo de contabilização e liquidação (GUERRA; YOUSSEF, 2011, p. 28).

O funcionamento do mercado econômico de energia elétrica passa por algumas etapas, em um primeiro momento acontece o processo de comercialização em que os interessados participam do Sistema de Leilões e do mercado livre no ACR, os compradores são apenas as distribuidoras, já que são a única forma de contratar grande volume de suprimento para o longo prazo. Os contratos têm prazos que podem durar vários anos, o comprador baseia-se em projeções de consumo e o vendedor projeta o volume de consumo que irá produzir com base na ONS, podendo gerar assim variações entre o volume contratado e aquele efetivamente movimentado. Para equilibrar a diferença é feito o “spot” (operações de curto prazo no mercado) pela CCEE a fim de zerar mensalmente as partes através da compra ou venda da energia elétrica (GUERRA; YOUSSEF, 2011).

Nesse cenário os “atores principais” são os Geradores de energia que também têm livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como competem neste mercado e são denominados de Agentes Geradores, Produtores Independentes e Autoprodutores, podem vender sua produção de energia tanto no ACR como no ACL, estes ainda podem ser classificados em Concessionários de Serviço Público de Geração, Produtores Independentes de Energia Elétrica, e Autoprodutores (GUERRA; YOUSSEF, 2011).

Na comercialização participam a Categoria dos Agentes Importadores e Exportadores, Comercializadores e Consumidores Livres. Os agentes podem ser do tipo Agentes Obrigatórios, com participação obrigatória na CCEE e Agentes Facultativos com participação arbitrário na CCEE (CCEE, 2020b).

O mercado de energia elétrica pode passar pelo Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) não menos importante mas indispensável, é utilizado para valorar os volumes de energia liquidados na CCEE (diferença entre energia contratada e consumida ou gerada), para cálculo usa-se como base o custo marginal de operação

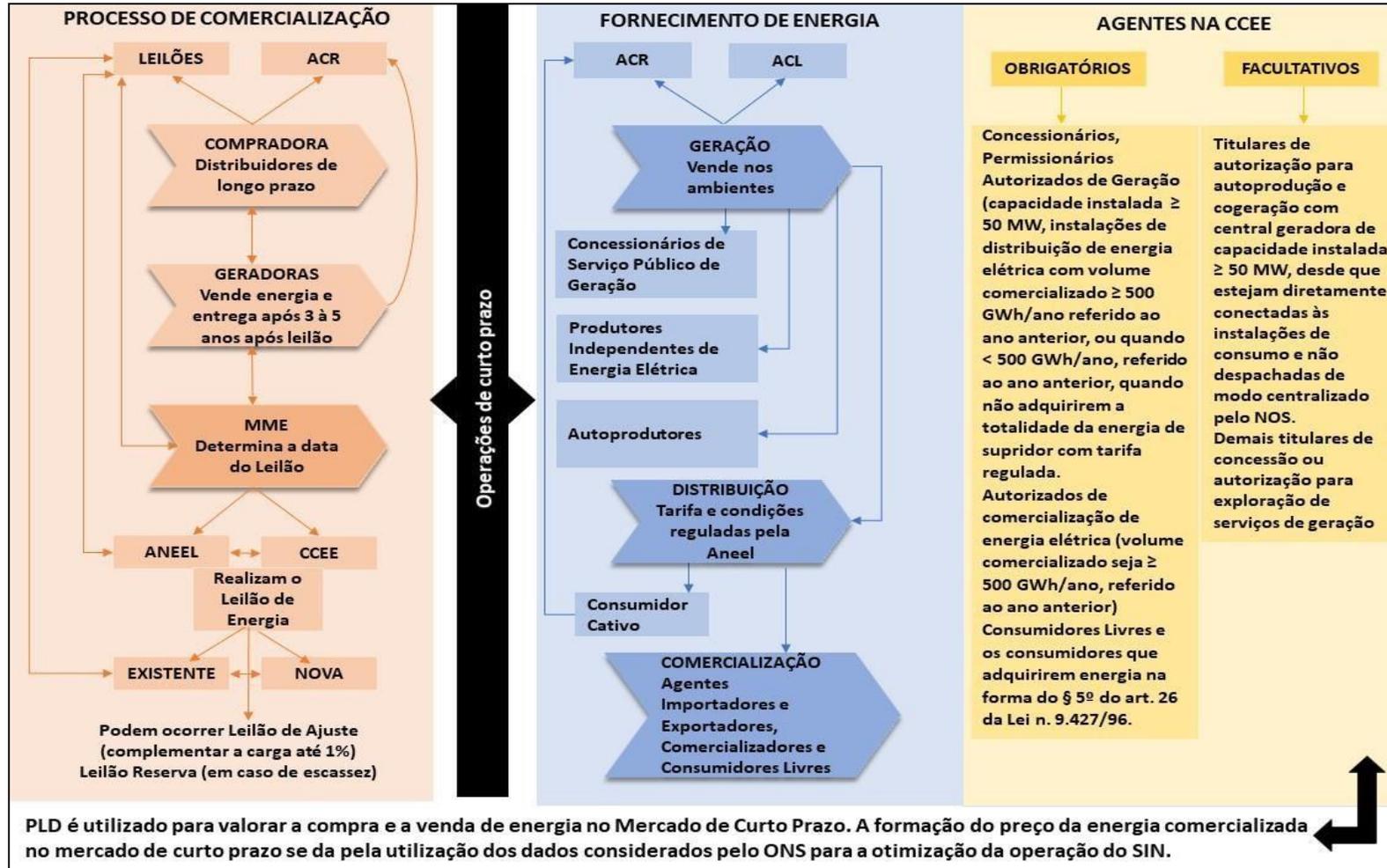
(CMO) calculado¹⁴⁸ pelo nos, visando otimizar o custo de energia e segurança no fornecimento (CCEE, 2020b).

Para todo esse mercado girar é indispensável entender o papel dos Leilões, os quais devem garantir o atendimento à totalidade de seu mercado ACR. A ANEEL cabe à regulação das licitações para contratação e a realização do leilão diretamente ou por intermédio da CCEE.

Para definir o vencedor, o critério utilizado é o de menor tarifa (quem ofertar energia elétrica pelo menor preço o Mega-Watt à demanda prevista pelas distribuidoras), assim os Contratos de Comercialização de Energia Elétrica em Ambiente Regulado (CCEAR) serão celebrados entre os vencedores e as distribuidoras conforme ano de início de suprimento da energia contratada no leilão (GUERRA; YOUSSEF, 2011).

148 Para este cálculo se faz uso de modelos matemáticos e estatísticos, como o Newave e o Decomp.

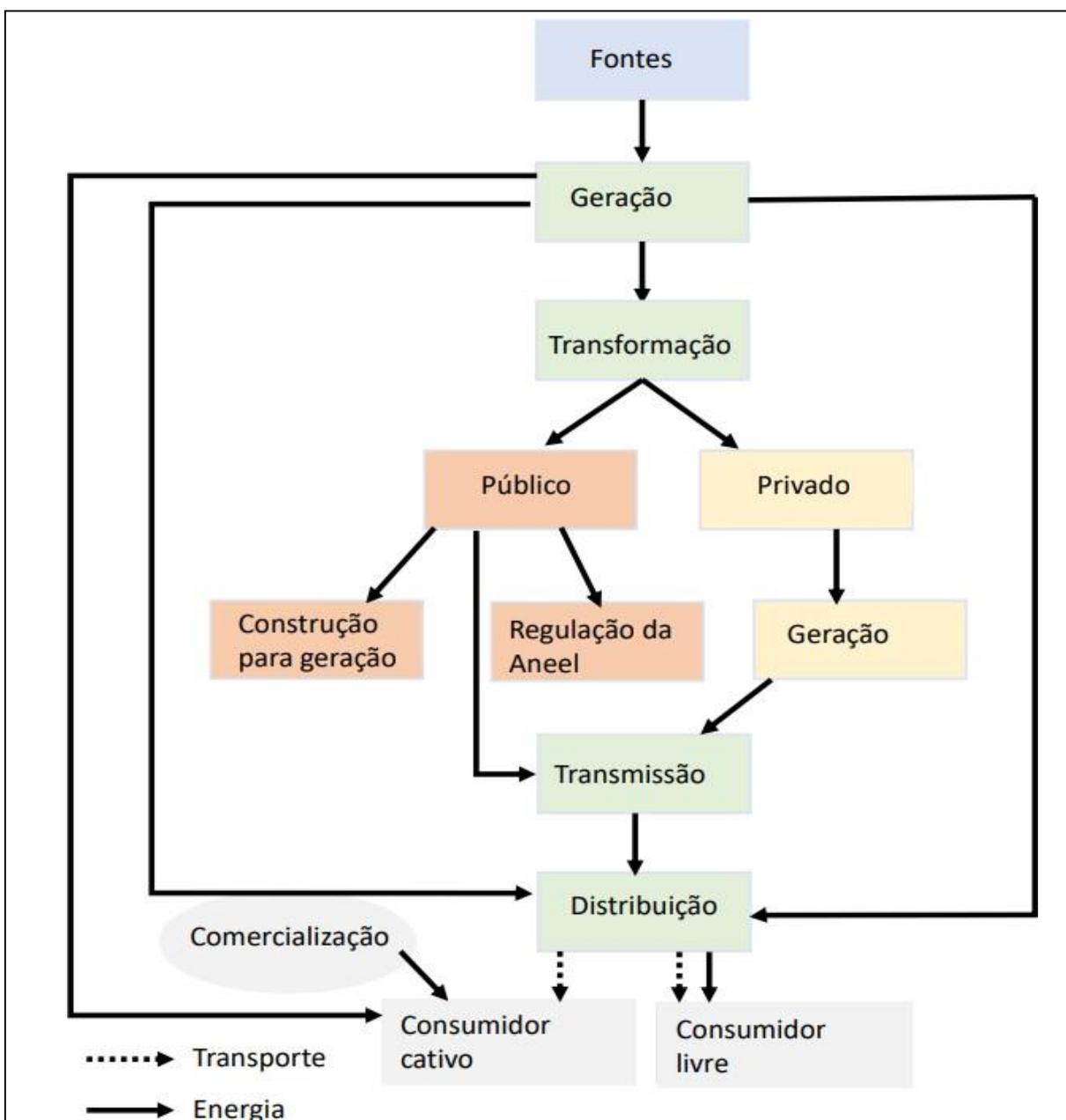
Figura 8 – Processo econômico do mercado de eletricidade nacional



Fonte: elaboração própria com base em CCEE (2020) e Guerra e Youssef (2011).

A figura 9, de maneira geral, tenta reproduzir o caminho da energia elétrica, independente da fonte proveniente até os diferentes consumidores e setores a usufruir.

Figura 9 - Energia da geração ao consumo, aspecto físico



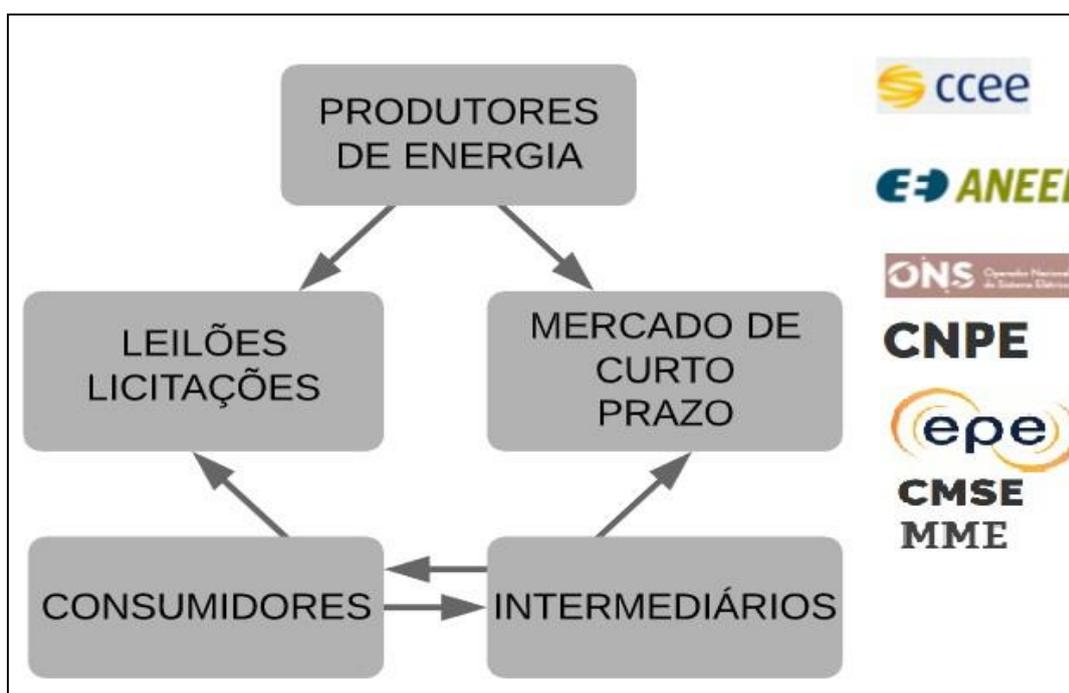
Fonte: Elaborado pela autora.

Na estrutura organizacional do sistema elétrico vários são os atores institucionais envolvidos que participam de forma ativa do setor, tanto nas transações, comercialização, fiscalização, como regulamentações do setor.

De acordo com a ANEEL, resolução nº. 482/12, ao consumidor cativo só é permitido comprar energia da distribuidora detentora da concessão ou tem permissão na área onde se localizam as instalações do acessante, e, por isso, não participa do mercado livre e é atendido sob condições reguladas; já o consumidor livre, na resolução da ANEEL nº 506/12, está definido como o agente da CCEE, da categoria de comercialização, que adquire energia elétrica no ambiente de contratação livre para unidades consumidoras que satisfaçam, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei nº 9.074, de 1995.

As reformas do setor elétrico foram mais estruturadas após 1996 como forma de tornar o setor mais competitivo na geração e expansão entre diversos agentes de forma descentralizada, com a participação da iniciativa privada tanto no processo como nos investimentos, no entanto, tanto a distribuição como a transmissão permanecessem regulados por estarem caracterizados como setores de monopólio natural¹⁴⁹.

Figura 10 - Estrutura comercial da energia



Fonte: Adaptado de HUAYLLAS (2008).

¹⁴⁹ Situação de mercado em que o tamanho ótimo de instalação e produção de uma empresa seria suficientemente grande para atender a todo o mercado, de forma que existiria espaço para apenas uma empresa. O monopólio natural existe sempre que a demanda é pequena o bastante para ser totalmente coberta por apenas uma empresa, com produção que atenda a um decréscimo de custos por economia de escala (SANDRONI, 1999).

Desta maneira os órgãos de comercialização, regulamentação e fiscalização fazem parte de toda dinâmica da cadeia produtiva da energia, a estruturação do mercado da energia se diferencia basicamente do nível de competição entre geradores, com total competição na geração e com escolha para o varejista e o consumidor final, o modelo não é função do tipo de propriedade pública ou privada.

A concessão para exploração de energia eólica aos proprietários dos parques permitem em média de 20 a 35 anos no caso de mercado regulador, dependendo os contratos e possíveis adendos. As mudanças que aconteceram no setor elétrico brasileiro (privatizações) resultaram em novos modos de contratação e implantação de grandes parques de energia, bem como no perfil dos proprietários dos empreendimentos. Antes eram empresas estatais do próprio setor, atualmente, são agentes econômicos de diversos setores, como: bancos, eletrointensivos, construtoras, fundos de pensão, empresas de energia elétrica privadas, etc. (PORTO, 2007).

Quadro 13 - Empresas¹⁵⁰ atuantes no mercado de energia eólica do Brasil

Bioserve	Análise de viabilidade técnica e econômica, instalação, operação e manutenção de micro/mini aerogeradores.	Esteio - RS	Brasil	Empresa utiliza equipamentos fabricados pela Enersud. Atua nos estados da região Sul e países fronteiriços.
Enerfin do Brasil Sociedade de Energia Ltda	Gestão de projetos de investimento de energia eólica em todas as suas fases de desenvolvimento. Promove, desenvolve, financia, constrói e explora projetos de investimento em energia eólica, no mercado brasileiro.	Porto Alegre - RS	Espanha	Responsável pelo desenvolvimento e gestão dos ativos de geração, detém os direitos e obrigações para exploração de energia dos parques eólicos do grupo, Enerfin do Brasil Sociedade de Energia, LTDA, Ventos do Sul, S.A, Ventos da Lagoa, S.A., Ventos do Litoral, S.A., Ventos dos Índios, S.A e Parques Eólicos Palmares, S.A.
Eletrovento	Oferece soluções em energia elétrica utilizando geradores eólicos de pequeno porte e sistemas fotovoltaicos.	Mairinque - SP	Brasil	Atua no mercado de energia solar, eólica e iluminação a LED.

¹⁵⁰ Algumas destas empresas trabalham em mais segmentos, não apenas no eólico, sendo destacado apenas este ramo de atuação, este quadro foi criado até fevereiro de 2020, podendo a qualquer momento ser atualizado. É resultado de uma busca constante entre pesquisas em sites de notícias referente a energias renováveis, buscas pelo tema, e por regiões, podem haver mais empresas atuantes no mercado eólico nacional, devida a dificuldade de mapeamento, ainda algumas informações não estavam disponíveis na rede.

Canoas Eólica	Aerogeradores (turbinas eólicas) de médio e pequeno porte.	Franca - SP	Brasil	Aerogeradores desenvolvidos no Brasil em parceria ao ITA, única com variador de passo e posicionamento azimutal ativo totalmente projetado e desenvolvido no Brasil. Equipamento pode ser adquirido pelo Finame ou cartão BNDES.
THS Machine	Fabricante de gerador eólico de pequeno porte.	São Carlos - SP	Brasil	A THS Machines promete máquinas 100% brasileiras para menor custo e maior competitividade para os investimentos.
WEG	Fabricante de aerogeradores, gerador solar e outros.	Jaraguá do Sul, SC (sede)	Brasil	No Brasil, possui 14 parques fabris, sua sede e principais unidades industriais estão em Jaraguá do Sul-SC.
Viga Caldeiraria	Fabricação e montagem de torres eólicas entre outros setores (civil, naval, siderúrgico, agrícola, mineração, ferroviário).	Itapetinga - BA	Brasil	.
Casa dos Ventos Energias Renováveis	Na prospecção e desenvolvimento dos projetos e, posteriormente, implantação e operação das centrais geradoras.	São Paulo, Salvador e Fortaleza	Brasil	Uma das pioneiras e principais investidoras no mercado de energia eólica do Brasil. Com empreendimentos no Nordeste brasileiro desde 2007, atualmente referência no setor eólico.
Energia Pura	Mercado de mini e microgeração de energia solar e eólica Grid-tie/off-grid.	São Paulo - SP	Brasil	Responsável pelo primeiro prédio e primeira prefeitura do Brasil a usarem energia eólica; fornece aerogeradores de primeiro módulo brasileiro na Antártica: a Criosfera.
Transfortech Engenharia	Fabricante de transformador, Importação e comercialização de mini aerogeradores. Atua na manutenção preventiva, corretiva de subestações de parques eólicos, solares e indústrias.	Maracanaú - CE e Blumenau SC	Estados Unidos	Empresa do grupo SEI.
Wind Power	Comercialização de Micro/Mini geradores, Instalação de Micro/Mini geradores.	Fortaleza - CE	.	Representa no Brasil e utiliza em seus projetos micro aerogeradores fabricados pela americana Southwest Winpower.
Wobben Windpower	Fabricante de aerogeradores (turbinas eólicas).	Sorocaba - SP (sede), Pecém -CE, (Fábrica de Torres) Juazeiro (BA)	Alemanha	É subsidiária da ENERCON GmbH.
ACCIONA	Construção, operação e manutenção de instalações eólicas.	São Paulo Rio de Janeiro, Ceará e Pernambuco.	Espanha	Integrada tecnologia com a Nordex na fabricação de turbinas eólicas.

Green Energy	Comercializa turbinas eólicas, projetos técnicos, instalação e montagem.	Rio de Janeiro - RJ	Reino Unido	Utiliza aerogeradores da qual é representante exclusiva da fabricante Anhui HUMMER Dynamo, empresa Chinesa.
Echoenergia	Desenvolve, implementa e opera projetos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis.	São Paulo - SP (matriz) Operacionais nos estados Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia.	Reino Unido	Faz parte da Britânica Actis voltado ao desenvolvimento e operação de projetos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis.
Enersud	Turbinas eólicas- micro e mini geradores.	Maricá - RJ	Brasil	Desenvolveu o primeiro aerogerador (eixo vertical) de pequeno porte com tecnologia 100% brasileira.
Fujiwara Enterprises	Importação e comercialização de mini aerogeradores.	São Paulo - SP	Japão	Empresa de importação de tecnologia japonesa. O aerogerador Airdolphin é um dos seus produtos.
Nordex Energy Brasil	Fabricante de turbinas eólicas - produz barreiras, cubos, pás de rotor e torres de concreto.	Lagoa do Barro do Piauí -TE (fabrica)	Alemanha	Turbinas eólicas de alto rendimento e baixo custo das marcas Acciona Windpower e Nordex.
Siemens Renewable Energy Grupo Siemens Gamesa	Fabricante de turbinas eólicas.	Camaçari -Ba (fábrica) São Paulo (sede)	Espanha	A Siemens Gamesa Renewable Energy S.A., anteriormente Gamesa Corporación Tecnológica S.A. e Grupo Auxiliar Metalúrgico S.A.
Tecsis	Fabricação de pás personalizadas para turbinas eólicas.	São Paulo - SP	.	Fornecer pás para os maiores produtores de turbinas eólicas do mundo.
Enercon	Fabricação de aerogeradores.	São Paulo - SP	Alemanha	Maior empresa de Alemanha de aerogeradores.
GE Renewable Energy	Energia, tecnologia, aviação.	Canoas - RS	EUA	A Alston de origem Francesa instalada em Canoas RS foi comprada pela General Electric, a justificativa do fechamento foi o cancelamento de uma encomenda de 500 torres eólicas.
Vestas	Projeta, fabrica, instala e presta serviços em turbinas eólicas.	Fortaleza- CE (fábrica) São Paulo-SP (matriz)	Dinamarca	.
Aeris Energy	Fabricante de pás e geradores, ainda faz inspeção, manutenção e reparos.	Caucaia- CE	Brasil	Produz pás para clientes como; Acciona, GE, Suzlon, Vestas e WEG. Em 2018 abriu filial nos EUA.

Fonte: Elaborado pela autora.

As empresas, no quadro 13, estão em diferentes classificações, já que algumas são fabricantes de aerogeradores e habitualmente são chamadas de montadoras, uma vez que recebem componentes fabricados por outras empresas e realizam a integração dos sistemas. Outras apenas fabricam peças (componentes e subcomponentes), ou são fornecedoras, distribuidoras, prestam serviço de projeto, planejamento, fazem operação ou manutenção.

Cabe ressaltar que a integração total do aerogerador acontece diretamente no parque eólico, quando é realizada a montagem da torre é acoplado o cubo, as pás e a nacele. A maioria das unidades fabris se dedicam geralmente à montagem da nacele e do cubo do rotor, podendo também fabricar torres e pás (ABDI, 2018).

Algumas destas montadoras que atuam no Brasil são credenciadas pelo FINAME/ BNDES, dentre os 50¹⁵¹ maiores clientes do BNDS a Weg Equipamentos se encontra na 30ª posição, com um montante financiado, desde 2004 até 2019, de R\$ 5.537 milhões BNEDS (2020c), a empresa também é o único fabricante de origem brasileira a entrar no setor de aerogeradores, além da atuação como montadora através da WEG ENERGIA, fabrica inversores e sistemas de controle (WEG Automação) e transformadores e subestações (WEG Transmissão & Distribuição).

O desenvolvimento da indústria de energia eólica no Brasil pode ser explicado por fatores estruturais importantes, além do progresso tecnológico alcançado pela indústria, e as características e abundância do vento brasileiro, aliado a leilões de mercado regulado e condições de financiamento. Esses critérios, dentro de uma conjuntura internacional de crise econômica, vêm tornando o mercado nacional competitivo, além de reduzir os custos de produção e dos preços negociados nos leilões de energia (MELO, 2013, p.126).

O Norte e o Nordeste viraram o principal polo da energia eólica do Brasil e produzem 85% da energia eólica do país, não apenas por ser o pioneiro na instalação desta fonte para aproveitamento na geração de energia elétrica, mas pela rica potencialidade em vento nessas regiões. O investimento nessa fonte no Brasil foi norteado principalmente pela presença do Produtor Independente de Energia, em face de flexibilidade proporcionada pela legislação do setor elétrico em curso (ALVES, 2010).

Diferente das condições europeias e norte-americanas, onde há muita variação, com ventos multidirecionais, os ventos nordestinos são de excelente qualidade, sopram em velocidades altas por longos períodos, com baixa turbulência e pouca variação de direção, além de não haver ocorrência de furacões, tornados e ciclones. Esta característica oportuniza o desenvolvimento de aerogeradores específicos para esta condição, que já vem sendo chamada por alguns especialistas de “Classe Brasil” (RECHARGE, 2014, p. 28).

¹⁵¹ Operações do Cartão BNDES e pessoas físicas não foram incluídas neste ranking.

Outro fator que torna o Nordeste um potente polo de geração de energia eólica é a grande concentração de fornecedores e equipamento de grande porte, como por exemplo as torres, já que a maioria dos fabricantes se concentra nessa região, a indústria de serviços apesar de estar presente em diversas regiões do país, sua maior representatividade também é no Nordeste, que pela proximidade com os parques eólicos minimiza gastos com o transporte e facilita a logística.

A região Nordeste apresenta a maior concentração de fornecedores, fato que pode ser explicado pela adesão de todos os estados ao Convênio ICMS nº16/2015¹⁵², que os autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sob determinadas condições (BITTENCOURT, 2017).

A identificação de potenciais polos da cadeia eólica no Brasil depende da análise de diferentes aspectos dessa indústria no país. Primeiramente, é preciso considerar a questão da desigualdade regional brasileira, resultado de diferentes processos históricos, que tem como consequência a grande concentração industrial e de produção no estado de São Paulo, e que influencia diretamente a disposição da indústria eólica no Brasil. Além disso, outros aspectos considerados relevantes são o potencial eólico, a presença da indústria de fabricantes e de prestadores de serviços, a presença de mão de obra qualificada e a disponibilidade territorial para a instalação de parques (BITTENCOURT, 2017, p. 177).

Além dos parques eólicos, o Nordeste detém a maior capacidade instalada e de geração do Brasil, mesmo somado todos os outros estados juntos. A região Sudeste apresenta destaque sendo o segundo maior potencial eólico do país, apesar da pequena quantidade de parques eólicos instalados, fato que talvez se dê pela grande densidade populacional, já que parques demandam de grande expansão territorial.

¹⁵² Autoriza os Estados do Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal autorizados a conceder isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, estabelecido pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

Quadro 14 - Regiões e usinas eólicas por submercado¹⁵³

Região	Potencialidade	Região	Geração (MW)	Capacidade Instalada (MW)
Nordeste	Maior potencial eólico, com maior e constante vento, grande concentração de fornecedores perto dos parques eólicos	BA	1.107,276	4.070,39
		CE	227,866	2474,76
		PB	20,448	153,95
		PE	121,801	597,285
		PI	292,248	1.638,1
		RN	502,077	4.243,93
		SE	3,759	34,5
Norte	.	MA ¹⁵⁴	48,841	426
Sudeste	Concentra nesta região a maioria dos fornecedores de componentes e de subcomponentes, além de considerável proporção dos serviços, por estes estarem em grande quantidade nessa região, pode ser um fator atrativo para as empresas fabricantes de componentes, que demandam os subcomponentes para a sua produção.	RJ	2,334	28,05
Sul	Terceiro maior potencial eólico do país, com pequena quantidade de parques eólicos, no entanto a criação indústria eólica local, é praticamente inexistente, por empresas do mercado.	PR	1,914	11,5
		RS	601,613	1.777,865
		SC	39,382	224,099
Norte e Centro-oeste	Não se observa número relevante de empresas da indústria eólica, talvez pela diferença de desenvolvimento econômico entre as regiões do Brasil, e pelo baixo potencial eólico quando se comparado as demais regiões.	.	.	.

Fonte: Elaboração própria com dados da InfoMercado Dados Gerais -CCEE (2020) e Bittencourt (2017).

¹⁵³ Divisões do SIN para as quais são estabelecidos Preços de Liquidação de Diferenças - PLDs específicos e cujas fronteiras são definidas em razão da presença e duração de restrições relevantes de transmissão aos fluxos de energia elétrica no SIN.

¹⁵⁴ Os dados retirados das planilhas do CCEE, estão com uma regionalização diferente, onde o MA está como Norte. A linha que divide cada submercado é determinada por limites de intercâmbio presentes no sistema de transmissão, ou seja, restrições elétricas no fluxo de energia entre as diversas regiões do país (CCEE, 2020).

Os dados referentes à geração e capacidade instalada de cada região foram retirados da CCEE (2020), tendo como base o último mês publicado (março de 2020), a geração corresponde à contabelização de usinas que têm pelo menos uma unidade geradora em operação comercial e/ou em teste, e que esteja vigente até a última hora do mês de março de 2020.

A região Sudeste, apesar de ter pequena capacidade instalada e de geração, é uma região de destaque no potencial eólico já que os fatores que caracterizam a importância para a indústria eólica no Brasil se deve ao avançado desenvolvimento econômico e eficiente infraestrutura quando comparado a outras localizações do país, além da presença de mão de obra qualificada para a construção de componentes e subcomponentes da indústria eólica, principalmente em São Paulo.

De acordo com os últimos dados da CCEE (2020) referentes ao número de usinas eólicas de geração em operação e comercial¹⁵⁵ ou em teste¹⁵⁶ contabilizaram no ano de 2020, no mês de janeiro, 614 unidades; fevereiro 615; e março 623 usinas eólicas em funcionamento pelo Brasil. Já o número de usinas com garantia física definida em ato regulatório¹⁵⁷ no mesmo ano, em janeiro eram 522, fevereiro 553 e março 566 usinas distribuídas pelo país.

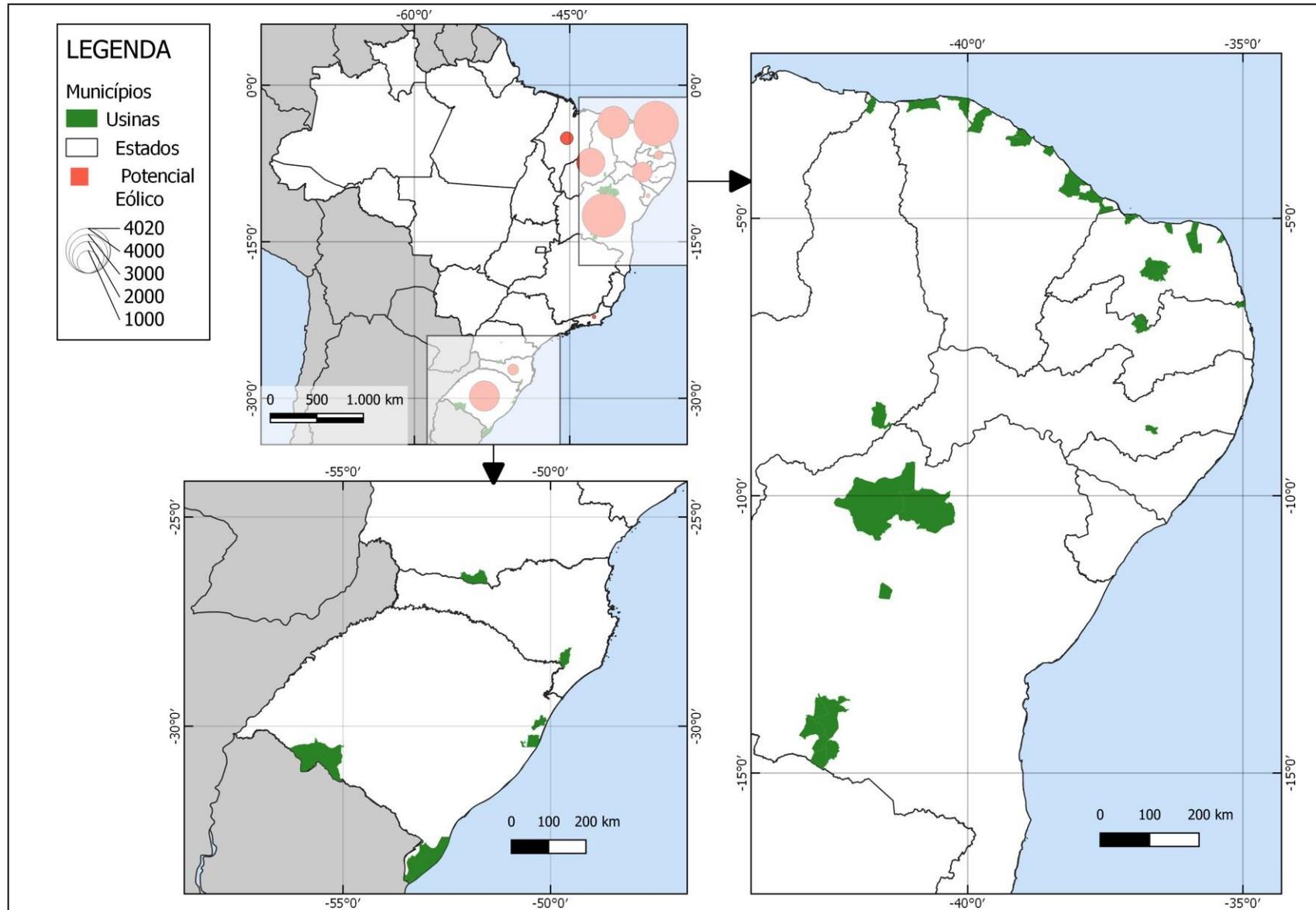
A geração de energia offshore (onde as turbinas são instaladas sobre a água), está ganhando espaço no exterior tendo a Inglaterra em destaque como grande potência. Apesar da tendência internacional, o Brasil ainda não explorou seu potencial elétrico offshore, mas alguns estados do país já realizaram levantamentos sobre seus potenciais: Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Dos estados brasileiros onde existem informações referentes aos atlas, pode-se dizer que o Rio Grande do Sul é o estado de maior potencial onshore, enquanto a Bahia é líder em potencial offshore (BITTENCOURT, 2017 p.45).

¹⁵⁵ Situação operacional em que a energia produzida pela unidade geradora está disponibilizada ao sistema, podendo atender aos compromissos mercantis do agente ou para o seu uso exclusivo, e cuja autorização da ANEEL deve ser efetuada pelos agentes para fins de contabilização da sua energia no âmbito da CCEE ou para a comercialização direta com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica.

¹⁵⁶ Situação operacional que se configura após a conclusão das obras associadas à geração de energia, visando atender às próprias necessidades de ajustes de equipamentos e verificação de seu comportamento do ponto de vista sistêmico e atendimento de consumo próprio, e cuja autorização pela ANEEL deve ser efetuada pelos agentes para fins de contabilização da energia no âmbito da CCEE ou para a comercialização direta com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica.

¹⁵⁷ Quantidade de energia elétrica associada ao empreendimento definida pelo MME e utilizada como referência para cálculo da garantia física para fins de lastro e MRE. A determinação da garantia física e suas revisões são propostas em conjunto pelo ONS e pela EPE, com homologação pela ANEEL e pelo MME.

Figura 11 - Complexos Eólicos instalados no Brasil e potencial energético por Estados até 2019



Fonte: Elaborado pela autora com base em Pereira (2019) e atualizado com dados dos sites das empresas.

Na região Sul, com destaque no Estado do Paraná, a Usina denominada de Complexo Eólico de Palmas (CEP), situada na região de Horizonte ao sul do Estado do Paraná, é composta de cinco aerogeradores de 500 kW cada, totalizando 2,5 MW. Foi a primeira usina Eólioelétrica da região Sul do Brasil com montagem feita em tempo recorde de uma semana, começou a operar em 1999, implantada pela Centrais Eólicas do Paraná, a Copel participava, inicialmente com 30%, atualmente adquiriu 100% e em 2012 passou efetivamente a fazer parte do parque gerador da Copel quando a ANEEL aprovou a reversão da concessão para a Copel Geração S.A. (COPEL, 2018).

Em julho de 2019 em visita de campo ao Complexo Eólico de Palmas – PR, (figura 22) verificou-se que o mesmo, por exigir maior demanda por energia, planejou aumentar sua capacidade de geração com projeto para ser o Complexo Eólico Palmas II (CEP II), para este foi elaborado o estudo do Relatório de Impacto Ambiental (Rima) que contempla o Complexo Eólico (Eólicas Sul) que compreende o Parque Eólico Água Santa, Parque Eólico Serra da Esperança e Parque Eólico Eólico das Aucárias, pertencentes ao Complexo Eólico Palmas II (CEP II), a ser instalado, a implantação se dará pela associação dos grupos empresariais Gaboardi, Incomex e Torresani, em uma área de 40,89 km².

Figura 12 - Complexo Eólico Palmas-PR



Fonte: Arquivo pessoal julho de 2019

O CEP II terá início com a implantação de uma usina intitulada de Tradição Piloto, com potência instalada de 6,6 MW, esta energia “já está vendida e aberta a novos investidores nacionais e estrangeiros, bem como à empresas interessadas na aquisição de energia renovável e muito mais barata do que no mercado regulado”, de acordo com Ivo Pugnaroni, diretor da Enerbios¹⁵⁸, para execução do parque novas tecnologias de construção de torres eólicas de 120 e 160 metros serão utilizadas devido ao potencial sub avaliado no Atlas Eólico da região (FOCHZATO, 2020).

A regulamentação da energia gerada de forma distribuída pelos próprios consumidores abriu perspectivas comerciais nunca antes levadas em conta. Avaliou que a conjunção de geração eólica com o agronegócio, pecuária, agricultura, reflorestamento, já que a geração eólica não interfere nestas atividades, estimula a participação dos agricultores nesse setor como uma atividade paralela (FOCHZATO, 2020).

As torres serão construídas com treliças metálicas populares na Europa, na China e na Índia, mas pouco utilizadas no Brasil, para suportar os geradores de 120 metros de altura, estas possuem igual resistência e sofrem menor tração lateral do vento, a intenção é contratar serviços e produtos na região de Palmas, já que a mesma tem notório destaque no Brasil como fornecedora de serviços especializados no setor eólico. Serão oito parques eólicos – Campo Alegre, Pederneiras, Santa Cruz, Santa Maria, São Francisco, Taipinha, Tradição e Tradição Piloto – que deverão estar interligados à subestação de Palmas, através de linha de transmissão de 28 quilômetros, com traçado previsto para faixa de domínio da PRC-280 (FOCHZATO, 2020).

A estimativa dos investidores é que durante a fase de implantação deverão ser gerados até 500 postos de trabalho diretos, entre as mais diversas funções e formações, onde pretende-se priorizar a contratação de mão de obra local. Posteriormente, para a operação e manutenção serão pelo menos 25 postos de trabalho fixos. Também haverá empregos diretos na execução de pelo menos 19 programas ambientais durante e após as obras (FOCHZATO, 2020).

Existem dificuldades e gargalos que o setor eólico enfrenta no mercado, como, por exemplo, viabilizar a implantação dos parques, melhorando a logística e agilizando o licenciamento ambiental, cumprindo os compromissos de geração já firmados em leilão (ganhando assim a credibilidade junto aos consumidores); capacitar mão de obra;

¹⁵⁸ Empresa que integra o empreendimento no município de Palmas.

construir uma indústria nacional de equipamentos competitiva; verificar a manutenção de um arcabouço fiscal favorável; divulgar o potencial de benefícios para a sociedade; viabilizar diferentes fontes de financiamento para o setor em maior prazo; e garantir a conexão das instalações no sistema elétrico (HUMMLER, 2011).

O Brasil tem destaque no cenário internacional por ser pioneiro nas instalações de parques eólicos na América Latina, já que foi o primeiro a implantar políticas de incentivo a essa tecnologia que rendeu a 5ª posição no ranking mundial de expansão da capacidade instalada de geração eólica em 2016, segundo ranking do Global Wind Energy Council¹⁵⁹ (GWEC) ainda este colocou o Brasil como o 9ª país com maior capacidade acumulada de geração eólica no mundo (10.740 MW), superando a Itália, e mantendo o primeiro lugar na América Latina (MME, 2017). Somado a isso, também foi o 5º maior gerador de empregos e o 4º maior em volume de investimentos no mundo, trazendo ao setor o benefício de ganho significativo no setor em acordos internacionais firmados em atenção às mudanças climáticas.

Em 2015, quando o Brasil adotou o Acordo de Paris da COP21, já estabeleceu as bases para a cooperação internacional em 2020 por meio de adoção dos compromissos nacionais firmados pela INDCs, para redução de GE até 2025. No que se segue, a dinâmica do mercado de energia renovável às empresas, instituições, nos regimes de comércio e volume de investimentos neste setor, tornou mais permeável o mercado mundial à circulação de bens e capital, viabilizando a industrialização nos países emergentes, incorporando novos negócios, consumidores, trabalhadores, montadoras, reorganizou a produção em série, remodelou a cadeia, viabilizou com forte redução de preços os bens industriais, qualificou mão de obra e prestadores de serviço, gerando aumento de produtividade consolidando mercado, expandindo empresas globais e fortalecendo a economia, gerando benefícios ao meio ambiente e alterando comportamentos em relação com a mudança de consumo para fontes renováveis.

A concorrência entre países com empresas atuantes nessa área é um forte mecanismo eficiente que gera desenvolvimento de tecnologia e desperta fontes de financiamento, bem como investidores com interesses públicos e privados. A principal

159 Entidade internacional especializada em energia eólica, que apontou acréscimo de 2.014 MW entre janeiro e dezembro de 2016. Para fins de comparação, a ANEEL apurou, no mesmo período, expansão ainda maior, de 2.491 MW.

preocupação do setor energético privado consiste em poder cobrar uma tarifa a fim de cobrir os custos operacionais e gerar superávit para que o capital amplie e invista tecnologicamente, obtendo taxa de retorno satisfatória para seus proprietários e valor no mercado de ações (BAER, MCDONALD, 1997).

Ainda os pontos de estrangulamentos na cadeia da energia eólica são os gargalos que restringem o desenvolvimento do setor e o crescimento industrial, já que os fabricantes instalados no Brasil não estão todos completamente instalados, assim a capacidade fabril de cada empresa varia na medida que as fábricas estão sendo implementadas, que é determinada pela capacidade de cada fornecedor e, muitas vezes, se aloca perto de onde será implantado o parque eólico, e a capacidade de produção nem sempre acompanha a demanda de mercado (SIMAS, PACCA, 2013).

A dimensão territorial do Brasil, bem como as bacias eólicas, são bem distintas em relação a constante de ventos predominantes e localizadas em diferentes regiões, como exemplo a região Sul e Nordeste, assim, em determinada região tem um parque fabril de um equipamento específico enquanto em outra localização tem outro componente complementar dessa cadeia, isto não impede a implantação do projeto, mas dependendo da complexidade do parque eólico pode comprometer a execução do projeto, demorando devido à logística (SIMAS, PACCA, 2013).

Ainda, fabricantes (máquinas, equipamentos, sistemas e componentes) que não possuem código Finame e que não estão habilitados no programa de Credenciamento de Fornecedores Informatizado (CFI) do BNDES não são passíveis de ter seus equipamentos financiados pelo BNDES, o que dificulta quando se trata de um setor competitivo e com infraestrutura cara (MELO, 2013).

Portanto, nota-se que os aerogeradores não são commodities – não são necessariamente máquinas substitutas perfeitas entre si – não tendo o empreendedor eólico mobilidade de trocar facilmente de fabricante ou mesmo fazer escolhas aleatórias entre as máquinas existentes. Demonstrando essa indústria uma estrutura de oligopólio diferenciado. Dadas essas características, no curto e no médio prazos, o Brasil não possui excesso de capacidade para atender a demanda interna, considerando a característica de produto diferenciado do equipamento, não havendo, conforme mencionado, tanta flexibilidade para ajuste de projetos já negociados em leilões a preços de equilíbrio extremamente competitivos (MELO, 2013, p. 131).

As feiras tecnológicas visam disseminar inovação já que encontram condições para demonstrar aos visitantes as tecnologias e produtos que cada empresa participante tem

a oferecer, possibilitando que os mesmos comparem os resultados e serviços dos produtos oferecidos, movimentando a economia local, regional e nacional, através de aquisições via recursos próprios ou financiamentos (BAUERMANN, 2020).

A feira Ecoenergy - Feira e Congresso Internacional de Tecnologias Limpas e Renováveis para Geração de Energia que ocorre todos os anos desde 2011 no Brasil, visa expor as últimas tendências oferecidas para o mercado, tecnologias, produtos e serviços para o setor de energias renováveis, é organizada pela Cipa Fiera Milano¹⁶⁰. A feira proporciona soluções voltadas para toda a cadeia produtiva de energias renováveis, tendo como objetivo promover o desenvolvimento do setor.

Figura 13 - Ecoenergy 2019



Fonte: Arquivo pessoal, maio de 2019¹⁶¹.

160 Empresa especializada em feiras de negócios e revistas técnicas, objetiva aproximar organizações e criar oportunidades reais de negócios e de relacionamento na América Latina. É a filial brasileira da Fiera Milano, grupo líder em feiras e congressos na Itália e também um dos mais importantes no mundo.

¹⁶¹ Imagens da visita técnica à 8ª edição realizada em São Paulo no período de 21 a 23 de maio de 2019, o evento facilitou contato com agentes do setor energético, proporcionou a integração entre teoria

Dentro da feira ocorrem os Congressos Ecoenergy e Biomass Day, dos quais centenas de profissionais como engenheiros, instaladores, integradores, distribuidores e diretores do segmento e áreas correlatas participam, compartilhando conhecimento e ampliando cases e novidades.

Em visita técnica à 8ª Ecoenergy, em maio de 2019, verificou-se que o setor solar estava fortemente representado pelos maiores fabricantes, como a Zinshine Solar (China), Bluesun Solar (China), BYD (China), Sungrow (China) vários foram os representantes do mercado de aquecedores solares, baterias, bombas, células solares, coletores solares, inversores, placas termosolares, painéis fotovoltaicos, suportes para painéis fotovoltaicos, ainda subcomponentes, peças, equipamentos, acessórios, entidades setoriais, empresas de consultorias e projetos, pesquisa e desenvolvimento, representantes de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, e entidades financeiras participaram da feira, no entanto, nenhuma empresa do setor eólico participou.

3.3 GARGALOS PRODUTIVOS DA CADEIA PRODUTIVA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O desenvolvimento da indústria eólica viabilizou ganhos de produtividade e redução dos custos de geração dessa energia, essa difusão beneficiou o avanço da manufatura a ela relacionada e seu progresso depende da continuidade desse processo.

Para entender melhor o mercado da energia eólica, os desafios da cadeia produtiva e os aspectos relacionados ao setor, foi elaborado um questionário que consistiu em 23 questões, dividindo o tema em seções que contemplavam aspectos relacionados a: empresa e posição do profissional respondente; mercado; cadeia produtiva; e ambiente tecnológico.

Esse questionário foi direcionado a diferentes agentes das diversas partes da cadeia de energia eólica de empresas nacionais e estrangeiras estabelecidas no

e prática, foi possível verificar tendências e lançamentos divulgados recentemente no setor, visitar expositores (fornecedores da cadeia de energia) nacionais e importados, além de ouvir palestras e fazer mini-cursos com especialista da área. A 9ª Ecoenergy a ser visitada, seria realizada em 2020, e foi cancelada devido à Covid 19, com previsão para junho de 2021.

Brasil, o mesmo foi enviado de forma online, no formato Google Docs¹⁶², e consistia em questões abertas, fechadas e de múltipla escolha.

Foram enviados 97 questionários via e-mail e LinkedIn¹⁶³ no ano de 2020, entre os meses de julho à dezembro, e foram obtidas 16 respostas; dentre os respondentes estavam agentes de empresas importantes do setor, como a agência reguladora ANEEL, comercializadora de energia elétrica Cortesa, empresas privadas, como: Vestas do Brasil Ltda, Casa dos Ventos, América Energia, Light S.A, Eneva S.A, Brasil Energia, departamento de pesquisa da FGV, entre outros.

Cabe ressaltar que as informações aqui apresentadas são de caráter qualitativo, representam o conhecimento e experiências profissionais e de mercado, parte das respostas retratam aspectos relativos à opinião dos respondentes sobre a situação atual cadeia produtiva e suas diferentes esferas da energia eólica no País, certos apontamentos corroboram com a hipótese, fundamentando a tese.

Como se trata um mercado bastante dinâmico e em constante desenvolvimento, algumas empresas podem ter sofrido “alterações” (fusões, aquisições, privatizações) até a publicação do presente trabalho. As perguntas de cunho pessoal (nome da Empresa em que o respondente atua; setor que trabalha; e quanto tempo) não serão identificadas a fim de manter o sigilo sob o qual foi proposto ao enviar o questionário, bem como as demais respostas que foram tabuladas, compiladas e discutidas, serão expostas no decorrer do texto sem identificar os respondentes.

A questão referente a origem da empresa, se as mesmas atuam em empresa nacional ou empresa estrangeira, se de forma direta; fonte eólica, pesquisa, desenvolvimento, tecnologia, instalação, operação e manutenção, vendas, ou de forma indireta; comercialização, regulação, jurídica, (podem ser verificadas no apêndice 1, questão 4 e 5), em relação a empresa, área de atuação, setor, localização, forma de comercialização de energia, (apêndice 1 questão 6), sendo representadas as diferentes esferas; fabricante, planejamento, operação, manutenção, comercialização, pesquisa, entre outros.

A maioria das empresas trabalham em mais de uma área de atuação, sendo complementares e auto suficientes em diferentes e específicas partes da cadeia

¹⁶² Pacote de aplicativos do Google baseado em AJAX. As ferramentas do Google Docs funcionam de forma síncrona e assíncrona.

¹⁶³ Rede social de negócios fundada em dezembro de 2002 e lançada em 5 de maio de 2003.

produtiva, dos respondentes. A maior representatividade de atuação das empresas está no setor industrial, comercial e residencial, seguidas por outros, os dados que apontam a mesma empresa em mais de um setor respectivamente (para detalhamento consultar apêndice 1, questão 7).

Grande parte das indústrias são de origem nacional, a localização geográfica mais expressiva está alocada na região Sudeste, onde estão estabelecidas a maior parte dos fornecedores de componentes e subcomponentes sendo atrativo para fabricantes se estabelecerem, seguida pela região Nordeste, local que apresenta maior potencial eólico (grande parte de usinas eólicas alocadas), grande concentração de fornecedores perto dos parques eólicos, sendo esta localização estratégica favorecendo a logística e diminuindo custos, e por fim, a região Sul, que apesar de não ter grandes fabricantes, mas é a terceira maior concentração de ventos do Brasil, lembrando que a área geográfica das empresas podem estar implantadas em mais de um local, já que as vezes as empresas têm as fabricantes, montadoras e escritórios, em diferentes regiões do Brasil (detalhamento da localização das empresas ver apêndice 1 questão 9).

Em relação a como se dá a comercialização da energia, as empresas atuam nas duas modalidades de comercialização ACL e ACR. Na ACL quando o preço fica acordado entre o comprador e o vendedor, sendo livre a negociação entre os compradores e vendedores, e os acordos de compra e venda de energia pactuados por meio de contratos bilaterais, o consumidor mantém dois contratos, um com a distribuidora, pelo uso do fio de transmissão, e outro com a geradora, que será a responsável por comercializar a energia, assim a fatura paga pelo serviço de distribuição feita pela concessionária local tem preço regulado.

Na modalidade ACR, ambiente regulado com preço de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da ANEEL, neste mercado cativo, as tarifas são reguladas pelo governo, e cada unidade consumidora paga uma fatura mensal, que inclui o serviço de distribuição e a geração de energia, assim o preço de energia elétrica pago pelo consumidor final é influenciado pelo sistema de bandeiras tarifárias praticadas pela ANEEL, se as condições de geração são consideradas desfavoráveis como em períodos de seca, as tarifas se tornam mais caras para o consumidor.

Outra questão é referente às ações do Estado para auxiliar no desenvolvimento da cadeia produtiva eólica, por ser uma questão aberta, diferentes foram as opiniões dos respondentes, no entanto uma colocação foi fortemente reportada dizendo que

não existe, ou quando existe o Estado tem pouco incentivo. As demais respostas se direcionaram a dizer que deve haver uma redução no ICMS, incentivos e isenções fiscais, desconto no fio, desconto na TUSD, regulação, e falta de política de incentivo por meio de descontos na tarifa de transmissão e distribuição.

Sabe-se que existem alguns subsídios, redução de ICMS que podem adotar valores e mecanismos diferentes dentro de cada Estado, impactando onde a empresa/ indústria está localizada, no entanto é fato que os consumidores finais são responsáveis por pagar todos os encargos e tributos recolhidos ao longo da cadeia, ainda o elevado custo de insumos básicos de procedência nacional como o aço (que tem grande participação no aerogerador), e a elevada carga tributária constituem entraves econômicos sobre a cadeia de energia eólica.

Desde os primórdios o Brasil priorizou a construção das hidroelétricas, o baixo custo aliado a seu acionamento mais flexível sempre tornou uma opção mais vantajosa, reflexo deste sistema, é a primeira regulamentação do setor com a promulgação do Código de Águas (Decreto 26.234/34). Mas a crise hídrica de 2001 demonstrou o quanto o país se torna vulnerável, mostrando a necessidade de ter mais fontes renováveis que possam garantir o abastecimento energético contínuo, somados a isso às pressões internacionais para fontes com menor produção de GE (Protocolo de Quioto), fizeram com que o Brasil criasse o fomento à pesquisa relacionada à energia limpa, e abriu espaço na agenda da Política Energética Nacional (Lei 9.478/97, Lei 12.490/11).

Assim, o primeiro programa focado no desenvolvimento da energia eólica foi o Proeólica¹⁶⁴, para diversificar ainda mais a matriz energética foi criado o Proinfra, o qual favoreceu a instalação de fábricas de componentes e aerogeradores no Brasil, e o governo federal passou a celebrar parcerias com a iniciativa privada por meio de leilões e concessões públicas para empresas interessadas.

Dessa maneira, o maior desafio fiscal do setor é a insegurança do ambiente jurídico seguro e favorável com medidas que tornem a indústria eólica cada vez mais competitiva e com políticas públicas de incentivo.

¹⁶⁴ Resolução GCE n. 24/01, consiste em viabilizar a implantação de 1.050 MW, até dezembro de 2003, de geração de energia elétrica por fonte eólica, integrada ao sistema elétrico interligado nacional, promover o aproveitamento da fonte eólica, como alternativa de desenvolvimento energético, econômico, social e ambiental e promover a complementaridade sazonal com os fluxos hidrológicos nos reservatórios do sistema interligado nacional.

O governo federal, como forma de fomento, direcionou incentivos aos desenvolvedores dos parques eólicos. Na ocasião, criados incentivos voltados à desoneração dos equipamentos, serviços e insumos adquiridos pelos titulares de empreendimentos destinados à geração de energia eólica (POMMORSKY, 2021).

Os fomentos realizados pelo governo mais relevantes foram: o Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI)¹⁶⁵ que auxilia no desenvolvimento da infraestrutura; a Tabela do Imposto sobre produtos Industrializados (TIPI)¹⁶⁶ que reduz a zero o IPI sobre equipamentos e componentes utilizados em aerogeradores; Convênio CONFAZ ICMS 101/96¹⁶⁷; e por fim o Imposto de Importação. A incipiente produção nacional desenvolvida pela empresa Wobben Windpower, aerogeradores de potência igual ou inferior a 3.300 kVA (ou 2.640 kW) passaram a sujeitar-se à alíquota de 14%, para aerogeradores com potência superior a 3.300 kVA¹⁶⁸, eis que sem similar nacional, concedeu-se a alíquota zero (Resolução Camex 125/16) (POMMORSKY, 2021).

Outro modelo alternativo consistiu no Plano de Ação Conjunta Inova Energia, liderado pela Finep e que teve como objetivo fomentar a inovação e o aprimoramento da integração de sistemas, soluções e dispositivos (smart grids) aplicados nas cadeias de energias renováveis. Face ao escasso parque industrial destinado ao setor, o governo corrigiu falhas que tornavam inócuos os benefícios até então concedidos, em especial por conta do acúmulo de créditos de PIS/COFINS e ICMS. Dessa forma, ainda que mantida a tributação sobre a importação de aerogeradores inteiros, o governo baixou para zero a alíquota de PIS/COFINS incidente sobre peças e componentes adquiridos no exterior. A medida foi amplamente festejada pelo setor. (MP 656/14 convertida na Lei 13.097/2015)

¹⁶⁵ Instituído através da Lei nº 11.488/2007, beneficia com a suspensão da exigência da Contribuição para o Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) incidentes sobre bens e serviços os projetos voltados à implantação de infraestrutura nos setores de transportes, portos, energia, saneamento básico e irrigação.

¹⁶⁶ Criado pelo decreto 8.950/16.

¹⁶⁷ Convênio ICMS 101/96 - Altera o item 15.8 do Anexo I do Convênio ICMS 52/91, de 26.09.91, que concede redução da base de cálculo do ICMS nas operações com equipamentos industriais e implementos agrícolas.

¹⁶⁸ O valor de 3.300 kVA é a potência aparente e não pode ser comparada diretamente com a potência ativa ou nominal. Para se verificar a aplicabilidade da redução, faz-se necessário dividir a potência ativa/nominal pelo fator de potência.

Muitos Estados também fizeram sua parte, viabilizando a desoneração de toda a cadeia econômica do ICMS, balizados no Convênio ICMS 109/14. O Estado de São Paulo, por exemplo, implementou o diferimento de ICMS em operações com produtos destinados ao ativo fixo e de insumos usados na fabricação de partes e peças fornecidos às indústrias fabricantes de torres e aerogeradores. Uma vez incorporados no produto final, o diferimento converte-se em isenção (Decreto 57.142/2011 e Decreto 57.145/2011). Guardadas as devidas nuances, outros Estados como Ceará, Bahia e Pernambuco criaram mecanismos semelhantes.

Indiretamente, outros incentivos dos governos federal e estaduais impactaram positivamente na redução do custo dos equipamentos voltados à indústria eólica. Exemplos são o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) e a redução do imposto de renda a projetos prioritários no âmbito da Sudene, Sudam e Sudeco (POMMORSKY, 2021).

Ainda sobre questões referentes às ações do Estado para o desenvolvimento da cadeia produtiva eólica surgiram respostas como: a) falta de adequação da infraestrutura ao escoamento dos produtos; b) poucos incentivos para fabricação e montagem local com financiamento do BNDES: atendimento de índices de nacionalização para a disponibilização de financiamento dos bancos públicos, agilização dos processos de licenciamento e adequação da malha viária para o transporte de componentes; c) rotas estratégicas para a expansão na instalação das usinas eólicas para ampliação da capacidade instalada.

Em relação a falta de infraestrutura que neste contexto se relaciona com questões logísticas, fato central para o desenvolvimento do país e do setor, a malha rodoviária pavimentada do Brasil ainda é muito pequena, principalmente quando comparada com a de outros países de dimensão territorial semelhante, e existem trechos pavimentados em péssimas condições (CNT, 2016). As redes para transmissão de energia precisam expandir e ampliar as interligações regionais para dar maior segurança e confiabilidade ao suprimento de energia elétrica garantindo o escoamento de energia aos consumidores. De acordo com a EPE (2020a), é necessária a implantação das instalações de transmissão, porém pelo atraso advindo de diversas naturezas deve-se adotar um planejamento a fim de antecipar reforços estruturantes do sistema interligado, visando evitar os descompassos entre geração e transmissão.

O índice de nacionalização do setor eólico exige diferentes motivações para a importação de componentes e subcomponentes do aerogerador pelas montadoras, indiferente a estas motivações, muitas vezes são necessários financiamento do BNDES. No ano de 2009, com a introdução dos Planos de Nacionalização Progressiva (PNP) de

natureza individual, com metas negociadas diretamente com o fabricante interessado em ser credenciado, aumentou o otimismo entre os diversos fabricantes internacionais em se instalar no Brasil a fim de atender à crescente demanda nacional por turbinas eólicas decorrente dos leilões. Com isso, a predominância do BNDES como financiador do setor fez com que gerasse inovação na sua metodologia de credenciamento e em 2012 fortalece o Plano de Nacionalização Progressiva (Nova Metodologia de Credenciamento do Setor Eólico), com diretrizes uniformes a todos fabricantes de aerogerador no que concerne as etapas produtivas realizadas localmente e ao nível mínimo de localização de seus componentes críticos (FABRIS, 2020).

Além da necessidade de políticas públicas de incentivo o governo poderia ressaltar as esferas estaduais e federal a serem agentes desenvolvedores desse setor como instigadores e apoiadores deste processo, com projetos específicos, a fim de identificar as complementaridades necessárias a cada região e seu potencial. Em relação ao maior gargalo produtivo que dificulta a implantação e expansão de parques eólicos no Brasil e que restringem o desenvolvimento da cadeia produtiva, foram elencados pelos respondentes deficiências como o marco regulatório, seguido de políticas públicas e imposto sobre o produto e importações – afirmando a necessidade de intervenção do Estado para que o setor de energia eólica apresente maior crescimento.

Sobre a implantação de parques eólicos, se os mesmos podem ser comprometidos devido à capacidade fabril estar localizada em diferentes regiões do Brasil (quando alguns componentes como pás, nacelle ou torres não existirem unidades de fabricação dentro do parque), acredita-se que não existe interferência quando a sazonalidade dos componentes distantes dos parques, demonstrando que o transporte de componentes e subcomponentes (menores e em partes) tem uma logística tranquila até seu destino final (detalhamento ver apêndice 1 questão 13).

Considerando que em 2019 foram instalados 38 novos parques eólicos, com total de 744,95 MW de nova capacidade, e que o ano de 2019 terminou com 620 usinas e 15,45 GW de potência eólica instalada, o que representou um crescimento de 5,07% de potência em relação a dezembro de 2018, energia o suficiente para atender em média 28,8¹⁶⁹ milhões de residências e sabendo ainda que o potencial

¹⁶⁹ Cálculo feito pela média de geração de energia eólica em 2019, apresentada pelo Boletim de Geração

eólico é de 500GW apenas em geração onshore, com geradores que representam um padrão atual de 2 a 3 MW de potência instalados em torres de aproximadamente 150 metros de altura (ABEEÓLICA, 2019), as indústrias precisam melhorar a capacidade fabril dos aerogeradores e melhorar a potência a fim de produzir mais energia e tornar os custos menores, se tornando mais competitivas no mercado.

Em relação ao ambiente corporativo, foi questionado quais são os diferenciais competitivos da empresa, e diferentes pontos foram ressaltados, como: projetos sob medida visando custo x benefício; mapear os riscos da comercialização e sugerir modelos de mitigação; o formato dos contratos; qualidade final do produto e garantia operacional; qualidade humana com todos profissionais formados; qualificação técnica da equipe; e o pioneirismo em levantamento do potencial eólico, tendo uma base de dados muito consistente do potencial eólico de cada região, qualificação da gestão até a instalação e venda de energia, tradição, qualidade do produto/ processo e tecnologia de ponta, dinâmica, preço e prazo e uma empresa colocou que é a número um, em energia renovável na Índia com capacidade instalada, serviços que abrangem todo o ciclo de vida do projeto.

O desempenho do Brasil no quesito legislação, tecnologia, financiamentos, mão de obra qualificada, geração, distribuição (linhas de transmissão, infraestrutura) quando comparado com os demais países que utilizam energia eólica, como se dá essa comparação: a legislação é estilizada no desenvolvimento da energia eólica, pois aponta para uma correlação entre a expansão dessa fonte de energia e sua inserção nas matrizes energéticas de uma indústria a ela associada, já que o atual desenvolvimento da indústria eólica no mundo é fruto, sobretudo, da construção de políticas energéticas industriais de sucesso (ARAÚJO; WILLCOX, 2018).

Gerar empregos qualificados na indústria e evitar o vazamento de renda são outros motivos que levaram os países a articular suas políticas energéticas a políticas de industrialização na cadeia eólica. Buscam, com isso, os efeitos multiplicadores de emprego e renda na economia que são impulsionados pelo adensamento produtivo local (ARAÚJO; WILLCOX, 2018 p. 189).

eólica de 2019 da Abeeólica (2019) equivale ao consumo médio residencial de 28,8 milhões de residências, cerca de 86,3 milhões de habitantes, a energia gerada pela fonte eólica em 2019 foi capaz de fornecer energia elétrica residencial a uma população maior que a da região Nordeste, que tem mais de 57 milhões de pessoas.

Em relação à tecnologia os principais vetores de desenvolvimento são o aumento da capacidade de geração e maior eficiência na conversão de energia, a fim de viabilizar a tecnologia e o custo dos aerogeradores com maior potência de geração. Para tal é imprescindível o desenvolvimento de novos componentes e equipamentos como novas configurações do sistema de conversão de energia.

O domínio sobre essas tecnologias constitui importante diferencial estratégico na indústria eólica. Em geral, os fabricantes de aerogeradores especializam-se na capacidade de engenharia de projeto e desenvolvimento desse pacote. É comum que a fabricação dos demais pacotes aerodinâmicos e de sustentação seja terceirizada, em especial a do pacote de sustentação, por sua menor complexidade técnica. A gestão das cadeias de fornecimento é, assim, aspecto crítico da atividade dessas empresas (ARAÚJO; WILLCOX, 2018 p. 172).

Em relação ao financiamento o setor terá maior incentivo do BNDES, já que o mesmo divulgou em setembro de 2020 que aprovou financiamentos para fabricante nacional de pás para geradores eólicos, auxiliando na consolidação da cadeia produtiva nacional, reforçando a autonomia energética da fonte renovável no país, uma das empresas a aprovar o financiamento de R\$ 37,5 milhões foi a Aeris¹⁷⁰. Este recurso será destinado, em sua maioria, à aquisição de materiais industrializados de origem nacional utilizados na atividade produtiva, assim a empresa poderá cumprir contratos de venda de pás a clientes no período entre 2020 e 2022 (BNDS, 2020).

Em relação à mão de obra, as respostas obtidas demonstraram que não há uma ótima mão de obra qualificada, sendo suficiente ou regular, mas para aumentar a geração de empregos é importante que ela seja qualificada, é necessário investimento em capacitação, já que a busca por inovação eleva o desenvolvimento tecnológico e cria empregos estáveis e de alta qualificação (ver apêndice 1 questão 17).

O treinamento dos trabalhadores é fundamental para o desenvolvimento da energia eólica, e 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).

¹⁷⁰ Empresa com capital 100% nacional fabricante de pás eólicas localizada no município do Pecém (CE) que concentra mais de 50% do total potencial eólico brasileiro, segundo dados da ABEEólica, (2019). A empresa possui uma unidade nos Estados Unidos, para prestação de serviços de manutenção e assistência técnica.

Ao mesmo tempo, em razão de grande parte dos empregos gerados pela energia eólica ser 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 (SIMAS; PACCA, 2013, p.104).

Sobretudo a quantificação dos empregos em tecnologia renovável tem impactos sociais e econômicos que podem gerar, no local de implantação, os gargalos tecnológicos e de capacitação que o setor pode apresentar. Estudos com empresas do setor eólico na União Europeia mostraram a falta de profissionais qualificados, especialmente em posições que demandam maior nível de capacitação (BLANCO; RODRIGUES, 2009).

A geração de energia eólica em relação aos demais países (apêndice 1 questão 17) é regular, talvez por apresentar uma capacidade instalada de 15GW e o Brasil ter potencial para muito mais, uma vez que apresenta fortes ventos, principalmente no Nordeste na temporada de safra dos ventos (junho a novembro) e pela quantidade e constância deles.

De acordo com o relatório publicado na revista Power-technology (2020), destacam-se os dez maiores países produtores de energia eólica no mundo no ano de 2020 dentre eles a China lidera o ranking com 221 gigawatt (GW) de capacidade eólica instalada, seguida pelos Estados Unidos, Alemanha, Índia (possui a segunda maior capacidade instalada da ásia), Espanha, Reino Unido, França, Brasil (8º lugar no mundo de capacidade eólica instalada e 4º lugar no mix total de energia do país), Canadá e, por último, a Itália.

Em relação a distribuição (linhas de transmissão, infraestrutura) no Brasil quando comparando com os demais países, o que mais impulsionou o desenvolvimento da infraestrutura da fonte de energia eólica a partir de dois instrumentos de política: a implementação do Programa Proinfa e a ação do BNDES, que articulou o financiamento de longo prazo da infraestrutura à promoção da política de conteúdo nacional desta fonte, viabilizando a internalização da cadeia produtiva eólica no país, estas permitiram consolidar o mercado de energia eólica no Brasil, tanto a diversificação da matriz energética quanto a entrada do país no rol dos produtores de energias alternativas, mas que atualmente anda estagnada.

A transmissão e distribuição de energia por modalidade eólica constituem monopólios naturais, visto ser antieconômica a instalação de dois ou mais sistemas paralelos para atender o mesmo conjunto de consumidores, pela rede de transmissão a energia chega às

redes de distribuição, operadas por uma ou mais empresas concessionárias ou permissionárias privadas ou estatais, em cada estado (BEZERRA, 2019).

A remuneração do serviço de transmissão é realizada por meio da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão - TUST, enquanto a remuneração do serviço de distribuição é efetuada mediante pagamento de Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição - TUSD, ambas reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Por outro lado, a geração ocorre em ambiente concorrencial, realizada por meio de leilões ou de livre negociação (BEZERRA, 2019, p.9).

Em relação ao ambiente tecnológico, 50% dos respondentes atuam em empresas que geram tecnologia na forma de apoio financeiro à pesquisa ou como forma de parceria entre universidades e 50% trabalham em empresas que não geram tecnologia, por motivos como falta de capacitação dos profissionais, software, recursos, infraestrutura entre outros.

Nesse campo tecnológico, perguntou-se sobre os diferentes estágios dentro da cadeia produtiva da energia eólica que requerem necessidades específicas ou que exigem maturidade tecnológica, solicitando em questão aberta para apontar processos ou falhas que necessitam ser modificados para melhorar a cadeia produtiva. O resultado da questão apontou diferentes abordagens, como: a importância em integrar o setor naval no processo para permitir cabotagem e facilitar o transporte de equipamentos e componentes eólicos; tratamento dos resíduos após o ciclo de vida ou quando ocorrem acidentes, já que o processo rejeita muito concreto e fibra que deveriam ser obrigatoriamente reciclados; a logística interna nacional dificulta o acesso a novos projetos, fabricação de peças nacionais e capacidade das linhas de transmissão para escoamento da produção são ineficientes; o parque fabril nacional é muito carente, fazendo com que o Brasil, seja mais uma montadora do que uma fabricante; o investimento em pesquisa e desenvolvimento nas universidades é essencial para a criação de uma estrutura nacional que possa dar apoio e criar esse parque fabril; necessidade de meios de armazenamento energéticos inteligentes de excedentes; capacitação de pessoas, a fim de ministrar palestras, dias de campo e treinamento de alto nível, como especialização pra promover avanço tecnológico; planos regionais que auxiliem no desenvolvimento da indústria e da tecnologia nacional; desenvolvimento de fornecedores de castings (fundidos) e weldments ainda incipiente para o que a indústria eólica precisa, e por fim, torres mais altas e redução dos custos da tecnologia offshore wind.

Os fabricantes de aerogeradores (montadoras), recebem grande parte de componentes fabricados por outras empresas e realizam a integração dos sistemas, porém a instalação total do aerogerador acontece diretamente no parque eólico, as unidades fabris produzem geralmente a montagem da nacele e do cubo do rotor, podendo incluir no caso de maior verticalização, a fabricação das torres e das pás (ABDI, 2014). A fabricante de resinas epóxi HEXION Inc, já instalada no Brasil, favoreceu a produção do blend de resinas (epóxi e agente de cura utilizada para uso na estrutura de pás eólicas), após esta se instalou no país a empresa LM Wind Power, que produz resina de poliéster inserida na cadeia produtiva da pá. No fim de 2014, a Sardex, empresa alemã, iniciou as instalações voltadas à fabricação dos tecidos multiaxiais de fibra de vidro, a OWENS CORNING, fabricante dos fios (rovings) usados na confecção de tecidos de fibra de vidro utilizados nas pás eólicas, investiu em diversas melhorias e na ampliação de sua unidade em Rio Claro (ABDI, 2014).

A entrada de novos fabricantes no Brasil contribuiu para a diminuição da dependência de fornecedores monopolista, uma vez que estes itens têm grande participação no cálculo do conteúdo local da pá. Ainda existem produtos especiais de tecido de fibra de vidro, tecidos de fibra de carbono, espumas de PVC, madeira balsa, adesivos, selantes e revestimentos (massas, gelcoats e tintas) que são importados utilizados no acabamento das pás, apesar de haver no País diversos fabricantes de tintas com capacidade produtiva para fabricação necessários à proteção das pás eólicas, estes itens, geralmente por sua baixa participação em peso e valor na composição das pás, e por sua alta exigência técnica, à princípio não despertam interesse das montadoras e fabricantes de pás para sua nacionalização.

Existem ainda gargalos que precisam ser atendidos para que possa ter maior fluidez, desempenho e competitividade na cadeia de energia eólica, a autonomia do banco na proposição de linhas de financiamento, ajuda a solidificar a setor conciliando a expansão setorial com a uma política de conteúdo local.

As empresas com alto índice de nacionalização têm se dedicado à adaptações dos aerogeradores para condições nacionais, e à relação de melhorar a tecnologia como forma de adaptar projetos de aerogeradores para regiões específicas do Brasil, visando adequação e a otimização das máquinas, muitas montadoras estão investindo para melhor aproveitar as condições climáticas nacionais, outras acreditam que esta tecnologia já está consolidada. No entanto, a maioria das montadoras nacionais estão

em aprimoramento da tecnologia para desenvolver projetos próprios, mas é fundamental melhorar o conhecimento técnico para realização de projetos para o mercado nacional, a fim de propor opções tecnológicas utilizadas nos principais mercados mundiais (ver apêndice 1 questão 20).

Quando perguntado quais os desafios existem para que a tecnologia nacional dos itens se concretize, e como consideram a tecnologia nacional diante das tecnologias mundiais, as opiniões foram variáveis, apontando que é importante e necessário haver uma política industrial que favoreça a pesquisa, desenvolvimento e inovação, bem como investimentos para tecnologia de ponta nos geradores, conversores e controladores eletrônicos, ainda houve quem apontou que, no Brasil, na verdade não há uma tecnologia nacional, as máquinas montadas em território nacional são oriundas de condições não tropicalizadas, apesar de quase 15 anos de parques em operação, ainda há defeitos para o nosso clima que vem se repetindo e perdendo produtividade. Outra resposta colocou que o principal diferencial está na capacidade tecnológica para produção de itens nacionalmente, itens de diversos fornecedores estrangeiros são utilizados por não termos capacidade interna de produção.

Ainda seria necessária a redução de impostos e encargos, pois o preço aliado ao desfavorecimento cambial deixa o Brasil em muita desvantagem frente a outros países,. É importante haver um estímulo à exportação de itens nacionais pois a cadeia eólica precisa alcançar mercados globais, o cenário ideal se daria com maior qualidade e menor preço, mas a realidade é que a relação custo e benefício torna os itens e a tecnologia nacional pouco atrativas. Por fim, as últimas observações apontaram que deve haver uma melhora na qualificação da mão de obra e as indústrias deveriam ministrar treinamentos intensivos. Apenas um respondente de empresa internacional colocou que a qualidade é igualitária no Brasil como no exterior, talvez por a empresa utilizar mesmos equipamentos e tecnologia em ambos os locais.

O questionamento sobre o que se considera mais urgente a ser implantado para fomentar o desenvolvimento econômico e tecnológico no Brasil, por ser resposta aberta, apresentou conteúdos como: reindustrialização, apoio em pesquisa, financiamento, incentivo fiscal à pesquisa e desenvolvimento local, maior integração entre universidade, centros de pesquisa e indústria, incentivo do governo na criação de empresas que desenvolvam tecnologia nacional, reforma tributária e administrativa, treinamento e palestras técnicas, políticas públicas setoriais, segurança jurídica e

regulatória, capacidade de adaptação a novas tecnologias, atratividade de mercado reforçando a infraestrutura de distribuição de energia, inovação e soluções tecnológicas, assim como legislações mais abrangentes sobre o assunto, ter empresas que tragam soluções desde o estágio de planejamento até a manutenção da turbina em todo o seu ciclo de vida.

A última pergunta do questionário (questão 23) sugeria que, caso tivesse alguma observação sobre a cadeia produtiva de energia eólica estava livre para compartilhar comentários adicionais, e os relatos consideravam: ausência de discussão sobre os serviços ancilares que permitem ter na matriz elétrica brasileira uma entrada tão pujante e importante de renováveis intermitentes, não controláveis; o país passa por um momento de desindustrialização (principalmente pós pandemia), os geradores já em operação possuem custos extramente mais baratos do que os novos projetos de eólica podem oferecer em tempos em que a desvalorização cambial acaba com qualquer projeto nacional que envolva trabalhar com minérios ou tecnologia externa.

No sentido energético, a energia eólica é ótima para o país devido à localização geográfica e, principalmente, se a geração eólica for complementada com uma solar (usina híbrida), o que falta é formatar novos projetos nacionais. O Brasil tem desafios no que tange às políticas públicas, o marco regulatório, a dificuldade ou falta de financiamentos, baixa qualidade de mão de obra e qualificação profissional, incentivo à pesquisa e inovação, mesmo com elevado potencial eólico do país, ainda são tímidas as iniciativas de desenvolvimento de uma tecnologia endógena nessa área. Fica a reflexão de por quanto tempo o Brasil perderá espaço, mercado e competitividade diante de outros países e dependerá da tecnologia estrangeira, perdendo a oportunidade de criar maiores empregos qualificados nessa área, e subir no ranking mundial de capacidade de energia eólica – já que apresenta grande potencial pelas condições geográficas e ambientais.

CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 3

O Brasil já reconheceu suas potencialidades energéticas e caminha para um modelo energético econômico, independente e condizente com a realidade nacional, que poderá fortalecer ainda mais o mercado da energia renovável.

A história da política nacional e seu desenvolvimento no campo energético foi marcada pela desagregação e descontinuação de um programa com planejamento energético indispensável a um país com dimensões políticas, econômicas, demografia e territorialidade tão distintas como no Brasil, e isto fica claro em cada época de governo analisada.

O abandono do planejamento e as condições de ação governamental mais rígida e com disponibilidade de ativos em benefício do mercado, operou complicações graves na estabilidade brasileira no quesito segurança energética.

Desde a primeira década do século XXI o Brasil vem necessitando de um posicionamento mais firme da política em relação a problemas relacionados ao meio ambiente e energia, não apenas devido ao aquecimento global e a dependência do petróleo, mas para ter destaque no cenário internacional e impor sua soberania energética, com seus próprios recursos disponíveis em larga escala e de fontes renováveis, usufruindo de suas potencialidades como a vasta dimensão territorial, abundância e constante de ventos em determinadas regiões e por apresentar um clima tropical com verão muito quente e muito sol, fontes que possibilitam energia limpa.

O Brasil precisa ainda se preparar para usufruir de todas as questões acima com tecnologia própria, fábricas de peças e equipamentos nacionais competitivos no mercado, mão de obra qualificada e problemas de ordem nacional de infraestrutura e políticas que contribuam na busca do objetivo de energia limpa garantindo suprimentos energéticos.

Ainda, os entraves relacionados a cada Governo, em cada período, à crise de cada Estado, falta de controle político apropriado à questão, ao cenário internacional e estratégias nacionais pautadas em transformações a longo prazo que sirvam para a transformação do cenário energético, bem como traçar uma perspectiva para o Brasil seguir fortemente na questão da resolução energética pautada em fontes limpas. O Estado necessita de uma estratégia coesa, pronta para responder às demandas interna e externa, não deixando que conflituosos cenários se coloquem junto a más resoluções.

A segurança em energia e seu abastecimento deve fazer parte de um projeto nacional de longo e contínuo prazo e não pode perder a dimensão estratégica da qual o tema exige.

Ressaltando que dentro do programa energético com uso de fontes renováveis o Proálcool merece especial destaque já que o desenvolvimento deste contribuiu para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação, trazendo o etanol como uma nova opção combustível, diminuindo a dependência do petróleo, posteriormente outras fontes como o biodiesel foram pensadas.

No setor de energia renováveis certamente o programa emergencial Proeólica e o Proinfra foram os maiores incentivadores, já que abriram caminho para a fixação da indústria de componentes e turbinas eólicas no território nacional.

Os leilões de energia renovável com a inserção de energia eólica e solar auxiliaram a suprir a demanda energética do país como reserva de garantia física ao sistema elétrico e tornaram estas fontes mais competitivas no mercado.

O questionário foi importante para identificar práticas, entender valores e sistemas qualitativos do universos específicos da energia eólica, demonstrando capacidades, expectativas, realidades, apesar de não ter sido grande o número de retorno dos respondentes, o universo respondido foi importante, pois colaborou com conhecimento de diferentes partes da cadeia e de importantes agentes atuantes do setor.

Por serem questões fechadas e de múltipla escolha não houve nenhum problema de interpretação com as respostas. As questões abertas foram retratadas em sua veracidade sem desqualificar nenhuma informação, para não dar aberturas para diferentes interpretações, apenas transcrevendo-as para o texto.

Mas observou-se que as respostas demonstram que os entrevistados entendem existir uma dificuldade nas políticas públicas, no incentivo à pesquisa e inovação, financiamentos, capacitação do profissional que atua, no que tange ao dinamismo atual as perspectivas do setor são promissoras e abrem espaço para consolidar um polo de fabricação de componentes de aerogeradores de grande porte, aumentar em capacidade instalada – como inclusive já se observa em desenvolvimento no país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta conclusão final sintetiza as principais características da dinâmica espacial da cadeia produtiva da energia eólica, o principal objetivo deste trabalho visou analisar a pertinência da dinâmica espacial da produção de energia eólica, seu circuito espacial produtivo, investimentos, tecnologia e gargalos, se corroboram para o desenvolvimento do cenário nacional. O trabalho teve como ponto de partida entender a gênese e evolução das fontes renováveis, sua formação, o desenvolvimento global, o mercado internacional e suas condicionantes, capacidade global de geração, capacidade instalada global, capacidade instalada global por tecnologia, investimentos direcionados as fontes renováveis, investimentos globais por tecnologias, fluxos de financiamentos em renováveis, novos financiamentos de ativos em energia eólica, e, por fim, a geopolítica neste cenário.

A compreensão deste capítulo desempenhou papel fundamental para fortalecer a hipótese e os argumentos que nortearam a tese. Com este analisou-se no contexto global a sociedade contemporânea, sua grande densidade populacional, o consumo acelerado, a necessidade de alta produção de energia aliado aos desafios ambientais e lucro, bem como os maiores desenvolvedores de tecnologia do setor e investidores, com destaque para a China que se tornou uma figura importante no cenário global de energia eólica e se expandiu globalmente.

O capítulo 1 demonstrou que as fontes energéticas alternativas vêm sendo amplamente utilizadas, um exemplo é o setor privado, que vem cada vez mais utilizando energia renovável, globalmente os países assumiram metas para redução dos GEE's, foram investidos no mundo mais no setor de renováveis que nos combustíveis fósseis, ainda oferecem segurança na oferta, é um mercado dinâmico e inovador, com caracter multifacetado, que deve ser ajustado no contexto ao qual está sendo aplicado.

A compreensão da gênese, desenvolvimento, formação e mutações por trás do conceito de pertinência no qual centra parte do objetivo da tese, encaminha-se para o capítulo 2, que trata da difusão tecnológica da energia eólica e aponta que os centros dinâmicos são os maiores impulsionadores de tecnologia capazes de gerar inovação e desenvolvimento.

Esses sistemas de inovação dos principais países capitalistas desenvolvidos auxiliam a se manterem na liderança do processo tecnologico Internacional. Ainda

países cujo objetivo central de seus sistemas é a difusão de inovações, apresentam elevado dinamismo tecnológico que os capacita criativamente a absorver avanços gerados nos centros mais avançados.

No Brasil, o sistema de inovação é incompleto já que é um país que construiu um sistema de ciência e tecnologia que não se transformou em inovação em larga escala, dada a pequena dimensão da infraestrutura e a baixa relação e articulação com o setor produtivo, a contribuição e eficiência no desempenho econômico são efetivos na medida em que se apoia nos setores chaves da economia.

Este capítulo gera o saber do processo econômico do mercado da eletricidade nacional e todos os processos da cadeia de energia eólica, para desvendar todas as etapas da cadeia produtiva do aerogerador e entender sua espacialização, planejamento, execução, implantação e comercialização com os principais componentes formadores de um aerogerador e as fases da cadeia de bens e serviços da indústria eólica e segmentos no Brasil.

O fraco desempenho tecnológico nacional fica evidente quando pesquisado no INPI o número de registros de patentes e produção tecnológica, principalmente no que tange a energia eólica e aerogeradores. Diferentemente dos países asiáticos, os latino-americanos têm revelado baixa capacidade de absorção da difusão tecnológica mundial, demonstrando como é frágil seu sistema de inovação.

Contudo, o ambiente institucional precisa ser melhorado para atrair mais investimentos ao setor de energia eólica com políticas públicas e investimentos externos, a fim de aumentar o complexo industrial e criar incentivos para um padrão estratégico de política industrial comercial e tecnológica.

Este capítulo foi importante no que tange o cenário tecnológico, mesmo o Brasil tendo avançado na produção científica ainda existe uma disparidade internalizada no sistema produtivo nacional na capacidade de produzir ciência e transformá-la em inovação, a análise deste corroborou na hipótese levantada para verificar se a tecnologia é um indicativo para entender o desenvolvimento da energia eólica no Brasil e se este ponto impede o dinamismo do setor energético.

O capítulo 3 está centrado no Brasil e em como o país desenvolveu as energias renováveis e o sistema elétrico. Para tanto é realizado um resgate histórico a fim de verificar como cada governo conduziu suas políticas nacionais de energias, quais marcos regulatórios foram criados, o desenvolvimento da infraestrutura e para onde os

investimentos eram direcionados. A partir disso percebeu-se que a maioria das políticas energéticas conduzidas em cada governo não direcionavam investimentos de acordo com os recursos energéticos disponíveis para o período, como exemplo a alta demanda energética ocasionada pelo acelerado crescimento econômico, com energia insuficiente acarretando escassez energética, crise hídrica, e maior parte das políticas incentivaram as fontes não renováveis.

Também aborda o programa de energias renováveis do Brasil, de maior destaque o Proálcool, que foi fundamental na introdução do álcool combustível na matriz energética brasileira e no desenvolvimento tecnologia nacional e capacitação, deixa como legado atual o Brasil sendo referência mundial nesse setor, porém o programa não teve outros objetivos como o uso de outras fontes renováveis se não incentivar o consumo de álcool.

As principais estatais energéticas privatizadas, a evolução da energia que se inicia de forma “tímida” e vai ganhando espaço, tem forte apoio do estado, passa pelo “desmantelamento do setor” (privatizações), o fortalecimento das renováveis; solar e eólica que ganham incentivo com o Proinfra, e começam a destacar no mercado sendo comercializadas em leilões de energia (ambiente de contratação regulada), a qual diversificou a atual da matriz elétrica brasileira sendo competitivas, o país ganha em capacidade instalada com preços acessíveis, porém apresenta rigidez regulatória, tornou os leilões menos suscetíveis mas impossibilita a participação de usinas híbridas e a competição aberta por fonte, que tenderiam a diminuir os preços de contratação.

É notável que a participação do Estado como planejador do sistema elétrico torna mais eficiente o aumento da inserção da energia eólica na matriz elétrica, enquanto a iniciativa privada como investidor torna a energia mais competitiva no mercado. Tão importante quanto a análise de documentos técnicos e dados publicados, foi possível verificar que o uso da energia advinda de fonte eólica é vantajosa, sendo competitiva no mercado.

É fato que, ao condicionar a entrada de bens e serviços dos aerogeradores fabricados nacionalmente, o Brasil criou empregos na fabricação, instalação, operação e manutenção de componentes, e deixou os preços de energia mais acessíveis e competitivos por meio do sistema de leilões no Brasil, ainda a diversificação da produção industrial tem aproveitado as potencialidades de cada região para fomentar o crescimento e o desenvolvimento econômico regional.

Entretanto, o setor energético eólico brasileiro ainda não é competitivo o suficiente para atuar internacionalmente, fato que se deve às infraestruturas deficientes e legislações inadequadas que influenciam diretamente no aumento dos custos de produção. No geral, o Brasil é mais uma montadora, já que abriu o mercado nacional incentivando grandes investidores do ramo e buscando os mesmos por meio dos leilões de energia, estes em sua maioria são os donos dos parques eólicos e ficam com toda geração de energia. As montadoras se instalaram no Brasil por meio de incentivos, buscando obter parcelas destes grandes investidores, no entanto toda a tecnologia do aerogerador (independente do fabricante, está fora do Brasil), sendo no país apenas montados os equipamentos em fábricas e colocados em operação, fato advindo de não haver incentivo à tecnologia.

As peças, em sua grande maioria, são importadas e mesmo quando adquiridas no Brasil vêm através de mercados externos, alguns casos em particular, como as pás, são produzidas em território nacional, mas com tecnologia e processos homologados fora do Brasil. Referente à tecnologia nacional no setor eólico, o que existem são as melhorias adequadas ao local, onde serão inseridas e irão operar.

No decorrer do trabalho foi possível perceber que:

1) Há uma centralidade da questão tecnológica no setor, a falta de um sistema de planejamento e investimentos em pesquisa e inovação diminui a capacidade de aproveitamento de todas as potencialidades naturais e de expertise acumulada na produção energética. A dependência de equipamentos e tecnologias do setor externo coloca o Brasil numa posição subordinada dentro da Divisão Internacional do Trabalho em especial nesse setor, em que torna-se, em grande parte, apenas consumidor de tecnologias e produtor de componentes de menor complexidade tecnológica.

2) O Brasil possui grande expertise na questão energética, conseguiu ao longo de sua história construir uma das maiores bases mundiais de energias renováveis a partir do aproveitamento hidroelétrico, não apenas na construção de usinas gigantescas, mas também na utilização do potencial hídrico em usinas menores e com as tecnologias de ponta para o momento de sua construção. Também criou o maior programa – e de maior sucesso mundial – de aproveitamento da biomassa, por meio do Próálcool. A existência de um gigantesco mercado energético, interligado em todo o território nacional, permite ao setor ser um importante atrativo de investimentos. A existência de universidades e institutos de pesquisa consolidados no Brasil demonstra que há capacidade para maior

integração pesquisa-empresa, necessitando, no entanto, de políticas públicas que incentivem e financiem tal capacidade de integração.

3) Há também que se destacar a grande capacidade de planejamento durante o período desenvolvimentista, que permitiu criar um sistema integrado em um país de dimensões continentais como o Brasil. A capacidade de planejamento representa uma expertise brasileira que foi, durante um bom tempo, muito bem aproveitada, mas no período neoliberal foi abandonada em detrimento de uma ação de mercado, que nunca conseguiu resolver os problemas nacionais relacionados à questão energética, qual seja, fornecer energia abundante e barata.

4) A engenharia nacional brasileira teve, historicamente, enorme sucesso, seja no setor metal-mecânico, engenharia civil pesada, siderurgia etc. No entanto, o período neoliberal, ao fazer uma abertura de mercado de forma descontrolada e não planejada, levou à forte desindustrialização e enfraquecimento desses setores.

5) O setor energético como um todo necessita de vultosos investimentos, no caso particular da geração de energia eólica esses investimentos são menores, o que permite ao setor privado - de pequenos e médios capitais - entrar na produção eólica, construindo parques e vendendo energia. No entanto, a integração do sistema elétrico brasileiro faz com que se necessite de planejamento e integração, o que acaba sendo feito pelo Estado. A existência de grandes reservas financeiras nos setores energéticos – a exemplo da Petrobras, Cosan, Eletrobras entre outras – ou mesmo grandes capitais de outros setores – Weg, bancos, Vale entre outras – permite uma capacidade de financiamento para o setor, mostrando a capacidade ociosa de capitais que acabam ficando na esfera financeira, no entanto falta instituições capazes de planejar, incentivar e transferir tais capitais para o setor.

6) Ao comparar o desenvolvimento do setor no Brasil e na China, se percebe que a capacidade de planejamento, a ação coordenada de Estado e Mercado no desenvolvimento nacional, possibilitou ao grande gigante asiático um enorme sucesso no setor de energia eólica.

A expertise do período desenvolvimentista – capacidade de planejamento, geração de tecnologia e inovação no setor energético, investimentos massivos em grandes obras - somado à existência de grandes capitais gerados no setor energético ou mesmo em outros setores correlatos, a existência de áreas com enorme quantidade de ventos, entre outras características naturais, representam a grande

capacidade ociosa que se tem no Brasil. No entanto, há alguns pontos de estrangulamento que ficam evidentes na atualidade, quais sejam: a falta de instituições capazes de canalizar o capital excedente para áreas novas e mais arriscadas; a falta de um sistema nacional de inovações que proporcione maior integração entre financiamento de pesquisas, geração de patentes e produção de tecnologia; a falta de um projeto nacional que possibilite levar a cabo a superação dos nós de estrangulamento.

Dessa forma a tese proposta se confirma, com a dialética da capacidade ociosa (como proposta por Rangel) que fica ameaçada pelas transformações estruturais associadas à tecnologia e financiamentos dentro da cadeia produtiva do aerogerador, quando a totalidade da sua produção não se consolida apenas no mercado interno e existe demanda de importação do exterior, que diminui o efeito multiplicador dos investimentos nos setores nacionais estrangulados, o capital financeiro constituído com ativos de empresas nacionais ou estrangeiras aqui instaladas são fundamentais e fortalecem a cadeia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEEÓLICA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA). **Boletim Anual de Geração Eólica 2019**. 2019. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/dados-abeeolica/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

_____. **Boletim de Dados Set./2018**. São Paulo: Abeeólica, 2018. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 23 out. 201.

ABERNATHY W. J., UTTERBACK, J. M. Patterns of industrial innovation, *Technology Review*, Vol. 80, June-July, 1978.

ADRIÃO, Milton. Padrões tecnológicos e a produção social da tecnologia. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.1-19, 20 dez. 2008. IBEPES (Instituto Brasileiro de Estudos e Pesquisas Sociais). <http://dx.doi.org/10.5329/resi.2008.0702008>. Disponível em: <http://periodicosibepes.org.br/index.php/reinfo/article/view/74/94>>. Acesso em: 03 set. 2019.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI) - (org.). **Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil**. Brasília: Abdi, 2014. 152 p. Disponível em: <https://abdi.com.br/>. Acesso em: 04 maio 2020.

_____. **Atualização do Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil**. 6.1 Brasília: Abdi, 2018. 144 p. Disponível em: <https://abdi.com.br/>. Acesso em: 04 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Brasil. **China entra no setor elétrico brasileiro**. 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/china-entra-no-setor-ela-c-trico-brasileiro.2019-03-15.4956584119>. Acesso em: 24 abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Brasil, 2000.

_____. Glossário. Disponível em <http://wap.aneel.gov.br/>. Acesso em 15 jan. 2020.

_____. **EOL - Mapa dos Empreendimentos de Geração Eólicas (Estágio da usina)**. 2020. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/item.html?id=450aa24d612f4bf4b5f8a012f90c2fb2>. Acesso em: 28 ago. 2020a.

_____. **Conceitos Econômicos para Reajuste e Revisão Tarifária**. Brasil: Aneel, 2000. Nota Técnica nº 025/2000-SRE/ANEEL. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Audiencia_Publica/audiencia_proton/2000/ap007/ap007_nota_tecnica.pdf. Acesso em: 15 mar. 2020.

_____. Resolução normativa nº 485/99. Aprova a estruturação transitória do Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos - CCPE. MME. Brasil. 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução nº 271, de 19 de julho de 2000. Estabelece os critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro: Brasília, 2003. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bres2000271.pdf> . Acesso em: 06 ago. 2020.

_____. Resolução normativa nº 482/2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. MME. Brasil. 2012.

_____. Resolução normativa nº 506/2012. Estabelece as condições de acesso ao sistema de distribuição por meio de conexão a instalações de propriedade de distribuidora e dá outras providências. MME. Brasil. 2012.

_____. Resolução nº 067/2004. Estabelece critérios para a composição da Rede Básica do Sistema Interligado Nacional, e dá outras providências. MME. Brasil. Jul. 2004.

_____. Resolução nº 271/2000. Estabelece os critérios de aplicação de Recursos em Ações de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica e Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do setor elétrico brasileiro. MME. Brasil. Jul. 2000.

_____. Leilão nº 03/2009 da Aneel pelo processo nº 48500.002227/2009-21. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_geracao/documentos/032009_Edital_LER_10-11-9_.pdf. Acesso em: 25 nov. 2019.

_____. Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasil, abr. 2012.

_____. Resolução da Aneel nº 674 de 9 de novembro de 2002. Estabelece os procedimentos para implementação do Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado para Regulação Econômica - SAMP, em substituição ao "Acompanhamento de Mercado Padronizado - AMP". Brasil, dez. 2012.

ALBUQUERQUE, E. Da Me. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e tecnologia. **Revista Brasileira de Economia Política** , v. 16, n. 3, 1 de julho de 1996.

ALTENBURG, Tilman; SCHMITZ, Hubert; STAMM, Andreas. Breakthrough? China's and India's Transition from Production to Innovation. **World Development**, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 325-344, fev. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.06.011>.

ALVES, Jose Jakson Amancio. Análise regional da energia eólica no Brasil. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, [S.l.], v. 6, n. 1, jun. 2010. ISSN 1809-239X. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/266>. Acesso em: 13 maio 2020.

AMERICAN WIND ENERGY ASSOCIATION (AWEA). Manufacturing Supplier Handbook for the Wind Energy Industry. BlueGreen Alliance - GLWN, 2011.

ARAÚJO, Bruno Platteck de; WILLCOX, Luiz Daniel. Reflexões críticas sobre a experiência brasileira de política industrial no setor eólico. **Eólica Bndes Setorial**, Brasil, v. 47, p. 163-220, mar. 2018. Trimestral. Disponível em: <https://cenarioeolica.editorabrasilenergia.com.br/wp-content/uploads/sites/7/2020/11/Reflexoes-Criticas-sobre-a-Cadeia-Produtiva-Eo%CC%81lica.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2021.

ARAÚJO, Tânia Bacelar de. Herança de diferenciação e futuro de fragmentação. **Estud. av.**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 7-36, Apr. 1997. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141997000100002&lng=en&nrm=iso>. Access on 22 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000100002>.

ARAÚJO, K. The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. *Energy Research & Social Science*, [s.l.], v. 1, p. 112-121, 2014. ISBN: 1617495131, ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2014.03.002.

ASHWILL, T. D. Materials and Innovations for Large Blade Structures. 50th AIAA Structures, Structural Dynamics & Materials Conference, Palm Springs, Maio 2009.

BAER, Werner e Curt McDonald. "Um retorno ao passado? Privatização brasileira de serviços públicos: o caso do setor de energia elétrica." *Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 38, n. 3, 1998, p. 503+. Aceito em 25 jun. 2020.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (BNDS). **Maiores tomadores de recurso BNDS**. 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/consulta-operacoes-bndes/maiores-clientes>. Acesso em: 11 maio 2020.

_____. **Reprivatização de empresas**. 2020a. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/desestatizacao/processos-encerrados/Historico>. Acesso em: 21 jul. 2020.

_____. **Processos em andamento - Desestatização**. 2020b. Disponível em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/desestatizacao/processos-em-andamento/processos-em-andamento/>. Acesso em 27 jul. 2020.

_____. **BNDES aprova financiamento para fabricante nacional de pás para geradores eólicos**. 2020c. Energia. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprova-financiamento-para-fabricante-nacional-de-pas-para-geradores-eolicos>. Acesso em: 18 fev. 2021.

BARBOSA, C. F. O., PINHO, J. T., SILVA, E. J. P., GALHARDO, M. A. B., VALE, S. B., MARANHÃO, W. M. A. Situação da geração elétrica através de sistemas híbridos no estado do Pará e perspectivas frente à universalização da energia elétrica. In: AGRENER 2004 - ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5, 2004, Campinas. Anais...Campinas: NIPE/UNICAMP, CD-ROM, 2004. 10p.

BARBOSA FILHO, W. P.; AZEVEDO, A. C. S. O uso da análise hierárquica como auxílio na tomada de decisão de políticas públicas em energia eólica considerando aspectos de sustentabilidade. In: CONGRESSO DE ENERGIA SOLAR, 5., 2014, Recife. Trabalhos... Recife: ABENS, 2014.

BASTOS, Pedro Paulo Zahluth. O presidente desiludido: a campanha liberal e o pêndulo de política econômica no governo Dutra (1942-1948). **História Econômica & História de Empresas**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 99-135, 20 jul. 2012. *Historia Economica e Historia de Empresas*. <http://dx.doi.org/10.29182/hehe.v7i1.170>.

BARREIROS, Daniel. Projeções sobre o Futuro da Guerra: Tecnologias disruptivas e mudanças paradigmáticas (2020 – 2060). **Ie-Ufrj**, Rio de Janeiro, p. 1-38, nov. 2019. Semestral. Disponível em: https://www.ie.ufrj.br/images/IE/TDS/2019/TD_IE_025_2019_BARREIROS.pdf. Acesso em: 02 mar. 2021.

BAUERMANN, Andressa Krieser. *Tecnificação agrícola e dinâmica espacial das feiras agropecuárias na região sul do Brasil*. 2020. 162 f.. Dissertação(Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2020.

BERGEK, Anna; JACOBSSON, Staffan; CARLSSON, Bo; LINDMARK, Sven; RICKNE, Annika. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: a scheme of analysis. *Research Policy*, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 407-429, abr. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>.

BEKERMAN, Marta; DULCICH, Federico; MONCAUT, Nicolas. TRANSFORMAÇÕES RECENTES DA ECONOMIA CHINESA: IMPACTO SOBRE SUAS RELAÇÕES COMERCIAIS COM A AMÉRICA LATINA. **Tempo do Mundo**, Brasília, v. 5, n. 1, p.5-43, abr. 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/6293>. Acesso em: 14 fev. 2020.

BEZERRA, Francisco Diniz. **ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE**. 4. ed. Fortaleza-Ce: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - Etene, 2019. 20 p. (66). Banco Nordeste.

BHARDWAJ, Ankit et al. More priorities, more problems? Decision-making with multiple energy, development and climate objectives. **Energy Research & Social Science**, United Kingdom, v. 49, p.143-157, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2018.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221462961830611X?via%3Dihub>. Acesso em: 28 out. 2019.

BLANCO, M. I.; RODRIGUES, G. Direct employment in the wind energy sector: An EU study. *Energy Policy*, v.37, n.8, p.2847-57, ago. 2009.

BM SHAGAR, S. Vinod. e S. Lakshmi., "Design of DC - DC converter for hybrid wind solar energy system", *2012 International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET)* , Kumaracoil, 2012, pp. 429-435, doi: 10.1109 / ICCEET .2012.6203805.

BOLETIM GEOGRÁFICO. Energia Eólica. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -ano xx, n 168 (1962, mai/jun) IBGE, 1962 - Trimestral. Órgão oficial do IBGE (Aldaberto Serra, p.284).

_____. Recursos energéticos mundiais: suas reservas e sua utilização. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -ano 33, n 240 (1974, jul/ago) IBGE, 1974 - Trimestral. Órgão oficial do IBGE (Mário P.B. Leal, p.32-49).

BRAGA, R. T. V., "Engenharia Reversa e Reengenharia", DC UFSCAR, 2006.

BRASIL, Instituto Ascende. Leilões no Setor Elétrico Brasileiro: Análises e Recomendações. **Instituto Acende Brasil**: Observatório do Setor Elétrico Brasileiro, Brasil, n. 7, p. 1-49, maio 2012. Centro de Estudos voltado ao desenvolvimento de ações e projetos para aumentar o grau de Transparência e Sustentabilidade do Setor Elétrico Brasileiro. Disponível em: <http://www.acendebrasil.com.br/br/estudos?busca=leil%C3%B5es&tipo=>. Acesso em: 01 jul. 2020.

BRAZIL WINDPOWER. Jornal oficial produzido pela Recharge. Edição 1, p. 14. 4 de setembro de 2013.

BIELSCHOWSKY, Ricardo. **Pensamento econômico Brasileiro**: O ciclo ideológico do desenvolvimentismo. 5. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2000. 496 p.

BIONDI, Aloysio. **O Brasil privatizado**: um balanço do desmonte do estado. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2003. 80 p. (III). 11ª reimpressão. Coleção Brasil Urgente.

BITTENCOURT... Felipe [et al.]. *Cadeia de valor da energia eólica no Brasil /- Brasília: Sebrae, 2017. 202 p. il., color. Projeto Plataforma.*

BP ENERGY (org.) Bp Energy Outlook 2019 edition. S/l. Insights from the Evolving transition scenario - Global. 2019. Disponível em: < bp.com/energyoutlook. Acesso em: 25 set. 2019.

BP, *Statistical Review of World Energy 2018*, Londres, 2018.

BRASIL. Decreto-lei nº 1.203/62. Dispõe sobre a Comissão de Nacionalização das Empresas Concessionárias de Serviços Públicos (CONESP) e dá outras providências. Brasília, DF, jun. 1962.

BRASIL. Decreto-lei nº. 5.163/2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Jul. 2004.

_____. Decreto-lei nº. 9.9274/1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, jun. 1990.

_____. Decreto- lei nº 8.950/2016. Aprova a Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados - TIPI. Brasília, DF, dez. 2016.

_____. Decreto-lei nº. 76.593. Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras Providências. Brasília, DF, nov. 1975.

_____. Decreto-lei nº. 6.025/2007. Institui o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, o seu Comitê Gestor, e dá outras providências. Brasília, DF, jan. 2007.

_____. Decreto-lei nº. 63.951/68. Aprova a estrutura básica, do Ministério das Minas e Energia. Brasília, DF, dez. 1968.

_____. Decreto- lei nº 5.081/2004. Regulamenta os arts. 13 e 14 da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e o art. 23 da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, que tratam do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. Brasília, DF, mai. 2004.

_____. Resolução nº 462/2014. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA n.º 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências. Brasília, DF, jul. 2014.

_____. Lei nº 9.648/1998. Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. Brasília, DF, mai. 1998.

BRASIL. Lei nº 11.488/2007. Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura - REIDI; reduz para 24 (vinte e quatro) meses o prazo mínimo para utilização dos créditos da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS decorrentes da aquisição de edificações; amplia o prazo para pagamento de impostos e contribuições; altera a Medida Provisória nº 2.158-35, de 24 de agosto de 2001, e as Leis nºs 9.779, de 19 de janeiro de 1999, 8.212, de 24 de julho de 1991, 10.666, de 8 de maio de 2003, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 10.426, de 24 de abril de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.892, de 13 de julho de 2004, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 11.196, de 21 de novembro de 2005; revoga dispositivos das Leis nºs 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, e do Decreto-Lei nº 1.593, de 21 de dezembro de 1977; e dá outras providências. Brasília, DF, jun. 2007.

_____. Lei nº 8.987/95. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasília, DF, fev. 1995.

_____. Lei nº 9.478/1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília, DF, ago. 1997.

_____. Lei nº 12.490/2011. Altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõem sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis; o § 1º do art. 9º da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores; as Leis nºs 10.336, de 19 de dezembro de 2001, e 12.249, de 11 de junho de 2010; o Decreto-Lei nº 509, de 20 de março de 1969, que dispõe sobre a transformação do Departamento dos Correios e Telégrafos em empresa pública; a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios; revoga a Lei nº 7.029, de 13 de setembro de 1982; e dá outras providências. Brasília, DF, set. 2011.

_____. Decreto-lei nº 5.081/2004. Regulamenta os arts. 13 e 14 da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e o art. 23 da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, que tratam do Operador Nacional do Sistema Elétrico – NOS. Brasília, DF, mai. 2004.

_____. Decreto-lei nº 4.873/2003. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS" e dá outras providências. Revogado para 10.087/2019. Declara a revogação, para os fins do disposto no art. 16 da Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998, de decretos normativos. Brasília, DF, nov. 2019.

_____. Lei nº 1.285/1939. Cria o Conselho Nacional de Águas e Energia, define suas atribuições e dá outras providências, Brasília, DF, mai 1939.

BRASIL. Lei nº. 10.438/2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis n o 9.427, de 26 de dezembro de 1996, n o 9.648, de 27 de maio de 1998, n o 3.890-A, de 25 de abril de 1961, n o 5.655, de 20 de maio de 1971, n o 5.899, de 5 de julho de 1973, n o 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. Brasília, DF, abr. 2004.

_____.Lei nº. 24.643/1942. Decreta o Código de Águas. Brasília, DF, jul. 1943.

_____.Lei nº. 2.944/56. Dispõe sobre a distribuição e aplicação do imposto único sobre energia elétrica pertencente aos Estados, Distrito Federal e Municípios. Brasília, DF, nov. 1956.

_____.Lei nº. 8.031/45. Autoriza a organização da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. Brasília, DF, out. 1945.

_____.Lei nº. 2.354/54. Enquadra o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico (BNDE) na categoria de empresa pública, e dá outras providências. Brasília, DF, jun. 1971.

_____.Lei nº 1.310/51. Cria o Conselho Nacional de Pesquisas, e dá outras providências. Brasília, DF, jan. 1951.

_____.Lei nº. 9.478/97. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília, DF, ago. 1997.

_____.Lei n. 41.019/57 .Regulamenta os serviços de energia elétrica. Brasília, DF, fev. 1957.

_____.Lei nº. 6/1942 . A autorização só será concedida a brasileiros, ou empresas constituídas por acionistas brasileiros, podendo o Governo, em cada caso, por medida de conveniência pública, permitir o aproveitamento de quedas d'água e outras fontes de energia hidráulica a empresas que já exercitem utilizações amparada pelo § 4º, ou as que se organizem como sociedades nacionais, reservada sempre ao proprietário preferência na exploração, ou participação nos lucros. Brasília, DF, fev. 1942.

_____.Lei nº. 4.156/62. Altera a legislação sobre o Fundo Federal de Eletrificação e dá outras providências. Brasília, DF, nov. 1962.

_____.Lei nº. 5.655/71. Dispõe sobre a remuneração legal do investimento dos concessionários de serviços públicos de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF, mai. 1971.

BRASIL. Lei nº. 4.778/65. Dispõe sobre a obrigatoriedade de serem ouvidas as autoridades florestais na aprovação de plantas e planos de loteamento para venda de terrenos em prestações. Brasília, DF, set. 1965.

_____.Lei nº. Decreto Lei nº 44/66. Altera os limites do mar territorial do Brasil, estabelece uma zona contígua e dá outras providências. Brasília, DF, nov. 1966.

_____.Lei nº. 8.617/93. Dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileiros, e dá outras providências. Brasília, DF, jan. 1993.

_____.Lei nº. 9.074/95. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Brasília, DF, jul. 1995.

_____.Lei nº. 6.938/81. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, ago. 1981.

_____.Lei nº. 8.723/1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. Brasília, DF, out. 1993.

_____.Lei nº. 7.735/1989. Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências. Brasília, DF, fev. 1989.

_____.Lei nº. 289/67. Cria o Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal e dá outras providências. Brasília, DF, fev. 1967.

_____.Lei nº. 9.472/97. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995. Brasília, DF, jul. 1997.

_____.Lei nº. 10.433/2002. Dispõe sobre a autorização para a criação do Mercado Atacadista de Energia Elétrica - MAE, pessoa jurídica de direito privado, e dá outras providências. Brasília, DF, abr. 2002.

_____.Lei nº. 9.648/1998. Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. Brasília, DF, mai. 1998.

BRASIL. Lei nº. 10.848/2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Brasília, DF, mar. 2004.

BRASIL. Lei nº. 11.097/2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Brasília, DF, jan. 2005.

_____. Lei nº. 9.427/96. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, jul. 1996.

BRESSER PEREIRA Luiz Carlos. A Reforma do Estado dos anos 90: Lógica e Mecanismos de Controle. Brasília - DF: Cadernos MARE da Reforma do Estado, 1997.

_____. Estratégia nacional e desenvolvimento. **Rev. Econ. Polit.**, São Paulo, v. 26, n. 2, pág. 203-230, junho de 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572006000200003&lng=en&nrm=iso>. acesso em 02 de março de 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31572006000200003>.

BROMLEY, P. S. Extraordinary interventions: Toward a framework for rapid transition and deep emission reductions in the energy space. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 22, p. 165-171, 2016. ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2016.08.018.

BURKE, Matthew J.; STEPHENS, Jennie C.. Political power and renewable energy futures: A critical review. **Energy Research & Social Science**, [s.l.], v. 35, p.78-93, jan. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.018>. Acesso 28 de março 2019.

CADUFF, Marloes; HUIJBREGTS, Mark A. J.; ALTHAUS, Hans-Joerg; KOEHLER, Annette; HELLWEG, Stefanie. Wind Power Electricity: the bigger the turbine, the greener the electricity?. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 46, n. 9, p. 4725-4733, 20 abr. 2012. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/es204108n>.

CAMÊRA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Brasil **InfoMercado Dados Gerais** (2020). Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em 20 maio 2020.

_____. Ambiente livre e ambiente regulado (2020a). Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado?_afzLoop=153744429523024&_adf.ctrl-state=ei6x0uwr4_140#!%40%40%3F_afzLoop%3D153744429523024%26_adf.ctrl-state%3Dei6x0uwr4_144. Acesso em 22 maio 2020.

_____. **Preços Semanais**. 2020b. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_semanais?_afzLoop=89591628457693&_adf.ctrl-state=1chxm5essk_1#!%40%40%3F_afzLoop%3D89591628457693%26_adf.ctrl-state%3D1chxm5essk_5. Acesso em: 08 set. 2020

CAMILLO, Edilaine Venancio. As políticas de inovação da indústria de energia eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo de experiências internacionais. 2013. 194 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287518>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

CANO, Wilson. Crise e industrialização no Brasil entre 1929 e 1954: a reconstrução do Estado Nacional e a política nacional de desenvolvimento. **Rev. Econ. Polit.**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 444-460, Sept. 2015. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572015000300444&lng=en&nrm=iso>. access on 04 Mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/0101-31572015v35n03a04>.

CASTILLO, Ricardo; FREDERICO, Samuel. Espaço geográfico, produção e movimento: uma reflexão sobre o conceito de circuito espacial produtivo. **Soc. nat. (Online)**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 461-474, Dec. 2010. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132010000300004&lng=en&nrm=iso>. access on 23 Apr. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000300004>.

CAVALCANTE, Guilherme de Albuquerque. A dinâmica econômica do Proálcool: Acumulação e Crise 1975-1989. *Revista Brasileira de Energia*. v. 2, n.1, 1992.

CARVALHO, Aloysio. Geisel, Figueiredo e a liberalização do regime autoritário (1974-1985). **Dados**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 1, pág. 115-147, março de 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-52582005000100005&lng=en&nrm=iso>. acesso em 03 de março de 2021. <https://doi.org/10.1590/S0011-52582005000100005>.

CEMIG. **ENERGIA EÓLICA**. 2020. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Paginas/energia_eolica.aspx. Acesso em: 17 abr. 2020.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRAS). **História**. 2020. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Historia.aspx>. Acesso em: 01 abr. 2020.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada: Energia eólica. Brasília: 2015. 248p.

_____. Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil. Série Documentos Técnicos, 2012. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/atividades/redirect/7860>.

CFR [Council on Foreign Relations]. Timeline: Oil Dependence and U.S. Foreign Policy. Disponível em: . Acesso em 01 mar. 2021

CIA WORLD FACTBOOK (Index Mundi). **Mapa Comparativo entre Países: eletricidade - consumo - mundo.** Eletricidade - consumo - Mundo. (Data Base, 2019) 2020. Disponível em: <https://www.indexmundi.com>. Acesso em: 17 ago. 2020.

CICHELERO, Nicollas Bortolotto. **TECNOLOGIA, ESTADO E MERCADO: UM ESTUDO SOBRE A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.** 2019. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). Usina Eólio-Elétrica Usina Eólica de Palmas. 2018. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FC61E3512CB91AF04032574A20048D3A3#>. Acesso em: 12 mar. 2020.

CONCEIÇÃO, CS., and FARIA, LA. Padrões históricos da mudança tecnológica e ondas longas do desenvolvimento capitalista. In: DATHEIN, R., org. *Desenvolvimentismo: o conceito, as bases teóricas e as políticas* [online]. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. Estudos e pesquisas IEPE series, pp. 223-255. ISBN 978-85-386-0382-5. Available from doi: 10.7476/9788538603825. Also available in ePUB from: <http://books.scielo.org/id/8m95t/epub/dathein-9788538603825.epub>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Brasil tem apenas 12,3% da malha rodoviária com pavimento.** 2016. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/brasil-tem-apenas-12-da-malha-rodoviaria-com-pavimento>. Acesso em: 14 abr. 2021.

COZER, Carolina. Países que estão promovendo a energia renovável. 2020. Disponível em: <https://www.consumidormoderno.com.br/2020/01/20/paises-energia-renovavel/>. Acesso em: 05 ago. 2020.

CNREC - China National Renewable Energy Centre. **China Wind, Solar and Bioenergy Roadmap 2050 Short Version.** Pequim: Red, 2014. 25 p. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2-2+China+Wind,+Solar+and+Bioenergy+Roadmap+2050-Short+Version.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.

CUSTÓDIO R. Energia Eólica. 2ª ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2013.

DAILY, Science And Technology. **China planeja construir usina de energia solar no espaço até 2025.** 2019. Repórter de jornal Fu Yifei. Disponível em: http://www.stdaily.com/kjrb/kjrbbm/2019-02/14/content_749961.shtml. Acesso em: 14 fev. 2020.

DELÉAGE, J.-P. Les servitudes de la puissance: conflits de classe autour de l'énergie. *Ecologie & politique*, [s.l.], v. 49, no 2, p. 11, 2014. ISBN: 9782724633535, ISSN: 1166-3030, DOI: 10.3917/ecopo.049.0011.

DEUS, Cássia Costa Rocha Daniel de; ISSBERNER, Liz-Rejane. Mapeamento das tendências de pesquisa no setor eólico brasileiro. **Questões em Rede**, Brasil, p. 3193-3211, 10 abr. 2017. Semestral. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/3147>. Acesso em: 28 abr. 2021.

DHNET. **Linha do Tempo dos Direitos Humanos Brasil**. 2020. Disponível em: http://www.dhnet.org.br/tempo/tempo_br.htm. Acesso em: 20 jul. 2020.

DIAS LEITE, Antonio. **A energia do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lexiton, 2014.

DOSI, G. Tendências da inovação e seus determinantes: os ingredientes do processo inovador (pg 29-53) in: DOSI, G. *Mudança técnica e Transformação Industrial*. Campinas: Ed. Unicamp, 2006.

DUTRÉNIT, G. Building technological capabilities in latecomer firms: a review essay. **Science, Technology & Society**, v. 9, n. 2, p.209-241, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil) (EPE).; MINISTÉRIO MINAS E ENERGIA (MME). *O Plano Nacional de Energia - PNE 2030*. Brasília, DF, set. 2006.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019a**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2019>. Acesso em: 13 mar. 2020.

_____. **Transmissão de Energia Elétrica: plano decenal de expansão de energia 2026**. Brasil: Epe, 2020a. 42 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-70/Cap4_Texto.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

_____. **Matriz Energética e Elétrica**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 01 mar. 2021.

_____. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019 ano base 2018**. Rio de Janeiro: Brasil, 2019b. 254 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em: 28 abr. 2020.

_____. **Leilões de Energia Elétrica de 2019c: Apresentando os resultados e avaliando os caminhos do planejamento energético**. Rio de Janeiro: Epe, 2019. 9 p. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-451/Informe%20Leil%C3%B5es%202019_v3.pdf. Acesso em: 18 fev. 2020.

_____. **Tipos de leilões**. 2020d. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/tipos_leiloes_n_logado?_afLoop=150260509590994&_adf.ctrl-state=15ycw0n0j3_1#!%40%40%3F_afLoop%3D150260509590994%26_adf.ctrl-state%3D15ycw0n0j3_5. Acesso em: 01 jul. 2020.

ENERCONS. **Complexo Eólico Palmas II obtém Licenciamento Prévio pelo IAP.** 2018. Disponível em: <http://enercons.com.br/2018/12/18/complexo-eolico-palmas-ii-obtem-licenciamento-previo-pelo-iap/>. Acesso em: 27 dez. 2019

ENERGY RESEARCH & SOCIAL SCIENCE (ERSS). Internacional: Elsevier, 2020. Mensal. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/energy-research-and-social-science>. Acesso em: 12 abr. 2020.

ESPAENET (org.). **Searching for patents.** 2021. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=wind%20energy>. Acesso em: 20 jan. 2021.

FABRIS, Leonardo Prates. INSTITUIÇÕES E REDES NA INDÚSTRIA DE AEROGERADORES: O CASO DA EMPRESA WEG. **Revista Contraponto**, [s. /], v. 7, p. 271-295, 2020. Semestral. Edição Especial VIII Seminário Discente (2019). Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/contraponto/article/view/108855/59039>. Acesso em: 14 abr. 2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S. A.). Disponível em: <http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/eletrobras-centrais-eletricas-brasileiras-s-a>. Acesso em 22 de abr. 2020.

FILARDI, Fernando; LEITE, André Luis da Silva e TORRES, Adriana Amadeu Garcia. Análise de resultados de indicadores de gestão e de regulação após a privatização: estudo de caso da Light Serviços de Eletricidade. *Rev. Adm. (São Paulo)* [online]. 2014, vol.49, n.1, pp.18-32. ISSN 0080-2107. <https://doi.org/10.5700/rausp1128>.

FIORI, José Luís. **A Guerra, o Futuro e a “transição energética”.** 2020a. Disponível em: <https://controversia.com.br/2020/07/16/a-guerra-o-futuro-e-a-transicao-energetica/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

_____. **A guerra, a preparação para a guerra e a 'transição energética'.** 2020b. *Revista Democracia Abierta*. Disponível em: <https://www.opendemocracy.net/pt/guerra-transicao-energetica/>. Acesso em: 01 mar. 2021.

FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (FMI). **Perspectivas de la economía mundial: Desaceleración del crecimiento, precaria recuperación.** Washington, 2019. Edición en español ©2019 Fondo Monetario Internacional.

FONTES, V. O Brasil e o capital-imperialismo: teoria e história. Rio de Janeiro: EPSJV, UFRJ, 2010.

FOCHZATO, Ivan Cezar. **Complexo Eólico Palmas II presente no Show Rural Coopavel.** 2020. Disponível em: <http://www.ciaambiental.com.br/2020/02/06/complexo-eolico-no-show-rural/>. Acesso em: 01 jun. 2020.

FOUQUET, Roger; PEARSON, Peter J.G.. Past and prospective energy transitions: insights from history. **Energy Policy**, [S.L.], v. 50, p. 1-7, nov. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.014>.

FRANKFURT SCHOOL (UNEP), Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance (Org.). **GLOBAL TRENDS IN RENEWABLE ENERGY INVESTMENT 2018**. Frankfurt: Copyright © Frankfurt School Of Finance & Management Ggmbh 2018, 2018. 86 p. Disponível em: <http://www.iberglobal.com/files/2018/renewable_trends.pdf>. Acesso em: 14 out. 2019.

_____. Centre/BNEF (2019), Global trends in renewable energy investment 2019, FRANKFURT SCHOOL – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance and BloombergNEF, Frankfurt am Main, Germany, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29752/GTR2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 de abr. 2020.

FREEMAN, C. Innovation and the strategy of the firm. In: FREEMAN, C. The economics of industrial innovation. Harmondsworth: Penguin Books, 1974. p. 225-282.

_____. (1982) The economies of industrial innovation. London : Francês Pinter

FREITAS, Elisa Pinheiro de. A Nova Geopolítica da Energia: Reflexão Sobre os Biocombustíveis. **Revista de Geopolítica**, Natal, v. 5, n. 1, p.113-129, 2014. Disponível em: <http://www.revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/view/101>. Acesso em: 05 set. 2019.

FREIRE, Wagner. **Benefícios das usinas híbridas não estão claros, aponta EPE**: órgão de planejamento recomenda evitar subsídios ou regras específicas para usinas híbridas no mercado regulado. Órgão de planejamento recomenda evitar subsídios ou regras específicas para usinas híbridas no mercado regulado. 2019. Canal Energia. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/noticias/53102046/beneficios-das-usinas-hibridas-nao-estao-claros-aponta-epe>. Acesso em: 18 nov. 2020.

FURTADO, A. T.; PERROT, R. Innovation dynamics of the wind energy industry in South Africa and Brazil: technological and institutional lock-ins. *Innovation and Development*, 1490688083, v. 5, n. 2, p. 263-278, 2015. ISSN 2157-930X.

FURTADO, Celso. Criatividade e dependência na civilização industrial. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terr, 1978.

FUSSLER, C.; JAMES, P. **Driving eco innovation**: a breakthrough discipline for innovation and sustainability. London: Pitman Publishing, 1996.

GANNOUM, Elbia. **Dez anos do Leilão de 2009 para eólicas**. 2020. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/artigos/53120645/dez-anos-do-leilao-de-2009-para-eolicas>. Acesso em: 24 abr. 2020.

GARCIA Laura Fernandes, CONEJERO Marco Antônio; NEVES Marcos Fava., XIV., 2007, XIV Congresso da Sober "conhecimentos Para Agricultura do Futuro. **BIODIESEL: UM OLHAR PARA O FUTURO COM BASE NOS 30 ANOS DO PROALCOOL**. Londrina -pr: Congresso da Sober, 2007. 20 p. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/6/852.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.

GARRIDO, Leonardo *et al.* **Low Carbon Development: A Paradigm Shift Towards a Green Economy in Indonesia**. Indonésia: Bappenas, 2019. 162 p. Disponível em: <https://drive.bappenas.go.id/owncloud/index.php/s/ZgL7fHeVguMi8rG#pdfviewer>. Acesso em: 20 jun. 2020.

GLASGOW. UKCOP26.ORG. . **COP26**. 2020. Disponível em: <https://www.ukcop26.org/>. Acesso em: 09 abr. 2020.

GOLDEMBERG, J., & Lucon, O. (2007). Energias renováveis: um futuro sustentável. Revista USP, (72), 6-15. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i72p6-15>. Acesso em: 25 set. 2019

GONÇALVES, José Sidnei. Agricultura sob a égide do capital financeiro: passo rumo ao aprofundamento do desenvolvimento dos agronegócios. Informações Econômicas, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 7-36, abr. 2005.

GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Cristian; MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade (org.). **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Ufc, 2019. 303 p.

GRUBLER, A.; WILSON, C.; NEMET, G. Apples, oranges, and consistent comparisons of the temporal dynamics of energy transitions. Energy Research & Social Science, [s.l.], v. 22, p. 18-25, 2016. ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2016.08.015.

GRUBLER A. Grand Designs: padrões históricos e cenários futuros de mudança tecnológica em energia. estudos de caso históricos de inovação em tecnologia de energia, capítulo 24. The Global Energy Assessment , Cambridge, University Press , Cambridge , Reino Unido (2012).

GUERRA, José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade; YOUSSEF, Youssef Ahmad (org.). **As energias renováveis no Brasil : entre o mercado e a universidade**. 21. ed. Palhoça: Unisul, 2011. 231 p. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/franciscoarruda/disciplinas/energias2av/atividade-de-resumo>. Acesso em: 04 set. 2020.

GUSMÃO, Marcos Vinícius, PIRES, Sílvia Helena, GIANNINI, Marcio *et al.* O programa de eletrificação rural "Luz no Campo": resultados iniciais.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Proceedings**

online... Available from:

http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000200035&lng=en&nrm=abn. Access on: 27 July. 2020.

GWEC, Global Wind Energy Council. **Status do mercado 2019**. 2020. Disponível em: <https://gwec.net/global-wind-report-2019/>. Acesso em: 07 jun. 2020.

HANSEN, U. Technological options for power generation. *The Energy Journal*. v.2, n.19, 1998. p.63-87.

HAYASHI, Daisuke. Harnessing innovation policy for industrial decarbonization: capabilities and manufacturing in the wind and solar power sectors of china and india. **Energy Research & Social Science**, [S.L.], v. 70, p. 1-16, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2020.101644>.

HIRSH, Richard F.; JONES, Christopher F.. History's contributions to energy research and policy. **Energy Research & Social Science**, [S.L.], v. 1, p. 106-111, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2014.02.010>.

HOSS, E. Delays in Patent Examination and their implications under the TRIPS Agreement. 1525036859, 2012.

HUAYLLAS, Tesoro Elena del Carpio. **Análise comparativa de modelos para fixação de tarifas de transmissão e de previsão de mercado de energia de alguns países sul americanos**. São Paulo. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2004.

HUMMLER, Ramon Fiestas. Análise do Marco Regulatório para Geração Eólica no Brasil. Gwec, São Paulo, p. 1-99, mar. 2011. Disponível em: https://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/2ANALISE_DO_MARCO_REGULATORIO_PARA_GERACAO_EOLICA_NO_BRASIL.pdf. Acesso em: 26 maio 2020.

IBGE. **Estatísticas história do Brasil: Séries econômicas, demográficas e sociais de 1550 a 1988**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ibge, 1990. 635 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/seriesestatisticasrestrospectivas/Volume%203_Estatisticas%20historicas%20do%20Brasil_series%20economicas_demograficas%20e%20sociais%20de%201550%20a%201988.pdf. Acesso em: 05 mar. 2020.

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) (org.). **Índice de Desenvolvimento Humano IDH**: linha do tempo dos direitos humanos brasil. Linha do Tempo dos Direitos Humanos Brasil. 2020. Disponível em: http://www.dhnet.org.br/tempo/tempo_br.htm. Acesso em: 22 abr. 2020

INPI, Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Pesquisa avançada de patentes**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes>. Acesso em: 18 jan. 2021.

IRENA (2020), Renewable energy finance: Institutional Capital (Renewable Energy Finance Brief 02, January 2020), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponível em <https://www.irena.org/publications/2020/Jan/RE-finance-Institutional-capital>. Acesso em 07 de abr. 2020.

_____(2019), *Capacity_Statistics_2019*. pdf. Dados nacionais de hidrelétricas, principalmente da IHA, dados pessoais comunicações com a REN21, abril-maio de 2019; exceto China Agência Nacional de Energia (NEA), “National Energy Administration divulgou estatísticas sobre o setor elétrico nacional em 2018”, 18 de janeiro 2019, http://www.nea.gov.cn/2019-01/18/c_137754977.htm; EIA, op. cit., quadros 6.2.B e 6.3; AGEE-Stat, op. cit. Acesso em 27 de out. 2019.

ISOAHO, K.; GORITZ, A.; SCHULZ, N. Governing clean energy transitions in China and India A comparative political economy analysis. [s.l.]: [s.n.], 2016. ISBN: 9789292560713.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. **Políticas Públicas para Eficiência Energética Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado: Uma Análise da Experiência Recente dos EUA e do Brasil**. Campinas - Sp: Autores Associados, 2000. 116 p.
KANG, SB, Kim, J., Jeong, MH *et al.* Matrizes de microfios independentes e elásticas e elásticas para células solares transparentes com flexibilidade. *Light Sci Appl* **8**, 121 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41377-019-0234-y>

JUNFENG, L. ; PENGFEI, S.; HU, G. **China wind power outlook 2010**. Bélgica: GWEC, 2010.

KAWABE, R., & FADUL, E. (1998, setembro). Luz e sombra num processo arriscado: a privatização dos serviços públicos no Brasil. *Anais do Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 22.

KEMP, R.; FOXON, T. J. **Tipology of eco-innovation**. In: MEI project: measuring eco-innovation. European Commission, 24 p. ago. 2007.

KERN, F.; ROGGE, K. S. The pace of governed energy transitions: Agency, international dynamics and the global Paris agreement accelerating decarbonisation processes? *Energy Research and Social Science*, [s.l.], 2016. DOI: 10.1016/j.erss.2016.08.016.

KINOMAKIA IMAGENS. Animação - Parque Eólico Serra do Tombador. 2016. (498 min.), color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0x4hIN8udMQ>. Acesso em: 20 jul. 2020.

LALL, S. A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: NELSON, R.R., KIM, L. (Orgs.), Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As experiências das Economias de Industrialização Recente, Clássicos da Inovação (traduzido por Calor D. Szlak), Editora Unicamp, Campinas, SP, 2005.

LARSSON, M. Global Energy Transformation. [s.l.]: [s.n.], 2009. 312 p. ISBN: 9781349310555.

LEMOS, Mauro Borges et al. Capacitação tecnológica e Catching Up: o caso das regiões metropolitanas emergentes brasileiras. **Rev. Econ. Polit.**, São Paulo, v. 26, n. 1, pág. 95-118, março de 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572006000100006&lng=en&nrm=iso>. acesso em 03 de maio de 2021. <https://doi.org/10.1590/S0101-31572006000100006>.

LEUSIN, Matheus Eduardo. **ANÁLISE DA DIFUSÃO DA TECNOLOGIA EÓLICA NO BRASIL**. 2018. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

LEUSIN, Matheus Eduardo; VAZ, Caroline Rodrigues; MALDONADO, Mauricio Uriona. Mapeamento Tecnológico de Patentes em Energia Eólica no Brasil. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 303-331, 1 maio 2018. Future Studies Research Journal: Trends and Strategies. <http://dx.doi.org/10.24023/futurejournal/2175-5825/2018.v10i2.313>.

LEWIS JI . **Aquisição de tecnologia e inovação no mundo em desenvolvimento: desenvolvimento de turbinas eólicas na China e na Índia**. Viga. Comp. Int. Dev. , 42 (2007) , pp. 208 - 232 , [10,1007 / s12116-007-9012-6](https://doi.org/10.1007/s12116-007-9012-6).

LIMA, José Luiz. Políticas de governo e desenvolvimento do setor de energia elétrica: do Código de Águas à crise dos anos 80, 1934-1984. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 1995.

LINS, B. E. **Privatização das telecomunicações brasileiras: algumas lições**. **Cadernos. Aslegis**, vol. 4 nº 10 p. 9-25, janeiro abril, 2000.

LLERA SASTRESA, E. et al. Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.14, n.2, p.679-90, fev. 2010.

LORENZO, Helena Carvalho. **O setor elétrico brasileiro: passado e futuro**. **Perspectivas**: Revista de Ciências Sociais, v. 24/25, 2001/2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/108151>. Acesso em 27 abr. 2020.

LUNDEVALL, B. A. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: Dosi, G. et al. (Ed.). Technical change and economic theory. London: Printer Publishers, 1988, p. 349- 369.

MACHADO, Thiago Adriano. DA FORMAÇÃO SOCIAL EM MARX À FORMAÇÃO SOCIOESPACIAL EM MILTON SANTOS: uma categoria geográfica para interpretar o Brasil?. **Geographia**, [S.L.], v. 18, n. 38, p. 71, 8 fev. 2017. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/geographia2016.v18i38.a13774>.

MAMIGONIAN, Armen (org). O pensamento de Ignácio Rangel. Florianópolis: EDUFSC, 1997.

MARENCO, J. A.; ALVES, L. M. **Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento**. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 485-494, mês. 2016. ISSN 2179-0892. Disponível em: URL: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/100879>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2015.100879>. Acesso em: 24 jun. 2020.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p.1304-1 a 1304-13, 2008.

MARTINS, Luis Carlos dos Passos. PETRÓLEO E “NACIONALISMO” NO SEGUNDO GOVERNO VARGAS: O DEBATE EM TORNO DA CRIAÇÃO DA PETROBRAS. **Ri Furg**, Rio Grande, v. 6, p. 401-425, 2015. Semestral.

MAXWELL, I. E. **Managing sustainable innovation: the driver for global growth**. New Zealand: Springer, 2009.

MAZZUCATO, M. Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs setor privado. São Paulo: Portifólio Pequeno:2014. pp. 195-223.

MELO, Elbia. Proinfa e a consolidação do setor eólico brasileiro. *Revista Concreto e Construções*, n. 75, p. 133-135, 2014.

_____. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. *Estud. av.*, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013.

MELOSI, M. Energy Transitions in Historical Perspective. In: BRENDAN DOOLEY (Org.). *Energy and culture: perspectives on the power to work*. [s.l.]: [s.n.], 2009. v. 41. ISBN: 0754645142, ISSN: 00040894.

MERCEDES, Sonia Seger Pereira. **Análise Comparativa dos Serviços Públicos de Eletricidade e Saneamento Básico no Brasil: Ajustes Liberais e Desenvolvimento**. Tese de doutorado. São Paulo, Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia da USP, 2002.

_____. **“Marcos Constitutivos do Setor Elétrico Brasileiro”**, in Gildo Magalhães (org.). *História e Energia: Memória, Informação e Sociedade*. 1 ed. São Paulo, Alameda Casa Editorial, 2012, v. 1, pp. 105.

MERCEDES, S., Rico, J., & POZZO, L. (2015). **Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro**. *Revista USP*, (104), 13-36. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i104p13-36>.

MILLER, Clark A.; RICHTER, Jennifer; O'LEARY, Jason. Socio-energy systems design: a policy framework for energy transitions. **Energy Research & Social Science**, [S.L.], v. 6, p. 29-40, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2014.11.004>.

MINISTÉRIO MINAS E ENERGIA (MME). Portaria MME nº 403/2019 de 29 de outubro 2019. Brasília, 2020.

_____. Brasil fica em 5º lugar no ranking mundial de expansão de capacidade instalada eólica (2017). Disponível em <http://www.mme.gov.br/>. Acesso em: 07 mar. 2020

NASCIMENTO, Thiago Cavalcante; MENDONCA, Andréa Torres Barros Batinga de; CUNHA, Sieglinde Kindl da. Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 630-651, set., 2012.

NELSON, R.R., KIM, L. Introdução. In: NELSON, R.R., KIM, L. (Orgs.), Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As experiências das Economias de Industrialização Recente, Clássicos da Inovação (traduzido por Calor D. Szlak), Editora Unicamp, Campinas, SP, 2005.

NELSON, R. What Makes an Economy Productive and Progressive? What Are the Needed Institutions? Looking Back and Looking Forwards, Laboratory of Economics and Management Sant'Anna School of Advanced Studies - LEM, Working Paper Series, 2006.

NORTH, D. Custos de transação, instituições e desempenho econômico. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1994. 38 p.

O'CONNOR. **Transições de energia**. The Pardee Papers, Boston University, Boston (2010).

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Eco-innovation in industry: enabling green growth**. Paris: OECD, 2009.

O ECO (Brasil). O que são as INDCs. Dicionário Ambiental. Rio de Janeiro, out. 2015. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/>. Acesso em: 25 set. 2019.

OLIVEIRA, Nathalia Capellini Carvalho de. A grande aceleração e a construção de barragens hidrelétricas no Brasil. **Varia hist.**, Belo Horizonte, v. 34, n. 65, p. 315-346, Aug. 2018. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-87752018000200315&lng=en&nrm=iso. access on 04 Mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/0104-87752018000200003>.

OLIVEIRA, Lucas Keer de. **Energia como recurso de poder na política internacional: Geopolítica, estratégia e o papel do centro de decisão energética**. 2012. 400 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Política, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

OVERLAND, Indra. The geopolitics of renewable energy: Debunking four emerging myths. **Energy Research & Social Science**, [s.l.], v. 49, p.36-40, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.018>.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. *Economia em Destaque: Conjuntura e Planejamento*, Salvador, v. 149, p.4-11, out. 2006. Disponível em: http://files.pet-quimica.webnode.com/200000109-5ab055bae2/Conceitos_Energias_renovaveis.pdf. Acesso em: 02 maio 2018.

PARRONCHI, Pietro & Gala, Paulo. (2017). WEG: um exemplo de construção de complexidade no Brasil. 10.13140/RG.2.2.24464.71684.

PAUL, Nilson Maciel de; FUCK, Marcos Paulo; DALCIN, Rafael Barreto. Trajetórias Tecnológicas do Etanol: do Proálcool à Alcoolquímica. **Revista Espacios**, Caracas, v. 33, p.7-9, 2012. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a12v33n09/12330907.html>. Acesso em: 10 jul. 2018.

PECEQUILO, Cristina Soreanu; JAEGER, Bruna Coelho. OS ESTADOS UNIDOS: A GEOPOLÍTICA E A GEOECONOMIA DA ENERGIA. **Brazilian Journal Of International Relations**, Marília, v. 8, p. 7-43, 2019. Quadrimestral. Disponível em: [file:///C:/Users/makec/Downloads/8104-Texto%20do%20artigo-28858-2-10-20200714%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/makec/Downloads/8104-Texto%20do%20artigo-28858-2-10-20200714%20(1).pdf). Acesso em: 01 mar. 2021.

PEREIRA, José Maria Dias. O centenário de Ignácio Rangel. **Rev. Econ. Polit.**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 544-564, Dec. 2014. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572014000400003&lng=en&nrm=iso>. access on 23 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31572014000400003>.

PERLIN, John. **From Space to Earth: The Story of Solar Electricity**. Michigan: Earthscan, 1999. 224 p.

PÉREZ, C. Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change. In: REINERT, E. *Globalization, economic development and inequality: an alternative perspective*. Cheltenham: Edward Elgar, 2004, 337p.

_____. *Revoluciones tecnologicas y paradigmas tecnoeconomicos*. In: *Revoluciones tecnologicas y capital financeiro: la dinamica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI, 2004a.

_____. Technological dynamism and social inclusion in Latin America: a resource-based production development strategy. **Cepal Review**, Santiago, v. 100, p. 121-141, april, 2010.

PINTO JUNIOR, Helder Queiroz (org.). **Economia da energia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 391 p.

PINTO, Lucía Iracema Chipponelli; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, pág. 1082-1100, dezembro de 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000601082&lng=en&nrm=iso>. acesso em 07 de janeiro de 2021. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>.

PINTO, Adeon Cecilio; SANTOS NETO, Pedro José. Uma Revisão do Estado da Arte sobre a Aplicação de Aerogeradores de Pequeno Porte no Contexto das Redes Inteligentes. **Revista Ciências Exatas e Naturais - Recen Unicentro/pr, Brasil.**, Paraná, v. 14, p. 103-132, jun. 2012. Semestral. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/1389/1829>. Acesso em: 14 dez. 2020.

POMERANZ, K. The Great Divergence: China, Europe and the Making of the Modern World Economy. [s.l.]: [s.n.], 2000. 393 p. ISBN: 1400806305.

PORTO, M. A. A. Planejamento e Gestão de Empreendimentos. XXVII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Anais. Belém, 2007.

POMMORSKY, Eduardo Fuser. **LEGISLAÇÃO E TRIBUTOS NO SETOR EÓLICO**. 2021. Disponível em: <https://gsga.com.br/legislacao-e-tributos-no-setor-eolico/>. Acesso em: 08 fev. 2021.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estud. av.**, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 271-283, Apr. 2017. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100271&lng=en&nrm=iso. access on 05 Sept. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890021>.

POWER-TECHNOLOGY. **Os 10 principais países do mundo em capacidade de energia eólica**. 2020. Disponível em: <https://www.power-technology.com/>. Acesso em: 13 abr. 2021.

PVTECH. **Smart factories, repowering and cybersecurity set to define solar 2020 – WoodMac**. 2020. Disponível em: <<https://www.pv-tech.org/news/Smart-manufacturing-cybersecurity-and-repowering-set-to-define-202>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

RANGEL, Ignácio; Benjamin, César (org). Ignácio Rangel - Obras reunidas. Vol. 1. Rio de Janeiro: Ed. Contraponto, 2005.

RANGEL, Ignácio Mourão. Recursos ociosos e ciclo econômico*: Alternativas para a crise brasileira. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 9, n. 1, p.21-30, 1989. * Aula Magna proferida no dia 1 de setembro de 1988, na Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ.

_____. **Recursos Ociosos e Política Econômica**. São Paulo, Hucitec.

RANGEL, Ignácio Mourão. Dualidade e Ciclo Longo. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 4, n. 1, p.87-100, 1984.

RECHARGE: revista mensal de energias renováveis. Reino Unido: NHST Media Group, n. 1, jan. 2014

RE100 (Nova York) (Org.). **The climate group**. 2019. Disponível em: <<http://there100.org/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

REN21 Renewable (2019). **RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT**. Paris: Secretaria da REN21 336 p. Disponível em: <<https://www.ren21.net/>>. Acesso em: 09 set. 2019.

_____(2016). **Energias Renováveis 2016 Relatório da Situação Mundial**. Paris: Secretaria da REN21. 31 p. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_KeyFindings_port_02.pdf. Acesso em: 16 set. 2019.

_____(2020). **RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT**. Paris: Secretaria da REN21 367 p. Disponível em: <<https://www.ren21.net/>>. Acesso em: 16 agos. 2020.

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA I Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -ano 4, n. 1 (1955, out./dez.)- Rio de Janeiro : IBGE, 1955-Trimestral. Órgão oficial do IBGE. (Mário da Silva Pinto, p.507).

_____.O impacto das crises da energia , e da dívida externa no processo de desenvolvimento da América Latina e do Brasil. v.51, n.3,p. 1-140, jul./set.1989. Rio de Janeiro, (Speridião Faissol, 7-24).

RESCOOP. “**A landmark day for Europe’s march towards energy democracy**”, press release (Brussels: 14 June 2018), <https://www.rescoop.eu/blog/a-landmark-day-for-europe-s-march-towards-energy-democracy>.

ROCHA JR., W. F.; SHIKIDA, P. F. A.; SOUZA, S. N. M.; GALVAN, M. Z. O ambiente institucional e políticas públicas para o biogás proveniente da suinocultura. REVISTA TECNOLOGIA E SOCIEDADE (ONLINE). , v.9, p.72 - 82, 2013.

ROMEIRO, Adernar R.; ABRANTES, Fernando J.. Degradação ambiental e ineficiência energética (o círculo vicioso da "modernização" agrícola). **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 44, p. 389-538, 1982. Trimestral.

RUETER, Gero. **Produção de energia renovável bateu recorde em 2016**. 2017. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/produ%C3%A7%C3%A3o-de-energia-renov%C3%A1vel-bateu-recorde-em-2016/a-38312825>>. Acesso em: 28 out. 2019.

RUETER, Gero. **Alemanha registra recorde de energia renovável**. 2020. DW Made for minds. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/alemanha-registra-recorde-de-energia-renov%C3%A1vel/a-51921693>. Acesso em: 09 abr. 2020.

SANDRONI, Paulo, (1999), *Novíssimo Dicionário de Economia*. São Paulo, Editora Best Seller.

SAUER, Ildo Luís; VIEIRA, José Paulo; KIRCHNER, Carlos Augusto Ramos. *O Racionamento de energia elétrica decretado em 2001: um estudo sobre as causas e as responsabilidades*. [S.l: s.n.], 2001.

_____. “Um Novo Modelo para o Setor Elétrico Brasileiro”, in I. L. Sauer et al. (orgs.). *A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro*. São Paulo, Paz e Terra, 2003.

SERRA, J. Ciclos e mudanças estruturais na economia brasileira do pós-guerra. In: BELLUZZO, L. e COUTINHO, R. *Desenvolvimento capitalista no Brasil – Ensaios sobre a crise*. São Paulo, Brasiliense, 1982.

SCHUMPETER, J. *A teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1985.

_____. *Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. Tradução Maria Sílvia Possas. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1982.

SCHUTZ, Fernanda; MASSUQUETTI, Angélica; ALVES, Tiago Wickstrom. *Demanda e oferta energética: uma perspectiva mundial e nacional para o etanol*. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, [s.l.], v. 16, n. 16, p.3167-3186, 29 nov. 2013. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010688>.

SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Uso_da_energia_ao_longo_da_historia_evolucao_e_per.pdf>. Acesso em: 02 set. 2019.

SERAPHIM. **Um fabricante de módulo solar de classe mundial**. 2020. Disponível em: <https://www.seraphim-energy.com/>. Acesso em: 05 ago. 2020.

SGOURIDIS, S.; CSALA, D. A framework for defining sustainable energy transitions: Principles, dynamics, and implications. *Sustainability (Switzerland)*, [s.l.], v. 6, no 5, p. 2601-2622, 2014. ISBN: 2071-1050, ISSN: 20711050, DOI: 10.3390/su6052601.

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. *Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável*. **Estud. av.**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=en&nrm=iso>. access on 05 Sept. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-4014201300010000>.

SIEMENS GAMESA Energy Renewable. **SG 14-222 DD Turbina Eólica**. 2021. Disponível em: <https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-14-222-dd>. Acesso em: 02 fev. 2021.

SMIL Vaclav. Mitos e realidades da energia: trazendo a ciência para o debate sobre política energética. Rowman e Littlefield , Washington, DC (2010) , pp. 136 - 14.

_____. Examining energy transitions: A dozen insights based on performance. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 22, p. 194-197, 2016. ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2016.08.017.

SOVACOOOL, Benjamin K.. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. **Energy Research & Social Science**, [S.L.], v. 13, p. 202-215, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020>.

SOVACOOOL, Benjamin K.; GEELS, Frank W.. Further reflections on the temporality of energy transitions: a response to critics. **Energy Research & Social Science**, [S.L.], v. 22, p. 232-237, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.013>.

THEIS, Ivo Marcos. **Crescimento econômico e demanda de energia no Brasil**. Blumenau-SC: FURB/UFSC, 1990. 206 p.

UBERGIZMO. **'Anti-Solar' Panels Can Generate Electricity Even At Night**. 2020. Disponível em: https://www.ubergizmo.com/2020/02/anti-solar-panels-generate-electricity-in-the-dark/?utm_source=mainrss. Acesso em: 11 fev. 2020.

VASCONCELLOS, Gilberto Felisberto; VIDAL, J.w. Bautista. **Poder dos trópicos: Meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira**. São Paulo: Casa Amarela, 1998. 303 p.

VEN, D. J. VAN DE; FOUQUET, R. Historical energy price shocks and their changing effects on the economy. *Energy Economics*, [s.l.], v. 62, p. 204-216, 2017. ISSN: 01409883, DOI: 10.1016/j.eneco.2016.12.009

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. *Quím. Nova, São Paulo* , v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009 . Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300019&lng=en&nrm=iso. Access on 10 Dec. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000300019>.

VIDAL, José Walter Bautista. **De Estado Servil a Nação Soberana: Civilização solidária dos trópicos**. Petrópolis - Rj: Editora Vozes Ltda, 1987. 320 p.
WINDEUROPE. **Financing and investment trends: the european wind industry in 2019**. Belgium: Windeurope, 2020. 48 p. Disponível em: windeurope.org. Acesso em: 16 jun. 2020.

YERGIN, D. O petróleo: uma história de conquistas, poder e dinheiro. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2009, p. 205.

ZHOU Y.; LIU X. **Evolução das políticas estatais chinesas de inovação**

Y. Zhou , W. Lazonick , Y. Sun (Eds.) , China as an Innov. Nation , Oxford University Press , Oxford (2016) , pp. 33 - 67 , [10.1093 / acprof: oso / 9780198753568.003.0002](https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198753568.003.0002)

ZHANG, Sufang; ANDREWS-SPEED, Philip; ZHAO, Xiaoli; HE, Yongxiu. Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy: a critical analysis of china's policy approach to renewable energies. **Energy Policy**, [S.L.], v. 62, p. 342-353, nov. 2013. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.063>.

ZOTIN, Marianne Zanon. O Papel da China na Transição Energética Global: Estado, Indústria e Recursos/ Marianne Zanon Zotin. - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018. XVII, p. 264.

APÊNDICE

QUESTIONÁRIO: CADEIA ECONÔMICA E PRODUTIVA DA ENERGIA EÓLICA

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a), para responder ao questionário online, que dará subsídios para a tese de doutoramento desenvolvida por Makerli Galvan Zanella junto à Universidade Estadual do Oeste do Paraná -UNIOESTE, que trata da dinâmica da cadeia produtiva da energia eólica no Brasil.

Não levará mais de 5 minutos de seu tempo, suas considerações serão muito importantes e válidas para esse trabalho, visto sua vasta experiência e qualificações no setor.

Sua participação consiste em responder ao questionário eletrônico online.

Este estudo possui finalidade de pesquisa, e os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, assegurando, assim, sua privacidade.

Esperamos contar com sua valiosa participação nesse projeto] e informamos que os dados serão divulgados no conjunto, sem avaliações individuais.

1- Nome da Empresa em que atua

Sem identificação

2- Setor que atua e quanto tempo

Sem identificação

3- Quanto tempo a empresa atua no mercado Nacional, e internacional (se houver)

Sem identificação

4- Qual é a origem da empresa?

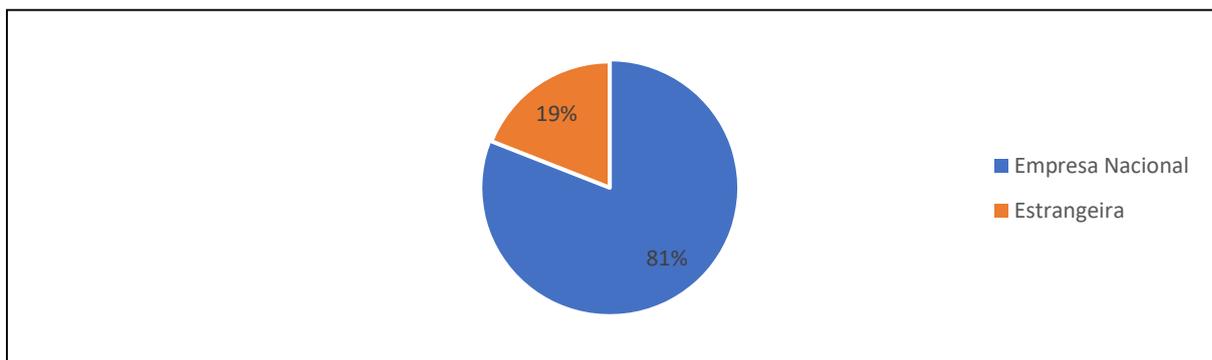
- Nacional
- Estrangeira - Origem?



Fonte Elaboração própria com base no questionário

5- Em qual fonte renovável a empresa (profissional) atua?

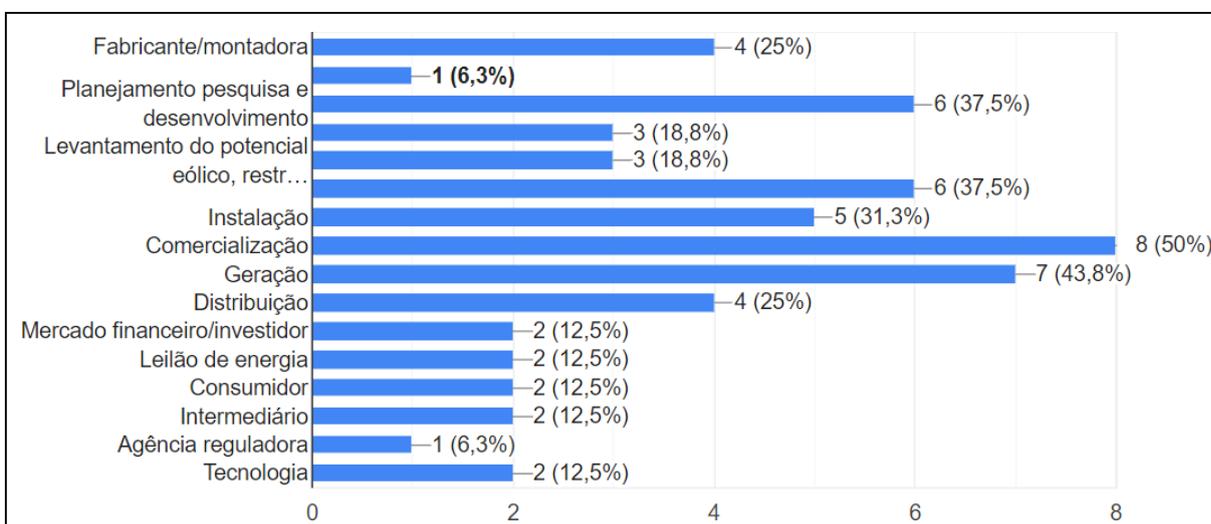
- eólica
- solar
- eólica e solar
- outras



Fonte Elaboração própria com base no questionário

6- Em que área(s) a empresa atua?

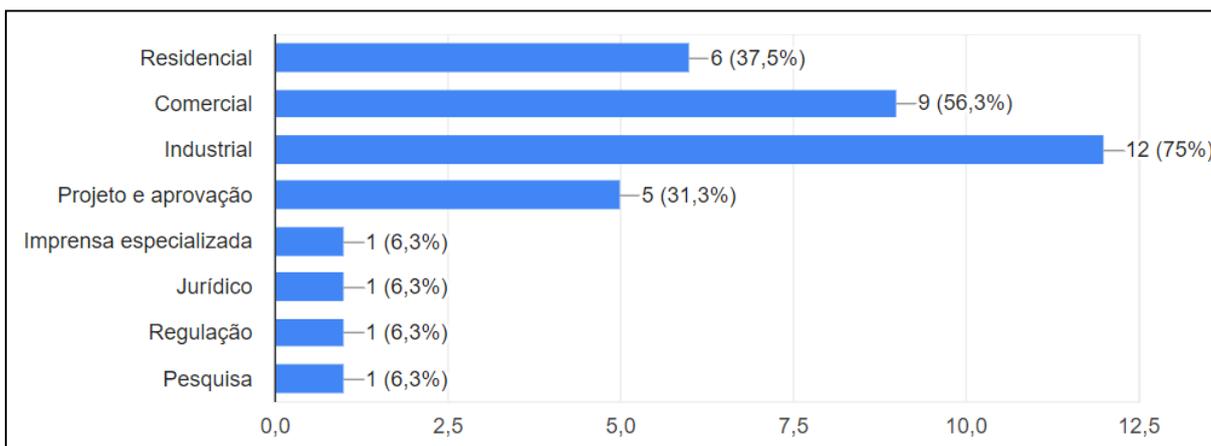
- () fabricante/montadora
- () produção de componentes e/ou subcomponentes
- () planejamento pesquisa e desenvolvimento
- () risco e planejamento
- () levantamento do potencial eólico, restrições, projeto arquitetônico
- () execução e construção
- () instalação
- () comercialização
- () geração
- () distribuição
- () mercado financeiro/investidor
- () consumidor
- () intermediário
- () agência reguladora
- () tecnologia
- () outros - Especifique:



Fonte: Elaboração própria com base no questionário

7- Em que setor a empresa opera?

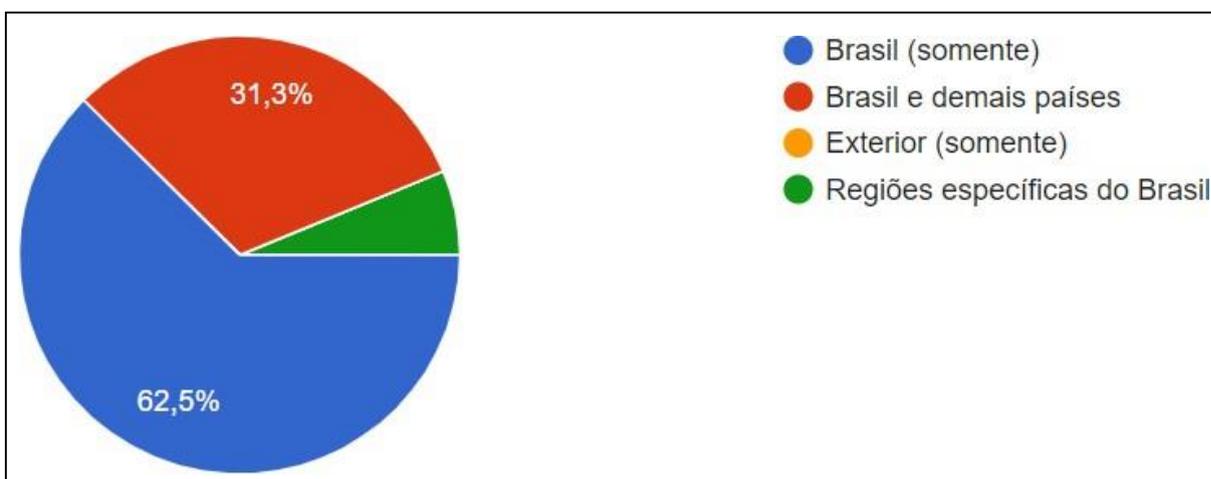
- residencial
- comercial
- industrial
- projeto e aprovação
- outros - Especifique:



Fonte Elaboração própria com base no questionário

8- Qual área geográfica a empresa atua?

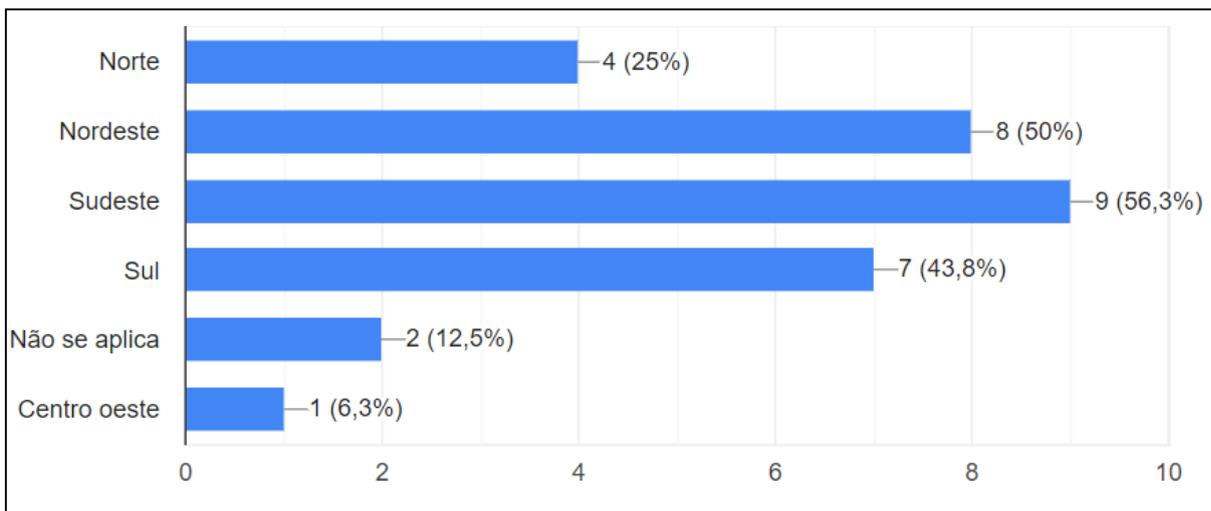
- Brasil (somente)
- Brasil e demais países
- Exterior (somente)
- Regiões específicas do Brasil Qual?



Fonte Elaboração própria com base no questionário

9- Em qual região(ões) brasileira a empresa está localizada?

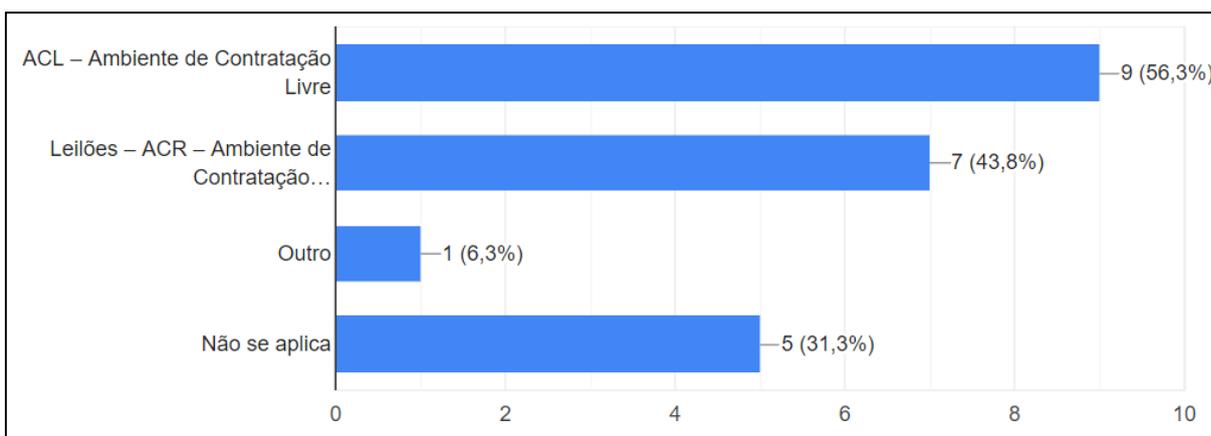
- Norte
- Nordeste
- Sudeste
- Sul
- Centro Oeste
- Não se aplica



Fonte Elaboração própria com base no questionário

10- A comercialização de energia é feita por meio de qual modalidade?

- ACL - Ambiente de Contratação Livre
- Leilões - ACR - Ambiente de Contratação Regulado
- Outro



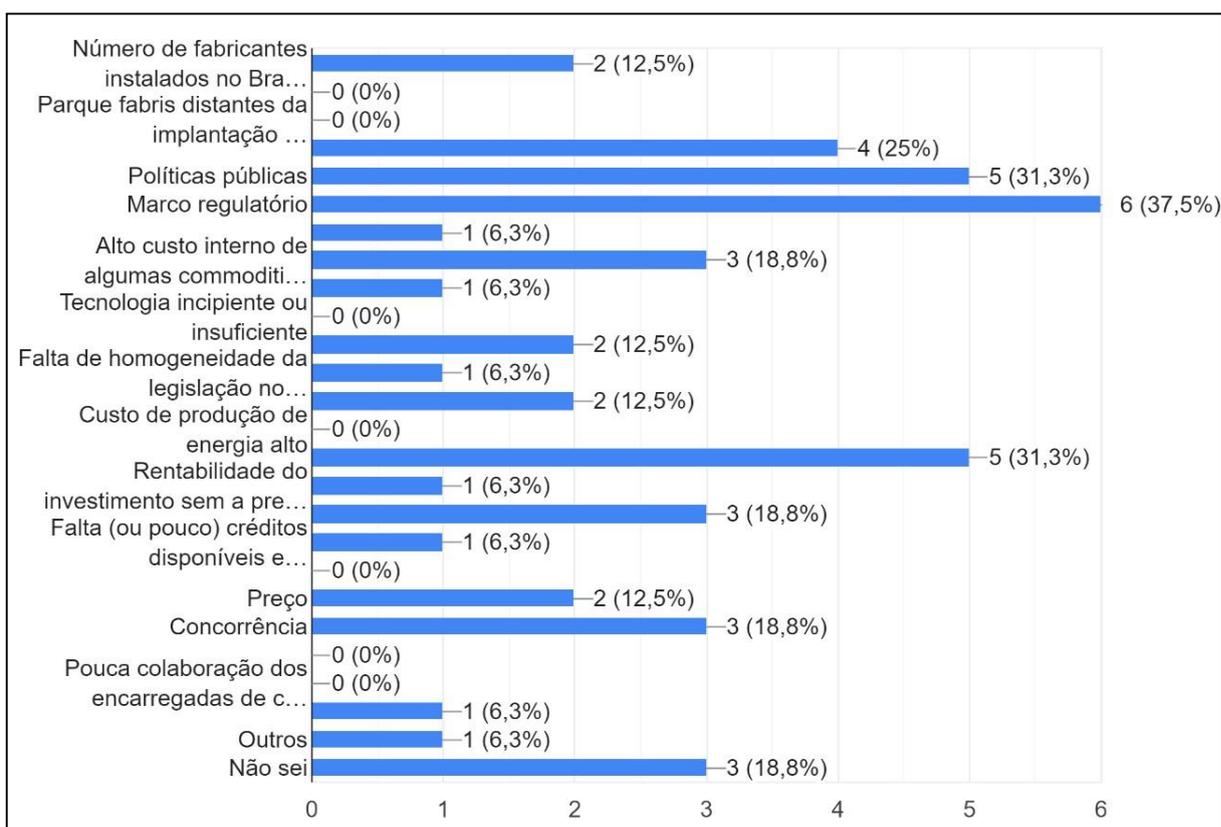
Fonte Elaboração própria com base no questionário

11- Que ações o Estado desenvolve para o desenvolvimento da cadeia produtiva eólica?

- Pouco incentivo do Estado, quando tem;
- Necessidade de redução no ICMS;
- Precisa mais incentivos e isenções fiscais, desconto no fio, desconto na TUSD, regulação;
- Falta de política de incentivo por meio de descontos na tarifa de transmissão e distribuição;
- Falta de adequação da infraestrutura ao escoamento dos produtos;
- Pouco incentivo para fabricação e montagem local com financiamento do BNDES;
- Melhorar a malha viária para o transporte de componentes.

12- Qual maior gargalo produtivo que dificulta a implantação e expansão de parques eólicos no Brasil e que restringem o desenvolvimento da cadeia produtiva?

- Número de fabricantes instalados no Brasil
- Dimensão territorial nacional com bacias eólicas em diferentes regiões
- Parque fabris distantes da implantação dos parques eólicos
- Mão de obra qualificada
- Políticas públicas
- Marco regulatório
- Contratos de arrendamento, conflitos territoriais
- Alto custo interno de algumas commodities ex. aço, em relação ao custo no mercado externo, reduzindo a competitividade da indústria nacional frente a itens importados e dificulta a exportação de componentes fabricados localmente
- Relacionamento difícil com distribuidores
- Tecnologia incipiente ou insuficiente
- Problemas relacionados a restrições ambientais / paisagísticas
- Falta de homogeneidade da legislação no território nacional
- Pouco conhecimento do consumidor
- Custo de produção de energia alto
- Imposto sobre produto e importações
- Rentabilidade do investimento sem a presença de incentivos
- Falta de incentivos fiscais
- Falta (ou pouco) créditos disponíveis e investidores
- Incapacidade de atender à demanda devido à oferta limitada
- Preço
- Concorrência
- Cadeia de suprimentos excessivamente fragmentada
- Pouca colaboração dos encarregadas de conectar o sistema à rede elétrica
- Logística e transporte
- Outros

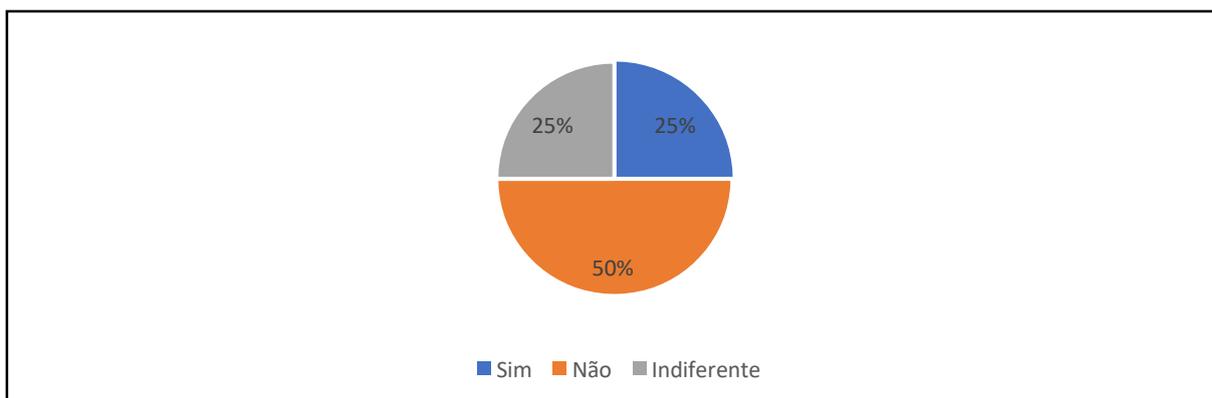


Fonte Elaboração própria com base no questionário

13- A implantação de parques eólicos pode ser comprometida devido à capacidade fabril estar localizada em diferentes regiões do Brasil? (quando alguns componentes como pás, nacelle ou torres não existirem unidades de fabricação dentro do parque)?

() sim

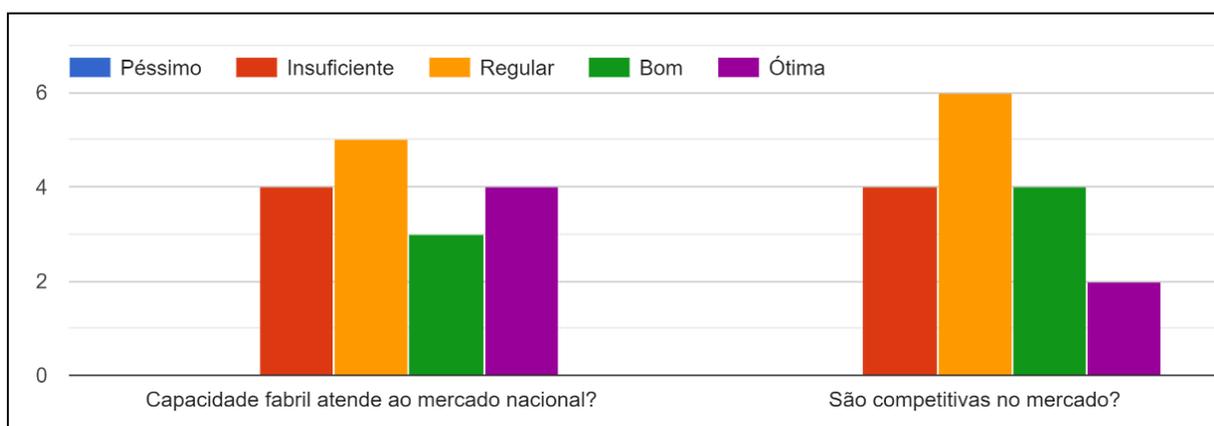
() não



Fonte Elaboração própria com base no questionário

14- A capacidade fabril das empresas de aerogeradores (equipamentos componentes e subcomponentes) são suficientes para atender a demanda do mercado nacional e ainda ser competitivas no mercado?

Capacidade fabril	Sim	Não
Demanda Nacional		
Competitivas no mercado		

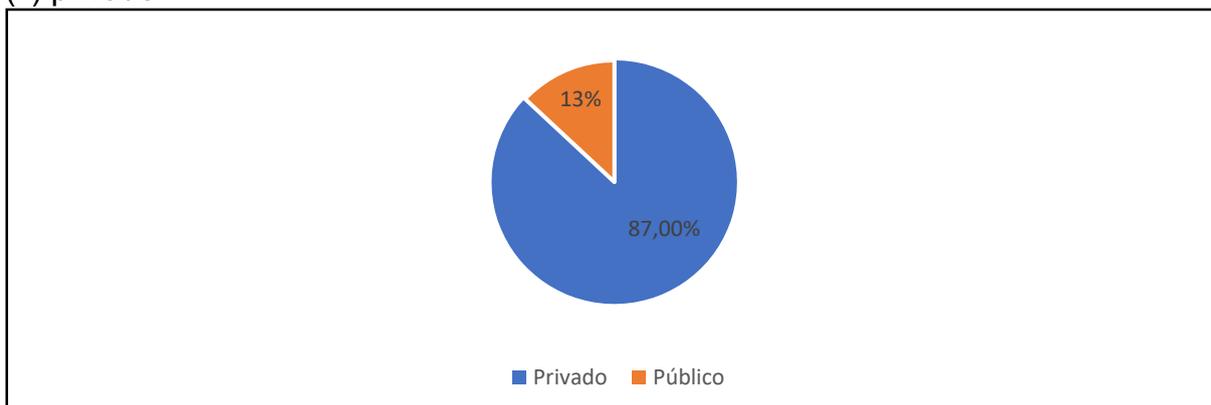


Fonte Elaboração própria com base no questionário

15- A maior forma de investimento do setor de energias renováveis vem do setor:

() público

() privado



Fonte Elaboração própria com base no questionário

16- Quais são os diferenciais competitivos da sua empresa?

- Projetos sob medida visando custo x benefício;
- Análise dos riscos da comercialização e sugerir modelos de mitigação;
- Formato dos contratos;
- Qualidade final do produto e garantia operacional, qualidade humana com todos profissionais formados, qualificação técnica da equipe e o pioneirismo em levantamento do potencial eólico;
- Tradição, qualidade do produto/ processos e tecnologia de ponta, dinâmica;
- Preço e prazo;
- A número um em energia renovável na Índia com capacidade instalada, serviços que abrangem todo o ciclo de vida do projeto.

17- Como você julga o Brasil em relação aos demais países que utilizam energia eólica em relação a:

Legislação:

() insuficiente () suficiente () péssima () ótima

Tecnologia:

() insuficiente () suficiente () péssima () ótima

Financiamentos:

() insuficiente () suficiente () péssima () ótima

Mão de obra qualificada:

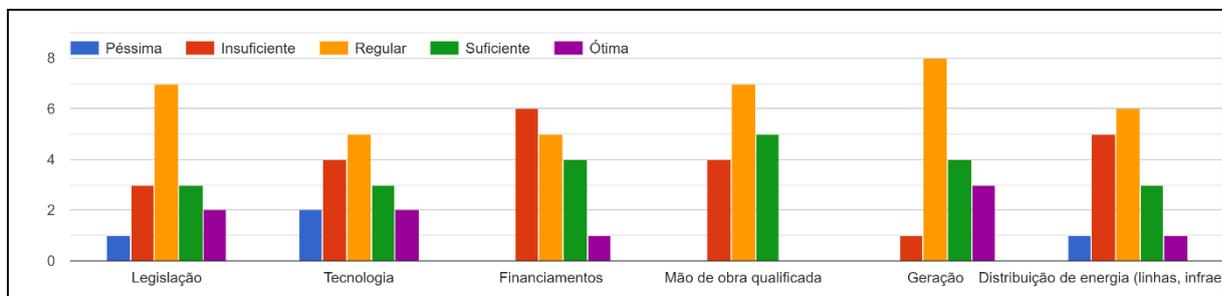
() insuficiente () suficiente () péssima () ótima

Geração:

() insuficiente () suficiente () péssima () ótima

Distribuição de energia (linhas, infraestrutura):

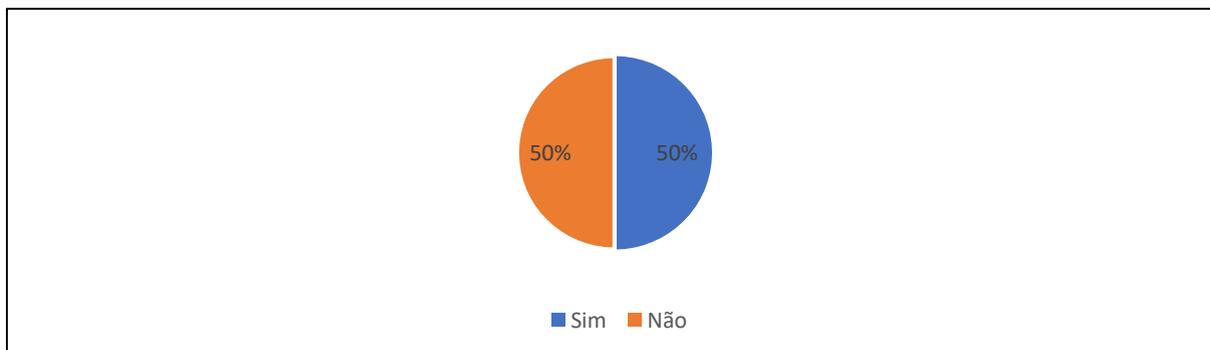
() insuficiente () suficiente () péssima () ótima



Fonte: Elaboração própria com base no questionário

18- Sua empresa desenvolve pesquisa e tecnologia?

- sim
 não



Fonte Elaboração própria com base no questionário

Se não:

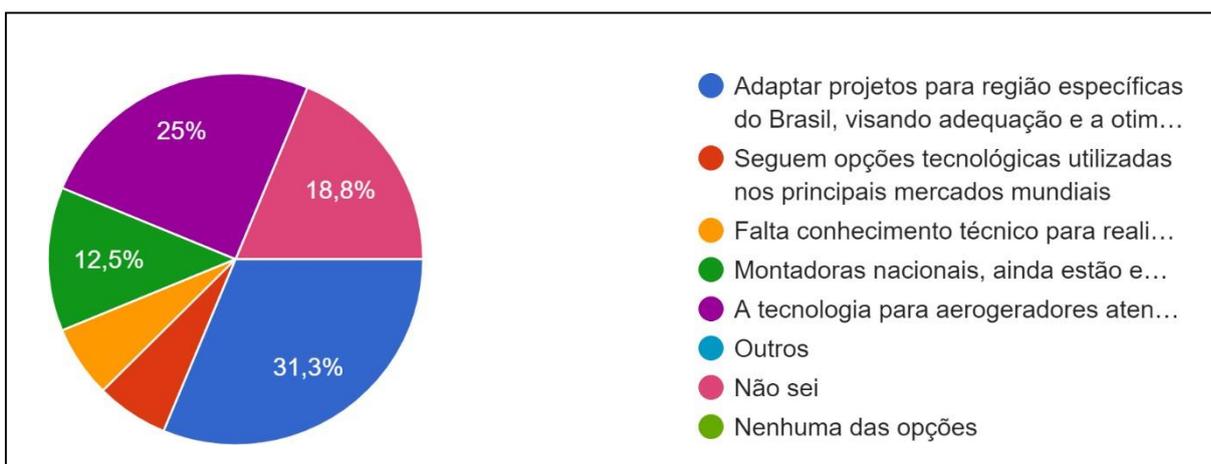
- apoia financeiramente a pesquisa e outros desenvolvedores
 tem patentes
 fazem parcerias tecnológicas com Universidades, laboratórios, para testes, protótipos e certificações ou outros
 falta capacitação pessoal dos profissionais
 falta softwares especiais para projeto aerodinâmico, estrutural, elétrico e controle de aerogeradores ou outros
 necessitariam de infraestrutura local
 todas as alternativas
 outros
 Especifique

19- Diferentes estágios dentro da cadeia produtiva da energia eólica podem ter necessidades específicas ou exigir maturidade tecnológica. Aponte processos ou falhas que necessitam serem modificados para melhorar a cadeia produtiva.

- Tratamento dos resíduos após o ciclo de vida ou quando ocorrem acidentes, já que o processo rejeita muito concreto e fibra que deveriam ser obrigatoriamente reciclados;
- Logística interna nacional dificulta o acesso a novos projetos, fabricação de peças nacionais e capacidade das linhas de transmissão para escoamento da produção são ineficientes;
- Parque fabril nacional é muito carente, fazendo com que o Brasil, seja mais uma montadora do que uma fabricante;
- Investimento em pesquisa e desenvolvimento nas universidades
- Necessidade de meios de armazenamento energéticos inteligentes de excedentes;
- Capacitação de pessoas, a fim de ministrar palestras, dias de campo e treinamento de alto nível, como especialização para promover avanço tecnológico;
- Planos regionais que auxiliem no desenvolvimento da indústria e da tecnologia nacional;
- Desenvolvimento de fornecedores de castings (fundidos) e weldments ainda incipiente para o que a indústria eólica precisa;
- Torres mais altas e redução dos custos da tecnologia offshore wind.

20- É fato que os ventos nordestinos são de excelente qualidade, sopram em velocidades altas por longos períodos, com baixa turbulência e pouca variação de direção, diferente das condições europeias e norte americanas, para tanto, empresas com maior índice de nacionalização têm se dedicado a:

- () adaptar projetos para região específicas do Brasil, visando adequação e a otimização das máquinas
 () seguem opções tecnológicas utilizadas nos principais mercados mundiais
 () falta conhecimento técnico para realização de projetos e aprimoramentos para o mercado nacional
 () montadoras nacionais, ainda estão em aprimoramento da tecnologia para desenvolver projetos próprios.
 () a tecnologia para aerogeradores atender a “ventos nacionais” já está consolidada
 () outros
 () nenhuma das opções



Fonte Elaboração própria com base no questionário

21- Quais desafios existem para que a tecnologia nacional dos itens se concretize e como considera a tecnologia nacional diante das tecnologias mundiais?

- Política industrial que favoreça a pesquisa, desenvolvimento e inovação, bem como investimentos para tecnologia de ponta nos geradores, conversores e controladores eletrônicos;
- No Brasil, na verdade, não há uma tecnologia nacional, as máquinas montadas em território nacional são oriundas de condições não tropicalizadas, apesar de quase 15 anos de parques em operação, ainda há defeitos para o nosso clima que vêm se repetindo e perdendo produtividade;
- Capacidade tecnológica para produção de itens nacionalmente, itens de diversos fornecedores estrangeiros são utilizados por não termos capacidade interna de produção;
- Qualificação da mão de obra.

22- O que você considera mais urgente a ser implantado para fomentar o desenvolvimento econômico e tecnológico no Brasil?

- Reindustrialização, apoio em pesquisa, financiamento, incentivo fiscal à pesquisa e desenvolvimento local;
- Maior integração entre universidade, centros de pesquisa e indústria, incentivo do governo na criação de empresas que desenvolvam tecnologia nacional;
- Reforma tributária e administrativa, treinamento e palestras técnicas;
- Políticas públicas setoriais, segurança jurídica e regulatória;
- Capacidade de adaptação à novas tecnologias, atratividade de mercado reforçando a infraestrutura de distribuição de energia;
- Inovação e soluções tecnológicas, assim como legislações mais abrangentes sobre o assunto;
- Empresas que tragam soluções desde o estágio de planejamento até a manutenção da turbina em todo o seu ciclo de vida.

23- Caso tenha alguma observação sobre a cadeia produtiva da energia eólica, por gentileza comente.

- Ausência de discussão sobre os serviços ancilares que permitem ter na matriz elétrica brasileira uma entrada tão pujante e importante de renováveis intermitentes, não controláveis;
- O país passa por um momento de desindustrialização (principalmente pós pandemia), os geradores já em operação possuem custos extremamente mais baratos do que os novos projetos de eólica podem oferecer em tempos em que a desvalorização cambial acaba com qualquer projeto nacional que envolva trabalhar com minérios ou tecnologia externa.