COPPE UFRJ
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

O PAPEL DA CHINA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA GLOBAL: ESTADO, INDÚSTRIA E RECURSOS

Marianne Zanon Zotin

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético.

Orientadores: Alexandre Salem Szklo
Luis Eduardo Duque Dutra

Rio de Janeiro
Dezembro de 2018

O PAPEL DA CHINA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA GLOBAL: ESTADO, INDÚSTRIA E RECURSOS

Marianne Zanon Zotin

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

Prof. Luis Eduardo Duque Dutra, D.Sc.

Prof. Roberto Schaeffer, D.Sc.

Prof. Helder Queiroz Pinto Jr., D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
DEZEMBRO DE 2018

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, 264 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Alexandre Salem Szklo

Luis Eduardo Duque Dutra

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 196-231.

1. Transição Energética. 2. China. 3. Materiais Críticos. I. Szklo, Alexandre Salem *et al*. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

Às minhas avós, Déa e Angelina.

“Minha terra tem palmeiras onde canta o sabiá,
a gente que aqui campeia também luta como lá
E de terra porque terra, você sabe,
Porque terra (vira-e-mexe) com a gente não se esquente
Porque terra tem petróleo, tem os olhos dele em cima,
Tem o clima que eu venero, tem o ferro, você sabe:
Tem scheelita, monazita, amianto mais calcita,
Tem os olhos-d'água dentro, tem os olhos dele em cima.
Tem a lima, tem a rima porque terra (vira-e-mexe),
Não se vexe, você erra se invadir a minha terra.
E de guerra, você sabe. Porque, guerra, meu senhor.
Deixe a gente, deixe a terra.
Deixe a gente viver dela, cantar nela, por favor. ”

– Vital Farias

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, a essa força e bondade que me inspiram sempre e que foram só acolhimento e amor neste período; e a meus irmãos, doces, que completam essa guarida.

Aos meus orientadores, Alexandre Szklo e Luis Eduardo Dutra, pelas inscansáveis revisões, pela paciência e estímulo a cada passo. Cada um a sua maneira e de forma complementar foi fundamental para a realização e finalização deste trabalho. Seja nas disciplinas ministradas por eles no mestrado e graduação, seja nas conversas e reuniões, foram sempre muito solícitos e apaixonados pela profissão, que lhes cabe muitíssimo bem. Um grande abraço aos dois.

Aos membros da banca, Helder Queiroz e Roberto Schaeffer, pelas críticas, contribuições e comentários na defesa, contribuindo para a melhor finalização deste trabalho.

À Sandrinha e Paulo, sempre maravilhosos e solícitos nesta jornada, um muito obrigada por tornar este período um pouco menos estressante e leve.

À Rejane e ao Gustavo da Seção de Relações Internacionais da COPPE, que me possibilitaram a ida à China em agosto de 2017, oportunidade única e determinante para o avanço da pesquisa. Aproveito para agradecer aos professores Xi Lu e Masaru Yarime das universidades de Tsinghua e Honk Kong, respectivamente, pela atenção e disponibilidade em me receberem e oferecerem olhares singulares sobre minha pesquisa.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos que possibilitou a dedicação integral ao programa de mestrado.

Aos amigos que me ouviram tantas vezes e já não aguentam mais ouvir falar da China. Em especial, aos insulanos Gui e Mari, Tainan e Dudu e aos Lulos, pela trajetória longa de amizade que percorremos juntos. Aos queridos Douglas e Bárbara que, mesmo distantes estiveram presentes. Aos grandes amigos que o PPE me deu, à Gi, Livia, Isa, Bael, Eduardos, Heliz, e Otto (que já tinha sido dado pela EQ e que compartilhou muitos sofás no Betão). À Thais, Chatack, Marluce, Carol e Larissa, às nossas viagens, trocas e afeto. Aos queridos recém-maridos, Renata e Lino, que aguentaram as loucuras e frustrações nos últimos meses com muita leveza, amizade, comida, música, alongamentos e cabelos. Aos amigos que não citei mas que, entre bares, jantinhas e carnavais foram também essenciais para a finalização desta dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

O PAPEL DA CHINA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA GLOBAL: ESTADO, INDÚSTRIA E RECURSOS

Marianne Zanon Zotin

Dezembro/2018

Orientadores: Alexandre Salem Szklo
Luis Eduardo Duque Dutra

Programa: Planejamento Energético

O objetivo desta dissertação foi de avaliar o papel da China na transição energética global sob aspectos técnico-econômicos, de acesso a recursos críticos e de poder. Para isso, analisou-se o papel do Estado na formulação de políticas de tecnologias renováveis, a evolução das indústrias chinesas de tecnologias renováveis e o acesso chinês aos recursos críticos associados a estas tecnologias. Os resultados mostram que o Estado chinês, sob visão de longo prazo e com capacidade de mobilizar vultuosos recursos para escalonamento e verticalização das indústrias-chave, tem o papel principal de internacionalizar um novo modelo energético baseado em fontes renováveis de energia, tanto pelos ganhos de escala e aprendizagem que resultaram na redução de custos, quanto pela construção de infraestrutura de suporte. Além disso, segurança energética e demanda por qualidade ambiental foram forças-motrizes importantes para que a continuidade do projeto de desenvolvimento chinês, que tem como um de seus pilares o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

THE ROLE OF CHINA IN THE GLOBAL ENERGY TRANSITION: STATE, INDUSTRY AND RESOURCES

Marianne Zanon Zotin

December/2018

Advisors: Alexandre Salem Szklo
Luis Eduardo Duque Dutra

Department: Energy Planning

The objective of this dissertation was to evaluate China's role in the global energy transition under technical-economic aspects, access to critical resources and power. For this, it was investigated the role of the State regarding renewable technologies policy-making, the evolution of the global renewable technologies that were prioritized, and the Chinese access to the critical resources. Findings show that the Chinese State, under a long-term vision and with the capacity to mobilize large resources to scale up and verticalize key industries, has assumed the role of internationalizing a new energy model based on renewable energy sources. Moreover, gains of scale and learning resulted in the reduction of costs, as well as the construction of the support infrastructure. In addition, energy security and demand for environmental quality were important driving forces for the continuity of the Chinese development project, which has focused on the development of low carbon technologies.

SUMÁRIO

1. Introdução

1.1 Contextualização do Problema 1

1.2 Objetivos do Estudo e Estrutura de Desenvolvimento 3

2. Transições Energéticas: sobre história e definições 6

2.1 Breve história das grandes transições energéticas 7

2.1.1 Da caça-coleta à agricultura 8

2.1.2 A Revolução Industrial e a Transição ao Carvão 14

2.1.3 A Transição ao Petróleo 18

2.2 Definições de Transição Energética 27

3. A Dinâmica das Transições Energéticas 36

3.1 Dos Aspectos Técnico-econômicos 36

3.1.1 O ciclo de vida de tecnologias de energia e padrões de difusão tecnológica 40

3.1.2 Mecanismos de Aprendizagem 45

3.1.3 Complexidade de Sistemas Energéticos: aglomerados tecnológicos (*clusters*), dependência da trajetória (*path-dependence*) e efeitos de *lock-in*..... 46

3.1.4 “Technology-push” vs “Demand-pull” 51

3.2 Dos Limites Naturais 56

3.2.1 Escassez e Abundância de Recursos Naturais 57

3.2.2 Degradação ambiental 67

3.3 Das Relações de Poder 71

3.4 Considerações Finais do Capítulo e Proposta Metodológica 75

4. A China e a Transição Energética 80

4.1 O Estado 80

4.1.1 Forças-motrizes para a transição energética chinesa 88

4.1.2 A estrutura político-administrativa do Estado e os arranjos institucionais para políticas de tecnologias renováveis 102

4.1.3 Os planos quinquenais e a política chinesa de tecnologias de energias renováveis (2005 -2017) 115

4.2 A Competência Industrial 137

4.2.1 A Indústria Eólica 146

4.2.2 A Indústria Solar 150

4.2.3 A Indústria de NEVs 154

4.3 O Acesso a Recursos 158

4.3.1 Materiais críticos para a transição energética 158

4.3.2 A avaliação do acesso privilegiado pelo Índice de Theil 166

4.4 Discussão 175

5. Conclusão 190

Referências Bibliográficas 196

Anexo I – Índice de Entropia de Theil 232

Anexo II – Lista de política energética renovável na China (2005-2018) 235

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Emissões históricas globais de GEE por setor. Fonte: Adaptado de GÜTSCHOW et al. (2016). 1

Figura 2 - Mudança no produto econômico, na demanda por energia primária e nas emissões de GEE associadas ao setor de energia. Fonte: Adaptado de IEA (2016). 2

Figura 3- Percentual de PIB Global entre os anos 1 e 2010. Fonte: Elaborado a partir dos dados de Angus Maddison (MADDISON-PROJECT, 2013). 12

Figura 4 - Evolução da potência média dos principais conversores. Adaptado de Smil (2004). 25

Figura 5 - Proporção Histórica do Consumo de Energia Primária Global (1800 - 2016). Fontes: Elaboração própria a partir de BP (2016), MALANIMA (2014) e SMIL (2010b). 30

Figura 6 - Produção Global de Energia Primária (1800 - 2016). Fontes: Elaboração própria a partir de BP (2016), MALANIMA (2014) e SMIL (2010b). 30

Figura 7 – Abordagem Teoria da Perspectiva Multinível para inovação de sistemas. Adaptado de GEELS (2004). 39

Figura 8 - Crescimento da indústria de geração elétrica a carvão (Global, 1908 a 2000). Ajuste logístico e dados de capacidade indexados a K=1,0. Fonte: Adaptado de GRUBLER; WILSON, (2014). 43

Figura 9 - "*Technology-push*": primeira geração de processos de inovação. Fonte: Adatptado de ROTHWELL (1994). 52

Figura 10- "*Demand-pull*": segunda geração de processos de inovação. Fonte: Adatptado de ROTHWELL (1994). 53

Figura 11 - Dinâmicas de rivalidades política e comercial, e de conflito social nas transições energéticas globais. Fonte:Adaptado de PODOBNIK (1999). 74

Figura 12 - Composição histórica da produção (acima) e consumo (abaixo) de energia na China. Fonte: Elaboração própria a partir de NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2017). 85

Figura 13 - Produção e consumo de energia, e sua relação com o PIB chinês. Fonte: Elaboração própria a partir de NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2017).. 86

Figura 14 - Valor agregado da indústria, incluindo construção. Fonte: Elaboração própria a partir de WORLD BANK (2018). 86

Figura 15 – Consumo de energia primária por setor na China. Fonte: NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2017). 87

Figura 16 - Consumo, exportação e importação de óleo cru na China. Fonte: Elaboração própria a partir de CHINA ENERGY GROUP AT LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (2014). 92

Figura 17 - Consumo, exportação e importação de gás natural na China. Transações de gás natural incluem tanto gasoduto terrestre quanto gás natural liquefeito (GNL). Fonte: Elaboração própria a partir de CHINA ENERGY GROUP AT LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (2014). 93

Figura 18 - Consumo, exportação e importação de carvão na China. Fonte: CHINA ENERGY GROUP AT LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (2014). 93

Figura 19 - Distribuição da vegetação na China e PDSI entre 1960 e 2005. PDSI=*Palmer Drought Severity Index*, quanto maior o PDSI, menor a frequência de secas. Fonte: Adaptado de PIAO et al. (2010). 97

Figura 20 - Estrutura política na China. Entre parênteses, o número aproximado de membros. Fonte: Elaboração própria a partir da constituição da RPC..... 107

Figura 21 - Organização institucional relacionada às políticas de fontes renováveis de energia. Elaboração própria a partir de ANDREWS-SPEED (2010, 2012); BOGAERT (2010); CAI; AOYAMA (2018); CUNNINGHAM (2015); SANDALOW (2018) 112

Figura 22 - Capacidade instalada de TER no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 138

Figura 23 - Capacidade instalada de TERs não-hídricas no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 139

Figura 24 - Capacidade de Geração de TERs não-hídricas. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)..... 140

Figura 25 - Desequilíbrio geográfico entre recursos e centros de demanda na China. Fonte: Adaptado de ZHOU; LU (2017). 141

Figura 26 - Novos investimentos em ER no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de FRANKFURT SCHOOL-UNEP CENTRE/BNEF (2018). 141

Figura 27 - Capacidade instalada não-hídrica na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 142

Figura 28 - Taxas de crescimento anual de capacidade instalada e de geração eólica e solar. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 143

Figura 29 - Empregos diretos e indiretos gerados pelas principais TERs modernas em 2017. Fonte: Elaboração própria a partir de REN21 (2018). 144

Figura 30 - Patentes depositadas entre 2004 e 2013 em TER. Segundo a fonte, as estatísticas dos últimos anos não estão representadas devido à defasagem entre depósito e publicação das patentes. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)..... 145

Figura 31 - Capacidade instalada eólica na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 147

Figura 32 - Capacidade de geração eólica na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 147

Figura 33 - Parcela de mercado de fabricantes de turbinas eólicas na China. Primeira geração: Mingyang, XEMC, Shanghai Electric China Creative, Windey; Segunda Geração: CSR, CSIC Haizhuang, Envision, Yinxing, HEwind, Energine, Sany; Terceira geração: 54 firmas ao todo. Fonte: Adaptado de GOSENS; LU (2015)..... 149

Figura 34 - Fabricantes estrangeiros e chineses de turbinas eólicas e a fronteira tecnológica. Fonte: Adaptado de KURIAKOSE et al. (2017) e LEWIS (2016)..... 149

Figura 35 - Capacidade instalada solar na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 151

Figura 36 - Capacidade de geração solar na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b). 151

Figura 37 - Percentual de vendas de empresas chinesas dedicado ao mercado europeu. Fonte: Elaboração própria a partir de HOPKINS; LI (2016). 152

Figura 38 - Curva de preço-experiência para módulos FV. Fonte: Adaptado de JAEGER-WALDAU (2017) 153

Figura 39 - Vendas de novos veículos no mundo. ICE=veículos de combustão interna. Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2018) e OICA (2017)..... 155

Figura 40 - Estoque de NEVs no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2018). 155

Figura 41 - Evolução da indústria de NEVs na China. PHEV = veículos elétricos híbridos *Plug-In;* BEV= veículos elétricos a bateria; HEV=veículos elétricos híbridos; BESV = veículo elétrico especial a bateria (incluem caminhões, veículos de logística, de construção, entre outros);

PEV = veículos elétricos *plug-in;* HEV= veículos elétricos híbridos. Fonte: Adaptado de DU; OUYANG (2017). 156

Figura 42 - Parcela de mercado de acordo com a tecnologia. PEV = veículos elétricos *plug-in;* HEV= veículos elétricos híbridos. Fonte: Adaptado de DU; OUYANG (2017). 156

Figura 43 - Postos de recarga públicos. Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2018). 158

Figura 44 - Matriz de avaliação de criticidade. A seta aponta para a região de maior criticidade. Fonte: Elaboração própria a partir de NRC (2008b). 163

Figura 45 - Taxa de reciclagem de metais. Fonte: Adaptado de UNEP/IRP (2011). ... 163

Figura 46 - Percentual de co- ou sub-produto da produção primária global (figura superior) e desempenho de substitutos (figura inferior). Fonte: Adaptado de GRAEDEL; HARPER; NASSAR; RECK (2015); NASSAR; GRAEDEL; HARPER (2015). 164

Figura 47 - Índice de Entropia de Theil aplicado à(s): (i) Reservas de petróleo (s/ OPEP), (ii) Reservas de Petróleo (c/ OPEP), (iii) Reservas de TR, e (iv) Produção de TR..... 167

Figura 48 – A rede sinocêntrica e orientada à exportação da produção no sudeste asiático (1990 – presente). Fonte: Adaptado de HUNG (2016). 176

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definições de transição energética na literatura acadêmica recente. 32

Tabela 2 - Revoluções tecnológicas sucessivas e seus respectivos aglomerados tecnológicos. Fonte: Adaptado de PEREZ (2002). 47

Tabela 3 - Condução da análise. 78

Tabela 4 - Produção histórica de minerais na China. 84

Tabela 5 - Órgãos responsáveis pela promoção de tecnologias renováveis e suas respectivas funções. Fonte: Páginas oficiais das instituições citadas, ANDREWS-SPEED (2010, 2012);BAIETTI; BANK (2014); BOGAERT (2010); LIU(2012); SANDALOW (2018); SHEN (2016, 2017); SHEN; XIE (2018). 110

Tabela 6 - Descrição da cadeia de valor FV e a integração vertical na indústria. Fonte:Elaboração própria a partir de HOPKINS; LI (2016) e MATHEWS; TAN (2015). 154

Tabela 7 - Mercado global de baterias. Fonte: MERICS (2018). 157

Tabela 8 - Lista dos principais relatórios sobre materiais, minerais e metais críticos. Fonte: Elaboração própria a partir das referências citadas. 160

Tabela 9 – Alguns materiais considerados críticos à transição energética. 161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IGM – Primeira Guerra Mundial

IIGM – Segunda Guerra Mundial

BEV – Veículo Elétrico à Bateria

C&T – Ciência e Tecnologia

CSG – *China Southern Power Grid Co.*

ER – Energia Renovável

FCC – Craqueamento Catalítico Fluidizado

GEE – Gases de Efeito Estufa

GPT – Tecnologias de Propósito Geral (*General Purpuse Technologies*)

HEV – Veículo Elétrico Híbrido

LER – Lei da Energia Renovável

MLP – Perspectiva Multinível (*Multi-level Perspective)*

NEV – Veículos de Nova Energia

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PEV – Veículos Elétricos *Plug-In*

PHEV – Veículo Elétrico Híbrido *Plug-In*

PQ – Plano Quinquenal

RI – Revolução Industrial

RPC – República Popular da China

SEI – Indústrias Emergentes Estratégicas (*Strategic Emergent Industries*)

SGCC – *Strate Grid Corporation of China*

SNM – Gestão Estratégica de Nichos (*Strategic Niche Management*)

SOE – Empresas Estatais (*State-owned Enterprises*)

TEP – Paradigmas Técnico-econômicos (*Techno-economic Paradigms*)

TER – Tecnologias de Energias Renováveis

TIS – Sistemas de Inovação Tecnológica (*Technology Innovation Systems*)

TM – Gestão de Transições (*Transition Management*)

UE – União Européia

1. Introdução

1.1 Contextualização do Problema

Segundo IEA (2016), o setor de energia contribui com pelo menos dois terços das emissões de gases de efeito estufa (GEE) globais, sendo a geração elétrica e o setor de transportes os maiores responsáveis, com 40% e 23%, respectivamente. A histórica contribuição deste setor está ilustrada na Figura 1, onde também se percebe o aumento das taxas de emissão relacionado à sucessão de transições energéticas globais fósseis: (i) da biomassa tradicional ao carvão até o início do século XX; e (ii) do carvão ao petróleo, cujo consumo ganha momento a partir de 1945.

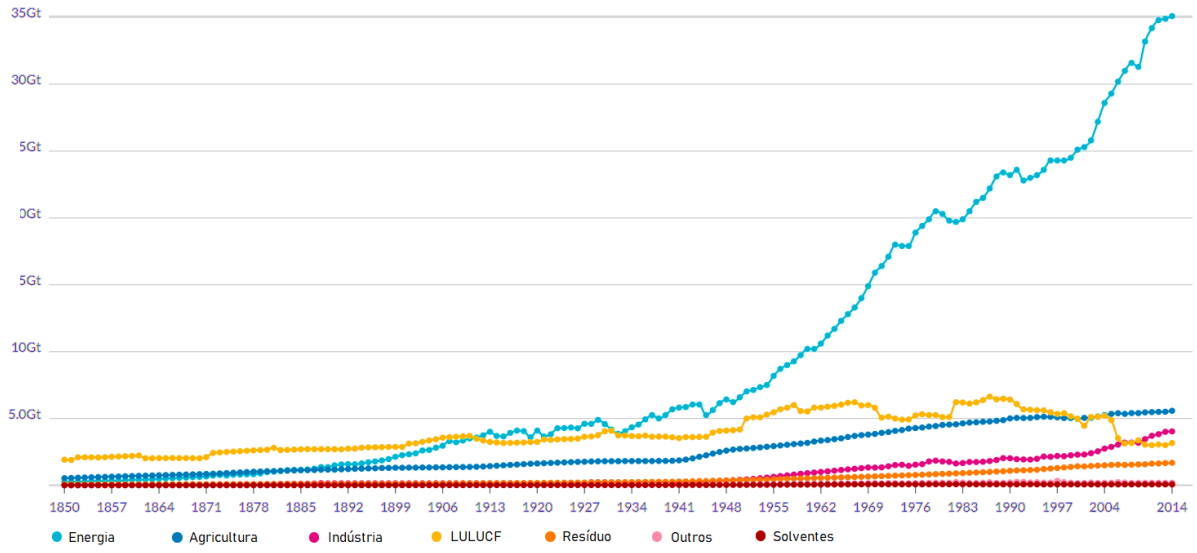


Figura 1 - Emissões históricas globais de GEE por setor. Fonte: Adaptado de GÜTSCHOW et al. (2016)**.**

Efeito da inovação em tecnologias de energia, a transição energética global que se constrói atualmente é vital tanto para a mitigação de GEE, quanto para a garantia de segurança energética e o estímulo ao crescimento econômico (IEA, 2017b). Isto posto, é premente que transformações estruturais sejam realizadas no sentido da descarbonização da economia global desacoplada do produto econômico. O desenvolvimento de tecnologias renováveis que respondam à demanda crescente por energia e restrinjam as emissões de GEE é, portanto, um dos pilares da transição energética, imprescindível para o cumprimento do objetivo de limitar o crescimento da temperatura global em 2ºC acima

dos níveis pré-industriais (UNFCCC, 2015). Recentes esforços neste sentido podem ser observados na Figura 2, que ilustra como a produção econômica global, a demanda de energia e as emissões de GEE relacionadas à energia estão se desacoplando gradualmente.

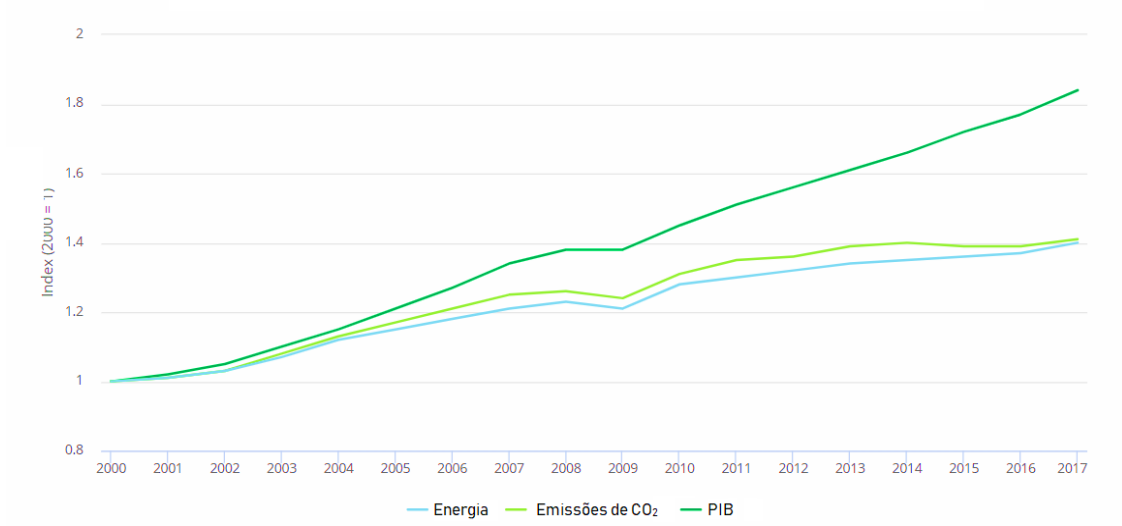


Figura 2 - Mudança no produto econômico, na demanda por energia primária e nas emissões de GEE associadas ao setor de energia. Fonte: Adaptado de IEA (2016)**.**

Neste contexto, o ano de 2017 marcou avanços sem precedentes para o setor de energias renováveis (REN21, 2018). Este cenário é reflexo de quatro grandes mudanças recentes no sistema energético global: (i) rápido aumento de capacidade instalada e custos decrescentes de tecnologias renováveis; (ii) crescente eletrificação da energia; (iii) investimentos e avanços tecnológicos de tecnologias renováveis; e (iv) maior orientação da economia chinesa para serviços e para uma matriz energética mais limpa (IEA, 2017d).

Neste ano, as energias renováveis representaram 70% das adições líquidas à capacidade de energia global, acelerando a eletrificação do sistema energético devido à redução progressiva dos custos de geração. A capacidade recém-instalada solar fotovoltaica (FV) respondeu por 55% do total renovável, representando uma potência maior que as adições fósseis e nuclear combinadas; o setor de energia eólica figurou em segundo lugar (REN21, 2018). Estas tecnologias tem importância crescente nos cenários de transição energética. Segundo IRENA (2018a), em 2050, a geração eólica e solar FV responderão por 36% e 22%, respectivamente, da oferta total de energia primária. Além disso, no setor de transportes, as vendas globais de novos veículos elétricos também

atingiram marca recorde, ultrapassando um milhão de unidades em 2017. O estoque acumulado global chegou, no mesmo ano, a mais de três milhões de veículos (IEA, 2018).

Dos US$279 bilhões investidos globalmente em energia renovável (exceto hídrica com mais de 50 MW) em 2017, 63% foram provenientes de países emergentes e em desenvolvimento, sendo 45% correspondente somente à fração chinesa (REN21, 2018). É notável a mobilização do Estado chinês em direcionar esforços para o desenvolvimento de tecnologias renováveis, tornando-se uma potência no setor em menos de uma década (SHEN; XIE, 2018). O percentual chinês de capacidade instalada renovável não-hídrica global saltou de 2,8% em 2004 para 14,0% em 2011 e 29,8% em 2017 (IRENA, 2018b).

A China é a grande contradição da energia atualmente. Por um lado, representa a maior capacidade instalada hídrica, eólica e solar FV, e a maior frota de veículos elétricos; por outro, suas emissões correspondem a cerca de 28% das emissões globais, mais que a União Européia (UE) e os Estados Unidos (EUA) combinados (IEA, 2017d). Além disso, a reorientação da econômica chinesa de investimentos em indústria pesada para consumo doméstico e serviços tem profundas implicações no sistema energético global, de maneira que as escolhas do país continuarão a desempenhar um papel enorme na determinação de tendências globais. Com efeito, o *World Energy Outlook 2017* reporta que "quando a China muda, tudo muda", colocando o país no centro da transformação energética global.

1.2 Objetivos do Estudo e Estrutura de Desenvolvimento

Tendo em vista a reconhecida centralidade chinesa no cenário energético global, este estudo tem como objetivo geral avaliar o papel da China na possível transição energética global que se anuncia com as altas taxas de difusão de tecnologias renováveis. Como será apresentado no Capítulo 2, o conceito de transição energética utilizado nesta dissertação se refere a um conjunto de transformações estruturais na forma de produção, consumo, distribuição, conversão e armazenamento de energia, e de seus respectivos gerenciamentos, a nível global.

Assim, a pergunta fundamental que guia a análise, como será fundamentado no Capítulo 3, é: partindo-se da premissa de que há caos sistêmico e transição hegemônica em curso, atestada por ARRIGHI (2008) e FRANK (1998), por exemplo, qual o papel da China na provável internacionalização de um novo modelo energético baseado em TER, para além de sua transição nacional, cujo resultado pode ou não resultar numa

profunda mudança da matriz energética global, e pode ou não resultar na contenção de mudanças climáticas? Parte-se da hipótese de que a China possui as forças-motrizes internas para uma transformação estrutural de sua matriz energética e de sua capacidade industrial, assim como dispõe das competências necessárias para tornar-se a principal fabricante, consumidora e exportadora de tecnologias de energias renováveis nesta transição energética global que se desenha.

Para responder esta pergunta, outras questões serão primeiramente discutidas nesta dissertação: que elementos foram determinantes em transições energéticas no passado? Qual a definição de transição energética (global)? Que abordagens teóricas melhor explicam estes processos?

Assim, antes da análise sobre a China, propriamente dita, será apresentada após esta introdução, no Capítulo 2, uma breve história da energia com o objetivo de delinear os determinantes históricos de grandes transições energéticas, salientando semelhanças e diferenças entre os períodos analisados. Esta etapa será fundamental para expor o conceito de transição energética utilizado, tema ainda não consolidado e que ainda espera convergência da literatura.

Em seguida, o Capítulo 3 será dedicado a desvendar as forças-motrizes de transições energéticas por uma revisão bibliográfica de três abordagens teóricas que consideram determinantes para estes processos: (i) os aspectos técnico-econômicos; (ii) os limites naturais, manifestados como escassez ou superabundância de recursos energéticos e degradação ambiental; e (iii) as relações de poder interestatais. Estas três abordagens serão base da proposta metodológica será elaborada ao final, considerando como fundamental nestes processos o papel de um Estado na mobilização de recursos para a criação de uma nova base energética, o desenvolvimento das indústrias relacionadas ao aglomerado tecnológico em ascensão, e o acesso a recursos, bem como a ausência de políticas de restrição de acesso, como premissa fundamental.

Assim, para testar a hipótese fundamental supracitada, a metodologia adotada e desenvolvida no Capítulo 4 é dividida em três etapas: (i) a análise do Estado chinês, desde seus antecedentes históricos, buscando elucidar como o cenário atual se constitui e as forças-motrizes para a transformação da política energética chinesa, bem como sua organização institucional atual e as políticas de fomento a tecnologias renováveis; (ii) a competência industrial renovável chinesa resultante das polítcas de fomento; e (iii) a

avaliação do acesso privilegiado a recursos críticos para as tecnologias consideradas críticas pelo Estado, representado pelo acesso a elementos de terras raras (ETR)[1], necessário para a consolidação da indústria de tecnologias renováveis na China e, em última instância, para a realização da estratégia chinesa. Vale pontuar como limite da escolha conceitual e metodológica a ausência de abordagens que atentem particularmente para o papel das relações sociais relacionadas às transições energéticas bem como de valores e escolhas de indivíduos, apesar de seu reconhecido papel no encadeamento destes processos.

Em seguida, na seção 4.4, os resultados da metodologia aplicada serão discutidos com base nos antecedentes teóricos do capítulo anterior. O papel da China é, então discutido, acompanhado de uma reflexão sobre como esta transição continua ou rompe com as tendências observadas, descritas no Capítulo 2.

Ao final, as conclusões do trabalho são descritas e as limitações do estudo reconhecidas no Capítulo 5.

[1] Como será apresentado na seção 4.3, os elementos de terras raras são considerados críticos por várias instituições científicas, privadas, governamentais e não-governamentais por serem insubstituíveis no curto a médio prazo na fabricação de tecnologias de baixo carbono, como turbinas eólicas e veículos elétricos.

2. Transições Energéticas: sobre história e definições

Em 2016, um debate na revista científica *Energy Research & Social Science* sobre a temporalidade das transições energéticas foi iniciado por Benjamin K. Sovacool. Em seu artigo *How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions* (SOVACOOL, 2016), o autor argumenta que, apesar de comumente referidas na literatura como processos longos e demorados, uma vez que no passado elas demoraram de décadas a séculos para ocorrerem, as transições energéticas não são inerentemente lentas. O autor cita exemplos na história em que transições energéticas ocorreram de maneira rápida para sustentar tal hipótese; enfatiza que as forças-motrizes da transição em curso não são necessariamente as mesmas das transições passadas, o que é evidenciado, por exemplo: (i) pela urgência de transformação do sistema energético fóssil atual para contenção de efeitos climáticos decorrentes de emissões de gases de efeito estufa[2]; e (ii) pelo caráter, não de abundância e preços baixos, mas de escassez de energia do contexto atual[3].

Apesar de comparar diferentes exemplos de "rápidas" transições energéticas sem o uso apropriado de condições *ceteris paribus* para os casos discutidos, como apontaram posteriormente GRUBLER; WILSON; NEMET (2016) e SMIL (2016), o debate incitado por SOVACOOL (2016) levanta uma questão fundamental: como acelerar transições energéticas? Reconhecidos os equívocos 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), a réplica do autor continua a concordar com a tese inicial de que as transições passadas ocorreram "sem o conhecimento acumulado que hoje temos sobre a sociologia, a política e economia de transições energéticas", que 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" (SOVACOOL, 2016; SOVACOOL; GEELS, 2016).

---

[2] O autor definirá, em um artigo posterior, que a transição energética atual é "motivada por problema" e não "motivada por oportunidade" (*problem-driven* x *opportunity-driven*), como transições energéticas anteriores (SOVACOOL; GEELS, 2016).

[3] A questão da escassez/abundância de recursos e energia será tratada na seção 2.2 deste capítulo.

Ainda que a dinâmica temporal da transição energética do século XXI não esteja no escopo desta dissertação, o entendimento de como esse fenômeno se desenvolve é fundamental para entender o papel da China no processo. A que conhecimento acumulado SOVACOOL (2016) se refere? Que elementos são importantes na dinâmica das transições energéticas?

Assim, a fim de identificar as principais forças-motrizes e discutir aspectos relevantes das transformações dos sistemas energéticos experimentados até hoje, este capítulo, inicialmente, apresenta as transições energéticas globais por uma perspectiva histórica e discute os diferentes conceitos de transição energética na literatura. Em seguida, uma revisão da literatura sobre os aspectos técnico-econômicos, os limites naturais (escassez e degradação ambiental) e as relações de poder como forças-motrizes de transições energéticas será apresentada, no Capítulo 2, o que permitirá definir uma proposta metodológica a ser utilizada para avaliar o papel da China na transição em curso.

2.1 Breve história das grandes transições energéticas

Ao longo da história, fatores socioculturais, econômicos, políticos e tecnológicos deram forma às estruturas energéticas que sustentaram a vida em sociedade. Para subsistência e outros fins, sociedades desenvolveram formas de transformação de fontes de energia primária em energia útil resultando no aumento gradual do excedente produtivo e do fluxo de trocas, e exercendo poderosa influência sobre prosperidade econômica, estrutura geográfica e relações internacionais (BRIDGE et al., 2013; HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993). Do domínio do fogo, e posteriormente da agricultura, ao estabelecimento do complexo sistema energético fóssil globalizado, a energia se manifestou como condição fundamental da existência de grupos humanos, como aponta HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE (1993), além de ser a principal (ainda que não a única) mediadora das relações humanas com a natureza.

Qualquer tentativa de descrever a história das transições energéticas de forma breve falharia em não contemplar a complexidade que o tema requer. A trajetória energética da humanidade está repleta de particularidades que a generalização não consegue alcançar. Assim, as próximas páginas não têm a pretensão de esgotar os determinantes energéticos da história humana, mas evidenciar os aspectos comuns às grandes transições energéticas (aqui consideradas como a transição entre a caça-coleta e a agricultura, a Revolução Industrial e a transição ao carvão, e a transição ao petróleo)

imprescindíveis ao entendimento do *status-quo* energético e ambiental, evidenciando especificidades necessárias.

2.1.1 Da caça-coleta à agricultura

Pelos cerca de 2 milhões de anos de existência humana, as tecnologias de caça e a coleta permaneceram por mais de 98% do período como principal forma de subsistência[4] (HALL; KLITGAARD, 2012). Caçadores-coletores itinerantes viajariam em busca de água, alimento e lenha, limitados pelas distâncias a serem percorridas para encontrar recursos, pela produtividade da região, pelo número de pessoas a serem alimentadas (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993) e, naturalmente, pela eficiência do conversor[5] humano, que é a mais alta dentre os animais, capaz de converter de 20% a 25% das 2.000 a 3.000 calorias ingeridas diariamente em energia mecânica (SMIL, 2004). O uso da energia da pré-história à Antiguidade estava, portanto, limitado às necessidades fisiológicas, de movimento e reprodução dos seres humanos (I. G. SIMMONS, 2004).

Fonte de calor e luz, a lenha permaneceu por milênios como fonte de energia térmica insubstituível para cocção e sobrevivência humana em baixas temperaturas, além de ser utilizada para afugentar predadores, iluminação noturna e, posteriormente, também para outros fins não-energéticos como na construção (JAEGER, 2014; NEF, 1977). O controle do fogo daria início não apenas à relação simbólica do ser humano com o fogo,

---

[4] Os hominídeos originários na África Oriental iniciaram a migração para os demais continentes há pouco menos de 2 milhões de anos atrás e vestígios de humanos de 1 milhão de anos atrás são comuns na Ásia. A colonização europeia só ocorreu entre 500.000 a 800.000 anos atrás, de modo que os ancestrais dos atuais habitantes chegariam somente numa migração posterior, há 100.000 anos, os chamados de Cro-Magnons. A diferenciação do *Homo sapiens* a partir do *Homo erectus* se deu há cerca de 300.000 anos atrás e o início dos agrupamentos sedentários, há cerca de 10.000; até então as populações humanas viveram de forma nômade (MCELROY, 2010).

[5] Seguindo a conceituação de HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE (1993), "quando se transforma a energia tendo em vista uma utilização definida, utiliza-se um *conversor*". A máquina humana é um conversor biológico na medida que converte energia química dos alimentos em energia cinética para movimentação e outras atividades; da mesma forma, motores de combustão interna e centrais hidroelétricas são exemplos de conversores artificiais. O conceito é similar ao de *prime mover* (cuja tradução mais próxima seria de motor primário), termo que Vaclav Smil, Roger Fouquet e outros autores importantes ao tema utilizam em seus livros e artigos usualmente.

à socialização e aos mitos, mas também à longa era da combustão e à conversão energética exossomática (GERMÁN et al., 2016; MINDLIN, 2002; SMIL, 2010b).

Quando o nomadismo deu lugar ao sedentarismo por um longo e lento processo, viabilizado pelo cultivo e estoque de cereais e a domesticação de animais, o excedente energético disponível pôde ser deslocado para atividades além da manutenção e simples reprodução do sistema (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993). Tecnologias[6] para colher, descascar e armazenar grandes quantidades de trigo[7], por exemplo, se desenvolveram paralelamente ao aumento da densidade populacional[8] (DIAMOND, 1997) e os conversores biológicos (bovinos e cavalos)[9] foram utilizados para transporte de grãos e pessoas, bem como inseridos na agricultura, onde as colheitas poderiam prover alimentos para além da subsistência humana (SMIL, 2004). Além disso, o fogo seria utilizado também na remoção de vegetação para pastos e plantações, na produção de carvão vegetal[10], na fundição de metais e no fabrico de cerâmicas a partir de argila. O sucesso de sociedades sedentárias dependeria, portanto, da provisão adequada de água, alimentos, combustível para aquecimento, e, naturalmente, das tecnologias e arranjos de gestão desses recursos (RUTTER; KEIRSTEAD, 2012).

---

[6] A agricultura na Europa se desenvolveria de forma capital-intensiva, devido às características do solo ali e da necessidade de revolver a terra com arados pesados; já na China, o progresso do plantio de arroz no Sul foi determinado pela abundância de mão-de-obra (DIAMOND, 1997).

[7] A agricultura chinesa pode ser dividida, grosso modo, entre Norte, próximo ao rio Amarelo, berço da civilização chinesa, onde o clima se assemelha ao mediterrâneo e se plantava trigo e outras culturas trazidas do Oriente Próximo; e Sul, onde estava o arroz no vale do rio Yangzi (SMIL, 2004).

[8] A densidade populacional aumentaria facilmente de 0,1-1pessoa/km^2 entre os caçadores-coletores para 20-30 pessoas/km^2 entre os agricultores, sendo que nas primeiras populações sedentárias esse valor chegaria a 100-200 pessoas/km^2 (SMIL, 2004). As populações sedentárias, mais densas, estariam em vantagem em situações de conflito com caçadores-coletores (MCELROY, 2010), o que também explica a maior difusão do primeiro modo de vida em relação ao segundo.

[9] Nos arrozais do sul da China, onde havia poucas pastagens, era raro o emprego de animais de tração (MCELROY 2010).

[10] O carvão vegetal já representava, naquele momento, um combustível de qualidade superior pela maior densidade energética: 29 MJ/kg contra 20MJ/kg da lenha e 15MJ/kg dos resíduos de cereais (MCELROY 2010).

As vantagens comparativas em relação à caça e coleta permitiram que o sedentarismo, enquanto modo de obtenção de alimento, se estabelecesse como norma para a maioria das sociedades organizadas (DIAMOND, 1997). Como resultado, elites políticas surgiram para controlar a distribuição de água por canais artificiais, a coleta de tributos e estoques de grãos[11] para a alimentação de especialistas diversos como soldados profissionais, artesãos, comerciantes, agricultores, sacerdotes e escribas, que já não precisavam dedicar a maior parte de seu tempo na busca por alimento (DIAMOND, 1997). A Revolução Agrícola marcaria, então, pela intensificação do acesso a recursos energéticos e o acúmulo de excedentes por grupos humanos, a evolução de uma estrutura social hierárquica e o aparecimento dos berços das primeiras civilizações no Crescente Fértil (junto aos rios Tigre e Eufrates), no Egito (nas margens do Nilo), na bacia do rio Amarelo, na Mesoamérica e no Peru, dando início à estreita relação entre uso da energia e a vida urbana (MCELROY, 2010; RUTTER; KEIRSTEAD, 2012).

Deste modo, do surgimento da primeira civilização agrária na Mesopotâmia, cuja origem remonta a 10.000 AEC, até a ascensão da Europa ocidental como centro de poder econômico global, a história da energia seguiu sua lenta trajetória em direção à Revolução Industrial (RI). Diferentes modos de produção se estabeleceram ao redor do mundo, configurando as estruturas sociais da apropriação e controle de recursos e conversores em

---

[11] No caso do vale Amarelo, na China, as frequentes variações climáticas, que suscitavam secas e alagamentos, e a necessidade de coordenar os recursos hídricos em um complexo sistema de irrigação nos arrozais do Sul teriam legitimado o aparecimento de uma autoridade centralizada antes de outras civilizações. Estoques de alimento poderiam ser transferidos à regiões com déficits, o que explica, em parte, a maior coesão do território chinês em relação ao europeu; este, em contraste, apresentaria desde o início sociedades mais diversas, dado que os sistemas agrícolas eram mais seguros e estáveis pelo clima menos oscilante, legitimando a propriedade privada (MCELROY, 2010). DIAMOND (1997) advoga, no entanto, que as burocracias centralizadas, apesar de ocorrerem também em localidades cuja geografia demandava um controle de água para agricultura (como no vale do Indo, nas planícies habitadas pelos maias e no deserto peruano), não acompanharam o surgimento dos sistemas de irrigação, sugerindo que a centralização política ocorrera anteriormente, com o aumento da população e a necessidade de desenvolver uma forma de solucionar conflitos e monopolizar a força, além de facilitar a tomada de decisões num momento que decisões comunitárias já eram inviáveis e otimizar a distribuição econômica entre os habitantes. OLIVEIRA;BRANDÃO (2011) ainda acrescentam o papel fundamental da escrita conceitual na China, comparada à fonética na Europa, para a expansão do poder imperial a nível continental.

cada parte do globo (BARCA, 2011; HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993). Importantes civilizações ascenderam e sucumbiram[12], e sua evolução dependeu fortemente do desenvolvimento de mercados, conquistas territoriais, tecnologia militar e recursos (físicos e humanos) para manutenção de poder e prosperidade (MCELROY, 2010). Da necessidade de materiais que apresentassem melhor desempenho na fabricação de ferramentas e armas em relação à pedra, resultou-se o aprimoramento da metalurgia, dando início à Idade dos Metais, primeiro com o cobre seguido pelo bronze e depois com o ferro[13]. O desenvolvimento de técnicas agrícolas e de seleção de sementes permitiu que cidades adquirissem ainda maior densidade populacional, expandindo gradualmente a fronteira agrícola para as florestas[14], e os conversores biológicos continuaram a representar a principal forma de conversão de energia, mesmo quando as primeiras rodas d'água surgiram ainda na Antiguidade e os primeiros moinhos de vento já na Idade Média (JAEGER, 2014; SMIL, 2010b). A energia da água e dos ventos seria determinante, ainda, para o transporte em rios, lagos, canais, para a cabotagem, para a grande rede marítima no Mediterrâneo, até enfim, a expansão das rotas comerciais marítimas para além da Eurásia (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993).

Assim, até a invenção e posterior difusão da máquina à vapor, o PIB dos países era função direta da população, dado que o rendimento de um trabalhador rural em quaisquer das sociedades agrárias existentes variava pouco, bem como a produtividade

---

[12] Não cabe aqui destrinchar os aspectos energéticos de cada uma das grandes civilizações humanas até a RI. Para mais detalhes ver DIAMOND (1997), MADDISON (2007) e SZONYI (2016).

[13] A pedra foi substituída pelo cobre quando do desenvolvimento da técnica de fundição de metais, que possibilitou aos humanos moldarem suas ferramentas de acordo com suas necessidades, representando, portanto, um material de melhor desempenho. O bronze substituiu o cobre pelo mesmo motivo: apresentava maior dureza, menor ponto de fusão e maior resistência à corrosão. O ferro, apesar de demandar fornos de alta temperatura para sua fundição devido ao maior ponto de fusão, é mais abundante que o cobre e o estanho. Desencadeado por penúrias de estanho, principalmente, o ferro substituiu o bronze, ainda que só fosse representar um material de melhor desempenho quando formando ligas de aço, séculos mais tarde (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; OLIVEIRA; BRANDÃO, 2011).

[14] Na Europa medieval, este fator associado ao uso da madeira como principal combustível para aquecimento, na fabricação de móveis, na construção civil e de transportes, resultaria na pressão sobre as florestas ainda no séc. XIII C

dos cereais cultivados. Com efeito, as duas civilizações com maiores populações, China e Índia, possuiriam juntas mais de 50% do PIB global por centenas de anos, como mostra a Figura 3. A China, às vésperas da Revolução Industrial, não apenas liderava o mundo em termos de renda per capita como também superava todos os outros impérios em termos de tecnologia[15], intensidade de uso de recursos naturais e capacidade de administração de seu vasto território (MADDISON, 2007).

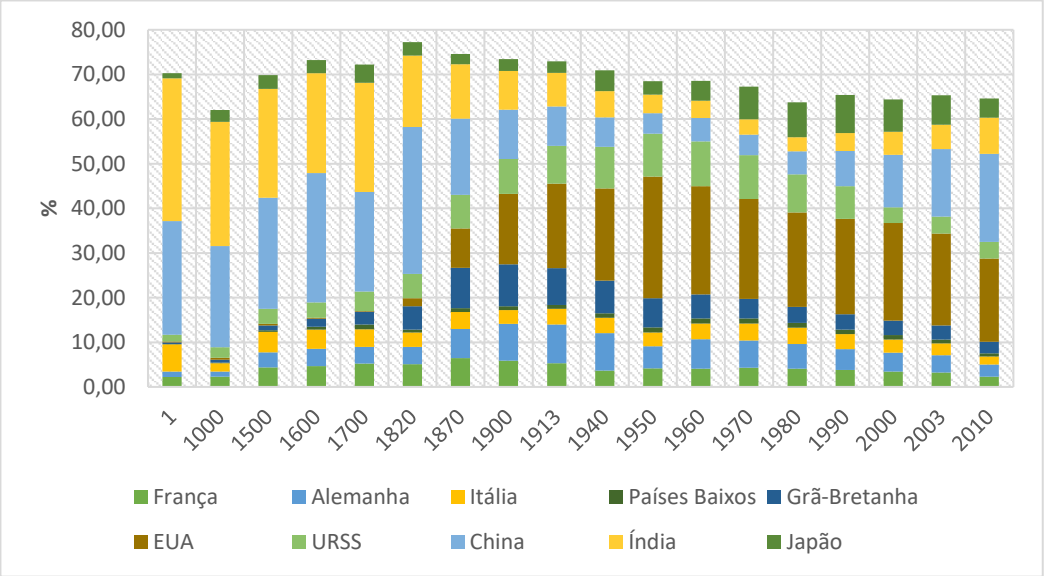


Figura 3- Percentual de PIB Global entre os anos 1 e 2010. Fonte: Elaborado a partir dos dados de Angus Maddison[16] (MADDISON-PROJECT, 2013)**.**

Os elementos que convergiram para que as civilizações chinesa e indiana apresentassem grandes populações vão desde condicionantes climáticos e geográficos a culturais e políticos: o norte da China e o vale do Indo ficam entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, onde as temperaturas mais amenas tornaram possível o estabelecimento de civilizações humanas na história, além de estarem compreendidos em latitudes próximas às do Oriente Próximo e da região mediterrânea, apresentando similaridades climáticas propícias à agricultura (China e Índia possuem 20% de toda terra agricultável do mundo), ao cultivo e domesticação das espécies do eixo Leste-Oeste da Eurásia e ao intercâmbio

[15] Para detalhes da história da tecnologia na China, ver NEEDHAM (1954).

[16] A metodologia utilizada por MADDISON-PROJECT (2013) compara o desempenho econômico de diferentes regiões ao longo do tempo. O conceito de Estado-nação nasceu somente em 1648 com o Tratado de Vestfália, de modo que as legendas utilizadas são, portanto, representativas apenas geograficamente.

de tecnologias e ideias pela Rota da Seda; a região do Planalto Tibetano e do Himalaia, de onde se originam o Rio Yangtzé e a bacia Indo-Gangética, assim como a bacia do Rio Amarelo, são regiões abundantes em água e propícias à agricultura e ao modo asiático de produção, bem como ao comércio ao longo dos rios; a escolha do arroz, estável e altamente calórica, como cultura principal na China (a batata, outra cultura estável, só chegaria à Europa após 1500, trazida das Américas) estimulou uma alta taxa de natalidade já que seu plantio é intensivo em mão-de-obra; a valorização da harmonia e do equilíbrio no pensamento confuciano serviu como instrumento de imposição de ordem social e política, reduzindo as mortes por guerras; a centralização política ocorreu de forma precoce (a unificação indiana ocorreu por Ashoka em 250 AEC e a chinesa em 221 AEC com a Dinastia Qin) legitimada pela necessidade de construção de grandes projetos hidráulicos que evitassem as cheias dos rios (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; OLIVEIRA; BRANDÃO, 2011).

Seria somente no século VIII EC, apesar de alguns destes elementos estarem presentes muito antes disso, que o Império Chinês se depararia com o crescimento demográfico expressivo decorrente da intensificação energética. Esta foi provocada pelo estabelecimento da rede de trocas entre o Norte e o Sul, que, por sua vez, foi resultado da produtividade da terra e da arrecadação de excedentes na forma de impostos, dando origem aos mais de 1,3 bilhões de habitantes chineses atualmente (OLIVEIRA; BRANDÃO, 2011).

Retomando a história da energia após essa digressão, seria o Reino Unido, e não a China, aquele a realizar o salto tecnológico em direção à máquina à vapor e ao carvão. Apesar de apresentar maior diversidade de fontes e conversores de energia[17], e possuir capacidade de otimizar seu maquinário e recursos energéticos, a burocracia mandarim era a chave da estabilidade (e, consequentemente, estagnação) do sistema energético chinês de então: o controle do território e a organização da produção do excedente pela classe

[17] O conversor animal, bem como os moinhos de vento ou rodas d'água e os barcos à vela executavam tarefas auxiliares ao trabalho humano, centro do sistema energético chinês. Carvão e gás natural eram não só conhecidos mas utilizados para produção de calor por volta dos séculos V e VIII, apesar de apenas no séc. XX virem a representar papéis mais fundamentais no sistema energético chinês (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993).

burocrática inviabilizava o surgimento de forças-motrizes necessárias à uma revolução tecnológica e à transição energética (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; OLIVEIRA, c; BRANDÃO, 2011). A mesma estrutura centralizada que garantiu o desenvolvimento da metalurgia, do complexo sistema hidráulico de irrigação e de outras tecnologias, dependia da manutenção da relação tributária com os camponeses[18] e da obtenção do excedente agropastoril para sua manutenção no poder (OLIVEIRA; BRANDÃO, 2011). Além disso, o capitalismo industrial não poderia surgir de maneira espontânea na China porque, como aponta HUNG (2016), a reprodução de uma elite urbana empreendedora estava limitada pela falta de apoio absoluto e incondicional do Estado quando em conflito com classes populares, tal como ocorria na Inglaterra do séc. XVIII; na China, a gestão de conflitos entre lucros de empreendedores e subsistência favorecia o segundo pela elite estatal paternalista dos Qing.

2.1.2 A Revolução Industrial e a Transição ao Carvão

O Reino Unido dos séculos XVII e XVIII, por outro lado, originário da Europa feudal historicamente fragmentada, encontrava uma conjuntura propícia para a ruptura com o modelo energético instaurado: (i) a acumulação primitiva de capital pelo mercantilismo; (ii) a intensificação e modernização da agricultura, liberando mão-de-obra como resultado; (iii) a superação do Estado absolutista e a posterior predominância dos valores liberais clássicos; (iv) a pressão sobre a terra e as florestas num contexto insular com dificuldades de expansão para garantia das demandas por alimento e madeira; (v) o controle de carvão como recurso energético; (vi) o domínio das rotas marítimas; e (vii) o domínio das tecnologias da produção (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; OLIVEIRA; BRANDÃO, 2011).

[18] Enquanto no capitalismo europeu histórico o acesso à terra foi radicalmente abolido pela apropriação privada da terra, ocasionando forte emigração, e se tornou direito absoluto somente após a instalação do capitalismo moderno, na China o sucesso do sistema centralizado e tributário dependia da sólida integração dos camponeses à ele, e, portanto, da garantia de acesso à terra (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993).

Dos fatores que levaram à pressão sobre a terra e as florestas, os principais foram o crescimento demográfico, derivado da intensificação das atividades proto-industriais[19] estabelecidas nas zonas rurais[20], e a alta generalizada de preços no séc. XVI (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993). Se, por um lado, o desmatamento significava mais terras para produção de alimentos, necessária aos centros densamente povoados, por outro, implicava na redução gradativa dos estoques florestais e, consequentemente, no aumento do preço da madeira pelo aumento do custo de seu transporte (KANDER; MALANIMA; WARDE, 2013; SIEFERLE, 2001).

Até então, o carvão era considerado de qualidade inferior devido ao mal odor que emanava durante sua combustão, mas passava a ser gradativamente inserido como fonte de energia térmica não apenas como resposta à escassez relativa da madeira mas também pelas vantagens que representava. Em relação à lenha, o carvão apresentada menor custo, maior disponibilidade, maior densidade energética, e maior facilidade e menor custo de transporte, dado que era transportado via cabotagem em barcos à vela[21] (*sea coal*) e não em transportes terrestres (as florestas estavam cada vez mais distantes do mar e dos canais), além de reduzir a pressão sobre a terra, já que era encontrado no subsolo (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; PAIN, 2017).

A expansão do comércio colonial desde o séc. XVI foi outro fator essencial ao pioneirismo industrial inglês. A colonização do Novo Mundo trouxe acesso quase

---

[19] A proto-indústria seria, antes da indústria moderna, o crescimento da proporção de mão-de-obra rural empregada em atividades não-agrárias, manufatureiras, não mais circunscritas à sazonalidade, cujos produtos passam a ser comercializados em mercados não-locais, de modo a estimular acentuado crescimento demográfico. Ver MENDELS (1972, 1976) para a descrição detalhada da relação entre demografia e protoindustrialização.

[20] O alto custo do transporte terrestre e a impossibilidade de transporte da energia hidráulica determinaram a localização das proto-indústrias próximas às fontes de energia, em zonas rurais, "até então à margem do povoamento e valorização" (KANDER; MALANIMA; WARDE, 2013; PERIMAN, 2004).

[21] Conforme HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE (1993), o domínio inglês do transporte marítimo foi determinante para o suprimento de carvão: apesar do alto custo da construção naval, o custo unitário de transporte é baixo se comparado ao transporte terrestre por animais, uma vez que a "utilização de navios a vela não diminui a energia disponível sob forma de alimentos".

inesgotável a recursos (madeira, outras matérias-primas e alimentos) no período pré-industrial além de representar um mercado importante para os produtos ingleses (MCELROY, 2010). A importação de madeira para a construção das grandes embarcações da marinha real inglesa garantiu que a frota inglesa pudesse expandir num momento de preços altos e escassez de madeira no Reino Unido. A garantia de abastecimento do recurso não seria suficiente para consolidar a hegemonia naval inglesa, no entanto, se ela não estivesse amparada pelos Atos de Navegação[22], que assegurava a balança comercial favorável ao Reino Unido no comércio colonial e dentro da Europa além de favorecer as embarcações inglesas neste processo (MCELROY, 2010). A geografia insular da Inglaterra, portanto, contribuía enormemente para esse sistema, em comparação aos países continentais, o que levou à duplicação da frota inglesa entre 1580 e 1630 e depois à sua triplicação entre 1630 e 1690; em contrapartida, a mesma condição insular levava o país a depender da superioridade naval para sua proteção (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993).

Assim, com o aumento da demanda por carvão, ainda para fornecimento de calor, os mineiros ingleses tiveram de ir além das minas superficiais, tendo que lidar com os alagamentos das minas por meio de bombas movidas a animais, seres humanos ou rodas d'água. O alto custo destes métodos levou à inovação[23] que introduziria um elemento novo na história da energia: o uso da energia química do carvão, um recurso fóssil, e não

---

[22] O primeiro dos Atos de Navegação decretados, em 1651, tornava mandatório o transporte por embarcações inglesas de produtos importados da Ásia, África ou América para a Inglaterra. Já o segundo, decretado em 1660, prescrevia que produtos específicos (tabaco, açúcar, algodão e lã, entre outros) provenientes de colônias inglesas deveriam ser transportados primeiro à Inglaterra para serem taxados antes de seguirem para seu destino final (OLIVEIRA; BRANDÃO, 2011).

[23] Dos nomes anteriores a James Watt importantes para a invenção da máquina a vapor podem-se listar o do cientista holandês Christiaan Huygens (sistema cilíndrico com explosão de pólvora com válvulas de alívio de pressão em 1680), seu assistente Denis Papin (descobriu em 1690 que 1 volume de água gerava 1300 volumes de vapor, que, se condensado, produzia um vácuo parcial), Thomas Savery (a partir de Papin, projetou uma bomba d'água de 1 CV em 1698 apropriada para construções mas ainda inadequada para drenagem de minas) e Thomas Newcomen (projetou a primeira bomba d'água, de aproximadamente 5 CV, apropriada para remoção de água das minas de carvão em 1712, com eficiência de apenas 0,5%) (MCELROY, 2010; PERIMAN, 2004; SMIL, 2010b).

mais de seres humanos, outros animais e fontes renováveis, para o movimento (KANDER; MALANIMA; WARDE, 2013). A máquina a vapor de James Watt, patenteada em 1784 e que se tornaria símbolo da RI, tinha potência de 20 CV e foi aplicada nos setores de transporte, construção e especialmente na indústria de ferro e aço, se tornando um "agente universal aplicável na indústria" e não uma invenção com um fim particular, conduzindo o Reino Unido à posição de primeira nação industrial, que não apenas detinha o recurso (carvão) mas a tecnologia do conversor (máquina a vapor). A separação espacial da fonte e do conversor de energia ocorria sem precedentes na história, levando à ruptura com todos os sistemas experimentados até então, que, nas palavras de HÉMERY ET AL. (1993), foi "produto do espírito Prometeico da Europa, mas também a resposta aos desafios prementes da repetida escassez de energia, de terras e de recursos". O fenômeno da industrialização, então, se multiplicaria pela Europa e pela América do Norte ao longo do séc. XIX[24] com a implantação das grandes malhas ferroviárias[25]: enquanto no modelo inglês reinava a tríade carvão-comércio marítimo-indústria, o modelo europeu e americano tinha uma base energética mais diversificada, menos dependente do carvão, que não era tão abundante ou apresentavam custos de transporte terrestre economicamente proibitivos. Inicialmente, portanto, as ferrovias e locomotivas na Europa possibilitaram o transporte continental do carvão, e, posteriormente a abertura de mercados para a indústria, aos poucos consolidando a hegemonia econômica e militar ocidental e dando momento ao fenômeno a que Kenneth Pomeranz chamou de Grande Divergência, dada a diferença de renda per capita que se estabeleceu entre o Ocidente e o resto do mundo, que resultou na reconfiguração da geografia de poder econômico de então (GRININ; KOROTAYEV, 2015; HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; POMERANZ, 2000).

---

[24] O consumo de carvão dobra na França e no Reino Unido entre 1873 e 1895, enquanto triplica na Alemanha e quadruplica nos EUA no mesmo período; em 1910 substitui a lenha como fonte de energia dominante no mundo (HÉMERY ET AL. 1993; SOLOMON & KRISHNA 2011).

[25] O desenvolvimento da indústria siderúrgica, possibilitado pela técnica de uso do coque do carvão para produção de aço, e sua aplicação na construção de ferrovias e locomotivas a vapor foram resultado do reinvestimento dos excedentes de capital britânico na expansão do novo modelo de energia e produção (OLIVEIRA; BRANDÃO, 2011).

À mesma época, as Leis da Termodinâmica eram formuladas, tornando-se a base para a conceituação do que até hoje se define como "energia"[26] (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; LOHMANN, 2015). À medida que a Termodinâmica se tornava uma ciência madura, seus princípios puderam ser aplicados no aperfeiçoamento da eficiência de processos e conversores (SMIL, 2005). Por volta de 1900, as máquinas a vapor já eram os conversores dominantes na indústria e atingiam potências de 3 MW, pressões de 1,4 MPa e eficiência de 1ª Lei de 20%[27]; no entanto, devido ao enorme tamanho e peso, tornavam-se inadequadas ao transporte terrestre veloz e ao aéreo (SMIL, 2010b; SOLOMON; KRISHNA, 2011).

Por outro lado, do sucesso da navegação a vela se deu a evolução do transporte marítimo e fluvial aos navios a vapor, que já não dependiam da direção e intensidade dos ventos, marés e correntezas para a navegação, expandindo o transporte e comércio marítimo a nível internacional, tal como a ferrovia proporcionara no plano terrestre a nível nacional (HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993).

2.1.3 A Transição ao Petróleo

Seria no século XX, entretanto, que a advento dos combustíveis líquidos derivados do petróleo superaria as deficiências dos motores a vapor para transformar o cenário de mobilidade terrestre novamente com os motores de combustão interna (MCI), menores e com maior potência por volume ou massa que a máquina a vapor. Antes disso, porém, o petróleo entrara na história da energia de forma secundária, como fonte de energia para iluminação artificial, provida nos séculos XVIII e XIX principalmente por óleo de baleia, para que a produção das fábricas não fossem interrompidas pela falta de luz, de modo a aumentar a produtividade e intensidade do trabalho (MCELROY, 2010). Mais barato e eficiente, o querosene iluminante, destilado do petróleo cru, era o produto-chave da produção petrolífera embrionária, da qual John D. Rockefeller sairia como o fundador e

[26] Para a construção do conceito de energia na História ver ILLICH (1983) e LOHMANN (2015).

[27] As máquinas do fim do séc. XIX eram 30 vezes mais potentes, 10 vezes mais eficientes e operavam a pressões 100 vezes maiores que as do início deste mesmo século (SMIL, 2005).

principal acionista da grande primeira e verticalmente integrada[28] companhia petrolífera, a Standard Oil (MCELROY, 2010). Inicialmente sob preços muito voláteis devido à regulação pela "regra da captura", a indústria via os preços do hidrocarboneto estabilizarem à medida que o monopólio da empresa se consolidava (YERGIN, 1991).

A demanda por óleo crescera de 2000 barris anuais em 1859, ano da primeira perfuração realizada por Edwin L. Drake, para 4.800.000 somente uma década depois, impulsionada pela alta demanda por iluminação artificial (GIEBELHAUS, 2004). No entanto, com o advento da eletricidade[29] nos anos de 1880, a indústria do petróleo veria rapidamente seu fim baseada neste serviço. A descoberta de petróleo na costa do Golfo do Texas em 1901 se tornaria marco da nova era do petróleo, possibilitada pela invenção dos motores de combustão interna e pautada pelo crescimento da demanda por gasolina devido à produção em massa de automóveis privados, fundação da preeminência econômica norte-americana no século XX. O automóvel, que aparecera nos anos 90 do século XIX como um bem elitista, só teria sua produção massificada em 1908 com o modelo relativamente barato Ford T. Em 1900, inclusive, veículos elétricos compunham 1/3 dos estoques totais de veículos nos EUA, antes de desaparecerem completamente devido a: (i) o popularmente acessível preço do Ford T comparado aos elétricos; (ii) a crescente malha rodoviária em construção pelo país; (iii) facilidade de construção de postos de abastecimento de gasolina em áreas rurais, comparadas a grids elétricos; (iv) novas descobertas de petróleo, que reduziram seu preço (CHERIF; HASANOV; PANDE, 2017). A indústria automobilística dos EUA neste ano produziu 65.000 veículos e a Ford

---

[28] Rockefeller iniciou seu império no setor de refino, expandindo primeiramente de forma horizontal, conquistando o refino de Cleveland, para somente mais tarde estender-se verticalmente com a aquisição do setor de transporte de óleo e querosene, o que foi formalizado em 1882 com o *Standard Oil Trust Agreement*. A Standard Oil só foi dissolvida em 1911, após a promulgação em 1882 do *Sherman AntiTrust Act* pelo presidente Theodore Rooselvelt, transformando-a, na prática, em um oligopólio que dominaria o mercado internacional de petróleo pelas seis décadas seguintes com as novas empresas formadas: Chevron, Amoco, Mobil, Conoco e Exxon (GIEBELHAUS, 2004; MCELROY, 2010).

[29] Os anos de 1880 representaram o início da difusão da lâmpada de Thomas Edison, mas os alicerces fundamentais da ciência moderna da eletricidade foram fundados desde o início deste século com Alessandro Volta, Hans Christian Ørsted, André-Marie Ampère e Michael Faraday, para citar os mais importantes (SMIL 2005).

em menos de dez anos produziria 500.000 automóveis anualmente (GIEBELHAUS, 2004).

Assim, as empresas tradicionais que produziam querosene buscavam meios de orientar a produção de derivados para gasolina, cuja demanda ultrapassava a do iluminante já em 1910 (YERGIN, 1991). A solução viria da Standard Oil de Indiana com o desenvolvimento da tecnologia de craqueamento por William Burton em 1913, que possibilitou a conversão de hidrocarbonetos de maior massa molecular em moléculas de menor massa, adequadas à incorporação na gasolina. Os avanços na tecnologia de refino e destilação fracionada continuaram pelo século XX e possibilitaram a consolidação da indústria do petróleo como uma indústria multiproduto a partir da produção de GLP, diesel, gasolina, querosene de aviação, óleo bunker, lubrificantes e óleo combustível. A descoberta de importantes fontes de petróleo ocorreria ainda no fim do século XIX e na primeira metade do século XX para acompanhar o crescimento vertiginoso da demanda pelo hidrocarboneto[30].

Também ao longo do século XX, a produção de carvão perderia importância relativa em relação ao petróleo, apesar do aumento contínuo de sua contribuição absoluta para a demanda total de energia primária (SMIL, 2010b). A transição do carvão ao petróleo se daria pelas vantagens das máquinas de combustão interna em relação ao cavalo e à locomotiva, e não pela escassez de carvão, como ocorrera na transição anterior quando da escassez de lenha na Europa se desencadeou a Revolução Industrial. Elas se manifestariam de forma mais evidente na I Guerra Mundial, ilustradas pelo "maior alcance, maior velocidade e mobilidade mais veloz" dos navios da frota real inglesa de Churchill em relação aos navios alemães (YERGIN, 1991). Tanques e aviões como armas de guerra em conflitos por terra e ar, respectivamente, integravam o cenário da guerra, movida pelo combustível que ganharia relevância estratégica[31] quando Churchill garantiu

---

[30] Descobertas para além dos EUA ocorreram em Baku (na costa Oeste do Mar Cáspio) em 1871-72, em Sumatra em 1885, em Borneo em 1897, na Pérsia (hoje Irã) em 1908, no México em 1910, na Venezuela em 1922, em Bahrain em 1932, no Kuwait em 1938 e, a principal, na Arábia Saudita também em 1938 (MCELROY, 2010).

[31] Para a história dos termos "materiais estratégicos", "materiais críticos" e "materiais essenciais" e sua relação com a escassez de recursos nas guerras e a consequente prática de estoques, ver PEHRSON (1944) .

o abastecimento de óleo para a marinha inglesa na IGM e nas décadas posteriores pela obtenção de 51% controle acionário da *Anglo-Persian Oil* em 1914, empresa exclusiva na exploração de petróleo na Pérsia: pela primeira vez, um Estado se tornava um ator importante no mercado de petróleo (GIEBELHAUS, 2004). A produção global, no entanto, era dominada pelos EUA, que garantiu que os Aliados não perdessem a guerra por falta de petróleo: o país era a fonte de 80% do óleo dos aliados e contribuía, em 1917, com 67% da produção global (MCELROY, 2010). Ao contrário dos Estados europeus coloniais, o governo americano sempre esteve focado em garantir concessões a empresas privadas e não em participar direta e financeiramente nas atividades estrangeiras, em particular no petróleo, apesar de dar grande apoio a esses esforços privados (GIEBELHAUS, 2004).

A II Guerra Mundial (IIGM), entretanto, é o marco da ruptura decisiva em relação à era do carvão, quando consolida a importância estratégica do petróleo, garantindo o acesso ao hidrocarboneto, e transforma a logística do petróleo com a expansão de redes de oleodutos e da capacidade de refino global para corresponder às necessidades militares. A Alemanha de Hitler, cuja indústria era altamente desenvolvida à época, apostara nos combustíveis sintéticos[32], convertidos a partir do carvão pelo processo de Fischer-Tropsch, quando as importações[33] de óleo dos países aliados cessaram com o início da guerra. A obsessão econômica de Hitler era o petróleo, *commodity* vital para a era industrial (YERGIN, 1991). O Estado nazifascista, dependente das importações de óleo mesmo em tempos de paz, desenvolveu sua máquina de guerra baseada na tática militar básica do *blitzkrieg*: batalhas rápidas, surpresas e definitivas, onde a concentração de força levaria à vitória antes que o adversário pudesse organizar sua defesa e prolongar a batalha, evitando, assim, possíveis problemas com o suprimento de óleo (YERGIN, 1991). A URSS, por outro lado, era muito dependente do carvão da bacia de Donetsk

[32] Em setembro de 1939, quando a invasão nazista à Polônia iniciou a guerra, a Alemanha possuía 14 plantas de hidrogenação em operação e 6 em construção. Entre 1940 e 1943, a produção de combustíveis sintéticos saltaria de 72 mil para 124 mil barris/dia; no primeiro semestre de 1944, produziria 92% da gasolina de aviação. Durante toda a IIGM, os combustíveis sintéticos responderam por cerca de metade de toda a demanda alemã por petróleo (YERGIN, 1991).

[33] As importações alemãs de petróleo, em 1938, representavam 70% do consumo total. A produção local era equivalente a cerca de 8,5%.

(80% de toda a demanda soviética pelo hidrocarboneto), cuja maior parte do território está na Ucrânia, e do petróleo do Cáucaso, dos campos de Maikop, Grozny mas, principalmente, de Baku, de onde provinha 75% de toda a oferta russa de petróleo (CHEVALIER; GEOFFRON, 2013). A conquista dessas regiões se tornaria objetivo estratégico da Alemanha nazista, que não teria combustível para continuar a guerra apesar das campanhas por petróleo na Noruega, Holanda, Bélgica e França, dos estoques nazistas pré-IIGM e de alguma produção local, o que definiu a invasão alemã na Rússia soviética em junho de 1941, dois anos após formarem um acordo de não-agressão.

Do ponto de vista tecnológico, a IIGM mobilizou cientistas e engenheiros ao redor do mundo em grande escala, tornando-se a primeira cujas tecnologias haviam sido especificamente desenvolvidas para aquela guerra particular. Da penicilina à borracha sintética, da eletrônica e das tecnologias de comunicação à bomba atômica, o desenvolvimento tecnológico durante os seis anos de guerra é incomparável ao de qualquer período anterior. A produção da gasolina de aviação de octanagem 100[34], demandada pelos novos caças e bombardeiros de alta performance, foi um dos maiores projetos de pesquisa industrial da IIGM, esforço norte-americano avaliado em 1 bilhão de dólares, à época: a aviação, portanto, adquire novo papel, aumentando consideravelmente a demanda por petróleo naquele momento (GIEBELHAUS, 2004). Como aponta GIEBELHAUS (2004), "se os aliados de fato flutuaram para a vitória em um mar de óleo durante o conflito de 1914-1918, pode-se dizer que eles voaram para a vitória na guerra de 1939-1945." A IIGM transformara, portanto, a logística do petróleo desde as redes de oleodutos à capacidade e tecnologia de refino, que aumentaram de forma acentuada para corresponder às necessidades militares.

O acesso ao hidrocarboneto líquido determinou, assim, em muitos aspectos os rumos da guerra. Quando Roosevelt institui o embargo de petróleo e derivados ao Japão em julho de 1940, a resposta do país asiático expansionista, altamente dependente das importações americanas, foi o ataque surpresa a Pearl Harbor a fim de expulsar os norte-americanos do Pacífico e, assim, buscar garantir óleo e outros recursos nas Índias

[34] Os aviões norte-americanos possuíam 30% mais velocidade que os rivais alemães e japoneses. Além disso, os EUA forneciam mais de 90% de toda gasolina de octanagem 100 aos Aliados (GIEBELHAUS, 2004)

Orientais Holandesas e no Sudeste Asiático. A medida legitimara participação direta dos EUA[35] no conflito, na qual seriam novamente essenciais aos Aliados na garantia de petróleo[36], bem como na produção de armas. A intervenção rápida e abrupta do governo americano em sua economia após o episódio de Pearl Harbor, de maneira a orientar todo o setor produtivo para a guerra em questão de meses, dispensou o tempo de experimentação, teste e escalonamento com o qual normalmente está associada a introdução de novas tecnologias (BROMLEY, 2016).

O final da IIGM também levaria à transição do uso da energia nuclear de fins estritamente militares para civis. A história da energia nuclear, até 1938 composta por avanços científicos[37] espaçados e sem pretensão bélica, ganha esta orientação em 1942 com o Projeto Manhattan[38], que culmina na destruição das cidades de Hiroshima e Nagasaki 21 dias após o primeiro teste, conhecido como *Trinity*, no Novo México, em julho de 1945. Por décadas, a energia nuclear (inicialmente a fissão e em seguida a

---

[35] Um soldado dos EUA na IIGM consumiu, em média, 228 vezes mais energia do que na IGM (FRESSOZ, 2014). A capacidade norte-americana de produção de gasolina de aviação chegaria a 20 milhões de toneladas por ano, ao final da guerra, sendo a maior à época; a capacidade britânica, em segundo lugar, produziria apenas 2 milhões (Fressoz, 2014). Durante todo o período de 1939-45, o país produziu cerca de 300.000 aeronaves, 5.777 navios mercantes, 556 navios de guerra, em torno de 90.000 tanques e mais de 600.000 jipes (HALL; KLITGAARD, 2012).

[36] Dos 7,6 bilhões de barris de petróleo consumidos durante a IIGM, 6 bilhões foram provenientes dos EUA (HALL; KLITGAARD, 2012).

[37] A equivalência entre massa e energia ($E=mc^2$), desenvolvida por Henri Poincaré em 1900, mas cuja formulação mais rigorosa de 1905 é hoje atribuída a Albert Einstein, é o mais famoso e disruptivo dos avanços científicos na área. A descoberta do nêutron por James Chadwick, aprendiz de Rutherford, em 1932, bem como a demonstração de Enrico Fermi, em 1934, do bombardeio de átomos de Urânio por nêutrons e a resultante produção de elementos radioativos, e, por fim, a prova de que a fissão de Urânio resulta na liberação de grande quantidade de energia, em 1938, por Lise Meitner e Otto Frisch, são considerados os eventos de maior relevância no campo científico que contribuíram para o desenvolvimento da bomba A e dos reatores nucleares (MCELROY, 2010).

[38] O Projeto Manhattan foi o projeto de pesquisa mais caro do mundo (2 bilhões de dólares à época), empenhado em construir bombas atômicas nos EUA antes da Alemanha nazista, que possuía os físicos nucleares mais renomados, acesso a reservas de Urânio e haviam iniciado seu próprio programa (*Uranprojekt*) antes dos EUA, em abril de 1939, logo após a descoberta da fissão nuclear (SMIL, 2006).

promessa da fusão nuclear) foi considerada a resposta às crises energéticas e alternativa aos sistemas energéticos do século XX[39]; não fossem os desastres de Three Mile Island (1979), Chernobyl (1986), Fukushima (2011), entre outros, e até mesmo a apreensão mundial em torno de uma possível guerra nuclear, talvez as perspectivas para a geração de energia eletronuclear no século XXI fossem diferentes.

Com efeito, as sucessivas revoluções industriais empreendidas durante o séc. XIX e XX resultaram em ganhos de produtividade que os três séculos anteriores de mercantilismo nunca haviam experimentado (AMIN, 2011). A disparidade no PIB aparente entre o que se tornou centro e periferia fica evidente ainda na Figura 1 e, segundo MADDISON-PROJECT (2013), a China teria em 1950 um dos menores PIBs per capita do mundo, em torno de onze vezes menor que o da média da Europa Ocidental, quinze que o da Grã-Bretanha e vinte e uma em relação ao dos EUA.

Ao comparar as potências médias dos conversores na história, na Figura 4, percebe-se a ordem de grandeza dos ganhos de produtividade a cada revolução tecnológica. Em contraste com o período oriental de inovações disruptivas que ocorreu durante a dinastia Han[40] (207 AEC–9EC), lento e que representou a estrutura técnica para o desenvolvimento da economia mais rica até o século XVIII, o efeito das revoluções industriais foi praticamente instantâneo: a difusão generalizada de conversores de energia e sua adoção comercial foram muito rápidas. Como aponta SMIL (2005), esse período foi marcado por "uma extraordinária concatenação de um grande número de avanços científicos e técnicos", que resultaram em inovações inúmeras, fundações técnicas da sociedade moderna, aperfeiçoadas prontamente logo após sua introdução, tornando-as

---

[39] Com o raiar das crises do petróleo na década de 70, alguns dos cenários de longo prazo de energia apontavam para a energia nuclear como "a grande promessa para o futuro, o novo recurso que irá fornecer uma parte progressivamente crescente dos requisitos de energia do mundo" (RAY, 1973); segundo Rothkopf (1973), em 2020, 50% de toda a energia consumida no mundo viria de energia nuclear.

[40] Vaclav Smil em *Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867-1914 and Their Last Impact* considera dois períodos de saltos de inovação disruptivos na história da humanidade: um oriental, durante a dinastia Han, e outro ocidental, referente às revoluções industriais empreendidas na Europa e América do Norte até a IGM.

“mais eficientes, mais convenientes, mais baratas e, portanto, disponível em escalas verdadeiramente de massa”.

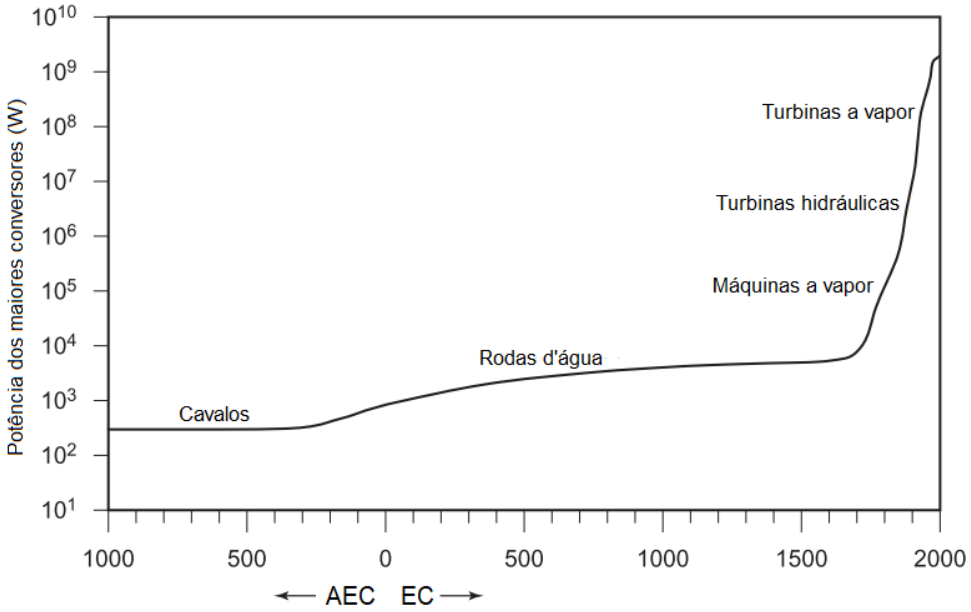


Figura 4 - Evolução da potência média dos principais conversores. Adaptado de Smil (2004).

Assim, as duas guerras mundiais propiciaram o ambiente para a transição energética global em direção ao petróleo, cujo consumo global iniciou crescimento exponencial, tornando-se *commodity* chave para o transporte mundial, geração elétrica e setores de aquecimento enquanto o carvão estagnava. No contexto do pós-guerra, a nova ordem econômica se instaurava com o Plano Marshall e a reconstrução da Europa e do Japão, devastados pela guerra. Iniciativa dos EUA, o plano eliminou as barreiras à expansão do capital norte-americano de modo a avançar a uma economia global altamente integrada marcada pelo crescimento dos investimentos externos. O plano consistia em envolver fundos de investimento na construção de plantas de geração de eletricidade, redes de distribuição e refinarias, de modo a estimular a atividade industrial, remover barreiras comerciais e recuperar a prosperidade econômica. Subsídios diretos ao petróleo foram realizados pelo Programa de Recuperação Europeia para sustentar as mudanças estruturais nos sistemas energéticos europeus (FRESSOZ, 2014). A demanda por petróleo, portanto, continuava ascendente nas décadas seguintes, por consequência do Plano Marshall e da economia impulsionada pelo *baby-boom* norte-americano. Em paralelo, intensificavam-se também os processos de urbanização e de propriedade de veículos privados, e, posteriormente, também o de viagens aéreas, bem como o de

crescimento de redes de oleodutos e gasodutos, da construção de grandes petroleiros, que tornavam a exportação do óleo barata a níveis globais, e, da adoção generalizada da tecnologia de craqueamento catalítico eficiente, grandes volumes de combustíveis líquidos como gasolina, querosene e diesel puderam ser produzidos: os baixos preços do petróleo, desde sua produção ao refino e distribuição, acelerariam a transição ao petróleo a níveis globais (SMIL, 2010b).

Com efeito, o mercado de petróleo se tornou altamente globalizado, como nenhuma outra fonte de energia havia sido até então, tornando a independência e autossuficiência energética dos Estados praticamente impossível. É a partir do comércio a nível global, dos impactos transnacionais decorrentes de eventos energéticos locais/nacionais, dos consórcios globais de investimentos para propriedade de infraestrutura energética, e da influência política de instituições que controlam produção e uso de energia, que se deve entender a indústria do petróleo atualmente (SOVACOOL; BROWN; VALENTINE, 2017).

A década de 1970 marca, entretanto, a reavaliação do uso da energia em todos os setores de economias nacionais. A demanda por petróleo, naquele momento altamente inelástica no curto e médio prazo, viu os preços crescerem drasticamente quando os países produtores do hidrocarboneto, cartelizados na forma da OPEP, interromperam as exportações aos países aliados de Israel na Guerra de Yom Kippur em outubro de 1973, provocando impactos na economia global. A crise do petróleo de 1973-1974 se tornou, portanto, um ponto de inflexão no debate sobre política energética e o embrião da atual transformação dos sistemas energéticos: a transição energética, enquanto substituição de fontes convencionais para novas fontes, surge como fator central do planejamento energético, refúgio imprescindível para a segurança energética dos Estados.

Não por acaso o termo “transição energética” surgiu neste contexto, ganhando diferentes definições ao longo do tempo, como será abordado na seção seguinte.

2.2 Definições de Transição Energética

Em meados da década de 1970, no contexto de preços altos de energia, o termo "transição energética" começa, então, a figurar em documentos oficiais[41] e publicações científicas (HAYES, 1979; TAYLOR, 1974). Anteriormente relacionada a saltos eletrônicos entre níveis energéticos a nível atômico ou molecular, a expressão começa a ser utilizada principalmente pelo viés da segurança energética e da necessidade de diversificação de fontes primárias de energia frente os choques de petróleo, mas também pelo viés ambiental através das reflexões do Clube de Roma, que resultaram no relatório Meadows em 1972 (ARAÚJO, 2014). É interessante notar que, apesar de o estudo das transições energéticas ser fundamentalmente, ainda que não somente, sobre história, além de o entendimento empírico normalmente preceder teorizações e modelagens na ciência, as primeiras discussões sobre o assunto se deram entre teóricos de cenários futuros de energia[42], que defendiam o planejamento energético a partir de uma perspectiva de longo prazo, sob um futuro de recursos escassos, como aponta (GRUBLER, 2012).

O conceito, então, foi esquecido e retomado nas agendas políticas à medida que a percepção de escassez do petróleo, indicada pelo seu preço, diminuía ou aumentava, respectivamente. Se na década de 1970 a necessidade de uma transição era justificada por segurança energética, com a virada do século, o imperativo da mitigação de gases de efeito estufa para contenção das mudanças climáticas foi gradualmente inserido nas agendas energéticas, tornando-se, juntamente ao receio à escassez física do petróleo, sustentado pela narrativa do "*peak oil*" no final da década de 2000, centro das discussões sobre transição energética atualmente (CAMPBELL; LAHERRÈRE, 1998). Construía-se, portanto, a dialética da energia no século XXI que fundamenta as políticas em favor de uma transformação do sistema energético global: (tese) a economia mundial é extremamente dependente da produção de combustíveis fósseis; (antítese) o uso predatório e sem planejamento de combustíveis fósseis levará ao aumento de temperatura

---

[41] Em U.S. Executive Office of the President (1977), por exemplo, diante da crise energética de então, o plano nacional de energia do presidente Carter aponta a necessidade de os EUA percorrerem uma nova transição energética, "de um período de óleo e gás abundantes, baratos, para um período em que esses recursos serão escassos", o que a tornaria diferente das transições energéticas anteriores.

[42] Para os esforços pioreiros no campo de transição energética, ver GRUBLER (2012).

global, ameaçando a espécie humana; e (síntese) é urgente uma transição energética global.

Mas o que é, essencialmente, uma transição energética? Como este termo é recorrentemente utilizado na literatura científica e em discursos políticos?

Apesar de a expressão estar, de forma geral, relacionada a mudanças em sistemas energéticos, principalmente em termos de fontes de energias, conversores e tecnologias associadas, não há definição padrão na literatura. As definições têm em comum o estado temporário da mudança[43], caótica e não-linear, entre estados qualitativamente diferentes, mas estáveis de um dado sistema energético, podendo ocorrer em qualquer nível (local, nacional, regional ou global) e setor (geração elétrica, transporte, aquecimento, entre outros). A história das transições energéticas é, portanto, uma história de estágios marcada por revoluções.

A expressão é usualmente interpretada a partir da estrutura de oferta de energia primária (SMIL, 2010b), em termos percentuais de biomassa, carvão, petróleo, gás natural, urânio, entre outras fontes, sendo assim possível avaliar quantitativamente esses processos; na literatura, é comum encontrar limites de parcela de mercado de 50%, 90% e até 99% como indicadores de transições completas[44]. A Figura 5 ilustra as transições energéticas globais na história a partir desta definição. Como aponta PODOBNIK (2006), cem anos foram necessários para que carvão representasse 50% da oferta total de energia e somente seis anos, entre 1910-16 para que petróleo passasse a contribuir de 5 a 50%.

Entretanto, esta definição, em particular, é alvo de críticas por omitir as dimensões sociais, políticas e geográficas das transformações de sistemas energéticos (BRIDGE et

---

[43] Transições foram inicialmente estudadas na ecologia, psicologia, economia, inovação e demografia, a partir da teoria evolutiva do equilíbrio pontuado. Segundo ela, mudanças evolutivas não ocorreram por um processo lento, gradual, estável e com direção definida, como Darwin descrevera pelo gradualismo filético, mas por longos períodos de estabilidade interrompidos por transições rápidas, divergentes e abruptas (GOULD, 1977; VERBONG; LOORBACH, 2012).

[44] Dado que a difusão de novas tecnologias no mercado, como muito discutido na literatura, ocorre segundo uma função logística, o tempo que decorre para a tecnologia obter parcela de mercado de 1% a 50%, ou de 50% a 99%, ou mesmo de 10% a 90% é o mesmo, definido como tempo de *turnover* (Δt) (GRUBLER; WILSON; NEMET, 2016). Este assunto será novamente abordado na seção 3.1.1.

al., 2013; LAIRD, 2013; LOHMANN, 2015; MANNO, 2014), além de criar uma ideia de *substituição* de tecnologias e fontes de energia em uma visão tecnocrata e linear da história, omitindo que, em termos absolutos, as transformações energéticas se sucederam de forma *aditiva* (Figura 6), pela "superposição"[45] de novos sistemas energéticos sobre os antigos, ainda em expansão (PODOBNIK, 2006). Apaga também as perspectivas da relação humana com a energia como variantes de cultura, classe e gênero, criando uma humanidade genérica centrada nos grupos historicamente dominantes (MANNO, 2014). Como HIRSH; JONES (2014) apontam, "essa abordagem exclui outras relevantes modalidades de transições energéticas, como a potencial substituição entre produção de eletricidade centralizada para descentralizada, entre construção de novas plantas de geração de energia e emprego de técnicas mais eficientes, e entre menor acesso a recursos energéticos entre grupos de baixa renda para ampla disponibilidade entre todas as classes sociais". Essas outras modalidades poderiam (ou não) ter efeito na estrutura de oferta de energia primária, direta ou indiretamente, mas trazem ao debate da energia, para além do senso-comum técnico-econômico, a dimensão social da tecnologia. Em outras palavras, transformações estruturais em sistemas energéticos poderiam ocorrer sem que houvesse, necessariamente, transformações na estrutura de oferta de energia primária. Por fim, não há equivalência direta entre o consumo de energia primária e a provisão de serviços energéticos por diferentes conversores. Ou seja, para um mesmo serviço energético, diferentes quantidades de energia primária são utilizadas, de modo que fontes associadas a conversores de menor eficiência devem ser sobreestimadas.

Ainda assim, as Figura 5 eFigura 6 revelam duas tendências importantes do consumo global de energia na história: (i) a diversificação de fontes; e (ii) a estabilização ou quase estagnação da dinâmica dos mercados de energia pós-1975 comparada a de períodos como 1860-1900 ou de 1920-1960 (GRUBLER; WILSON, 2014).

[45] Inclusive, PODOBNIK (2006) opta pela utilização de "superposição energética" em substituição ao termo "transição energética".

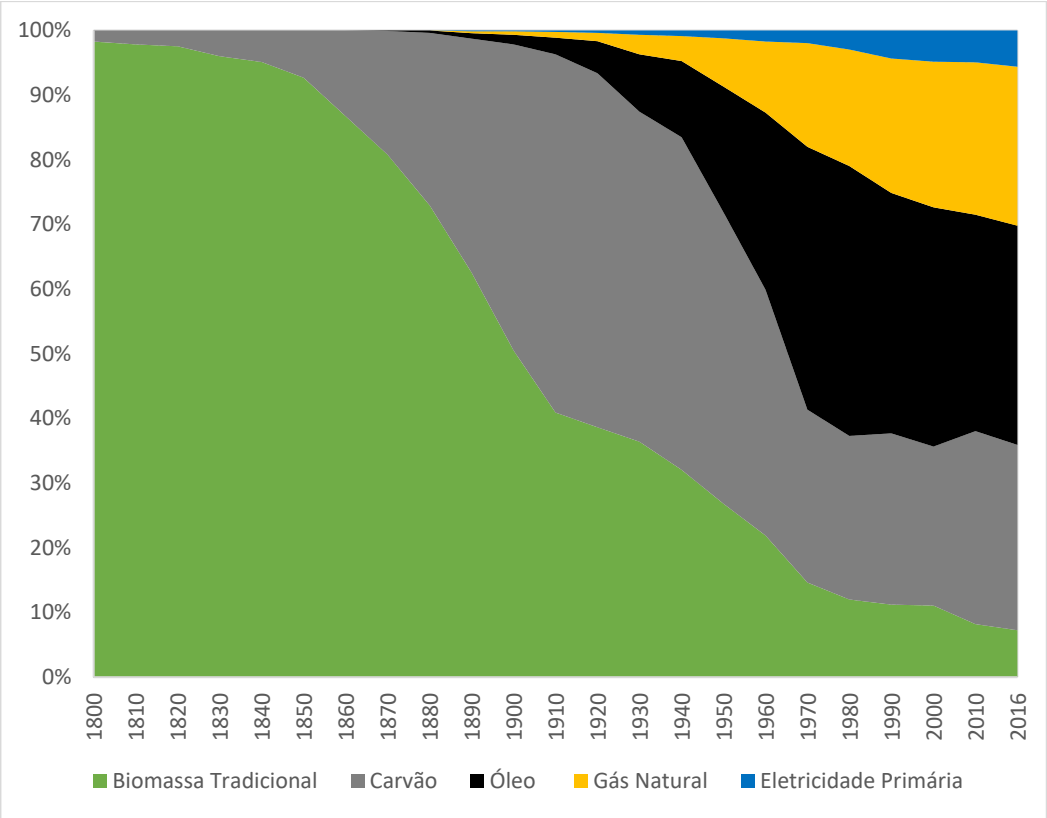


Figura 5 - Proporção Histórica do Consumo de Energia Primária Global (1800 - 2016). Fontes: Elaboração própria a partir de BP (2016), MALANIMA (2014) e SMIL (2010b)**.**

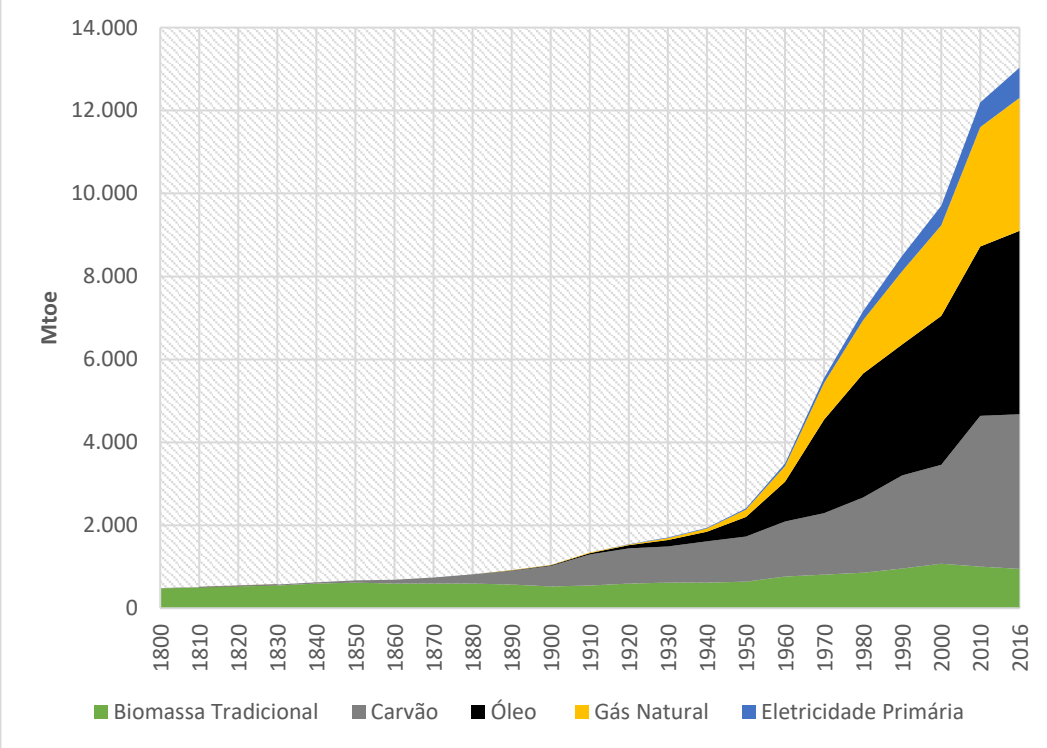


Figura 6 - Produção Global de Energia Primária (1800 - 2016). Fontes: Elaboração própria a partir de BP (2016), MALANIMA (2014) e SMIL (2010b)**.**

Outras definições de “transição energética” procuram reconhecer o papel de instituições, sistemas políticos, econômicos e sociais na transformação de sistemas energéticos; entretanto, estas definições costumam ser mais gerais e qualitativas. De qualquer maneira, a expansão do conceito de transição energética para que sejam incluídas outras formas, não-técnicas, de mudanças, estimula a formulação de políticas energéticas que capturem a complexidade política e social sob a qual estão imersos os sistemas energéticos (LAIRD, 2013). A Tabela 1 contém algumas das definições encontradas na literatura.

Tabela 1 - Definições[46] de transição energética na literatura acadêmica recente.

Conceito	Definição	Fonte
Transição Energética	Uma única fonte de energia, ou um grupo de fontes relacionadas, que dominou o mercado durante um período ou era particular e, eventualmente, foi desafiado e posteriormente substituído por outra(s) fonte(s) principal(is).	(MELOSI, 2009)
	O tempo que decorre entre a introdução de uma nova fonte de energia primária, ou conversor, e seu crescimento até representar parcela substancial do mercado total.	(SMIL, 2010a)
	Mudança na composição (estrutura) da oferta de energia primária.	(SMIL, 2010b)
	Um conjunto particularmente significativo de mudanças nos padrões de uso de energia em uma sociedade, potencialmente afetando recursos, operadoras, conversores e serviços.	(O'CONNOR, 2010)
	A mudança de um sistema econômico dependente de uma ou de uma série de fontes e tecnologias de energia para outra.	(FOUQUET; PEARSON, 2012)
	Uma mudança na natureza ou padrão de como a energia é utilizada dentro de um sistema.	(ARAÚJO, 2014)
	Substituição de combustíveis (por exemplo, da lenha ao carvão ou do carvão ao óleo) e suas tecnologias associadas (por exemplo, da máquina a vapor aos motores de combustão interna);	(HIRSH; JONES, 2014)
	Mudanças nas fontes de combustível para produção de energia e nas tecnologias utilizadas para explotação deste combustível;	(MILLER; RICHTER; O'LEARY, 2015)
Transição Energética Sustentável	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)
Transição Energética Limpa	Mudança de um regime energético baseado em fontes fósseis (intensivo em poluição) para um limpo (em termos de tecnologias de energia renovável (TER): solar, eólica, biomassa, geotérmica e pequena hidrelétrica).	(ISOAHO; GORITZ; SCHULZ, 2016)

Assim, não há definição única (muitas concepções diferentes e poucas justificações do uso do termo) e de comum acordo na comunidade científica sobre o que são "transições energéticas", sendo possível encontrar desde definições amplas sobre mudanças profundas de sistemas energéticos até, por exemplo, a definição de SMIL (2010b), determinada de forma temporal. Além disso, apesar de o termo ser sempre usado

[46] Todas as definições listadas são traduções livres.

no sentido de provocar uma mudança de condições, não há consenso sobre o estado final desejado (BRIDGE et al., 2013). Novos conceitos surgiram recentemente na tentativa de preencher esta lacuna, como "transição energética limpa" ou "transição energética sustentável", apontando que a mudança na estrutura da oferta de energia primária se dará pelo aumento da proporção de fontes de base renovável na matriz energética (ISOAHO; GORITZ; SCHULZ, 2016; SGOURIDIS; CSALA, 2014).

Além disso, sinônimos de "transição energética" na literatura, como "transição de sistema energético", "revolução energética", "revolução de baixo carbono" ou "transformação energética", entre outros, são bastante comuns, evidenciando a importância das representações semânticas de cada conceito e a necessidade de desambiguação na comunidade científica, como apontam CHILD; BREYER (2017). Entretanto, mais importante que definir[47] ou escolher a melhor definição, é compreender o momento histórico no qual o termo ganha popularidade em agendas políticas e artigos científicos, e que "o registro ao qual se referem é, mais obviamente do que para outros termos, composto: tanto analítico quanto prescritivo, tanto científico quanto político", como aponta MANNO (2014).

Para além das definições encontradas na literatura, é importante, evidentemente, considerar diferenças importantes na análise das transições energéticas passadas e futuras. Primeiramente, transições energéticas passadas ocorreram cada qual com suas especificidades, forças-motrizes e resultados, e para as quais não foi importante o planejamento social e econômico da geração e distribuição de energia, como são caracterizados, em maior ou menor grau, as políticas energéticas dos Estados atualmente[48]. O estado final das transições futuras, por outro lado, é repleto de incertezas e possiblidades inúmeras, de modo que o próximo sistema energético estável está,

---

[47] A definição utilizada no presente trabalho será indicada ao final do Capítulo 3, após a discussão dos principais marcos conceituais e perspectivas pelas quais transições energéticas são abordadas na literatura.

[48] Apesar de, no passado, as transições terem sido possibilitadas por políticas e intervenções estatais, o papel conferido ao Estados na transição atual é de muito maior protagonismo. Ver PAPANDREOU; RUZZENENTI (2015) para transições passadas que foram possibilitadas por decisões de elites governantes, como na construção de infraestrutura de transporte pelas elites britânicas, por exemplo.

portanto, ainda em disputa. Projetar os padrões verificados no passado em transições futuras pode ser válido, mas deve ser feito, portanto, com cautela.

Quando associado a transformações futuras, como aponta ARAÚJO (2014), o termo "transição energética" carrega sempre uma noção de urgência de esforço global, que não esteve presente nas grandes transições anteriores. Guerras e choques de petróleo estimularam a busca por soluções nacionais e até regionais para a garantia de abastecimento de energia, mas o caráter global dos possíveis efeitos climáticos e das devidas ações necessárias é inédito. Além disso, é comumente apontada a co-evolução de três tendências globais acompanhando as mudanças no sistema energético atual, tais como: (i) o aumento populacional[49], principalmente em países emergentes onde o acesso à energia já se apresenta como um desafio; (ii) a crescente urbanização[50]; (iii) a intensificação do processo de globalização de modo a criar uma economia global cada vez mais integrada[51]; e (iv) o enriquecimento do Oriente em detrimento do Ocidente (ARAÚJO, 2014).

Ainda que uma transição à menor dependência de fontes fósseis possa parecer pouco factível dado o percentual que as renováveis representam na matriz energética global atual (Figura 5), a história das transições energéticas revela que transformações profundas e, às vezes abruptas, ocorreram nos sistemas energéticos do passado, tornando

---

[49] Segundo UN (2017), a população global, que hoje é de 7,6 bilhões de pessoas, chegará a 9,8 bilhões em 2050; em 1800 era de 0,98 bilhões, em 1900 chegava a 1,65 bilhões e em 2000 atingia os 6,06 bilhões (NATIONS, 1999). Além do crescimento da população global, a tendência demográfica é de envelhecimento, dado que a taxa de fertilidade global está em queda, enquanto a expectativa de vida aumenta. A geografia do crescimento populacional entre 2017 e 2050 também merece destaque: metade dele ocorrerá na África (principalmente, Nigéria, Congo e Etiópia) e, em segundo lugar, a Ásia contribuirá com o acréscimo de 750 milhões de pessoas (UN, 2017).

[50] A relação entre consumo de energia e padrão de vida urbano é tema comum na literatura sobre transições energéticas (CHABROL, 2016; LOORBACH; WITTMAYER, 2016; RUTTER; KEIRSTEAD, 2012), dado que mais de 60% da produção econômica e dos gases de efeito estufa provém de centros urbanos, atualmente. Em 2016, a população global urbana correspondia a 54,5% do total, projetada a chegar a 60% em 2030 (UN, 2016).

[51] O petróleo ganha ainda mais destaque neste ponto, dado que 80% do transporte de carga em volume é realizado por navios oceânicos (LOEFF; GODAR; PRAKASH, 2018).

sua compreensão fundamental para a formulação de políticas e estratégias (FOUQUET; PEARSON, 2012; PODOBNIK, 2006). Assim, antes de desvendar o papel da China na transição energética atual, é importante apurar que fatores, então, foram essenciais à expansão das indústrias de carvão e petróleo. Como aponta Manno (2014), a dinâmica das transições energéticas é usualmente interpretada na literatura a partir de três perspectivas: (i) a da **inovação** como motor fundamental das transições tecnológicas, entendendo como centrais os aspectos técnico-econômicos nos processos de transição energética, sendo a mais usual na literatura (FOUQUET; PEARSON, 2012; GRUBLER, 2012; GRUBLER; WILSON; NEMET, 2016; SMIL, 2010b); (ii) a dos **limites naturais** como força-motriz principal das transições energéticas, manifesta principalmente na forma da escassez física de recursos (ou de sua superabundância) como determinante da dinâmica das transformações energéticas, mas também pelo imperativo das mudanças climáticas como elemento novo na presente transição energética global (LARSSON, 2009; POMERANZ, 2000); e (iii) a **das relações de poder**, que entende as transições como projetos históricos de dominação por classes econômicas ou sociais (DELÉAGE, 2014; HÉMERY; DEBIER; DELÉAGUE, 1993; PODOBNIK, 2006). A iminência atual da transição energética, como aponta MANNO (2014) está representada em cada uma destas perspectivas, respectivamente, na forma da dinâmica atual da inovação, que concebe a entrada das TER no mercado ao se tornarem competitivas em custo com as tradicionais; das mudanças climáticas e esgotamento do petróleo; e da crise econômica e instabilidade hegemônica global.

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. O próximo capítulo será, então, dedicado à análise de cada uma destas perspectivas, relacionando-as com a história das transições energéticas descrita neste capítulo, a fim de elucidar que elementos predominaram sobre outros.

3. A Dinâmica das Transições Energéticas

Este capítulo será dedicado ao entendimento da dinâmica de transições energéticas, de acordo com três abordagens comuns na literatura: (i) de aspectos técnico-econômicos; (ii) da escassez de recursos e degradação ambiental; e (iii) de relações de poder. Essas três abordangens serão desenvolvidas a seguir para que, ao final, lance luz sobre a metodologia mais adequada para avaliar o papel da China.

3.1 Dos Aspectos Técnico-econômicos

As teorias sobre como e porquê transições energéticas ocorrem desenvolveram-se bastante a partir da Teoria de Longas Ondas, cujos pilares teóricos foram estabelecidos no trabalho do russo Nikolai Kondratiev[52] e, posteriormente, desenvolvida nos estudos de ciclos tecnológicos e da inovação tecnológica como motor da economia capitalista de Joseph Schumpeter[53]. Christopher Freeman e Carlota Perez são os nomes pioneiros da escola Neo-Schumpeteriana que retoma os estudos de Kondratiev e Schumpeter na análise de transições tecnológicas a partir do conceito dos paradigmas técnico-econômicos[54] (TEP, na sigla anglo-saxã); por esse viés teórico, buscou-se enfatizar a co-

---

[52] No início dos anos de 1920, Kondratiev atentava em seus estudos para a regularidade de longos períodos de acumulação material, levando à prosperidade econômica, sucedido por períodos de estagnação e declínio da atividade econômica, configurando períodos de longas ondas com ciclos de 48 a 60 anos nas economias capitalistas (KONDRATIEFF, 1935).

[53] Schumpeter, em sua tese que reinterpreta os ciclos de Kondratiev, sustenta que a força-motriz do caráter cíclico da economia capitalista é a inovação, resultado da competição como um processo evolucionário que decorre do fenômeno da "destruição criadora" (SCHUMPETER, 1939).

[54] A definição de "paradigmas técnico-econômicos" se dá, à perspectiva de PEREZ (1983), pela inclusão do caráter social ao conceito de "paradigmas tecnológicos" de Giovanni Dosi, que, por sua vez, baseou-se na definição de Thomas Kuhn sobre "paradigmas científicos". *Paradigma científico* é definido como "uma "perspectiva" que define os problemas relevantes, um "modelo" e um "padrão" de investigação" (DOSI, 1982); *paradigma tecnológico*, por sua vez, "como "modelo" e um "padrão" de solução de problemas tecnológicos selecionados, com base em princípios selecionados derivados de ciências naturais e em tecnologias de materiais selecionados" (DOSI, 1982); e *paradigma* técnico-*econômico* como "conjunto das práticas mais bem-sucedidas e rentáveis em termos de escolha de insumos, métodos e tecnologias e também de estruturas organizacionais, modelos de negócios e estratégias", cujos "critérios e

evolução, por longos períodos estáveis, entre inovação, desenvolvimento econômico, modos de produção, tecnologias penetrantes e instituições. Segundo FREEMAN; PEREZ (1988), problemas no paradigma existente, como limites ao crescimento e menores taxas de ganhos de produtividade, desencadeariam inovações disruptivas, e, consequentemente, crises estruturais, dado que novas instituições e infraestrutura deveriam surgir para acomodá-las e, assim, promover a ascensão de um novo paradigma. As mudanças de base técnica seriam acompanhadas por mudanças em muitos outros aspectos como: (i) nas formas de organização de firmas e plantas; (ii) no perfil de habilidades da força de trabalho; (iii) no conjunto de produtos; (iv) nas ondas de investimento em infraestrutura; (v) na tendência a novas firmas inovadoras-empreendedoras entrarem em ramos de expansão da economia; (vi) no padrão de consumo de bens e serviços; e (vii) nos tipos de distribuição e comportamento do consumidor (FREEMAN; PEREZ, 1988; GEELS, 2005; PEARSON; FOXON, 2012). Essa abordagem, entretanto, é criticada por não levar em consideração a dinâmica no nível micro, sobre como novas tecnologias surgem e porque algumas perduram e outras não, por exemplo, e frequentemente inclinar-se a um determinismo tecnológico: segundo FREEMAN; PEREZ (1988), as forças sócio-institucionais *reagem* a uma ação de forças técnico-econômicas (GEELS, 2005).

Assim, da necessidade de uma estrutura conceitual que aliasse a perspectiva macroeconômica de TEP à dinâmica de microprocessos e à coexistência de fatores sociais e técnico-econômicos precedendo[55] a emergência de inovações tecnológicas, autores da recente escola holandesa desenvolveram a teoria da "perspectiva multinível" (MLP, na sigla anglo-saxã) também inspirados nos trabalhos de Kondratiev e Schumpeter, e aliados a estudos da economia evolucionária, sociologia, tecnologia e economia política, entre outras áreas do conhecimento. Sustentada por (GEELS, 2002; GEELS; KEMP, 2007;

---

princípios mutuamente compatíveis se desenvolvem no processo de utilização de novas tecnologias, superando obstáculos e buscando procedimentos, rotinas e estruturas mais adequados (...), gradualmente internalizados por engenheiros, gerentes, investidores, banqueiros, publicitários, empresários e consumidores", estabelecendo um "novo senso comum, aceito tanto para decisões de investimento quanto para escolhas de consumo" (PEREZ, 2009).

[55] Em FREEMAN; LOUÇÃ (2001), o refinamento conceitual da TEP se aproxima da MLP neste sentido.

VERBONG; GEELS, 2007), entre outros, a teoria é utilizada na compreensão da emergência e difusão de novas tecnologias, que ocorreria em três níveis integrados, ilustrados na Figura 7: nichos tecnológicos (nível micro), regimes[56] sociotécnicos (nível meso) e "panorama" sócio-técnico (nível macro) (GEELS, 2005). No primeiro nível (nicho), inovações emergem e são normalmente protegidas ou subsidiadas para que possam expandir mercados; o segundo é dinamicamente estável devido ao alinhamento de tecnologias existentes, sistemas vigentes de regulação, padrões de consumo, infraestrutura e discursos culturais; o terceiro nível, por sua vez, é a conjuntura no sentido mais amplo: estruturas espaciais, ideologias políticas, valores sociais, tendências macroeconômicas, entre outros, fatores os quais estão além do controle de atores individuais (GEELS, 2012).

Por essa ótica, sistemas sócio-técnicos podem ser definidos como "redes de atores (organizações e indivíduos) e instituições como normas técnicas e sociais, padrões, regulações e práticas de usuários, assim como artefatos materiais e conhecimento" (GEELS, 2005; KERN; MARKARD, 2016). A MLP é, na literatura, o principal arcabouço teórico-metodológico utilizado atualmente nos estudos de transição energética, compreendendo o setor de energia, assim como o de transporte, saneamento ou comunicação, por exemplo, como um sistema sócio-técnico.

Outras recentes estruturas conceituais relevantes nos estudos de transição são Sistemas de Inovação Tecnológica, Gestão Estratégica de Nichos e Gestão de Transições

---

[56] A noção de regime tecnológico foi inicialmente sugerida por NELSON; WINTER (1977) referindo-se à predisposição da comunidade de engenheiros e inovadores de empresas guiarem suas atividades de P&D para opções aparentemente comercializáveis ou viáveis, das quais não resultariam inovações disruptivas, mas incrementais. Esse conceito seria explorado adiante por RIP;KEMP (1998) no campo da sociologia como "um conjunto de regras ou gramática enraizado em um complexo sistema de práticas de engenharia, tecnologias de processos de produção, características de produtos, habilidades e procedimentos, maneiras de lidar com artefatos relevantes e pessoas, modos de definir problemas – todos eles embutidos em instituições e infraestruturas." Os nichos, por sua vez, são mercados "protegidos" nos quais inovações radicais podem se desenvolver sem estarem sujeitas à pressão do regime predominante (RIP; KEMP, 1998).

(TIS, SNM e TM, nas siglas anglo-saxãs, respectivamente). De maneira geral[57], enquanto a MLP busca compreender a dinâmica de transições, como descrito acima, a TIS se propõe a entender a emergência de novas tecnologias e as mudanças institucionais e organizacionais associadas; a SNM presta-se ao entendimento de como proteger e nutrir nichos de inovações radicais com foco em orientar políticas públicas para induzir transformações no regime vigente; e a TM visa desencadear transições sustentáveis de sistemas sociais enquanto complexos e adaptativos, "entendendo como "gestão" um processo reflexivo e de governança evolucionária" (KERN; MARKARD, 2016).

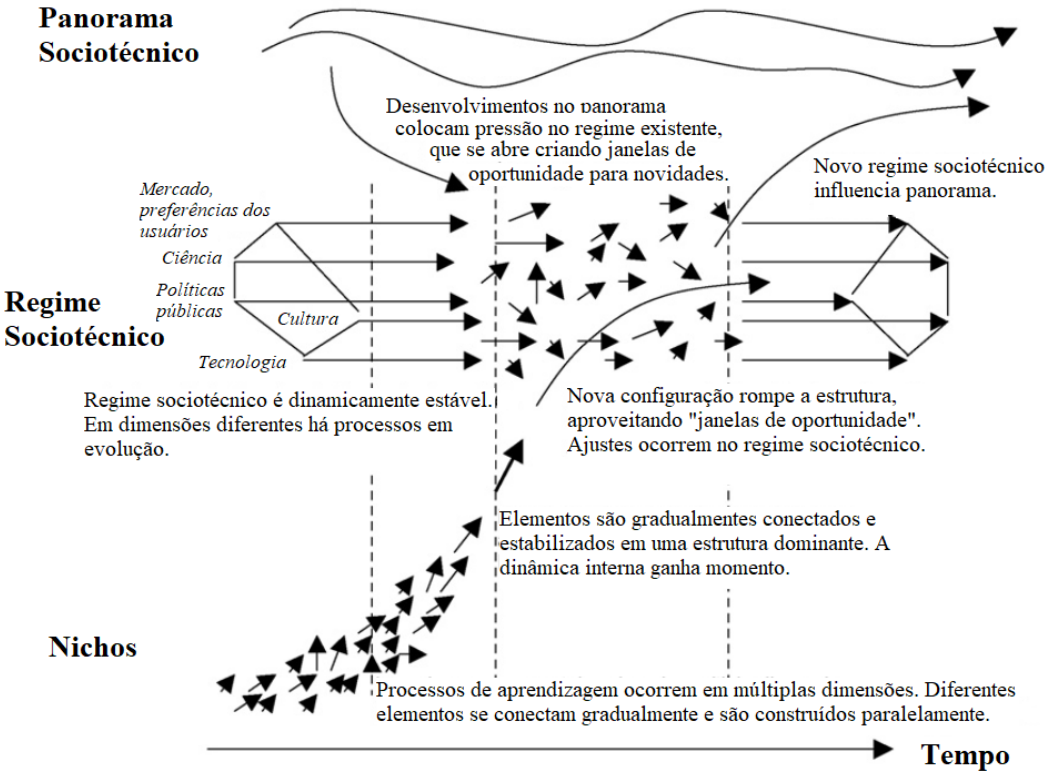


Figura 7 – Abordagem Teoria da Perspectiva Multinível para inovação de sistemas. Adaptado de GEELS (2004)**.**

[57] Para descrição mais aprofundada, KERN; MARKARD (2016), MARKARD; RAVEN; TRUFFER (2012) e SAFARZYŃSKA; FRENKEN; BERGH, VAN DEN (2012) oferecem um resumo de cada arcabouço teórico citado, as principais contribuições, críticas recebidas e limitações metodológicas, além das respectivas referências bibliográficas.

Ainda que o papel central do progresso tecnológico e das forças de mercado seja cada vez mais relativizado nas teorias mais recentes (principalmente na MLP), de modo a reconhecer a importância de "aspectos intangíveis e atores", por exemplo, as correntes derivadas da teoria de ondas longas tradicionalmente contribuíram muito mais com o entendimento dos aspectos técnico-econômicos das transições energéticas e por isso foram abordadas neste subitem.

Por outro lado, outro grupo de autores, sob uma perspectiva sistêmica, indutiva e empiricamente fundada, criaram uma estrutura conceitual a partir de padrões históricos evidenciados em estudos de caso de tecnologias de energia, e também tiveram enfoque técnico-econômico com contribuições bastante significativas sem, necessariamente, apresentarem de antemão uma estrutura teórica (FOUQUET, 2010; GEA, 2012; GRUBLER, 2012; SMIL, 2004, 2010b;WILSON, 2012). Ainda que tenham desenvolvido suas análises em escolas de diferentes tradições, os aspectos técnico-econômicos, discutidos abaixo, são compartilhados por todos ou muitos deles.

3.1.1 O ciclo de vida de tecnologias de energia e padrões de difusão tecnológica

Utilizado desde os estudos pioneiros de Marchetti e Nakicenovic[58] em 1979 para análise de substituição tecnológica em sistemas energéticos, o modelo de substituição logística é referência básica para o entendimento do ciclo de vida tecnológico: inicialmente, tecnologias com nova aplicação comercial são gradualmente difundidas até entrarem em uma fase de rápido crescimento exponencial, seguida de uma desaceleração e posterior saturação, configurando uma função em forma de "S"; a substituição por outra(s) tecnologia(s) leva a seu declínio e obsolescência (GRUBLER; WILSON; NEMET, 2016; MARCHETTI; NAKICENOVIC, 1979; WILSON, 2012). A Equação 1 descreve este fenômeno:

[58] Ver MARCHETTI; NAKICENOVIC (1979) para uma revisão dos estudos que utilizaram curvas em formas de S para representar desde fenômenos de população à biologia e cinética química antes de serem aplicados nos estudos de inovação e substituição tecnológica entre duas ou mais tecnologias em competição.

Equação 1 - Função logística que descreve o ciclo de vida da difusão tecnológica.

$$f(t) = \frac{A}{1 + e^{-k(t-t_0)}}$$

onde A é a assíntota ou a extensão do crescimento, k representa a declividade da curva e, portanto, a taxa de difusão, e ($t-t_0$), ou Δt, representa o tempo de *turnover*[59], que é tempo em anos que f(t) cresce de 1 a 50% de A, ou de 10 a 90% de A; além disso, t_0 representa o ponto de inflexão em A/2 (GRUBLER; WILSON, 2014). Esta função pode ser utilizada para descrever o crescimento tanto a nível de unidade tecnológica[60] (capacidade unitária de novas turbinas ou motores, por exemplo), cuja fase é chamada de *aumento de escala* ou *escalonamento*, quanto a nível industrial (capacidade acumulada de geração termoelétrica, por exemplo), o que é chamado de *difusão*.

Segundo WILSON (2012), o ciclo de vida de uma dada tecnologia pode ser dividida em três fases:

(i) Fase formativa: muitas unidades de menor escala com pequenos aumentos na capacidade unitária. Esta fase corresponde a uma fase de extensa experimentação, aperfeiçoamento e adaptação da tecnologia, ainda cara e imperfeita, às condições de mercado, e depende da geração de conhecimento para estabelecer as bases científicas e tecnológicas que permitam a progressão do processo inovador à etapa de aumento de escala. Nichos de mercado com consumidores insensíveis a variações de preço/ dispostos a pagar pelo melhor desempenho da nova tecnologia ou com políticas públicas de incentivo às tecnologias em fase formativa e que

[59] MARCHETTI; NAKICENOVIC (1979), em relação a mudanças na estrutura de energia primária global, concluíram que tempos de turnover típicos de sistemas energéticos globais vão de 70 (declínio da era do carvão ao início da era do petróleo) a 120 (declínio da era da biomassa tradicional ao início da era do carvão) anos (GRUBLER; WILSON, 2014).

[60] A unidade de análise usualmente utilizada, como aponta WILSON (2009), é a que compreende o maior nível de agregação operacional antes da inclusão de fatores de mercado e institucionais. Ver GRUBLER; WILSON (2014) para a evolução do aumento de escala de tecnologias de energia desde 1900. A fronteira da capacidade unitária de turbinas a vapor salta 200MW no início dos anos de 1950 para mais de 1100MW em 1970, assim como a fronteira da capacidade de motores de aviões a jato salta de ~80MW em 1958 para pouco menos de 300MW em 1990, por exemplo.

garantam aprendizagem são importantes para que capacidades tecnológicas viáveis possam se desenvolver no mercado.

(ii) Fase de aumento de escala (*up-scaling*): grande aumento da capacidade unitária e possível aumento do número de unidades[61]. Esta fase apresenta economias de escala a nível da unidade (redução do custo por unidade produzida pelo aumento da capacidade unitária); no entanto, esta fase está limitada pelos limites de engenharia e projeto, além das necessidades de mercado por tecnologias de grande escala. Tecnologias de geração de energia, que apresentam mercados mais homogêneos, têm maior potencial de economia de escala que tecnologias de uso final, cujas aplicações são mais heterogêneas. Um exemplo clássico de aumento de escala atual é o das torres eólicas, que na década de 1980 apresentavam altura de 20-30 metros e capacidade de dezenas de kW, para atualmente atingirem mais de 100 metros de altura e entre 2 e 5 MW.

(iii) Fase de crescimento da indústria: aumento do número de unidades com capacidades unitárias maiores, o que resulta no aumento da capacidade acumulada daquela tecnologia. Difusão espacial da tecnologia e economias de escala a nível industrial (produção em massa).

A difusão tecnológica é, portanto, inicialmente promovida pelo aumento do número de unidades, em seguida pelo aumento de escala e, por último, novamente pelo aumento do número de unidades. A Figura 8 mostra, como exemplo, a difusão tecnológica de usinas termoelétricas a carvão com as três fases supracitadas discriminadas

[61] Como aponta WILSON (2012), caso a fase de aumento de escala ocorra simultaneamente ao aumento do número de unidades, ganhos de escala (que ocorrem no nível da unidade) podem ser confundidos com efeitos de aprendizagem (que ocorrem no nível da indústria), o que pode levar à atribuição da redução de custos, de forma equivocada, a um ou a outro.

temporalmente. Outras tecnologias podem apresentar perfil diferente, com a superposição de fases, maiores ou menores períodos, taxas de difusão e aumento de escala.

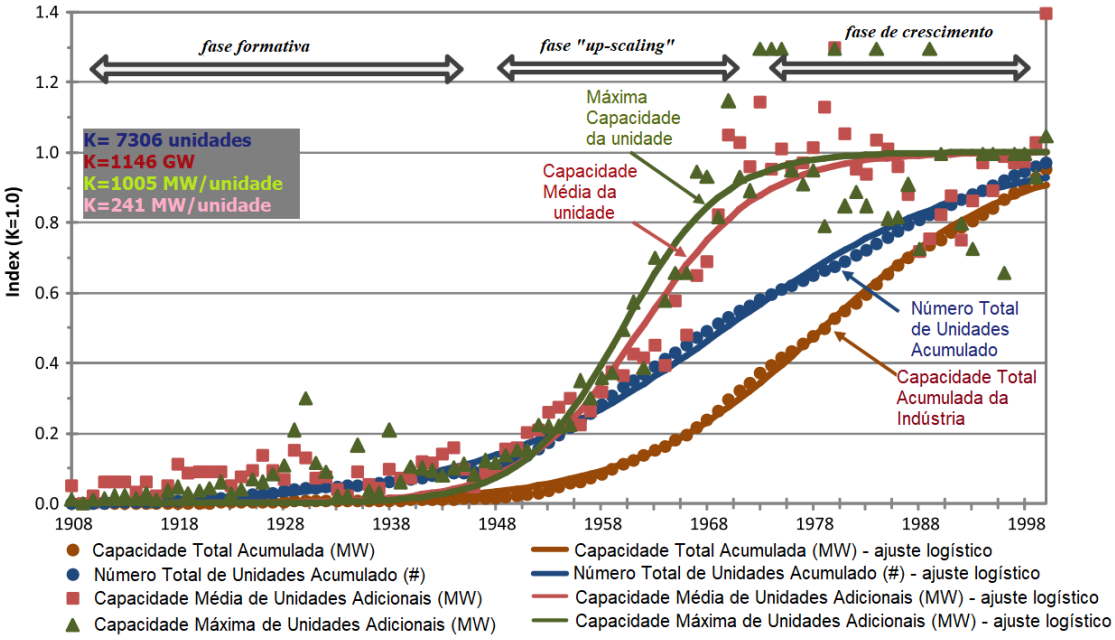


Figura 8 - Crescimento da indústria de geração elétrica a carvão (Global, 1908 a 2000). Ajuste logístico e dados de capacidade indexados a K=1,0. Fonte: Adaptado de GRUBLER; WILSON, (2014)**.**

BENTO; WILSON (2016), em sua contribuição que analisa a duração das fases formativas de 16 tecnologias de energia, concluíram que, em geral, fases formativas são lentas porque novas tecnologias necessitam de novas instituições e infraestrutura; as exceções do estudo são as tecnologias de FCC, aviões a jato e geração eletronuclear, que se desenvolveram no contexto único do pós-IIGM. Ainda em relação à etapa inicial da difusão tecnológica, FOUQUET (2010), aponta que a introdução bem-sucedida de novas tecnologias de energia na história se deu pela oportunidade de fornecer melhores e/ou mais baratos serviços energéticos. Se a nova tecnologia era mais cara que a tradicional, mas apresentava melhor desempenho ou características adicionais, um mercado de nicho era formado com consumidores dispostos a pagar um valor adicional pelo serviço, o que levaria à redução gradual de seu preço até, enfim, à adoção generalizada. Ou seja, mudanças tecnológicas no passado estiveram associadas ao aumento de benefício privado[62] (PEARSON; FOXON, 2012). No que se refere ao local da difusão, WILSON

[62] No caso da transição às tecnologias de energias renováveis (TER), o benefício que se apresenta com a mitigação de mudanças climáticas é social. Uma forma de torná-lo privado, como aponta PEARSON;

(2012) aponta que, como a fase formativa representa o desenvolvimento inicial das tecnologias, não ocorrem no ciclo de vida de tecnologias em mercados periféricos[63], de adoção tardia, beneficiados pela aprendizagem e pelas melhorias de desempenho e custo já realizadas durante a difusão nos mercados centrais, onde o tempo de aprendizagem e aprimoramento é recurso insubstituível.

Além disso, WILSON (2012) ainda pontua que a fase de aumento de escala, em geral, chega ao ponto médio até 20 anos antes da taxa crescimento da indústria chegar a seu ponto médio, e ocorre antes para tecnologias com tempos de difusão mais longos. Por outro lado, o autor atribui a diferença entre as taxas de crescimento das capacidades unitárias máxima e média à influência da heterogeneidade da demanda nas economias de escala a nível da unidade. No caso do gás natural, essa diferença é alta, evidenciando economia de escala, mas heterogeneidade de aplicação; já no caso da geração nuclear, a diferença é muito baixa, indicando homogeneidade de aplicação e forte economia de escala (WILSON, 2012).

No tocante às fases de crescimento, os resultados de WILSON (2012) indicam que para maiores capacidades individuais, mais rápida é a difusão da tecnologia, com exceção das lâmpadas fluorescentes compactas e geração eólica (rápida difusão apesar de baixas capacidades unitárias). Isso teria ocorrido devido: (i) à menor intensidade de capital por unidade; (ii) à introdução no mercado já altamente globalizado e integrado, do qual se beneficiaria de efeitos de transferência de conhecimentos, acelerando o aumento da capacidade de fabricação e o desenvolvimento no mercado; e (iii) ao caráter *substitutivo* de ambas as tecnologias (WILSON, 2012). Como aponta GRUBLER (1991), a rápida difusão de automóveis também ocorreu devido a seu caráter substitutivo, para além das vantagens em relação à mobilidade a cavalos, porque se beneficiou das estradas que haviam sido desenvolvidas para carruagens; o mesmo ocorreu com a substituição do tradicional gás de carvão pelo gás natural, que se favoreceu pela infraestrutura existente

---

FOXON (2012), é pela taxação de carbono, que, por outro lado, sofre pressão de grupos de lobby de indústrias e de países mais penalizados pelas taxas.

[63] Como descrito pela lei de Schmidt, há uma tendência à aceleração das taxas de difusão tecnológica quando a difusão ocorre espacialmente desde mercados iniciais, chamados de centro, aos subsequentes, periféricos e semi-periféricos; entretanto, apesar de mais rápida, a difusão é menos "penetrante" (GRUBLER, 1990).

de distribuição. Altas taxas de crescimento a nível industrial, em suma, estariam reservadas a tecnologias com maiores capacidades unitárias e a tecnologias que são substitutas prontas a tradicionais.

Em síntese, o processo de transição tecnológica decorre do sucesso de uma curva de experiência, baseado em diferentes mecanismos de aprendizagem e economias de escala, possibilitando a redução de custos; por outro lado, a adoção da tecnologia é caracterizada pelo modelo de difusão logístico que explora efeitos de rede, e permite que a tecnologia sofra efeitos de lock-in (GRUBLER; NAKICENOVIC; VICTOR, 1999). Estes conceitos serão abordados nos itens 3.1.2 e 3.1.3.

3.1.2 Mecanismos de Aprendizagem

Para além das etapas da difusão tecnológica, o entendimento dos mecanismos de aprendizagem que levam à redução de custos na indústria é fundamental para orientação de política energética. A partir da abordagem de vários autores sobre o tema desde o início da década de 1970, JUNGINGER et al. (2010) categorizaram diferentes mecanismos por trás de mudanças em tecnologias de energia e redução de custo: (i) aprendizagem-pela-investigação; (ii) aprendizagem-pela-prática; (iii) aprendizagem-pelo-uso; e (v) aprendizagem-pela-interação.[64]

Resumidamente, a aprendizagem-pela-investigação inclui os esforços, intencionais e caros em pesquisa com fins de inovação nos estágios iniciais de invenção e P&D. Seu objetivo, caracterizado pelo alto risco e grande "*spillover*", é gerar conhecimento até próximo ao estágio de implementação em larga escala, apesar de contribuir nos estágios posteriores com melhorias tecnológicas.

A aprendizagem-pela-prática, por outro lado, se refere à aprendizagem passiva na fabricação repetida: quanto maior o número de unidades produzidas, mais eficientes se tornam os trabalhadores que as produzem. A introdução antecipada de uma dada tecnologia no mercado ocorre com o objetivo de obter conhecimento tácito sobre o método para melhorá-lo, torná-lo mais eficiente, e especializar sua mão-de-obra, até que, finalmente, o conhecimento e a experiência acumulados se traduzam em redução de

[64] Para os autores que primeiro exploraram cada um dos conceitos, ver JUNGINGER et al. (2010) e GREENACRE et al. (2012).

custos: o benefício, portanto, não se dá no presente, mas no futuro. Essa modalidade de aprendizagem é imprescindível na etapa formativa das tecnologias, um dos motivos pelos quais políticas de proteção de nichos se justificam.

Se a aprendizagem-pela-prática representa ganhos internos ao processo produtivo pelo acúmulo de experiência do lado da oferta, a aprendizagem-pelo-uso é sua forma análoga pelo lado da demanda. As características ótimas de operação e manutenção só podem ser atingidas após a experiência prolongada de uso e pelo *feedback* de usuários aos fabricantes, que não podem prever precisamente todas as possíveis falhas antecipadamente. O retroalimentado fluxo de informação entre produção e uso leva à otimização da produção no longo prazo.

Já a aprendizagem-pela-interação é uma modalidade que ocorre durante a difusão tecnológica a partir da difusão de conhecimento generalizada entre institutos de pesquisa, indústria, usuários e políticos, com o objetivo de intensificar a própria difusão tecnológica. Os outros mecanismos acima são acentuados pela interação e diálogo entre esses atores, de modo a criar novas institucionalidades (ou adaptar as já existentes).

Finalmente, HOGAN (2014) advoga pela existência de outra modalidade a partir da perspectiva da firma, a aprendizagem-pela-espera. Segundo ele, efeitos de "*spillover*" tecnológico se manifestam com o tempo, de forma que seus benefícios podem ser melhor explorados com a decisão pela espera do que pela prática imediata.

3.1.3 Complexidade de Sistemas Energéticos: aglomerados tecnológicos (*clusters*), dependência da trajetória (*path-dependence*) e efeitos de *lock-in*

Uma característica importante de sistemas energéticos diz respeito às complexas relações entre tecnologias, instituições, governos, investidores, reguladores, práticas de usuários, entre outros, interconectadas e produtoras de ciclos retroalimentadores em complicadas redes sob alta imprevisibilidade. Desta complexidade, faz-se importante ressaltar três regularidades observadas em sistemas energéticos em transformação: (i) a formação de aglomerados tecnológicos; (ii) a dependência da trajetória; e (iii) os efeitos de *lock-in*[65].

---

[65] Preferiu-se, neste trabalho, pela utilização do termo em inglês mas expressões como "aprisionamento" ou "trancamento" podem ser encontradas como sinônimos para o português.

Em relação ao primeiro ponto, PEREZ (2009) aponta que a introdução de mudanças tecnológicas não é aleatória e nem ocorre isoladamente, mas pela interrelação dinâmica entre tecnologias que compartilham conhecimentos. As raras e descontínuas revoluções tecnológicas, descritas na Tabela 2, se deram pela formação de aglomerados tecnológicos a partir de tecnologias inter-relacionadas beneficiárias de avanços tecnológicos e científicos comuns, que tiveram impactos para além da mudança inicial intencionada por seu agente promotor (*spillovers*).

Tabela 2 - Revoluções tecnológicas sucessivas e seus respectivos aglomerados tecnológicos. Fonte: Adaptado de PEREZ (2002)**.**

Revoluções Tecnológicas	Nome Popular	Países centrais	Importante avanço tecnológico	Ano
PRIMEIRA	A "Revolução Industrial"	Grã-Bretanha	Primeira fábrica movida a energia hidráulica em Cromford (Arkwright's Mill)	1771
SEGUNDA	Era do Vapor e das Ferrovias	Grã-Bretanha (espalha-se pela Europa e EUA)	Teste da máquina a vapor "Rocket" para a ferrovia Liverpool-Manchester	1829
TERCEIRA	Era do Aço, da Eletricidade e da Engenharia Pesada	EUA e Alemanha avançam e ultrapassam Grã-Bretanha	Fábrica de aço Carnegie Bessner abre em Pittsburg, Pensilvânia	1875
QUARTA	Era do Petróleo, do Automóvel, da Produção em Massa, da Nuclear, da Petroquímica e Aeroespacial.	EUA (no início Alemanha compete pela liderança), espalha-se em seguida pela Europa	Primeiro modelo Ford-T em Detroit, Michigan	1908
QUINTA	Era da Informação e das Telecomunicações	EUA (espalha-se pela Europa e Ásia)	Microprocessador da Intel em Santa Clara, Califórnia	1971

Além disso, muitas das tecnologias de energia na história, como a máquina a vapor, o motor de combustão interna, a eletricidade, o automóvel, entre outras, podem ser consideradas "tecnologias de propósito geral" (GPT, na sigla anglo-saxã)[66] (LIPSEY;

[66] Apesar das diferenças teóricas entre as GPTs, focada somente na natureza das tecnologias, e as correntes derivadas da Teoria de Ondas Longas, que caracterizam as mudanças tecnológicas a partir de uma visão sistêmica, esta teoria traz elementos que agregam a presente discussão. Para melhor análise da relação entre desenvolvimento tecnológico e crescimento econômico pela perspectiva do conceito de GPT ver LIPSEY; CARLAW; BEKAR (2005) e para comparações entre GPT e Teoria de Ondas Longas ver CANTNER; VANNUCCINI (2012) e PEARSON; FOXON (2012).

CARLAW; BEKAR, 2005; PEARSON; FOXON, 2012). Esta definição traz três características importantes que explicam, em parte, a formação de agregados tecnológicos e, especificamente, agregados de tecnologias de energia: GPTs apresentam alta capacidade de penetração na economia, dinamismo tecnológico e complementariedade inovadora. Essas características permitem, respectivamente, que essas tecnologias sejam utilizadas em vários setores pois exercem uma função genérica, que promovam inovação contínua e aprendizagem, e que essas novas aplicações gerem ganhos de produtividade que se reforçam mutuamente por longos períodos. Assim, estas tecnologias singulares causaram rupturas nem sempre no sentido científico e tecnológico, mas foram sempre radicais no sentido da variedade e alcance de uso. Melhor dizendo, nem todas as inovações radicais se fizeram GPTs ou falharam em difundir-se com expressividade, porque não foram capazes de formar agregados tecnológicos. FREEMAN; PEREZ (1988) acrescentariam ainda que não foram capazes de estabelecer novas formas de organização, instituições e padrões de consumo, compatíveis com a nova tecnologia.

Tratando-se da transição energética atual, o maior desafio que se coloca à ascensão de um aglomerado tecnológico renovável no sistema energético global é o rompimento das estruturas fósseis de oferta de demanda de energia: o "*lock-in*" do carbono, estado resultante de um processo dependente da trajetória (*path-dependent*). Os conceitos de dependência da trajetória e *lock-in* trazem duas questões de interesse aos estudos de transições energéticas: (i) em que dimensões se instaura o *lock-in* do carbono, estabelecido de forma mais profunda nas economias mais industrializadas; e (ii) como rompê-lo, ou evitar que ele ocorra nos processos de industrialização que se seguirão.

O conceito de dependência da trajetória[67], que explica quando e porque um *lock-in* ocorre, se constrói a partir da ideia de causalidade histórica, ou seja, de que um legado de escolhas, acidentes ou eventos aleatórios no passado condicionam irreversivelmente (ou quase) as possibilidades de escolhas presentes e futuras, de modo que nem sempre a opção tecnológica mais eficiente técnica ou economicamente (ou superior em outros

[67] Para os trabalhos pioneiros sobre o conceito de dependência da trajetória e o caso mais proeminente do teclado QWERTY, ver ARTHUR (1989) e DAVID (1985); para a utilização do conceito em áreas para além da tecnologia e economia, ver BERNARDI (2012) e PIERSON (2000).

critérios) pode prevalecer[68] (BERNARDI, 2012). Em outras palavras, a dependência da trajetória ocorre quando escolhas no tempo se tornam cada vez mais limitadas devido à persistência de um padrão tecnológico, industrial, institucional ou de localização, por vezes definido pelo acaso, até ser rompido por um choque externo (SIMMIE, 2012).

Isso ocorreria, segundo ARTHUR (1994), quando tecnologias apresentassem retornos crescentes sustentadas por uma dinâmica de autorreforço, que inclui efeitos de: (i) coordenação, que ocorrem quando os benefício de uso de uma dada tecnologia por um indivíduo aumenta quando outros indivíduos adotam a mesma tecnologia devido a vantagens de rede; (ii) inércia de custos afundados, que ocorre quando tecnologias apresentam altos custos fixos de instalação; (iii) expectativa adaptativa, que ocorre quando o aumento da predominância de uma tecnologia, produto, processo ou prática estimula ainda mais sua predominância porque usuários se tornam mais confiantes em relação a qualidade e desempenho, por exemplo; e (iv) os já referidos mecanismos de aprendizagem. Além disso, retornos crescentes também podem ocorrer por economias de escopo e/ou escala (VERGNE; DURAND, 2010).

Apesar de reconhecerem a predominância de casos em que há retornos crescentes, estudos que se seguiram questionaram sua existência como condição absoluta à dependência da trajetória a partir de casos onde foi maior a importância dos altos custos fixos, da durabilidade ou complementariedade do capital (ARROW, 2000; BERNARDI, 2012; PAGE, 2006; VERGNE; DURAND, 2010). PAGE (2006) ainda argumenta que a sustentação de uma trajetória se dá por um mecanismo em que a atratividade relativa de alternativas é reduzida. Assim, recentemente, VERGNE&DURAND (2010) reformularam o conceito de dependência da trajetória como "uma propriedade de um processo estocástico que se obtém sob duas condições (contingência e autorreforço) e causa *lock-in* na ausência de choque exógeno", enfatizando que não se trata de "hipersensibilidade a condições iniciais mas de eventos contingentes amplificados por mecanismos de autorreforço que faz com que trajetórias alternativas sejam excluídas".

---

[68] Para casos específicos de dependência da trajetória e posterior *lock-in* relacionados à temática de energia, os casos do veículo de motores de combustão interna, da corrente alternada como base de sistemas de distribuição e de reatores LWR são bastante conhecidos e descritos por COWAN (1990), COWAN; HULTÉN (1996), FOUQUET (2016b) e UNRUH (2000).

Partindo-se deste conceito, pode-se analisar o caso específico de sistemas energéticos e o *lock-in* do carbono. De acordo com FOUQUET (2016b), SETO et al. (2016) e UNRUH (2000), o lock-in do carbono se instaura em três dimensões interdependentes: (i) *lock-in* tecnológico e de infraestrutura; (ii) *lock-in* institucional; e (iii) *lock-in* de comportamento.

O *lock-in* tecnológico e de infraestrutura é caracterizado pela longa vida de infraestruturas físicas, cuja mudança é difícil e cara, normalmente envolvendo longos períodos de execução e custos afundados substanciais. Infraestruturas de geração de energia (limitadas pelas condições de operação, tipo/qualidade de combustível e especificações) e suporte (e.g. distribuição, atividades específicas às fontes de energia associadas) representam barreiras à adoção de novas tecnologias, melhores e menos intensivas em carbono. Além disso, a expansão de infraestrutura pode gerar efeito de demanda induzida (e.g. pela redução de custos de eletricidade ou de transporte) além de condicionar escolhas de transporte, moradia e uso da terra de acordo com o arranjo das construções (SETO et al., 2016; UNRUH, 2000).

O *lock-in* institucional, por sua vez, reforça *lock-in* tecnológico e de infraestrutura pela ação consciente de atores econômicos, sociais e políticos detentores de poder. Coordenação de esforços para a estruturação de regras, normas e limites a mudanças, reforçando a estabilidade de seu poder. Instituições são criadas e estruturadas para a manutenção de *status-quo* a favor de determinados atores (SETO et al., 2016; UNRUH, 2000).

Por fim, o *lock-in* de comportamento trata de estilos de vida, hábitos e preferências dependentes de contexto social e normas culturais, cujas mudanças normalmente levam longos períodos de tempo para ocorrer. Este tipo de *lock-in* ocorre a nível de agência e estrutura em comportamentos intensivos em carbono (SETO et al., 2016). FOUQUET (2016) aponta ainda que há um *feedback* positivo entre recursos, desenvolvimento industrial e infraestrutura que aprisiona a economia em padrões de consumo específicos, uma vez que o acesso a energia barata é imprescindível ao desenvolvimento industrial e a expansão de infraestrutura é, por sua vez, tida como imprescindível à oferta de energia barata. A essa lógica também está associado o favorecimento de projetos energéticos que apresentam grandes ganhos de escala, a despeito do histórico de riscos, atrasos e grandes impactos socioambientais associados a megaprojetos (CALLEGARI; SZKLO; SCHAEFFER, 2018; TASSEY, 1991).

Em se tratando da temporalidade de transições energéticas, tema do debate recente citado no Capítulo 2, a complexidade de sistemas energéticos, refletida na formação de aglomerados tecnológicos, *lock-in*s formados por mecanismos de autorreforço, tecnologias inter-relacionadas e difusão de conhecimentos, reforça a tese de que transições energéticas são processos lentos. GRUBLER; WILSON; NEMET (2016) apontam que comparações entre transições energéticas na história devem respeitar: (i) as especificidades dos mercados comparados; (ii) a fase do ciclo tecnológico (formativa, de aumento de escala ou de crescimento); e (iii) escalas temporais e espaciais (do centro de inovação, mais lenta, à adoção periférica, mais rápida). Segundo os autores, os países periféricos costumam apresentar transições mais rápidas, apesar de menos "penetrantes", porque se beneficiam da difusão de conhecimento ("*knowledge spillovers*") e do uso de tecnologias já testadas e desenvolvidas, e, portanto, mais baratas, dos mercados centrais iniciais. Estes, por sua vez, tendem a apresentar transições lentas não porque se tornaram usuários de tecnologias fósseis antecipadamente, mas porque se tornaram usuários significativos: quanto maior o tempo durante o qual um dado sistema sofre efeitos de mecanismos de autorreforço, mais predominante se torna ali o sistema tecnológico por possibilitar a garantia de maior parcela de mercado e maiores custos afundados (RUBIO; FOLCHI, 2012).

3.1.4 "Technology-push" vs "Demand-pull"

Diante dos aspectos técnico-econômicos apresentados nesta seção e da centralidade da determinação política nas transições energéticas passadas, como atestado no Capítulo 2, faz-se necessária uma discussão em relação à formulação de políticas públicas que promovam transições tecnológicas. Iniciado na década de 1960, o debate[69] sobre que fatores influenciavam a direção das mudanças tecnológicas buscava, por uma lado, explicar o sucesso ou fracasso na adoção de novas tecnologias, e, por outro, encontrar soluções para promover progresso tecnológico, sendo este, por sua vez, central no crescimento econômico (HANSEN et al., 2017; SOLOW, 1956). A discussão pautava-se na força-motriz primária das mudanças tecnológicas: seriam as mudanças no perfil da

[69] Para uma revisão detalhada do debate, ver MOWERY; ROSENBERG (1979) e (NEMET, 2009).

demanda ou os avanços científicos e tecnológicos que determinavam a taxa e direção do progresso tecnológico (NEMET, 2009)?

Segundo ROTHWELL (1994), o conceito "*technology-push*" é a primeira geração de inovação, compreendida entre a década de 1950 e meados da década de 1960, momento em que a rápida expansão industrial no pós-guerra liderava o crescimento econômico, além de a demanda superar muitas vezes a capacidade de produção à época. A sua origem estaria no relatório intitulado *Science: the endless frontier*, requisitado em 1944 com o fim da IIGM pelo presidente Rooselvelt ao cientista Vannevar Bush sobre "o que poderia ser feito, de maneira consistente com a segurança militar e com a aprovação prévia das autoridades militares, para dar a conhecer ao mundo o mais rapidamente possível as contribuições que foram feitas durante o nosso esforço de guerra" (BUSH, 1945). Por essa perspectiva, se supunha que a direção e taxa de progresso tecnológico são determinadas pelos avanços científicos, de modo a correlacionar direta e linearmente avanços na ciência básica, P&D e produtos inovadores, como ilustrado na Figura 9. Com efeito, políticas públicas de incentivo a inovação por esse viés buscam reduzir o custo privado de geração de inovação, segundo NEMET (2009), a partir de: (i) P&D financiados pelo governo; (ii) crédito fiscais para empresas investirem em P&D; (iii) aumento de capacidade de troca de conhecimento; (iv) apoio a educação e treinamento; e/ou (v) financiamento de projetos de demonstração.

Figura 9 - "*Technology-push*": primeira geração de processos de inovação. Fonte: Adatptado de ROTHWELL (1994)**.**

Por outro lado, com o aumento da produtividade industrial e a estabilização da taxa de emprego a partir da segunda metade da década de 1960, crescia a tendência a concentração industrial e a diversificação baseada nas tecnologias existentes como estratégia de crescimento das empresas, já não mais pautada na introdução de novos produtos no mercado (ROTHWELL, 1994). O conceito "*demand-pull*" surge como segunda geração de processos de inovação, então, definindo as atividade inventivas não como criações endógenas, mas como reações a uma necessidade de mercado, como ilustrado na Figura 10 (HANSEN et al., 2017; ROTHWELL, 1994). As políticas relacionadas a esse conceito são, de acordo com NEMET (2009), implementadas com o objetivo de aumentar o benefício privado, tais quais: (i) proteção de propriedade

intelectual; (ii) créditos fiscais e descontos para consumidores de novas tecnologias; (iii) aquisições governamentais; (iv) padrões tecnológicos; (v) padrões regulatórios; e/ou (vi) impostos sobre tecnologias concorrentes. As políticas "*demand-pull*" também podem reduzir a incerteza de investimentos em P&D, portanto, pela criação de mercados (PETERS et al., 2012).

Figura 10- "*Demand-pull*": segunda geração de processos de inovação. Fonte: Adatptado de ROTHWELL (1994)**.**

Após um período em que ambas as abordagens foram investigadas teórica e empiricamente, concluiu-se que ambos os processos são complementares, dependentes mutuamente e não ocorrem isoladamente; fatores de oferta e demanda são necessários, portanto, para explicar inovação[70] e difusão tecnológica (GRUBLER; WILSON, 2014; HANSEN et al., 2017; MOWERY; ROSENBERG, 1979; NEMET, 2009). Os modelos de inovação subsequentes passaram a considerar, então, processos dinâmicos de múltiplos *feedbacks* entre diferentes estágios de inovação, não mais unidirecionais, e tentaram incorporar de maneira sistêmica as "numerosas interrelações entre tecnologia, economia, sociedade e meio ambiente" (ARNULF GRUBLER, 2003; GRUBLER; WILSON, 2014; ROTHWELL, 1994). Não obstante, divergências ainda se manifestam em relação a como fatores de "*technology-push*" e "*demand-pull*" interagem dependendo da etapa de ciclo de vida da tecnologia e da situação do mercado doméstico, seja pela perspectiva estratégica de firmas ou de Estados na promoção de inovações (CHOI, 2017; GRUBLER;

[70] Como definem GRUBLER; WILSON (2014), inovação radical é "uma nova tecnologia que se distingue fortemente das normas prevalecentes e, por isso, muitas vezes implica em uma mudança disruptiva sobre as tecnologias comerciais existentes e instituições associadas"; inovação incremental, por sua vez, é "uma melhoria no desempenho, custo, confiabilidade, design, etc. a uma tecnologia comercial existente sem qualquer novidade fundamental na prestação de serviços de uso final". Sob outra perspectiva, o conceito de inovação disruptiva, desenvolvido por CHRISTENSEN (1997), está relacionado à capacidade de empresas pequenas, com menos recursos, desafiarem grandes empresas estabelecidas no mercado, que focam nos segmentos de maior demanda e que lhes rende mais lucro, ao fornecer serviços melhores e mais baratos a segmentos do mercado menos importantes às grandes empresas; quando, em seguida, estes segmentos são também incorporados pela empresa entrante, diz-se que a inovação disruptiva foi realizada.

WILSON, 2014), tornando-se uma questão particular na alocação de recursos (NEMET, 2009).

Na literatura que analisa o papel do Estado na formulação de políticas públicas que promovam de forma exógena TER enquanto setores emergentes na economia, algumas contribuições recentes merecem destaque. NEMET (2009) sugere que o crescimento de mercado induzido pelo Estado ("*demand-pull"*), de maneira a proteger nichos contra a competição direta com tecnologias maduras, estimula as firmas a *explotar*[71] e buscar retornos por aprendizagem-pela-prática e economias de escala; por outro lado, isso desestimularia as atividades de *exploração* de tecnologias alternativas de modo a diminuir a probabilidade de inovações radicais, possivelmente criando efeitos de *lock-in* em tecnologias maduras (HOPPMANN et al., 2013). Em relação ao local onde são implementadas, PETERS et al. (2012) não observa evidências de inovações para além de bordas nacionais como resultado de políticas "*technology-push*" domésticas; por outro lado, verificou que políticas "*demand-pull*" estimulam patentes tanto no âmbito doméstico quanto no estrangeiro. LEWIS (2016), em relação aos países de adoção periférica, ressalta que estratégias comuns para se equipararem tecnologicamente aos países centrais têm sido a de transferência tecnológica ou de formação de *joint-ventures*.

Além disso, HOPPMANN; HUENTELER; GIROD (2014) ressaltam, ao investigar a evolução do sistema de Tarifas *Feed-In* (FIT, na sigla anglo-saxã) na indústria fotovoltaica alemã, a necessidade de aprendizagem e adaptação das políticas de suporte a novas tecnologias devido à complexidade e à imprevisibilidade da dinâmica tecnológica. Os autores também apontam o surgimento de novos problemas, resultantes da própria política, a serem endereçados no novo ciclo de políticas.

Os conceitos apresentados nesta seção 3.1, tradicionalmente mais utilizados na literatura, representam bem a dimensão tecnológica e econômica de transições energéticas. Conhecimentos importantes sobre padrões de crescimento de indústrias

---

[71] Segundo MARCH (1991), firmas apostam em atividades de *explotação* quando visam "refinar e estender competências existentes, tecnologias e paradigmas", buscando retornos "positivos, próximos e previsíveis", enquanto as atividades de *exploração* de conhecimento visam a prospecção de novos conhecimentos e alternativas ao paradigma vigente, cujos resultados são incertos, distantes e frequentemente negativos.

foram discutidos, como: (i) o entendimento das fases do ciclo de vida de uma dada tecnologia e a importância do tempo de experimentação para ganhos de eficiência, escalonamento da indústria e redução de custos; (ii) o papel de cada mecanismo de aprendizagem – pela investigação, pela prática, pelo uso e pela interação – no aprimoramento da tecnologia e os instrumentos de política industrial para aproveitá-los; (iii) a importância que tiveram aglomerados de tecnologias inter-relacionadas, que compartilhavam conhecimentos e complementaram-se nos serviços que desempenhavam; (iv) o impacto irreversível que decisões passadas representam no presente – e como decisões do presente terão o mesmo efeito no futuro - , tornando eventos dependentes de trajetórias engendradas no passado e amplificadas por mecanismos de autorreforço, manifestado na área de energia pelo *lock-in* do carbono; e (v) os diferentes mecanismosde que dispõem os Estados para promover inovação pelo lado da oferta (financiamento de P&D, créditos fiscais, projetos de demonstração, etc) e pelo lado da demanda (subsídios, padrões tecnológicos e regulatórios, aquisições governamentais, etc) para promoção de desenvolvimento tecnológico.

Este arcabouço teórico descreve bem os elementos constitutivos de dinâmicas tecnológicas mas é insuficiente para descrever as escolhas inter-tecnológicas em períodos de transição e as particularidades das tecnologias de energia, cujas fontes primárias possuem distribuição e regimes de produção desiguais de reservas. Não poderia, por exemplo, explicar porque a escassez de recursos naturais assim como as mudanças climáticas – sintetizados como limites naturais - são comumente referenciados como forças motrizes de transições energéticas, tema que será tratado na próxima seção.

3.2 Dos Limites Naturais

Os limites da natureza enquanto forças-motrizes de transições energéticas, a que se referem MANNO (2014) e LARSSON (2009)**,** por exemplo, podem ser interpretados a partir das implicações termodinâmicas aos processos econômicos, particularmente àqueles de produção e consumo de bens. Quais seriam os limites naturais à maximização de bem-estar e, consequentemente, à transformação de matéria e energia?

Como sustentam autores da escola da economia ecológica[72], a fabricação de bens incorre no consumo de matéria-prima de baixa entropia e provoca a degradação da energia do processo, segundo a 2ª Lei da Termodinâmica, de um lado reduzindo os estoques de exergia disponíveis para trabalho e, de outro, devolvendo ao ambiente energia de relativamente alta entropia, dispersa, mas ainda com menor entropia que o meio, e, portanto, capaz de transformá-lo. Em última instância, a intensificação destes dois processos com o aumento da atividade produtiva seria a causa, respectivamente, da depleção de estoques de matéria-prima de baixa entropia (escassez absoluta[73]) e da degradação ambiental (escassez ecológica[74]), no caso de valores ambientais não refletidos no mercado.

Por outras vias, mas concordando com essa lógica, BARBIER (2011) sustenta que uma "força-motriz crítica por trás do desenvolvimento econômico global foi a resposta da sociedade para a escassez de recursos naturais chave"; POMERANZ (2000), por outro lado, defende que o sucesso pioneiro inglês em empreender a RI se deu, em grande parte, pela superabundância de carvão, que, associada a colonização das Américas pelos ingleses, aliviou a pressão por terra e lenha. FOUQUET (2012), HALL; KLITGAARD, (2012); SMIL (2008) também apontam casos onde mudanças do clima e no meio ambiente, de forma geral, foram importantes na transformação de sistemas energéticos no passado.

---

[72] Entre os autores que discutiram a inconsistência entre a teoria econômica clássica e a termodinâmica estão, Kenneth Boulding, Nicholas Georgescu-Roegen, Robert Ayres e Allen Kneese. Para mais detalhes do debate, ver BAUMGÄRTNER (2002), GLUCINA; MAYUMI (2010) e KÅBERGER; MÅNSSON (2001).

[73] Conforme DALY (1974), os conceitos de escassez absoluta e escassez relativa são dados, respectivamente, pelos limites físicos de recursos e por seu custo de oportunidade. A primeira supõe que substituições de recursos e tecnologia, bem como o sistema de preços, não poderão superar a 1ª e 2ª Leis Termodinâmicas, de modo a aumentar com o crescimento populacional e consumo per capita. Já a segunda tem como solução a substituição de recursos relativamente abundantes por outros relativamente escassos pela combinação de ajuste de preços e novas tecnologias, de acordo com desejos de consumo da demanda.

[74] Segundo BARBIER (2011), a escassez ecológica se manifesta atualmente na ameaça das mudanças climáticas, na crescente escassez de água doce, na pobreza energética e de água em países em desenvolvimento, entre outros serviços ecológicos declinantes.

Como será apresentado adiante, a escassez ou a superabundância de recursos nunca foram forças-motrizes únicas para transições energéticas, nacionais ou globais, sendo necessários outros elementos para explicá-las (FOUQUET, 2016a; PODOBNIK, 2006; SOVACOOL; GEELS, 2016). No entanto, a percepção de escassez e o receio dela estiveram presentes em diversos momentos, de modo a atuar de forma autocorretiva, como aponta HAGLUND (1986). Por outro lado, o acesso a recursos naturais abundantes se mostrou condição necessária, mas não suficiente, para explicar as transições; a capacidade de transformar o acesso ao recurso em vantagem industrial, como apontam MEDEIROS; TREBAT (2017), também é fator determinante. A questão ambiental, por sua vez, se coloca de forma mais evidente como força-motriz somente na transição atual, apesar de a demanda por qualidade ambiental também se manifestar em casos isolados no passado. Assim, as seções abaixo discutirão a lógica da escassez/abundância de recursos naturais e da degradação ambiental como forças-motrizes de transições energéticas a fim de desvendar sua real importância na História e atualmente.

3.2.1 Escassez e Abundância de Recursos Naturais

A discussão sobre escassez de recursos naturais na economia iniciou antes mesmo da era dos combustíveis fósseis, nas fundações dos sistemas energéticos agrários solares. Malthus sustentava a existência de limites naturais da terra, cujo produto crescia em escala aritmética, para a provisão de uma população crescente em proporção geométrica; e Ricardo apontava, em sua tese, para a qualidade desigual das terras, e para a apropriação e explotação mais rápida das melhores pela lei dos retornos decrescentes (HALL; KLITGAARD, 2012; SIMPSON; TOMAN; AYRES, 2005; TAHVONEN, 2000). Os economistas clássicos[75], pautados na lógica solar, previram que esses efeitos levariam à redução de crescimento econômico até finalmente seu fim.

A lógica solar de recursos de fluxo é, entretanto, muito diferente da lógica de recursos exauríveis, de estoque (SIEFERLE, 2001). Com o rompimento da barreira

[75] Para a visão detalhada dos economistas clássicos sobre escassez, ver (BELLOC et al., 2008; SIMPSON; TOMAN; AYRES, 2005; TAHVONEN, 2000).

Malthusiana pela RI[76], os limites físicos da natureza denunciados por Malthus e Ricardo foram ofuscados, em um primeiro momento, pela alta densidade energética do carvão e percepção de infinitude do hidrocarboneto. Apesar de a questão da escassez de carvão já haver se manifestado anteriormente[77], é somente com o estudo de Stanley Jevons em 1865, *The Coal Question*, retomando os conceitos clássicos, que o problema da escassez na era fóssil começa a ser desenvolvido. Dada a tendência de aumento exponencial das taxas de consumo para uma extensão finita das reservas e custos crescentes de extração, Jevons sinalizava que a supremacia industrial britânica estava em risco já que dependia da indústria pesada, que, por sua vez, dependia da oferta adequada de carvão barato; segundo seu prognóstico, o mineral, que não apresentava substituto barato e seguro à época, se esgotaria em 1910, levando a sociedade britânica ao colapso (HALL; KLITGAARD, 2012). Como apontou o autor, levar o comércio, enquanto "um meio para um fim", este sendo "a difusão da civilização e riqueza", para um crescimento além da capacidade de sustentá-lo não era sábio (JEVONS, 1865).

O fim das reservas inglesas não ocorreu em 1910 (o pico de produção[78] ocorreria em 1913), muito pelo desenvolvimento da indústria do petróleo e pela construção de hidrelétricas, e o estudo de Jevons foi severamente criticado pela inconsistência dos dados e da lógica de projeção, e por subestimar a substituição e desenvolvimento tecnológico (SIEFERLE, 2001). Entretanto, a apreensão produzida pelo estudo fomentou uma

---

[76] Naquele momento, os limites que se colocavam à Europa Ocidental era a limitada disponibilidade de energia mecânica, baixas densidades energéticas e falta de sistemas de transporte baratos (PAPANDREOU; RUZZENENTI, 2014)

[77] Ver o retrospecto de SIEFERLE (2001) da evolução do debate sobre a escassez de carvão ainda no século XVI, de maneira isolada, não apenas no Reino Unido mas também na Prússia, e devido a indícios de exaustão em algumas minas. Ressalta-se o conflito entre comerciantes e donos de minas de carvão sobre a taxação do mineral por volume ou massa, em que a questão da abundância ou escassez do carvão e os prognósticos sobre o tempo de vida das minas são utilizados como instrumentos jurídicos por ambas as partes.

[78] O pico de produção global do carvão ainda não foi atingido e, atualmente, há maiores indícios de que ocorra o pico de demanda (HALL; KLITGAARD, 2012).

sucessão de debates na Câmara dos Comuns[79], levou as elites locais a pensarem sobre o futuro da indústria do carvão, impulsionou a pesquisa geológica e a formalização da classificação dos estoques não-renováveis, além de promover a reflexão sobre o posicionamento da administração imperial na competição internacional. Além disso, o dilema da escassez absoluta se tornou marco da economia neoclássica[80], redefinindo a produção industrial para a utilização ótima de recursos escassos, e estendeu o debate para fora da Grã-Bretanha, melhorando as perspectivas da oferta de carvão para o futuro[81] (HALL; KLITGAARD, 2012; MADUREIRA, 2012).

Aqui vale ressaltar, mais do que a abundância ou a escassez absoluta de carvão, os efeitos desencadeados ora pela percepção de abundância, ora pela de escassez, que se repetiriam em outros períodos da era fóssil. Como aponta MADUREIRA (2012),

> (...) os anos de 1850 foram marcados por um aumento estável no consumo de carvão, intensificado pelas novas aplicações na fabricação de ferro e aço, produção de gás urbano, navios a vapor e ferrovias e no aumento de empregos residenciais. A onda de novidades tecnológicas anunciava um "admirável mundo novo" com contornos incertos. Nestas circunstâncias, os primeiros sinais de exaustão nos campos de carvão que há muito haviam passado para as fases maduras da produção desencadearam medos generalizados. A ignorância sobre a quantidade de reservas e os efeitos políticos e econômicos interligados do carvão transformaram o excepcional em modelo. Nesse sentido, a ansiedade política era mais impulsionada pelo ritmo do crescimento econômico e do desenvolvimento tecnológico do que por qualquer temor comercial da escassez real de carvão: a ansiedade era fundamentada na abundância. (MADUREIRA, 2012)[82]

---

[79] Ver https://api.parliament.uk/historic-hansard/commons/1866/apr/17/malt-duty-resolution para o discurso de John Stuart Mill na Câmara dos Comuns em abril de 1866, em que cita o estudo de Jevons e faz um apelo para que o governo reduza a dívida nacional de modo a não penalizar as futuras gerações, que já não teriam meios para liquidá-la.

[80] Os nomes mais importantes na economia de recursos naturais exauríveis que se seguiram foram o de Gray (1913), Hotelling (1931), Hubbert (1956) e Hartwick (1977).

[81] Ver SIEFERLE (2001) e MADUREIRA (2012) para mais detalhes da propagação do "pânico do carvão" do trabalho de Jevons na própria Grã-Bretanha, e na Europa continental e nos EUA, e sua relação com temas centrais dos estudos de energia, como a exaustão de recursos naturais, o efeito bumerangue, e limites ao crescimento econômico.

[82] Tradução livre.

Ou seja, de um lado o desenvolvimento econômico e a formação do aglomerado tecnológico em torno do carvão se deram, em parte, pela percepção de superabundância do recurso, que, em última instância levaria à extração intensiva e à dependência de carbono; de outro, dados os custos crescentes de extração até, no longo prazo, serem proibitivos, a dependência mútua entre crescimento econômico e consumo de carvão leva ao medo da escassez. É a incerteza sobre a disponibilidade futura e o medo gerado por ela que se coloca, aqui, como força-motriz da mudança, e não a escassez enquanto fato geológico objetivo.

Esse fenômeno seria observado na história de outros recursos naturais exauríveis, energéticos ou não, a despeito do aprofundamento do conhecimento geológico e do caráter dinâmico do conceito de reserva/recurso[83]. No caso do petróleo, ainda em 1885 há relatos de receio de escassez iminente pelo aviso do geólogo do estado da Pensilvânia de que os poços do estado estariam exauridos em poucos anos (YERGIN, 1991); entre 1909 e 1919, geólogos do serviço geológico dos EUA alertaram sobre o fim das reservas pelo menos três vezes (STERN, R. J., 2016); previsões de picos de petróleo em menos de 20 anos pelo *U.S. State Department* e *Interior Department* foram registradas em 1939, 1946 e 1951 (STERN, R. J., 2016); e previsões foram realizadas pelo clube de Roma em 1972 de que picos ocorreriam em 1992 e 1993 para o óleo e gás natural, respectivamente (MEADOWS, 1972), para citar os casos mais conhecidos.

O medo da escassez geológica também se confundiria à escassez relativa, relacionada ao balanço entre oferta e demanda, e aos choques de oferta (ou demanda) que afetam preços de energia em situações de baixa elasticidade da demanda (ou oferta). Isso seria visto ao fim da IGM, quando o rápido aumento da demanda por gasolina resultou no aumento de preços de petróleo entre 1918 e 1920 nos EUA (YERGIN, 1991). Décadas mais tarde, também ocorreria com os choques do petróleo de 1973 e de 1979, devido às reduções de oferta pelo embargo da OPEP e com a guerra Irã-Iraque, respectivamente, e, finalmente, ocorreria com o aumento da demanda de países emergentes como China e Índia ao longo da década de 2000, que levou ao aumento de preços do cru até $144/barril

[83] Reservas, enquanto parte do recurso cuja explotação é economicamente viável, variam de acordo com demanda, esforço exploratório, tecnologia e custos de exploração, extração e processamento, economia de escala, regulação, entre outros fatores. Portanto, volume e distribuição de reservas variam no tempo.

em 2008, e ao recente temor sobre o pico do petróleo global (PEET; ROBBINS; WATTS, 2010). Nestes casos, os choques de preços de energia[84] foram momentos críticos ao desenvolvimento tecnológico, que foi direcionado para tecnologias mais eficientes e baratas, e que representassem menor vulnerabilidade à geopolítica internacional (FOUQUET, 2016a). Ainda assim, o preço da energia atuou mais vezes na história como catalisador da difusão tecnológica do que efetivamente como força-motriz, que esteve mais associada à provisão de melhores serviços[85] (FOUQUET, 2010).

Assim, o persistente espectro da escassez reforçado por estes eventos levou não apenas a novos esforços exploratórios e ao desenvolvimento da tecnologia de exploração, mas também, como aponta (STERN, R. J., 2016), a ciclos de "síndrome da escassez de petróleo"[86], que justificaram, em nome da segurança energética, a agressividade da política externa norte-americana. Segundo o autor, três ciclos ocorreram entre 1908 e 1997 em paralelo à Política de "Portas Abertas"[87], antes e depois da IGM, à ideologia da Guerra Fria, logo após a IIGM, e na última década da Guerra Fria com a Doutrina Carter, para assegurar o acesso ao recurso fóssil durante o século XX (FINON; PERRIN, 1991).

Pela combinação de novas descobertas, melhoras tecnológicas e preço, portanto, as ações resultantes da percepção de escassez atuaram de forma autocorretiva,

---

[84] Como aponta VEN, D. J. VAN DE; FOUQUE (2017), choques de oferta apresentaram menores impactos nos preços de energia em períodos de transição (biomassa-carvão entre 1780 e 1830; carvão-petróleo entre 1900-1940, para o Reino Unido) que em períodos em que uma fonte foi dominante.

[85] Para mais detalhes, ver FOUQUET (2010)

[86] Segundo STERN, R. J. (2016), o conceito está associado à sucessão de etapas que ocorreram na mesma ordem nos EUA: (i) suposições equivocadas por especialistas sobre a iminência de pico do petróleo; (ii) motivação de política externa agressiva nos EUA por parte dos tomadores de decisão, baseados nos prenúncios de escassez iminente; e (iii) pouco aprendizado das falhas dos prognósticos em se materializarem. Eles começariam anos depois da redução dos preços de commodities, de modo que os prognósticos de picos de petróleo ocorriam em condições de abundância.

[87] A Política de "Portas Abertas" estadunidense se refere aqui ao interesse do governo de que houvesse liberdade de qualquer empresa na obtenção de concessões de produção de petróleo em qualquer região do mundo, particularmente na Mesopotâmia após a IGM, sem qualquer discriminação (BLAIR, 1976; FINON; PERRIN, 1991; STERN, R. J., 2016).

aumentando as reservas provadas globais de petróleo de 683,4 bilhões de barris em 1980 para 1706,7 bilhões de barris em 2016 (BP, 2016; HAGLUND, 1986). Assim, apesar de ter sido força-motriz para transições energéticas setoriais[88] e nacionais, na esfera global a percepção da escassez fortaleceu o modelo fóssil, de modo que, paradoxalmente, o consumo de petróleo, assim como a totalidade de reservas provadas, se mostraram crescentes desde a RI (Figura 6).

Além disso, o medo da escassez não se daria apenas com os minerais orgânicos, mas também com os minerais inorgânicos, atualmente circunscrita ao conceito de "materiais críticos" (NRC, 2008b; US DOE, 2011). Utilizado oficialmente pela primeira vez em 1939 com o "*Strategic War Materials Act"*, o surgimento do termo remonta a uma lista feita em 1921 pelo *US War Department*, a partir de materiais que encontraram dificuldade de abastecimento durante a IGM, chamados ali de "estratégicos" (ACHZET; HELBIG, 2013; HAGLUND, 1986). A lista, conhecida como "*Harbord List*", continha 42 *commodities*, das quais 20 eram minerais, cuja importância militar justificava a formação de estoques estratégicos para eventuais deficiências. De estudos realizados entre 1921 e 1932, surgiu a necessidade de diferenciação destes materiais dado que apresentavam importância e dificuldade de acesso diferentes, e é neste momento que surgem as categorias "materiais estratégicos" e "materiais críticos"; em 1939, surgiria ainda a categoria "materiais essenciais" (OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, 1976; PEHRSON, 1944). Em síntese, os primeiros teriam alta importância para defesa nacional e alta dificuldade de acesso (parte ou totalidade de fontes estavam fora dos limites dos EUA), para os quais medidas de controle de distribuição e de conservação seriam necessários; os segundos seriam materiais com menor importância à defesa nacional ou teriam maior facilidade de acesso dentro dos limites dos EUA que os primeiros; e, por fim, os últimos seriam materiais importantes à defesa nacional mas cujo

[88]Consideradas entre os mais significativos casos de resposta às ondas de choque da década de 1970 estão as experiências brasileira com o Pró-álcool (transição setorial) e a francesa (transição nacional) com o programa nuclear, que reduziu a dependência ao petróleo de mais de 70% em 1973 para 34% em 2008 (FOUQUET, 2016a; SOLOMON; KRISHNA, 2011). Segundo VEN; FOUQUET, 2016), os efeitos totais do choque de 2008 ainda estão por vir em termos de melhorias de eficiência e transições energéticas.

acesso não era um problema, apesar de, no futuro[89], poderem ser considerados críticos ou estratégicos[90] (PEHRSON, 1944).

O intenso crescimento econômico e industrialização experimentados pelos EUA até ali haviam sido moldados por: (i) intensa exploração de recursos energéticos e minerais, se tornando, com a virada do século, o maior produtor e consumidor de carvão, cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), fosfato, molibdênio (Mo), chumbo (Pb) e outros minerais; (ii) barreiras à exportação para os EUA devido aos altos custos de transporte internacional e barreiras tarifárias, mas baixo custo do transporte ferroviário doméstico; e (iii) alta lucratividade de (re)investimentos em tecnologia de extração e processamento de recursos naturais, dada a abundância de recursos e o grande mercado interno (BARBIER, 2011; GEISER, 2001). A produção mineral inorgânica até a IIGM era, entretanto, majoritariamente composta de metais preciosos e base[91]. Metais menores[92] passam a ser utilizados em tecnologias avançadas à época (comunicação, motores a jato e computação eletrônica, por exemplo) na IIGM e se tornam praticamente restritos a aplicações militares até o fim da guerra.

---

[89] A importância dos materiais e sua classificação ao longo da guerra estavam sujeitas ao desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da medicina, bem como ao progresso tecnológico mineral e novas descobertas (PEHRSON, 1944).

[90] Em 1944, no entanto, a definição seria novamente alterada, de modo a não haver distinção entre materiais críticos e estratégicos; assim, são criadas três categorias baseadas na dificuldade de formar estoque, na existência de substitutos e na capacidade de expansão da produção norte-americana. (PEHRSON, 1944).

[91] Metais preciosos são metais de alto valor econômico e relativamente escassos (em relação ao teor e volume de reservas de outros metais na crosta terrestre); metais base são de baixo valor econômico, produzidos em larga quantidade, abundantes na crosta terrestre e, por isso, geralmente utilizados para construção de infra-estrutura (GUNN, 2014).

[92] Metais menores (*minor metals*) são sub-produtos de metais base e comumente não têm valor econômico se produzidos independentemente, dado que o baixo teor no minério e/ou o alto custo de separação e refino tornam sua produção, se não associada à de um metal base, proibitivamente cara.

Assim, como esperado, metais menores fariam parte de todas as listas de materiais críticos e estratégicos. Na lista divulgada em 1940[93], por exemplo, figuravam metais menores como antimônio (Sb), cromo (Cr), mercúrio (Hg), tungstênio (W), vanádio (V), platina (Pt), entre outros, cujas produções estavam limitadas pelas produções de seus respectivos metais base (FRENZEL et al., 2017; PEHRSON, 1944). Apesar das mudanças[94] nas listas e nos conceitos entre 1921 e o fim da IIGM, materiais críticos e estratégicos tinham em comum sua importância para a guerra e a dependência norte-americana sobre importações; com efeito, a ideia de segurança nacional neste período remetia à segurança física e imediata em relação a esses materiais (HAGLUND, 1986).

Com o fim da IIGM, as potências imperiais começam a perder suas colônias e passam a ter que importar minerais de países recém-independentes. Além disso, inicia-se a reconstrução de infra-estrutura destruída com a guerra, o que levou a um excesso de produção de metais menores, agora direcionado não apenas ao consumo militar mas também ao civil com a fabricação de telefones, aparelhos eletrônicos, plástico, automóveis, entre outros, aumentando rapidamente o padrão de consumo das populações dos EUA e dos países aliados: a demanda material global crescia tanto em volume quanto em complexidade e composição (GEISER, 2001). O crescimento da demanda, bem como os altos preços de metais durante a Guerra da Coréia e somado ainda ao isolamento de importantes reservas sob influência soviética, criara novamente a percepção de escassez de minerais, dado que as reservas norte-americanas já apresentavam sinais de depleção (GEISER, 2001; KLEIJN, 2012; VIKSTROM, 2017). A percepção de escassez neste caso se materializaria no relatório "*Resources for Freedom*" da comissão requisitada pelo presidente Truman (*President's Materials Policy Commission*, ou, como ficou conhecida,

---

[93] O receio da falta em contexto de guerra, entretanto, não se limitava a materiais de origem mineral importantes aos avanços tecnológicos à época, mas também a materiais de origem vegetal e animal fundamentais à condução da guerra, de modo que seda, quinina, borracha e carvão de casca de côco foram listados, em 1940, como materiais estratégicos, e ópio, cortiça e lã como materiais críticos, por exemplo (PEHRSON, 1944).

[94] De janeiro de 1940 a dezembro de 1943, a lista do governo de materiais críticos e estratégicos aumentaria de 29 para mais de 140, dos quais 19 e 60, respectivamente, eram de origem mineral (PEHRSON, 1944).

Paley's Commission) para investigar as possibilidades de oferta de minerais no longo prazo de modo a assistí-lo na formulação de políticas para a provisão de minerais (THE PRESIDENT'S MATERIALS POLICY COMISSION (PMPC), 1952). O relatório apontava que o real problema da escassez se traduzia nos custos crescentes de extração, e recomendava, entre outras medidas, a redução de barreiras comerciais domésticas e o investimento de corporações americanas no exterior para lidar com o desbalanço iminente entre produção e demanda de minerais nos EUA (GEISER, 2001; VIKSTROM, 2017).

O debate sobre escassez de minerais teria pouca relevância nos anos de 1960 devido à nova queda de preços de metais; a então abundância era enfatizada pelo estudo de Barnett e Morse, *Scarcity and Growth*[95], de 1963. O estudo concluiu, a partir da análise da evolução de preços corrigidos de todos os recursos básicos em quase nove décadas (1870-1958) nos EUA, que a disponibilidade de recursos não estaria limitando o crescimento econômico, e que os mecanismos de mercado, as substituições de recursos e inovações tecnológicas continuariam atuando no longo prazo para estender os limites naturais indefinidamente (HUFF; MEHTA, 2015). Já nos anos de 1970, a escassez de minerais é retomada no Relatório Meadows pela perspectiva neomalthusiana da escassez gerada pelo aumento exponencial da população global sob recursos finitos, o que limitaria o crescimento econômico no longo prazo; em seguida, os choques do petróleo impactando os preços de minerais também reacenderiam o debate (MEADOWS, 1972).

Assim, de 1939 até o início do século XXI, o termo "materiais críticos" seria predominantemente associado à formação de estoques para defesa nacional[96]. Ainda que mais utilizado para fins militares, os estoques foram utilizados também para fins civis principalmente a partir de 1976 com a mudança da política de estoques, agora também voltada para a provisão de minerais a uma vasta lista de necessidades econômicas civis com o objetivo de garantir uma economia saudável (NRC, 2008a). O conceito de

---

[95] O livro de Barnett e Morse foi publicado pela organização sem fins lucrativos, *Resources for the Future* (RfF), criada após o relatório da *Paley Comission* com o objetivo de pesquisa e ensino no desenvolvimento, conservação e uso de recursos naturais, financiada pela Fundação Ford (KLEIJN, 2012).

[96] Ver GEISER (2001), NRC (2008ª) e OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT (1976) para detalhes da história dos estoques nos EUA, principalmente relacionados às atribuições de cada agência criada.

segurança nacional no pós-IIGM se tornaria cada vez mais abrangente, abarcando a segurança física e econômica, como aponta HAGLUND (1986).

Entretanto, após 1988 há uma mudança de paradigma no planejamento do orçamento das forças armadas norte-americanas de uma forma geral, estimulada pelo fim da Guerra Fria e da ameaça nuclear pela União Soviética, o que provocaria redução da política de estoques, já que novas fontes minerais eram consideradas confiáveis; assim, o livre comércio internacional e a progressiva globalização de mercados de produtos derivados de minerais desestimulava a intervenção estatal, ao mesmo tempo que reduzia a relevância estratégica do acesso a minerais (HUMPHREYS, 1995; NRC, 2008a). Segundo HUMPHREYS (1995), após a Guerra Fria, "receios sobre disponibilidade de minerais foram substituídos por receios sobre sustentabilidade" tornando a política de minerais "essencialmente uma faceta da política ambiental ao invés de política industrial ou de segurança nacional"; com efeito, várias empresas estatais de mineração foram privatizadas[97] no mundo durante a década de 1990 (BUIJS; SIEVERS, 2013). Assim, a produção primária de minerais é em grande parte transferida à periferia, sob menores custos laborais e restrições ambientais, reconfigurando a geografia de produção e consumo de minerais; a China, em particular, passa a produzir muitos dos minerais antes produzidos em países industrializados ocidentais (BUIJS; SIEVERS, 2013).

A percepção de escassez, então, retorna mais uma vez com o crescimento da demanda de países emergentes em acelerado processo de urbanização, notadamente a China[98], elevando os preços das commodities internacionais minerais e energéticas (WORLD ECONOMIC OUTLOOK, 2015). A crescente demanda chinesa, associada às práticas protecionistas e medidas de garantia de acesso a recursos no estrangeiro pelo Partido Comunista Chinês (PCC), causou apreensão nos países industrializados dependentes da oferta chinesa (BUIJS; SIEVERS, 2013). Neste novo ciclo, os receios em

---

[97] Exemplos de privatizações à época: a boliviana Comibol (estanho, ferro, chumbo, zinco e ouro); as brasileiras Mineração Caraíba (cobre) e a CVRD (ferro, bauxita e ouro); as mexicanas Mexicana de Cobre e Mexicana de Cananea (ambas cobre); a sul-africana Iscor (aço, ferro); a turca Etibank (vários); entre muitas outras. Ver HUMPHREYS (1995) para mais exemplos.

[98] O percentual chinês do consumo global cresceu, entre 2000 e 2014, de: (i) ~23% para 60% de ferro; (ii) ~14% para ~48% de alumínio; (iii) ~13% para 50% de cobre; e (iv) ~5% para 45% de níquel (WORLD ECONOMIC OUTLOOK, 2015).

relação às mudanças climáticas, bem como os requisitos materiais associados aos avanços da revolução digital e de mobilidade, levaram a atenção pública novamente à possibilidade de escassez de recursos, agora atribuída à concentração de reservas e de produção de minerais, à dependência sobre importações, ao risco de choques de oferta de *commodities*-chave, e à importância destes recursos, críticos a essas economias (BP, 2014; NRC, 2008b; WWF, 2014).

Por outro lado, é importante também ressaltar que a superabundância de recursos não é suficiente para desencadear crescimento econômico e avanços tecnológicos, se não estiver associada à política industrial, como aponta (MEDEIROS; TREBAT, 2017). O acesso britânico privilegiado ao mar e a proximidade de grandes reservas de carvão e ferro, bem como a abundância norte-americana de minerais industriais e petróleo até meados do século XX garantiram vantagem industrial e criaram condições necessárias para que consolidassem suas capacidades produtivas; no entanto, sem o controle estratégico de recursos, investimentos em infra-estrutura, aplicação de tarifas e controle de exportação, por exemplo, pelos monarcas ingleses e pelo governo norte-americano, a abundância de recursos não se traduziria em vantagem industrial e, por extensão, em suas respectivas transições energéticas (MEDEIROS; TREBAT, 2017).

Além disso, exemplos de países com recursos abundantes que não se industrializaram, como vários na América Latina e África, e de países com reservas escassas de recursos naturais, mas que empreenderam rápido crescimento econômico, como Japão, Cingapura e Coréia do Sul, evidenciam a importância do acesso a recursos (mais do que de reservas domésticas), da política industrial com foco em agregação de valor e das circunstâncias geopolíticas. Portanto, o acesso a recursos, domésticos e/ou estrangeiros, é condição necessária, porém não suficiente à transição energética na China atualmente, dado que só se configura como vantagem porque está respaldado pelo forte papel do Estado em torná-lo vantagem industrial, como será abordado no item 4.1.3.

3.2.2 Degradação ambiental

Segundo BARBIER (2011), esta não seria mais uma era de desenvolvimento baseado em recursos abundantes, como ocorrera no passado e principalmente a partir da RI, mas uma era marcada por escassez ecológica. Esta, no entanto, fez-se importante em transformações de sistemas energéticos no passado, seja por efeitos de eventos geológicos ou pelas respostas de governos e mercados à demanda por melhor qualidade ambiental

(FOUQUET, 2012; HALL; KLITGAARD, 2012). Ainda que não se descarte a possibilidade do aumento da temperatura global a níveis alarmantes causada por atividades antrópicas, não está no escopo desta dissertação avaliar este tipo de transformação[99], mas as respostas governamentais, sociais e de mercado frente esta possibilidade.

A percepção[100] de impacto ambiental e a demanda por tecnologias menos agressivas ao meio ambiente e à saúde representaram por vezes papel importante na introdução de legislação mais rigorosa. FOUQUET (2012), por exemplo, mostra que, apesar de transições energéticas no passado terem ocorrido majoritariamente pela difusão de tecnologias que representassem benefícios privados aos usuários, a demanda por qualidade ambiental, cujo benefício é social, foi identificada em sete casos relacionados à poluição do ar (local) decorrente da excessiva combustão de carvão nos centros urbanos da Grã-Bretanha desde o século XVII. A demanda por qualidade ambiental pressionando os governos por mudanças na legislação ambiental e energética e estimulando a substituição por tecnologias menos poluentes foi, nestes casos, pré-requisito para a implementação de leis ambientais; entretanto, nem sempre a resposta de mercados e governos a essa demanda se traduzia na formulação de leis ou em seu cumprimento de maneira efetiva.

Para além de pontuais esforços nacionais em resposta a focos de poluição local, a questão ambiental como motor de transições energéticas ganha maior relevância a partir da década de 1970, quando se torna consenso na comunidade científica e começa a ser integrada às agendas políticas a nível global. Apesar de não ter sido força-motriz para transições energéticas globais no passado, o receio aos efeitos de mudanças climáticas é referenciado como uma das principais forças-motrizes à transição atual, dada a interdependência global dos danos ambientais e riscos à vida humana, associados às

---

[99] Para as respostas de sociedades humanas a estresses climáticos decorrentes de eventos geológicos no passado, como, por exemplo, a sedentarização e desenvolvimento da agricultura ao Dryas recente (10,800–9600 AEC), ver BARBIER (2011), FRIEDRICHS (2013) e MCELROY (2010, 2016).

[100] A percepção de impacto ambiental varia, principalmente, de acordo com renda, distância do problema ambiental (ou vulnerabilidade ao problema em potencial), momento dos ciclos econômicos (menor percepção em tempos de crise), escolaridade, acesso a informação e sistema político do país (BRASINGTON; HITE, 2005; FOUQUET, 2012).

emissões de carbono resultantes alto consumo de combustíveis fósseis (HALL; KLITGAARD, 2012; LARSSON, 2009; SMIL, 2008; STERN, N., 2006). Se esforços adicionais de mitigação não forem realizados, é provável que impactos irreversíveis ocorrerão ao fim do século XXI com o aumento de 4ºC acima dos níveis pré-industriais e concentração de mais de 1000ppm CO_2-eq na atmosfera (IPCC, 2014).

Assim, negociações intergovernamentais para mitigação de emissões de carbono na atmosfera evoluíram, marcadas por dificuldades e progresso aquém do necessário, desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente em 1972, organizada pela ONU, quando foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), até o Acordo de Paris em 2015 na COP21, com o comprometimento de 195 países pela redução de emissões[101] (UNFCCC, 2015). Dando forma à governança global do clima baseada em mecanismos multilaterais de cooperação, a liderança nas negociações esteve muito atrelada ao G7[102] (e G8 entre 1997 e 2014, com a participação russa), à ONU e ao G20[103], na tentativa de reduzir as emissões das maiores economias do mundo mas falhando na velocidade necessária (GUPTA, 2014; HONGYUAN, 2015; KIRTON; KOKOTSIS, 2015).

A dificuldade de mitigação das mudanças climáticas reside no seu caráter de bem público global, de acesso aberto com rivalidade de consumo, e nas discordâncias sobre custos e benefícios da mitigação de gases de efeito estufa, e sobre incertezas e riscos associados às mudanças climáticas (BERNAUER; SCHAFFER, 2012). Políticas de precificação do carbono, regulatórias e de subsídios são apontadas como importantes

---

[101] Da história da governança global do clima destacam-se ainda marcos como a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio em 1985, a criação do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) em 1988, a adoção da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) na Rio 92 em 1992, a primeira Conferência das Partes em Berlim(COP1) em 1995, a adoção do Protocolo de Kyoto em 1998, o Acordo de Copenhagen em 2009, a criação do fundo Verde para o Clima e a prorrogação do Protocolo de Kyoto em 2011, a Conferência Rio+20 em 2012, e a Conferência de Varsóvia em 2013 (GUPTA, 2014; HONGYUAN, 2015; KIRTON; KOKOTSIS, 2015).

[102] Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Reino Unido e EUA.

[103] Países do G8 somados a Argentina, Austrália, Brasil, China, Índia, Indonesia, México, República da Coréia, Arábia Saudita, África do Sul, Turquia, e União Européia.

motores para combate à degradação ambiental e viabilizadoras de inovação e adoção de tecnologias de baixo carbono (BARBIER, 2011; IPCC, 2014).

Além disso, segundo FOUQUET (2015), externalidades ambientais relacionadas a danos na saúde representaram no passado gastos equivalentes a até 20% do PIB do Reino Unido. O autor aponta que, se no passado o problema era a poluição local, principalmente pela emissão de particulados decorrente do consumo excessivo do carvão, atualmente esse papel é exercido pelas mudanças climáticas e que, caso não haja mitigação na velocidade e extensão necessárias, os custos de adaptação podem superar os benefícios de consumo de serviços energéticos (FOUQUET, 2015).

Assim, como apresentado nesta seção 3.2, a reflexão em torno da escassez, tanto de recursos energéticos orgânicos quanto de minerais inorgânicos, mostrou que não houve transição energética global movida por ela, senão transições nacionais. A recorrência da referência à escassez como possível elemento de ruptura aos sistemas energéticos de então evidenciou que fora o medo à escassez, e não a escassez propriamente dita, que levaram a determinadas mudanças nos sistemas energéticos. Estas mudanças, no entanto, com frequência reforçaram o sistema energético sob ameaça de escassez ao invés de transformá-lo.

Além disso, outro ponto analisado nesta seção foi o da demanda por qualidade ambiental, ou da escassez ecológica, como força-motriz de transições energéticas. Do ponto de vista da demanda por qualidade ambiental, ela esteve presente em alguns casos, relacionada à excessiva poluição do ar nos centros urbanos da Grã-Bretanha desde o século XVII. Entretanto, nem sempre a resposta de mercados e governos a essa demanda se traduzia na formulação de leis ou em seu cumprimento de maneira efetiva. Esta força-motriz tem maior peso na transição energética atual, pela demanda por mitigação de mudanças climáticas. Este fator também parece estar relacionado ao desprestígio da energia nuclear após os desastres nucleares da segunda metade do século XX, orientando a escolha inter-tecnológica para opções que apresentassem menor risco.

Ainda assim, sendo a energia um importante elemento de poder nas disputas interestatais, as duas abordagens presentes nas seções 3.1 e 3.2 continuam insuficientes para explicar grandes transições energéticas. Ainda que o *lock-in* do carbono também se manifeste na resistência de governos e Estados a esses processos, e a escassez esteja relacionada à distribuição desigual de reservas, faz-se necessária uma perspectiva de

longa duração de processos históricos para mais bem interpretar a reascensão econômica chinesa, que inclui sua ascensão como grande potência energética. Para isso, a próxima e última abordagem deste capítulo será dedicada a refletir, pela perspectiva da teoria de sistema-mundo, sobre a relação entre ascensões e declínios de grandes potências às grandes transições energéticas do passado.

3.3 Das Relações de Poder

Se por um lado o trabalho empírico de Kondratieff inspirou Schumpeter em suas contribuições teóricas sobre ciclos econômicos, por outro também foi referência primária na formulação da divisão do tempo e espaço no trabalho de Fernand Braudel[104], historiador da segunda geração da Escola de Annales. Braudel divide a história em diferentes durações que se sobrepõem, em ondas temporais de três níveis: (i) o tempo de curta duração, o tempo breve de eventos, "de fôlego curto"; (ii) o tempo conjuntural, de oscilações cíclicas, que duram de 5, 10, 20 a 50 anos; e (iii) o tempo de longa ou longuíssima duração, a *longue durée*, de amplitude secular, que busca identificar o sentido histórico de mudanças estruturais, lentas, que dão forma ao presente (BRAUDEL, 1978; CECILIO, 2012). Outra contribuição importante de Braudel deu-se no sistema tripartite, que diferencia as três camadas de atividade econômica em: (i) civilização material, que compreende fundamentalmente as atividades econômicas de subsistência, norteadas por costumes; (ii) economia de mercado, que, acima da anterior, diz respeito a toda atividade produtiva com finalidade de troca, submetida à concorrência e regida pelas leis de oferta e demanda; e, acima desta, está o (iii) anti-mercado (ou capitalismo), onde o acesso à informação é privilegiado, a concorrência é contornada e as tendências de mercado são manipuladas, favorecendo a formação de monopólios de modo a criar uma zona de lucros superiores (BRAUDEL, 1981). A distinção entre economia de mercado e capitalismo na obra de Braudel evidencia o papel essencial dos espaços de poder na economia, que, como aponta CECILIO (2012), "é uma variável-chave para explicar o surgimento de espaços de alta lucratividade na economia ao abafar as forças competitivas".

---

[104] Ver DANNEQUIN (2006) para diferenças nas abordagens entre Schumpeter e Braudel sobre a evolução do capitalismo.

A *longue durée* e o sistema tripartite tornaram-se método para as análises da teoria sistema-mundo, inaugurada por Immanuel Wallerstein em 1974 com a publicação de *The Modern World-System, vol. I*, e desenvolvida por Andre Gunder Frank, Giovanni Arrighi, Samir Amin, Theotônio dos Santos, entre outros. Uma das contribuições de Wallerstein esteve em considerar o sistema-mundo[105] como unidade de análise, considerando-o uma "grande zona geográfica dentro da qual existe uma divisão de trabalho e, consequentemente, trocas internas significativas de bens básicos ou essenciais assim como fluxos de capital e trabalho" (WALLERSTEIN, 2004). O sistema-mundo capitalista moderno, segundo Wallerstein, teria surgido no século XVI na Europa e se expandido para outras regiões do globo, intensificando redes de interação política, econômica, social e cultural entre centro e periferia.

Bruce Podobnik, partindo da tradição dos estudos da teoria sistema-mundo, analisa as transições energéticas globais a partir das seguintes considerações: (i) eventos globais, em particular as grandes transições energéticas, são conduzidos em parte por uma dinâmica de rivalidade geopolítica entre períodos de conflito intenso e moderado; (ii) existe um processo de competição corporativa que alterna entre períodos de inovação industrial radical e períodos de crescimento mais previsível; (iii) processos de conflito social alternam também entre fases de intensidade radical e moderada (PODOBNIK, 2006).

Segundo PODOBNIK (2006), essas três dimensões interagem em um processo de sequencia hegemônica que transforma o sistema energético global:

> O mundo moderno alternou repetidamente entre processos de ordem relativa, durante os quais uma grande potência (ou Estado hegemônico) pode impor estabilidade sobre o globo, e períodos de caos, no qual países poderosos competem por dominação. Durantes períodos de ordem relativa, conflito internacional é contido, as perspectivas comerciais são aumentadas e a agitação social é mais ou menos suprimida. Períodos de caos, entretanto, são

[105] Segundo o autor, sistemas-mundo podem ser divididos em impérios-mundo, onde há unidade política (por exemplo, China, Roma e Egito em tempos pré-modernos), e economias-mundo, onde não há unidade política (por exemplo, Grã-Bretanha e França do séc. XIX, que não poderiam ser consideradas impérios-mundo, mas estados-nação com apêndices coloniais operando no âmbito de um economia-mundo). Além dos sistemas-mundo, sistemas econômicos poderiam ser categorizados como minissistemas, referentes a economias tribais com uma única estrutura cultural com completa divisão do trabalho e uma entidade política (ARIENTI; FILOMENO, 2007).

> caracterizados por guerras, crises econômicas e surtos radicais de conflito social. Transições de períodos de ordem para caos global impactam profundamente o sistema energético global. (...), períodos de crescimento relativamente linear e previsível em sistemas energéticos globais são atingidos quando um Estado hegemônico é capaz de conter dinâmicas de competição geopolítica, comercial e social dentro de quadros moderados. Por outro lado, períodos de mudanças mais profundas em sistemas energéticos globais ocorrem quando estabilidade hegemônica é quebrada e as pressões de guerra, crise econômica e conflito social não podem mais ser contidas[106] (PODOBNIK, 2006).

As rivalidades geopolítica e corporativa e o conflito social são, portanto, esferas centrais no esquema teórico de PODOBNIK (2006), que considera que a intervenção estatal em setores estratégicos e na garantia de acesso a recursos, a ciclicidade de períodos de competição intensa e oligopolização controlada entre firmas pela dominação de setores-chave na economia, e a formação de movimentos sociais associada à evolução de indústrias energéticas de larga escala foram estruturantes de sistemas energéticos globais. A alternância de ciclos de poder, portanto, esteve atrelada à mudança da principal fonte de energia aliada a outras transformações em tecnologia e capacidade militar, padrões de consumo e acumulação e reprodução de capital. A interação destas três esferas no romper de transições energéticas globais a partir do século XIX pode ser visualizada na Figura 11.

[106] Tradução livre.

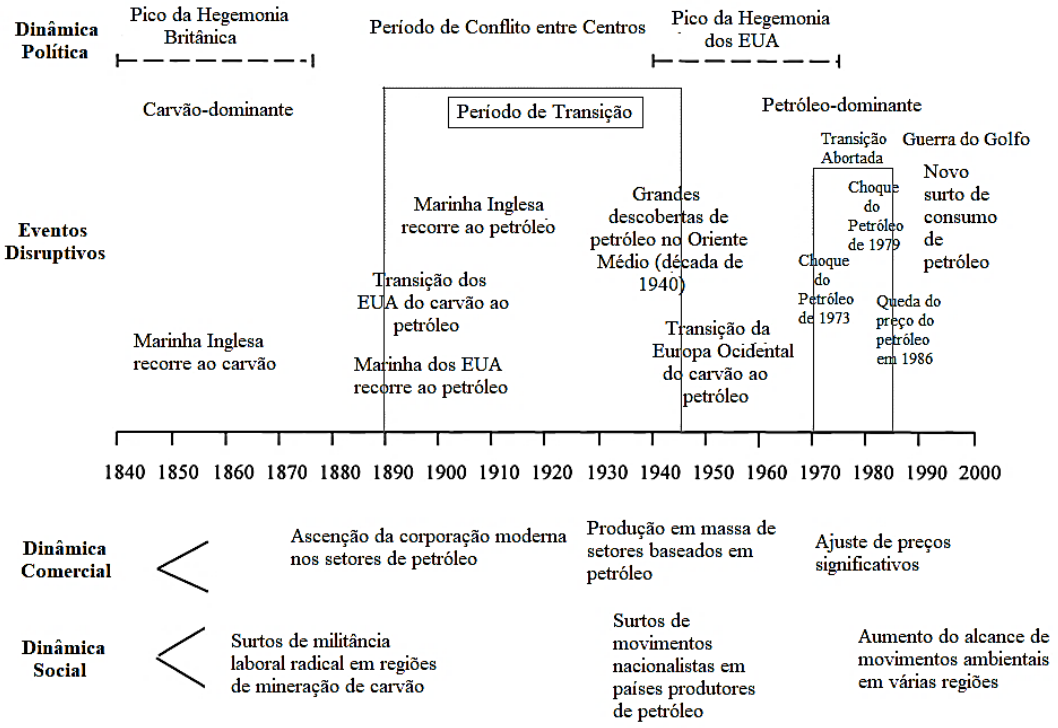


Figura 11 - Dinâmicas de rivalidades política e comercial, e de conflito social nas transições energéticas globais. Fonte:Adaptado de PODOBNIK (1999)**.**

Assim, o surgimento de um novo sistema energético, pelo esquema proposto por PODOBNIK (1999, 2006), estaria necessariamente vinculado ao caos sistêmico[107] precedido à decadência de uma potência hegemônica, e sua ciclicidade também seria acompanhada pela resistência das elites decadentes[108], cuja fonte de riqueza estivesse em vias de esgotar-se (OLIVEIRA, L. K., 2012; PODOBNIK, 2006). Na atualidade, estaríamos presenciando um novo caos sistêmico com a intensificação de conflitos sociais (dentro e fora do setor energético), e da rivalidade interestatal, com o rápido declínio da hegemonia estadunidense e com o crescimento econômico do sudeste e leste asiático

---

[107] Como aponta ARRIGHI (2010), caos sistêmico refere-se a "uma situação de total e aparentemente irremediável falta de organização", que surge pelo aumento do conflito "para além de um limiar dentro do qual invoca fortes tendências contrapostas" ou porque "um novo conjunto de regras e normas de comportamento é imposto ou cresce a partir de dentro um conjunto mais antigo de regras e normas" ou pela combinação destas duas circunstâncias. A demanda por algum tipo de ordem aumenta à medida que o caos sistêmico aumenta e o(s) país(es) que estiverem em posição de de satisfazer essa demanda por ordem é apresentado como um possível candidato a tornar-se hegemônico no mundo.

[108] Ver TURNHEIM; GEELS (2012) para a desestabilização na indústria do carvão e a resistência das elites dominantes.

exercendo uma grande força atrativa de investimentos para a região. Isso sugere, tal como ocorreu no passado em momentos similares, que uma transição energética global estaria em curso atualmente, caracterizada pelos esforços coordenados em vários níveis para solucionar crises energéticas: (i) elites políticas construindo acordos globais e instituições desenhadas para facilitar a expansão global de sistemas energéticos renováveis; (ii) corporações de energia multinacionais aumentando investimentos em renováveis para distribuírem o risco e posicionarem-se para o sucesso nos setores emergentes; e (iii) grupos ambientais intensificando esforços para conter megaprojetos energéticos danosos e defendendo rápida expansão de TER.

3.4 Considerações Finais do Capítulo e Proposta Metodológica

Este capítulo dedicou-se a desvendar as principais forças-motrizes de transições energéticas globais. Cabe aqui retomar o conceito de transição energética, discutido no Capítulo 1, e, especificamente, o de transição energética global, que, neste trabalho, é entendido enquanto um conjunto de transformações estruturais na forma de produção, consumo, distribuição, conversão e armazenamento de energia, e de seus respectivos gerenciamentos, a nível global. Refere-se, do mesmo modo que OLIVEIRA, L. K. (2012),

> a um conjunto de mudanças tecnológicas e produtivas intrinsecamente relacionadas às mudanças da matriz energética de transportes, de comunicações e de produção de bens materiais, afetando, portanto, a reprodução e a acumulação de capital, as relações sociais e de trabalho e as demandas político-institucionais para os Estados.

Não se trata, portanto, do resultado da "soma" de estruturas nacionais de consumo de energia primária, mas da internacionalização de um modelo energético iniciado em uma hegemonia em ascensão, o que é traduzido no consumo de energia primária global. A mudança do perfil de consumo de energia primária não é, portanto, um fim em si mesma, mas resultado da transição energética, que envolve aspectos tecnológicos, econômicos, e de poder[109], sob restrições naturais.

---

[109] É natural que transições energéticas globais precedam a perda de hegemonia de uma fonte primária. Isto é ainda mais flagrante quando a transição envolve ganho de eficiência na conversão energética, o que leva a que ela se baseie em menor demanda de energia primária, para um mesmo serviço energético.

Em síntese, a discussão desenvolvida neste capítulo oferece as seguintes conclusões em relação às forças-motrizes de transições energéticas globais passadas:

(i) A redução de preços foi fundamental para a difusão de tecnologias emergentes;

(ii) Transições energéticas dependeram de capital humano e desenvolvimento científico-tecnológico;

(iii) As taxas de transformação são comumente lentas devido a fatores de escala, tamanho de mercado, interdependência tecnológica e necessidade de infraestrutura;

(iv) Diferentes padrões são verificados no aumento de escala de sistemas tecnológicos, mas todos requisitam fases de experimentação e aprendizado antes do aumento de escala (da unidade à indústria) e da expansão da indústria para mercados periféricos;

(v) A formação de aglomerados tecnológicos (*clusters*), ou seja, a combinação de tecnologias inter-relacionadas, e o transbordamento de conhecimento tecnológico (*spillover)* para aplicações além de seu propósito foram essenciais para o potencial transformador das tecnologias de energia;

(vi) Os serviços energéticos das fontes emergentes de energia foram mais baratos que o das fontes estabelecidas ou, quando inicialmente mais caros (o que se espera de tecnologias em fase de aprendizado e antes de obter ganhos de escala), proporcionavam vantagens que os consumidores estavam dispostos a pagar ou foram subsidiados para tal: assim se promoveram os nichos de mercado onde as novas tecnologias puderam se desenvolver até se tornarem competitivas o suficiente para se expandirem;

(vii) Fatores de demanda e oferta foram estruturantes de transições energéticas, assim como governos, mercados financeiros e acesso a capital foram essenciais em promover transições, dados os altos custos de infraestrutura e tecnologias de energia,

(viii) Não há determinismo de recursos, seja pelas vantagens em relação ao recurso-chave anterior[110], seja pelos limites materiais. Estes existem e tiveram seu papel em transformações energéticas do passado; no período a partir de 1800, contudo, esses limites nunca foram rígidos o suficiente para alavancar transições energéticas globais em larga escala. Isso não exclui a possibilidade de que a escassez possa ter papel importante no futuro, mas oferece uma perspectiva importante sobre o papel que o medo da escassez pode exercer;

(ix) O acesso a recursos-chave, mais do que a posse de reservas domésticas, é condição necessária para um Estado empreender uma transição energética, ainda que não suficiente;

(x) Transições energéticas ocorreram em momentos de caos sistêmico e transição hegemônica, sob resistência das elites dominantes;

Além disso, e como citado nas primeiras páginas desta dissertação, a transição energética atual é movida, a nível global, pelo imperativo das mudanças climáticas (*"problem-driven"*) e não por oportunidade ("*opportunity-driven"*), o que a difere das transições energéticas anteriores, que foram fruto de consequências não-intencionais da intervenção humana: esta é uma transição intencional e planejada (KERN; MARKARD, 2016; PODOBNIK, 2006; SOVACOOL; GEELS, 2016). SOVACOOL (2016) também aponta que o caráter, não de abundância e preços baixos, mas de aparente escassez de energia do contexto atual, é fator que difere a presente transição das passadas e que, apesar dos custos declinantes das TER, as baixas densidades energéticas de fontes renováveis, comparadas às fósseis, e sua intermitência configuram um cenário adverso à difusão destas tecnologias. Por fim, os benefícios de uma transição a uma economia de baixo carbono são públicos (redução de poluição global, cuja percepção é inexistente ou reduzida) e não mais privados (ganhos de eficiência, maior conforto, etc.), ou seja, os gases de efeito estufa, enquanto externalidade negativa, não são completamente precificados e comercializados porque sua redução não representa valor de mercado

[110] A transição ao petróleo é comumente justificada por suas características "superiores" em relação ao carvão; entretanto, antes de difundir-se, essa suposta superioridade não era patente: o petróleo precisava ser refinado e explodia, por exemplo (PODOBNIK, 2006).

(FOUQUET; PEARSON, 2012; PEARSON; FOXON, 2012). Portanto, esta transição deverá contar com papel ainda mais proeminente dos Estados na gestão das transformações que nas transições passadas.

Isto posto, a pergunta fundamental que orienta esta dissertação é: partindo-se da premissa de que há caos sistêmico e transição hegemônica em curso, atestada por ARRIGHI (2008) e FRANK (1998), por exemplo, qual o papel da China na provável internacionalização de um novo modelo energético baseado em TER, para além de sua transição nacional, cujo resultado pode ou não resultar numa profunda mudança da matriz energética global, e pode ou não resultar na contenção de mudanças climáticas? Baseando-se nos Capítulos 1 e 2, parte-se da hipótese de que a China possui as forças-motrizes internas para uma transformação estrutural de sua matriz energética e de sua capacidade industrial, assim como dispõe das competências necessárias para tornar-se a principal fabricante, consumidora e exportadora de tecnologias de energias renováveis nesta transição energética global que se desenha.

Para isso, a metodologia adotada neste trabalho para avaliar o papel da China na transição energética global será avaliado em três níveis interdependentes: (i) Estado, cuja análise tem por objetivo entender a estratégia chinesa para a promoção de TER; (ii) competência industrial, buscando avaliar o resultado da estratégia chinesa na oferta destas tecnologias; e (iii) o acesso a recursos-chave como necessário para a consolidação da indústria de TER na China e, em última instância, para a realização da estratégia chinesa. A Tabela 3 resume as perguntas-chave a serem respondidas em cada um dos níveis a fim de traçar as linhas gerais do papel da China na transição energética.

Tabela 3 - Condução da análise.

Nível da Análise	Perguntas-chave a serem respondidas	Métrica/Método
ESTADO	*Quais são as forças-motrizes da transição energética na China e que tendências norteiam o sistema energético chinês?*	Levantamento de dados sobre demanda por qualidade ambiental na China, importação de energia, vulnerabilidade a mudanças climáticas e papel nas negociações do clima.
	Como se organiza o PCC e o Estado chinês em relação à formulação e implementação de política energética?	Análise de documentos oficiais e artigos científicos.
	Como se caracterizam as políticas que o Estado empreende com foco na transição energética? Quais são as tecnologias críticas para a transição energética na China, dada a orientação dos planos quinquenais? Em que fase do ciclo de vida destas tecnologias a China se coloca?	Análise dos planos quinquenais do PCC de 2006 a 2020 (11º ao 13º)[111] e de outros programas e leis paralelos.
	Como se dão os grandes investimentos em infra-estrutura pelo Estado e que função têm na transição energética?	Análise de documentos oficiais e artigos científicos.
	Como atuam as grandes multinacionais estatais de energia chinesas e como isso se relaciona com a transição energética global?	Análise de documentos oficiais e artigos científicos.
COMPETÊNCIA INDUSTRIAL	*Dadas as tecnologias críticas da transição energética chinesa, definidas nos planos quinquenais, como evoluíram suas respectivas indústrias na China?*	Vendas, investimentos, empregos, intensidade em P&D, exportação em relação a vendas (abertura da indústria), estrutura de mercado, eficiência, importações de países do Norte global;
	Como evoluíram os custos de geração de energia por essas tecnologias?	Análise de relatórios de instituições reconhecidas e artigos científicos.
ACESSO A RECURSOS	*Quais são os recursos críticos à transição energética atual, dadas as tecnologias consideradas críticas para o Estado chinês?*	Análise de relatórios sobre materiais críticos
	A China tem acesso a esses recursos críticos? Para além do acesso, pode transformar os recursos em vantagem industrial?	Índice de entropia de Theil (Ver Anexo I)

Reconhece-se, aqui, a complexidade já discutida de processos de transição energética; o escopo desta dissertação, entretanto, limita-se à análise da produção e difusão de TER como um dos pilares fundamentais da transição energética global. É

[111] Este recorte temporal foi escolhido porque 2005 é o ano da aprovação da Lei da Energia Renovável pelo Congresso Nacional do Povo, ponto de inflexão na política energética e ambiental chinesa, que marca o comprometimento do PCC com a promoção de ER.

importante também ressaltar as limitações intrínsecas a este trabalho no tocante a documentos disponíveis somente em mandarim, língua que a autora não tem fluência. Assim, para as referências primárias que não estão traduzidas para o português ou inglês, utilizaram-se referências secundárias que cumprissem o papel.

4. A China e a Transição Energética

4.1 O Estado

Este capítulo se dedicará à análise das principais forças-motrizes à transição energética chinesa; da estrutura organizacional do Estado chinês na formulação e execução de políticas energética e industrial relacionadas à promoção de TER; dos planos quinquenais no tocante ao desenvolvimento e difusão de tecnologias de baixo carbono; dos investimentos em infraestrutura; e da atuação das multinacionais estatais no exterior. Antes disso, no entanto, será realizada uma breve revisão da modernização acelerada chinesa, com o objetivo de contextualizar sua alavancada no setor de renováveis a partir de uma perspectiva histórica.

De maneira oposta à pioneira industrialização britânica, espontaneamente iniciada pela classe capitalista emergente do século XVIII, as industrializações tardias alemã (~1850), soviética (~1930) e japonesa (~1900), por exemplo, contaram com forte atuação estatal na concentração de recursos para fomentar o rápido início de acumulação primitiva de capital de modo a rivalizar a crescente competição que se estabelecia na economia-mundo e, no caso soviético e japonês, em particular, a alçarem-se da periferia (HUNG, 2016). A China, por outro lado, mesmo após o colapso do sistema imperial em 1911 e advento da república com o KMT, não foi capaz de construir um Estado forte para induzir a arrancada industrial e responder às violações econômicas e militares ocidentais desde a Guerra do Ópio. Essa figura estatal centralizada e autônoma, capaz de concentrar os excedentes agropastoris dispersos na construção da infraestrutura e de empresas estatais (SOEs, na sigla anglo-saxã), só surgiria em 1949 com Mao Zedong à frente do PCC, cujo grau de centralização era muito maior que durante a dinastia Qing ou com o KMT (HUNG, 2016; MADDISON, 2007).

No período maoísta ocorreram as primeiras grandes transformações estruturais no país no séc XX: a industrialização, a criação das empresas estatais (SOEs, na sigla anglo-

saxã) e infraestrutura, e a ênfase na indústria pesada[112]; a coletivização da terra nas comunas[113] e a modernização da agricultura; e a garantia de saúde, educação e saneamento básicos, moradia e infraestrutura nas comunas[114]. O "Grande Salto Adiante", com o altíssimo custo da morte de em torno de 20 milhões de pessoas devido à falta de alimentos, produziu as estruturas fundamentais para que Deng Xiaoping empreendesse as "Quatro modernizações"[115]. Pouco antes das reformas de Deng, apenas 18% das pessoas vivia nas cidades, de modo que o grande exército de reserva rural, que ao contrário da maioria dos países em desenvolvimento, possuía bons índices de saúde e alto nível de alfabelização, trabalharia em inúmeras empresas privadas com foco em exportação a partir da década de 1980; além disso, a infra-estrutura pública – portos, redes de telecomunicação e sistemas de transporte – e criação das SOEs em setores estratégicos foram importantes para a dinamização do fluxo de informação, bens e pessoas, e para a futura atração de investimentos estrangeiros[116] (HUNG, 2016; WORLD BANK, 2018).

---

[112] A China triplicou a produção per capita real entre 1952 e 1981, e mais que triplicou a parcela do produto nacional relativo à indústria entre 1952 e 1979 (de 9,9% a 34,7%), ainda que sob o embargo norte-americano no período 1952-1973 e soviético a partir de 1960 (MADDISON, 2007; MORAIS, 2011).

[113] O processo de coletivização da terra e transferência dos excedentes para as cidades ocorria com segregação espacial, em contraste à coletivização soviética. Na URSS, a industrialização foi acompanhada de urbanização, mas na China maoísta, o governo proibia a migração dos camponeses pelo registro de residência (*hukou*), que garantia acesso a educação, saúde e moradia apenas na cidade de registro (HUNG, 2016).

[114] A expectativa de vida na China cresceu de 43,7 anos em 1960 para 66,4 em 1979; em 1946, a taxa de analfabetismo estava entre 50-55% e chegou a 34,5% em 1982 (UNESCO, 1957; WORLD BANK, 2018).

[115] O objetivo das reformas de Deng eram o progresso chinês na agricultura, indústria, ciência e tecnologia, e defesa. A partir de 1978, os novos líderes do PCC se empenharam em reconstruir o apoio das classes não comunistas, dentro e fora da China, de modo a projetar a abertura econômica e expansão militar, mas mantendo similares as estuturas políticas (SZONYI, 2016).

[116] Há que se destacar também que, ao contrário de muitos dos países em desenvolvimento e do bloco soviético, a China não foi afetada pela crise da dívida externa resultante do extraordinário aumento das taxas de juros por bancos estrangeiros na década de 1980; a estratégia chinesa, naquele momento, concentrava-se na acumulação primitiva a partir do excendente agrícola. O valor da dívida externa, em

Desse modo, a fundação que permitiu o *boom* econômico chinês das três décadas seguintes é representada, de um lado, pelo legado maoísta, pelo padrão de desenvolvimento japonês e dos tigres asiáticos, e pelo capital chinês diaspórico[117] centenário; de outro, pela sincronia com a transformação neoliberal da economia global, já que somente pela livre circulação de mercadorias e investimentos a nível global a República Popular da China (a partir deste ponto, somente "China") poderia complementar o mercado de exportação de bens de capital das economias vizinhas e importar massivamente energia e matéria-prima de países em desenvolvimento latino-americanos e africanos. Esse padrão de desenvolvimento chinês pós-1978, pautado principalmente em investimentos em ativos fixos e exportação, contou também com a vasta rede de SOEs, com a extensa reserva de mão-de-obra barata e com a estrutura ainda centralizada e autoritária do Estado do período anterior. Esse contexto permitiu que as SOEs fossem reformadas nos anos de 1980 e privatizadas, em grande parte, nos anos de 1990, que as expropriações de terra rural fossem iniciadas em na década de 1980 e intensificadas na década de 2000, e que políticas de inovação endógena fossem empreendidas a partir de 2000, visando a escalada nas cadeias de valor globais e a sofisticação da pauta exportadora (HUNG, 2016; MORAIS, 2012; NOGUEIRA, 2018). Gradualmente, a classe capitalista emergente com finalidade de exportação ganharia competitividade internacional, e a expansão de seu poder econômico, como aponta NOGUEIRA (2018), "foi tanto causado pelo quanto o causador do processo de fortalecimento e ressignificação do poder político do Partido-Estado sob novos regimes de acumulação".

Este contexto foi essencial à integração chinesa à economia global e à consolidação da China como a "fábrica do mundo", principalmente a partir de 2001 com

---

1981, como percentual da renda nacional bruta, era de apenas 2,96% na China, enquanto chegava a 46.6% na Argentina, 32,4% no Brasil e 64,2% no Sudão (HUNG, 2016; WORLD BANK, 2018).

[117] Refiro-me, aqui, ao importante papel do capital chinês estabelecido desde o século XVII facilitando o comércio com a Europa em Hong Kong, Macau, Taiwan, Singapura, Coréia do Sul, entre outros, no desenvolvimento das indústrias de exportação intensivas em mão-de-obra após a abertura econômica. Ver SMART; HSU (2004).

a entrada na OMC, evidenciado pelas surpreendentes taxas de crescimento[118], pelo intenso consumo e produção de minerais[119] (ver Tabela 4, Figura 12 e Figura 13) e pela evolução do valor adicionado da indústria chinesa à sua economia (ver Figura 14). O rápido crescimento chinês sem precedentes, superando a economia norte-americana em paridade de poder de compra em 2013, bem como a evolução da indústria chinesa, que superava a japonesa em 2006, a norte-americana em 2010 e a da União Europeia em 2012, são resultados impulsionados, em primeira instância, pela base energética carbonífera durante as últimas quase 70 décadas (WORLD BANK, 2018).

[118] A China cresceu 10,2% a.a entre 1980 e 1985, 8,9% a.a entre 1985 e 1990, 9,86% a.a entre 1990 e 2000, e 9,28% a.a entre 2000 e 2017 (WORLD BANK, 2018).

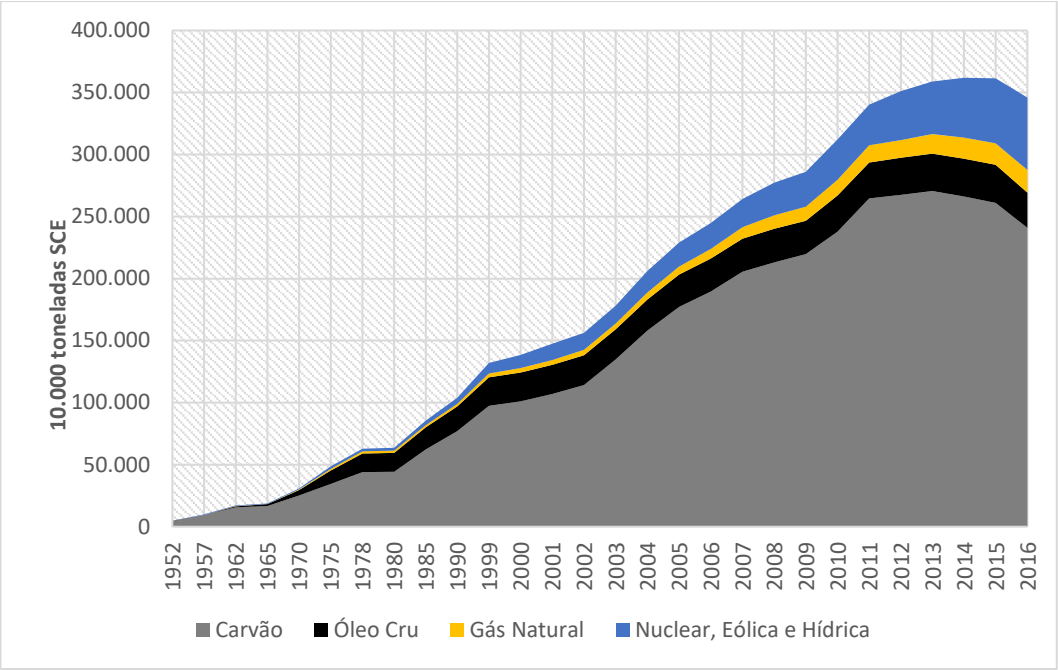
[119] A China é o maior produtor de 28 diferentes matérias-primas minerais e também o maior produtor global de minerais com produção de mais de 4 trilhões de toneladas em 2016, seguido dos EUA com produção de em torno de 1,9 trilhões de toneladas (REICHL; SCHATZ; ZSAK, 2018).

Tabela 4 - Produção histórica de minerais na China.

	un.	1952	1960	1978	1989	1994	2001	2005	2012	2016
Minerais metálicos										
Alumínio (Al)[1]	10^3t		79,96	390,0	744,4	1446,1	3575,8	7806	23534	31873
Chumbo (Pb)[2]	10^3t	6,1	71,1	160,0	301,9	384,3	1195,4	2334	2613	2227
Cobre (Cu)[3]	10^3t	6,1	40,6	290	470	684,1	1523,3	2583,4	1576	1851
Estanho (Sn)[4]	10^3t	5,5	28,4	14,0	28,3	61,9	104,9	119,4	115,9	97
Ferro (Fe)[5]	10^6t	2,0	55,9	70,0	165	234,0	217,0	420,5	353,6	345,8
Lítio (Li)	t	-	-	10000	15000	16000	34276	37000	6870	7500
Manganês (Mn)[6]	10^6t	0,07-0,08	1,2	1,3	2,7	7,0	4,3	4,5	3,5	2,2
Molibdênio (Mo)[7]	10^3t	-	2,5	2,0	2,0	17,5	28,2	40	120,6	129,2
Níquel (Ni)	t	-	-	10000	27500	31200	49700	95400	93300	90000
Ouro (Au)	t	-	-	34	85	160	181,9	224,1	403	453,5
Prata (Ag)	t	-	24,9	55	165,0	225,0	2013,3	2500	3639	3496
Terras Raras (concentrado)	t	-	-	-	20000	23000	80600	98000	95000	105000
Tungstênio (W)	10^3t	16,5	22,3	12,0	23,0	20,0	27,5	46,9	67,6	70,6
Zinco (Zn)[8]	10^3t	-	66	160,0	450,9	925,5	2037	2772	4859,1	4635
Minerais industriais										
Barita	10^3t	-	61	900	1250	1500	3985,2	4100	4400	3100
Cimento	10^6t	-	12,7	-	-	400	595	1000	2150	2410
Fosfatos	10^3t	20,3	609,6	4400	17000	21160	24371	30450	28588,8	43319,4
Grafite	10^3t	-	40,6	80	200	600	1700	1650	820	780
Combustíveis minerais										
Carvão (antracito e betuminoso)	10^6t	62,5*	413*	618*	1054*	1110	1155	2134	3678*	3242*
Carvão (linhito)	10^6t	-	-	-	-	100	47,8	56	-	-
Gás natural	10^9m^3	-	-	13,7	15,05	16,7	30,3	49,95	111,0	136,0
Petróleo cru	10^6t	0,49	5,08	104,1	137,6	145,9	164,9	180,8	207,5	199,7

[1]Alumínio primário; [2]Chumbo metálico; [3]Cobre metálico; [4]Estanho metálico; [5]Minério de Ferro; [6]Minério de manganês; [7]Conteúdo de MoS_2 ou equivalente; [8]Zinco metálico; -:produção nula ou informação desconhecida; *: não-discriminado.

Fonte: Minerais metálicos e industriais (menos cimento) – [1952] (MINERAL RESOURCES DIVISION, 1957) ; [1960] (MINERAL RESOURCES SECTION, 1967); [1978-2005] (BGS, 1984, 1991, 1995, 2007); [2012-2016] (REICHL; SCHATZ; ZSAK, 2018). Cimento: [1952] (MINERAL RESOURCES DIVISION, 1957) ; [1960] (MINERAL RESOURCES SECTION, 1967); [1994-2016] (USGS, 1995, 2002, 2006, 2013, 2017) Combustíveis minerais – Carvão:[1978-2005] (BGS, 1984, 1991, 1995, 2007); [2012-2016] (ENERDATA, 2017). Gás Natural:[1978-2005] (BGS, 1984, 1991, 1995, 2007); [2012-2016] (ENERDATA, 2017). Petróleo: [1978-2005] (BGS, 1984, 1991, 1995, 2007); [2012-2016] (OECD, 2018).



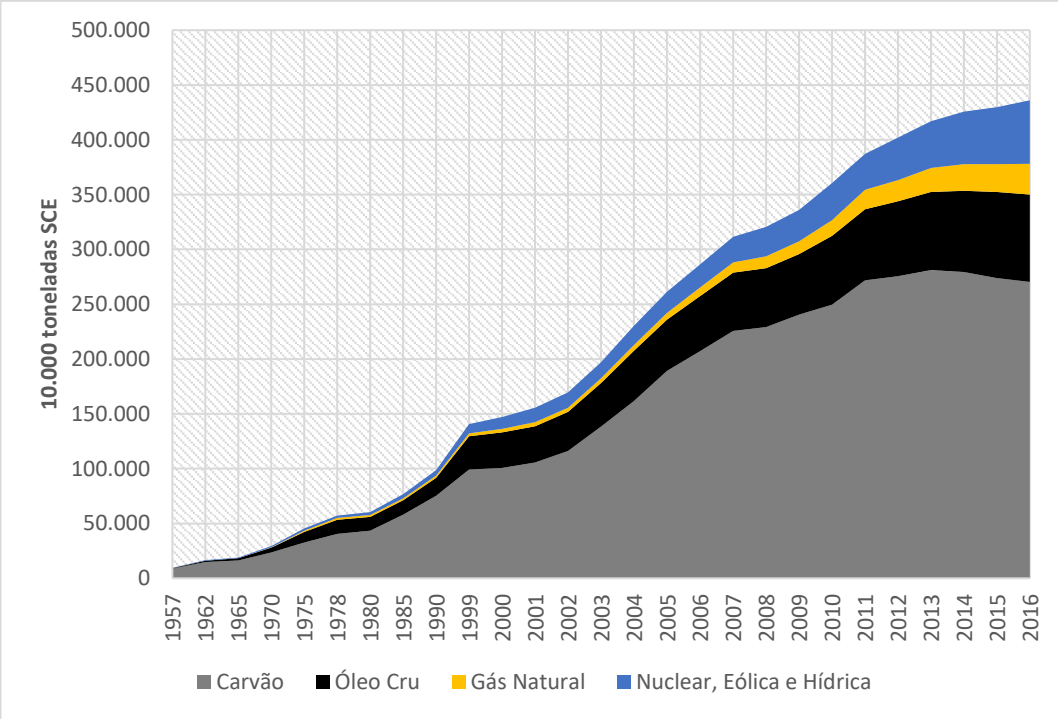


Figura 12 - Composição histórica da produção (acima) e consumo (abaixo) de energia[120] na China. Fonte: Elaboração própria a partir de NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2017)**.**

[120] As estatísticas oficiais na China costumam utilizar a unidade SCE (toneladas métricas de carvão padrão equivalente), que corresponde a 29,31 GJ.

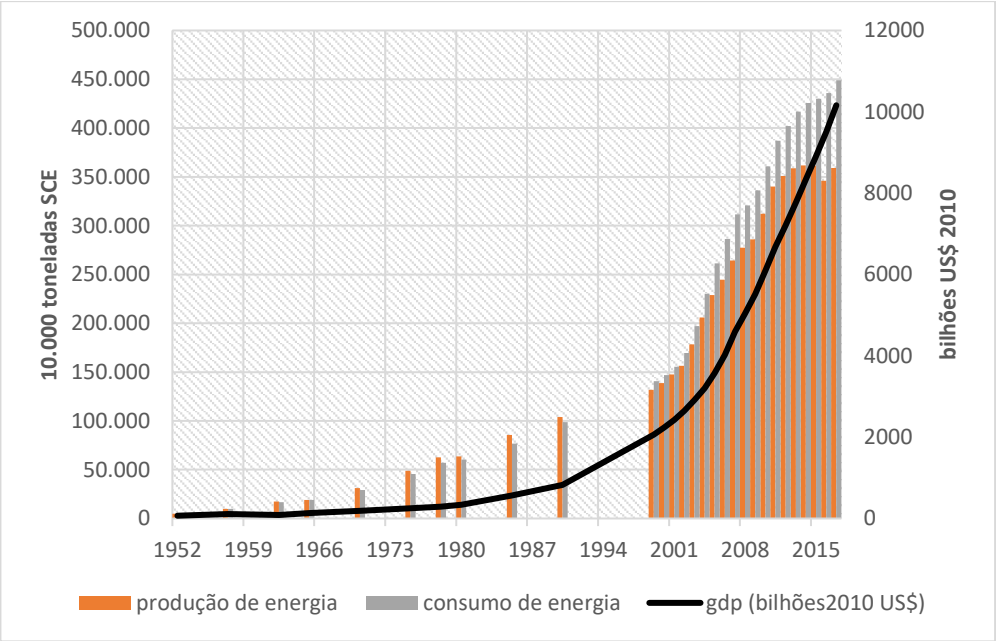


Figura 13 - Produção e consumo de energia, e sua relação com o PIB chinês. Fonte: Elaboração própria a partir de NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2017)**.**

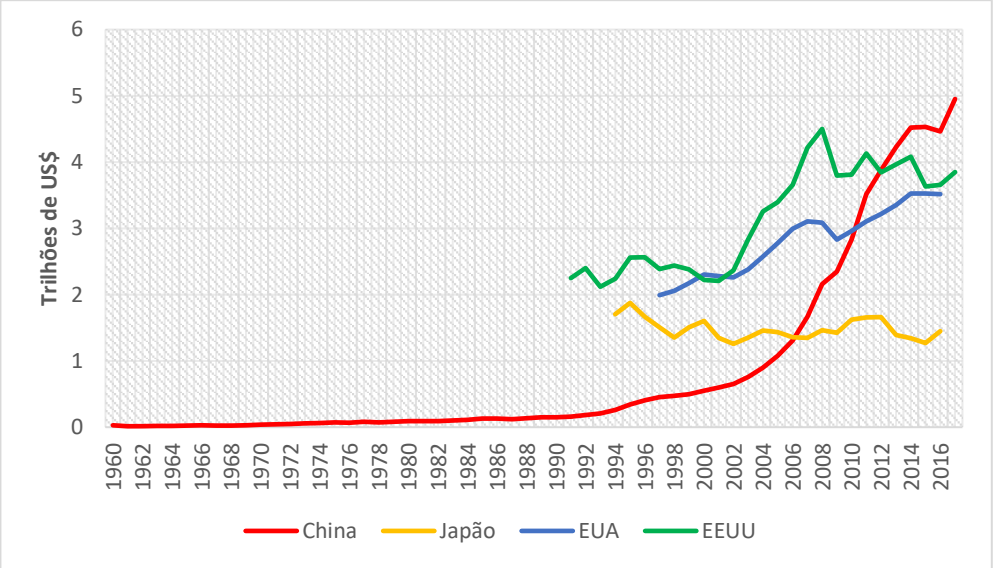


Figura 14 - Valor agregado da indústria, incluindo construção. Fonte: Elaboração própria a partir de WORLD BANK (2018)**.**

O modelo de desenvolvimento chinês e o contexto internacional em que está inserido são, portanto, estruturantes da transição energética em curso na China e, por sua vez, do efeito desta em relação à transição energética global. No passado, o sistema energético chinês tradicional contou com as vastas reservas de carvão que permitiam que cada aumento da demanda por energia, representada em sua maioria pela indústria e pelos setores residencial e agrícola (ver Figura 15), fosse facilmente correspondido sem que sofresse muita influência do mercado internacional de energia. Além disso, o setor de

transportes, ainda que gradualmente fizesse crescer as importações de petróleo, representava parcela pequena na demanda total por energia. Entretanto, este sistema tradicional observou uma gradual transformação, iniciada a partir do início dos anos 90 mas acentuada nos anos 2000, com as seguintes tendências: (i) a diversificação de fontes e uso final de energia; (ii) a aceleração da demanda por energia, principalmente após a entrada na OMC em 2001; (iii) rápida motorização da população; (iv) rápida urbanização[121]; e (v) o aumento da dependência por fontes de petróleo estrangeiras.

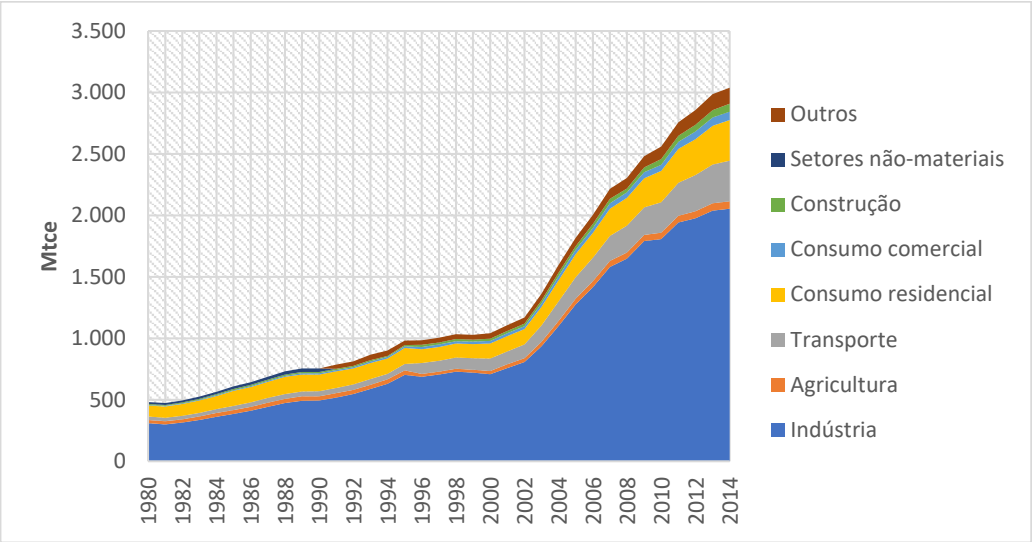


Figura 15 – Consumo de energia primária por setor na China. Fonte: NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2017).

Por que, então, diante destas tendências, esse "Partido-Estado" de que fala NOGUEIRA (2018) decide, a partir de 2005, orientar parte de sua política energética na tentativa de promover tecnologias de energias renováveis e de reduzir a dependência sobre o consumo de carvão, combustível que sustentou (e ainda sustenta) o *boom* econômico chinês e que ainda não está em vias de esgotar-se[122]? O que é e o que torna

[121] O percentual da população urbana chinesa é entre 1,0-1,6% maior que no ano anterior desde 2000: neste ano, a população urbana era superior em relação ao ano anterior em 21,58 milhões de habitantes e, em 2017, aproximadamente 20,0 milhões em relação a 2016 (WORLD BANK, 2018). Segundo a OECD (2015), em 2015 havia pelo menos 15 megacidades na China, definidas como áreas funcionais urbanas com mais de 10 milhões habitantes.

[122] As reservas provadas de carvão na China são de 138.819 milhões de toneladas (BP STATISTICAL REVIEW, 2017).

esse “Partido-Estado” capaz de empreender esse novo programa e transformar a política energética e suas instituições, bem como aumentar gradativamente o percentual de fontes renováveis na matriz energética chinesa, ao mesmo tempo que maximiza a velha estrutura de geração de energia? Por que novas indústrias chinesas de fabricação de TER foram capazes de superar a forte competição de fabricantes europeus, norte-americanos e japoneses? Este capítulo se dedicará a responder estas perguntas inicialmente pela análise das principais forças-motrizes à transição energética chinesa. Em seguida a estrutura organizacional do Estado chinês será analisada, bem como a formulação e execução de políticas energética e industrial relacionadas à promoção de TER. Por fim, serão discutidos os planos quinquenais e outras políticas de desenvolvimento e difusão de tecnologias de baixo carbono.

4.1.1 Forças-motrizes para a transição energética chinesa

De maneira resumida, são quatro as forças-motrizes à transição energética na China: (i) impactos ambientais locais e a consequente escalada de protestos por melhor qualidade ambiental; (ii) segurança energética; (iii) vulnerabilidade aos potenciais efeitos de mudanças climáticas; e (iv) liderança estratégica nas negociações internacionais do clima. Os esforços do PCC na construção de uma “civilização ecológica”, como se referiu Xi Jinping no discurso proferido no 19º Congresso Nacional do Partido Comunista Chinês[123], representam, assim, tanto uma necessidade interna quanto uma demanda externa, tanto a realização de objetivos de curto e médio, quanto de longo prazo. Estas forças-motrizes serão dicutidas nos itens abaixo.

[123] “Building an ecological civilization is vital to sustain the Chinese nation’s development. We must realize that lucid waters and lush mountains are invaluable assets and act on this understanding, implement our fundamental national policy of conserving resources and protecting the environment, and cherish the environment as we cherish our own lives. We will adopt a holistic approach to conserving our mountains, rivers, forests, farmlands, lakes, and grasslands, implement the strictest possible systems for environmental protection, and develop eco-friendly growth models and ways of life” (JINPING, 2017).

4.1.1.1 Poluição local e protestos por qualidade ambiental

Internamente, o crescimento econômico e industrial dos últimos trinta anos, pautado no intenso consumo de carvão[124] e minerais, e a crescente motorização da população resultaram em acentuada degradação ambiental, notadamente no aumento da poluição do ar causada por emissões de CO_2, SO_2, NO_x e material particulado em suspensão (MPS)[125] nos grandes centros urbanos chineses, principalmente na região de Pequim-Tianjin-Hebei[126], no Delta do rio Yangtze e no Delta do Rio das Pérolas. Usualmente comparada ao "Grande Nevoeiro de Londres" em 1952 ou ao *smog fotoquímico* de Los Angeles na década de 1940 pelos efeitos na saúde da população, a poluição atmosférica na China foi considerada a causa da morte prematura de, em média, 1 a 1,2 milhões de pessoas anualmente entre 1990 e 2015 (INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION, 2016). Além disso, diversos estudos apontam para perdas econômicas anuais de 0,5 a 6% do PIB associados a gastos com despesas médicas e mortes de trabalhadores (MATUS et al., 2011; SONG et al., 2017).

Se até 1990 as principais emissões eram decorrentes da queima de carvão da indústria pesada aos fornos domésticos (principalmente SO_2 e MPS), deste ano em diante as emissões automotivas começam a se tornar significativas, aumentando a concentração de NO_x e COVs nas grandes cidades. Apesar da redução de emissões e da concentração dos principais poluentes primários[127] no país a partir de meados dos anos 2000, impactos

---

[124] Segundo SOVACOOL, mais de três quartos de todas as termoelétricas a carvão no mundo foram construídas na China, entre 2001 e 2010, e o combustível levou eletricidade a 80% da população chinesa em 2010, quando o setor empregou 7,8 milhões de pessoas e produziu 40% de todo o carvão do mundo.

[125] MSP inclui todo material particulado com diferentes diâmetros aerodinâmicos.

[126] A região metropolitana das províncias de Pequim-Tianjin-Hebei, ou Jing-Jin-Ji (JJJ), representa em torno de 10% do PIB total chinês, agrupa mais de 100 milhões de habitantes em um território de aproximadamente 200.000 km^2. Pequim é considerado um centro político, cultural e científico; Tianjin é conhecida por um dos portos mais movimentados do mundo; e Hebei é conhecida pela indústria pesada e produção de aço.

[127] Poluentes primários são emitidos diretamente a partir de determinadas fontes; poluentes secundários são formados por reações químicas na atmosfera.

causados por poluentes secundários como $PM_{2,5}$[128] e O_3[129] continuam crescentes tanto em intensidade quanto em extensão: em 2012, menos de 1% das 500 maiores cidades chinesas atingiram o padrão de qualidade do ar definido pela OMS e 7 delas estavam entre as 10 cidades mais poluídas do mundo (ADB, 2013). Segundo relatório da *Global Burden of Disease*, a China apresentou em 2016 o maior índice de mortes atribuídas à exposição a material particulado (11,1% de todas as mortes no país, seguida da Índia com 10,6%), principalmente por infecções respiratórias inferiores e distúrbio pulmonar obstrutivo crônico[130] (GAKIDOU et al., 2017; INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION, 2016). Além disso, a vulnerabilidade aos impactos da poluição do ar na saúde tende a piorar com a acentuação da urbanização e o envelhecimento da população na China para as próximas décadas.

Esta conjuntura foi acompanhada pela escalada de protestos por melhor qualidade ambiental. Apesar de não representar a maior demanda entre os protestos na China[131], a

---

[128] Refere-se aqui, principalmente, ao material particulado em suspensão no ar que apresenta diâmetro menor que 2,5µm, o $PM_{2.5}$, que é um material particulado leve e que tende a ficar na atmosfera por mais tempo, além de causar mais danos à saúde por penetrar profundamente nos pulmões e desencadear ataques do coração, infartos, câncer e asma. No *ranking* mundial de fatores de risco, ocupava a 70ª posição em 1990, subindo para a 6ª em 2016, além de entar entre os 10 maiores fatores de risco em 195 países, incluindo China e Índia (GAKIDOU et al., 2017).

[129] O ozônio (O_3), que é formado na atmosfera a partir de reações de NO_x e COVs (compostos orgânicos voláteis) sob radiação solar, aumenta a capacidade oxidativa da atmosfera, transformando de maneira mais eficiente SO_2, NO_x e COVs em $PM_{2,5}$. Além disso, é o principal componente do smog fotoquímico.

[130] Para mais detalhes sobre a magnitude do impacto da poluição do ar na China, ver (AUNAN; HANSEN; WANG, 2017; MATUS et al., 2012; ZHANG, X. et al., 2017)

[131] Segundo GÖBEL (2018), o maior motivador de protestos na China é relacionado a questões trabalhistas (salárias não-pagos ou atrasados, entre outros) com 42% da frequência total, seguido de questões imobiliárias com pouco menos de 20%; a questão ambiental só aparece na 12º posição, com menos de 2,5% de todos os protestos no país.

questão ambiental[132] foi motivação de ações coletivas auto-organizadas por todo país: segundo BENJAMIN, VAN (2010), somente em 2005 foram registrados mais de 510.000 casos de conflito público iniciados por problemas ambientais severos, número que cresce 29% a.a.. MCCULLOCH (2015) também aponta que Organizações Não-Governamentais Ambientais (ONGAs)[133] estão a frente dos movimentos na China, dialogando com a mídia e criando meios para que os protestos de rua sejam realizados, além de pautarem ao Estado que o fenômeno de NIMBY[134] seja contornado e que políticas de controle de poluição sejam aplicadas igualmente a nível nacional (MCCULLOCH, 2015b; STEINHARDT; WU, 2015). Além de protestos, reclamações de cidadãos relacionadas à poluição, realizadas por cartas direcionadas ao PCC ou petições, aumentaram 30% a cada ano desde 2001, chegando a 616.122 em 2006 (DONG et al., 2011).

A garantia de crescimento econômico, pleno emprego e contínua melhora da qualidade de vida da população é a chave da estabilidade social que conferiu legitimidade à centralização política chinesa na história recente em torno do PCC. A crise ambiental no século XXI entra na equação da estabilidade social e se torna, portanto, um motor urgente à transformação das fundações energéticas chinesas. Vale ressaltar, entretanto, que uma reivindicação política popular, mas, marginal, ganha crescente prioridade na agenda do PCC.

---

[132] O documentário *Under the Dome* de Chai Jing teve grande repercussão porque captura a extensão dos danos causados pela degradação ambiental na China e a urgência de sua reparação. Ver https://www.youtube.com/watch?v=T6X2uwlQGQM .

[133] Ver MCCULLOCH (2015b) e WANG, P.; LIU; WU (2017) para mais detalhes sobre o papel das ONGA's na China.

[134] Acrônimo de *Not In My Back Yard*, que em português significa "não no meu quintal", em referência à oposição de residentes a determinada atividade econômica no local, mas à indiferença dos mesmo residentes à transferência da mesma atividade para outro local. Esta característica, portanto, enfraquece e torna difuso o movimento ambientalista, já que não não cria um movimento unificado de massa. Ver MCCULLOCH (2015a) para dados sobre protestos ambientais entre 2005 e 2015.

4.1.1.2 Segurança energética

O aumento das importações de petróleo e gás (bem como o aumento do preço do petróleo entre 2003 e 2008), e em menor escala das de carvão, caracteriza a busca por maior autonomia como uma das forças-motrizes internas para a transição energética chinesa: a China é importadora líquida de petróleo desde 1993[135] (e a maior importadora do mundo desde 2013), de gás natural desde 2006 e de carvão desde 2008, distanciando-se do modelo tradicional de produtora-consumidora (TUNSJØ, 2014). A Razão de Dependência de Importação (RDI)[136] chegou a cerca de 60% para óleo cru, 20% para gás natural e pouco mais de 4% para carvão em 2014, como ilustrado na Figura 16, Figura 17 e Figura 18.

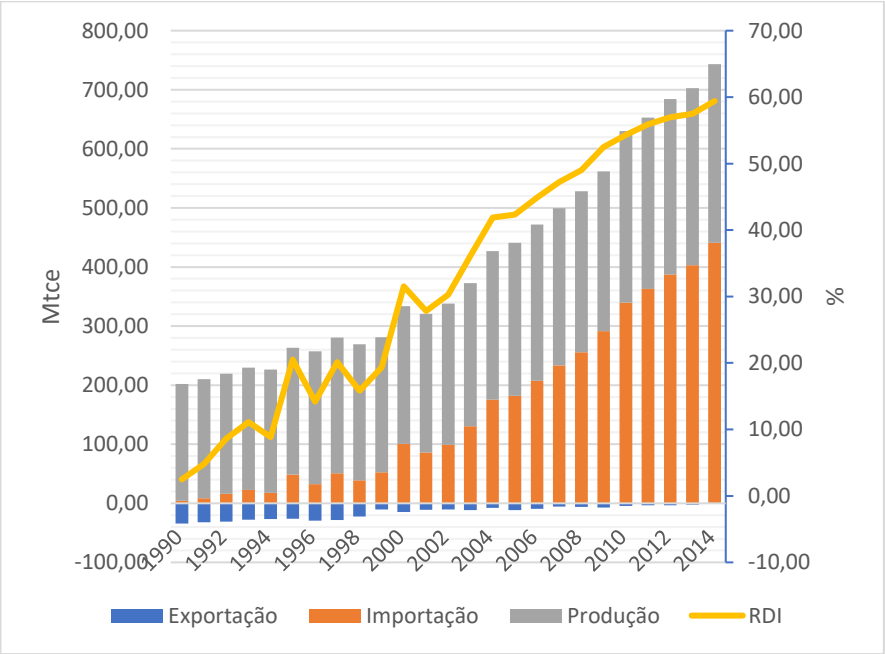


Figura 16 - Consumo, exportação e importação de óleo cru na China. Fonte: Elaboração própria a partir de CHINA ENERGY GROUP AT LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (2014)**.**

---

[135] É importante ressaltar que entre 1970 e 1990, a exportação de petróleo foi utilizada como reserva cambial na China para financiamento das reformas econômicas; a China foi, nos anos de 1980, a maior exportadora de petróleo do Pacífico Asiático.

[136] A RDI (%) é definida aqui como importação*100/(importações+produção-exportação).

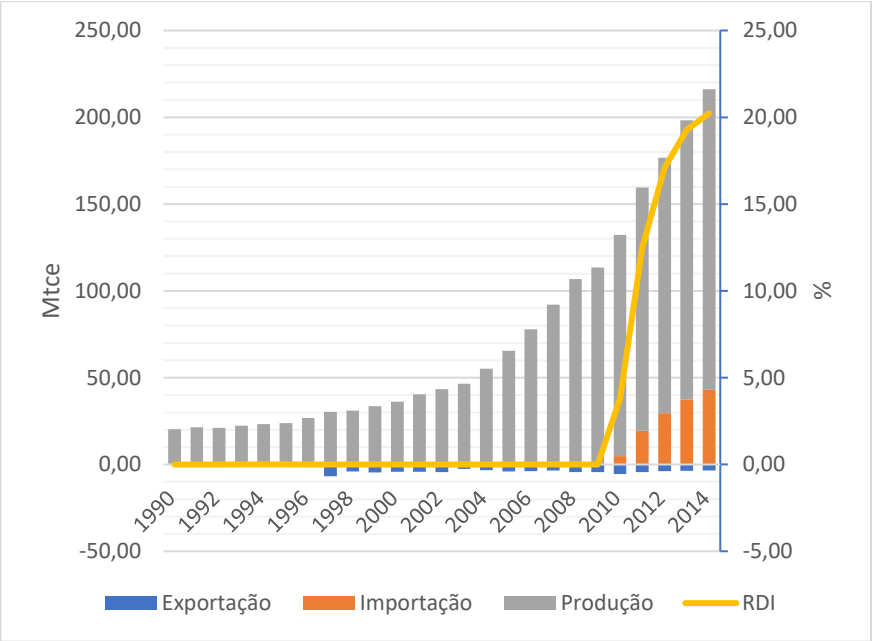


Figura 17 - Consumo, exportação e importação de gás natural na China. Transações de gás natural incluem tanto gasoduto terrestre quanto gás natural liquefeito (GNL). Fonte: Elaboração própria a partir de CHINA ENERGY GROUP AT LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (2014)**.**

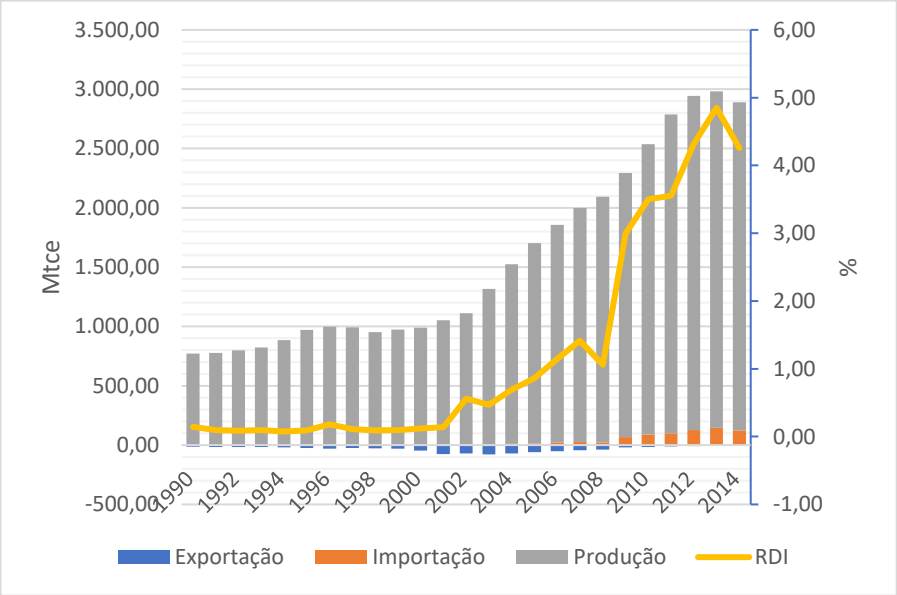


Figura 18 - Consumo, exportação e importação de carvão na China. Fonte: CHINA ENERGY GROUP AT LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (2014)**.**

Para assegurar o abastecimento de petróleo, o Estado buscou diversificar suas reservas pelas *National Oil Companies* (NOCs) chinesas em diferentes regiões do mundo, investir em projetos *upstream* e realizar contratos de longo-prazo. Ainda que parte do problema estivesse equacionado, um ponto importante da vulnerabilidade chinesa diz respeito à insegurança em relação aos 80% de todo óleo cru que abastece a China,

proveniente de países do Oriente Médio e da África, principalmente: ele passa necessariamente pelo Estreito de Malacca, um potencial ponto de estrangulamento. Não apenas o comércio de petróleo é feito por esse estreito, localizado entre Malásia, Singapura e Indonesia, mas também a importação de matérias-primas e a exportação de produtos finais, de modo a criar uma superdependência em relação a esta rota. Espera-se que "O Dilema de Malacca", termo cunhado pelo presidente Hu Jintao em 2003, seja solucionado com o Corredor Econômico China-Paquistão, conhecido também como o projeto piloto da Nova Rota da Seda. Ainda em relação ao petróleo, CHRISTOFFERSEN (2016) aponta para espaços sem governo que acentuam a percepção de insegurança, como o contrabando de petróleo e derivados, e as refinarias "chaleiras" (*teapot refineries*, do inglês) independentes.

Espera-se ainda que a situação da dependência energética se agrave, dadas as projeções de aumento de demanda para 2040. Cenários recentes da BP (2018) mostram que a demanda por óleo aumentará em 28% e em 194% para gás natural, em relação a 2017; além disso, a demanda por carvão, ainda que apresente esperada redução de 18% e de seu pico ter ocorrido em 2013 na China, contiuará alta em absoluto e o país ainda será o maior consumidor do mundo em 2040.

Por outro lado, considerando que a força de trabalho chinesa representa ainda hoje uma parcela relevante do trabalho útil total, faz-se importante também a avaliação da segurança alimentar[137] no país. Como mostra BROCKWAY et al. (2015)[138], entre 1971 e 2010, o percentual do trabalho muscular (trabalho humano e de animais de tração) em relação ao total útil cai de 10% para 1%, e o percentual de alimentos e ração na exergia primária total cai de 37% para 11%[139]. Este resultado ressalta a transição chinesa de uma

---

[137] A China é a maior produtora de grãos e alimenta um quinto da população mundial com um décimo de toda a terra agricultável no mundo (HU, 2017).

[138] Um aspecto interessante deste estudo é justamente a inclusão de alimento e ração como entrada de energia primária, incomum em estudos semelhantes para outros países, mas muito apropriado para o caso chinês. Ver BROCKWAY et al. (2015) para mais detalhes.

[139] Em 1971, alimento e ração representavam, em termos de exergia primária, mais que a soma de todas as entradas fósseis (carvão, óleo e gás) (BROCKWAY et al., 2015).

economia agrária para uma industrial, mas também reflete a importância histórica do trabalho manual, antes na agricultura trabalho-intensiva, e hoje ainda importante na indústria trabalho-intensiva. Assim, quando a China se torna importadora líquida de alimentos em 2001 em um contexto de crise hídrica global e agravamento da poluição de seus estoques hídricos e solos, a segurança alimentar se tornou mais uma motivação da política chinesa (CUI; SHOEMAKER, 2018; HUNG, 2016).

Para MATHEWS; TAN (2014), a fabricação de tecnologias de baixo carbono representaria a principal estratégia para garantir segurança energética[140] no futuro. Para além da segurança energética, entretanto, a estratégia chinesa de coordenar investimentos em TER e esforços na implementação de política ambiental mais agressiva, será fundamental para a recuperação de solos e rios na China, em busca também da segurança alimentar. Isso mostra também a coerência das estratégias para que ambos os objetivos sejam alcançados no longo prazo.

4.1.1.3 Vulnerabilidade a efeitos de mudanças climáticas

O último fator interno que explica a transição energética na China refere-se à vulnerabilidade, particularmente acentuada, aos potenciais efeitos de mudanças climáticas. Sendo um país historicamente assolado por secas e enchentes, que alimenta atualmente 22% da população global com apenas 7% de toda a terra agricultável, a China, segundo apontam projeções, experimentará fortes impactos relacionados a estresses de recursos hídricos, agrícolas e energéticos com o aumento da temperatura global. *"The Third National Climate Change Assessment Report"*[141], o último relatório sobre as

---

[140] Ver outros aspectos relacionados à segurança energética chinesa, como a atuação das NOCs (*National Oil Companies*) chinesas – Sinopec (*Chinese Petrochemical Corportation*), CNPC *(Chinese National Petroleum Corporation*), CNOOC (*China National Offshore Oil Corporation*), PetroChina - na busca de reservas no exterior, à síntese de petróleo e gás a partir de carvão, que asseguraria a produção do combustível mesmo em casos de guerra, e a manutenção de estoques de petróleo em EIA (2015), NARUS (2010), SANDALOW (2018) e TUNSJØ (2014).

[141] O relatório de mais de 900 páginas envolveu esforços de 550 cientistas e especialistas no assunto, e está disponível, até o momento, somente em chinês. As conclusões do estudo, entretando, podem ser encontradas em diferentes jornais e relatórios em inglês. Ver SANDALOW (2018) para mais detalhes.

vulnerabilidades do país em relação ao aumento da temperatura global, concluiu que: (i) as temperaturas médias na China vêm crescendo mais rapidamente que a média mundial, entre 0,9 e 1,5ºC[142] de 1909 a 2011; (ii) a taxa de aumento do nível do mar ao longo da costa chinesa, de 2,9mm/ano entre 1980 e 2012, foi maior que a média global, indicando o crescente risco de enchentes e tempestades na costa; (iii) as áreas de geleiras e terra congelada diminuíram, respectivamente, em 10% e 18%; (iv) há alto risco de cheias nos rios, impactando as cadeias de valor cujo transporte é feito por vias fluviais (v) o país, que já é particularmente susceptível a secas, tempestades e ondas de calor, veria os três fenômenos intensificarem-se; e (vi) na agricultura, a proliferação de doenças e pestes, e temporadas mais curtas e precoces de crescimento são esperadas (SANDALOW, 2018).

Há, entretanto, muita incerteza associada a este último ponto, como concordam PIAO et al. (2010). Apesar do aumento da temperatura média anual na China nas últimas cinco décadas, há evidências de maior aquecimento no Norte do que no Sul, por exemplo, e mais pronunciado no verão que em outras estações. Há uma destacada tendência, no entanto, que revela o crescente risco de falta de água para agricultura: a partir da Figura 19, nota-se que as regiões propícias à atividade agrícola são as que mais vêm apresentando secas desde 1960. Os autores enfatizam que as variações geográficas e interanuais de recursos hídricos dificultam uma conclusão mais segura sobre o caso.

[142] Ainda que a temperatura média global seja contida em um acréscimo de até 2ºC, regiões na China apresentarão aumentos de temperatura consideravelmente maiores.

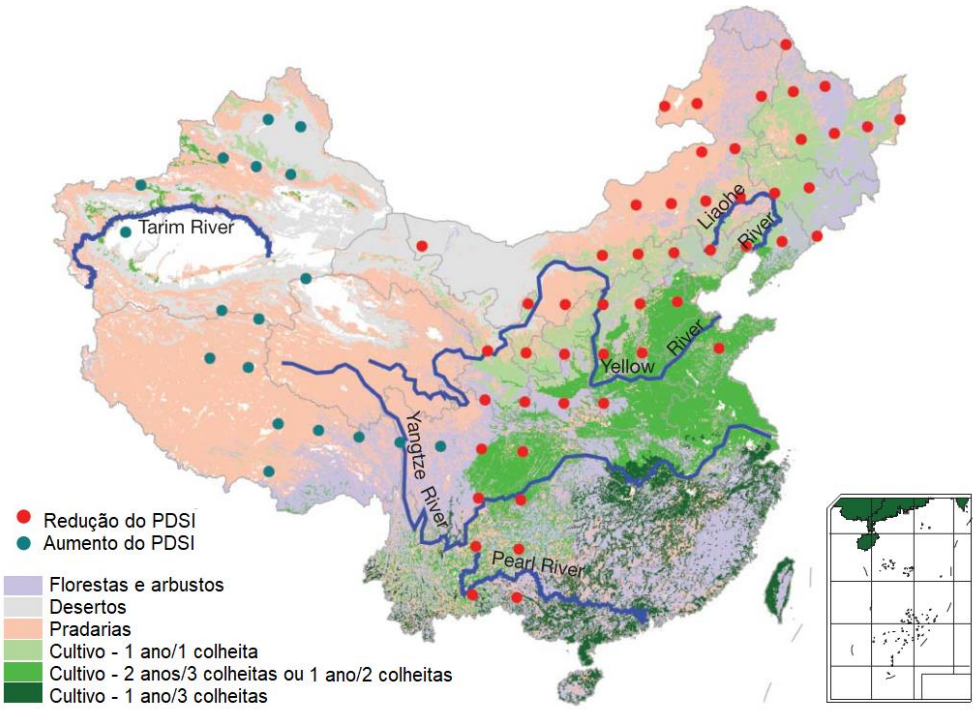


Figura 19 - Distribuição da vegetação na China e PDSI entre 1960 e 2005. PDSI=*Palmer Drought Severity Index*, quanto maior o PDSI, menor a frequência de secas. Fonte: Adaptado de PIAO et al. (2010)**.**

Além disso, a combinação da acelerada urbanização[143] com efeitos de mudanças climáticas levou ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos[144], particularmente ondas de calor e tempestades, desde 1950 na China (YU; ZHAI; CHEN, 2018). Segundo CRED CRUNCH (2018), assim como nos anos anteriores, a Ásia continuou apresentando o maior percentual de ocorrência de desastres em 2017, com 43% do total, sendo a China o país mais afetado com 25 eventos entre enchentes, deslizamentos e tempestades. Dos eventos recentes que ganharam destaque na mídia e na literatura pela gravidade e por atingirem severamente megacidades, podem-se destacar: (i) a tempestade de 21 de julho de 2012 em Pequim, que levou mais de 10.500 casas ao colapso, causando perdas econômicas diretas US$20 bilhões e 79 mortes; (ii) as secas ocorridas entre 2004

[143] Aglomerados urbanos com frequência apresentam baixa capacidade de infiltração do solo e falta de um sistema de resposta a emergências para eventos extremos; com efeito, grandes enchentes podem provocar perdas econômicas e de vidas, especialmente em megacidades onde a densidade populacional é alta.

[144] Ver ADB (2013), SANDALOW (2018) e SUN; CHEN; ZHU (2012) para mais detalhes.

e 2007, cujas perdas anuais foram estimadas em US$8 bilhões; (iii) o aumento histórico do fluxo de mais de 25 rios e aumento do nível de mais de 250 rios na China, após as tempestades de junho de 2010; (iv) o verão de 2013 no leste chinês, quando mais de 500 milhões de pessoas foram afetadas pela severa onda de calor; e (v) os recordes recentes de temperatura média anual desde 1950, que ocorreram em 2015[145], 2007, 2017 e 2016, do primeiro ao quarto lugar (SANDALOW, 2018; YU; ZHAI; CHEN, 2018).

Assim, associada aos protestos ambientais e sanitários, a acentuada vulnerabilidade a efeitos de mudanças climáticas na China revela os crescentes riscos e custos sociais que enfrenta o Estado para a garantia da estabilidade social no curto ao longo prazo.

4.1.1.4 Liderança nas negociações internacionais do clima

Apesar de as emissões de carbono chinesas acumuladas desde a RI não equivalerem sequer à metade das emissões dos EUA ou da Europa, atualmente a China se posiciona como um ator importante na geopolítica do clima, uma vez que desde 2006 é a maior emissora de carbono, desde 2014 emite anualmente mais que os EUA e a UE combinados (com mais de 28% das emissões globais neste ano), e se tornou em 2011 a maior consumidora global de energia (EIA, 2015; WORLD BANK, 2018). Seu papel nas negociações globais do clima, portanto, mudou à medida que se alteravam sua participação na economia global e os efeitos globais do desenvolvimentismo chinês.

A participação chinesa na governança global do clima inicia-se nas negociações em torno da formulação da Convenção do Clima em 1988 junto ao G77[146], que seria ratificada em 1992, no Rio de Janeiro. O grupo, naquela ocasião, pautava a defesa da soberania e o direito ao desenvolvimento destes países, a responsabilidade histórica dos países industrializados com as mudanças climáticas, a transferência tecnológica e de

---

[145] Em 2015, também foi registrada a maior temperatura na China na história (50,3ºC na província de Xinjiang) e, em 2017, a maior de Xangai (40,9ºC) (SANDALOW, 2018).

[146] O Grupo dos 77 (G77) (hoje com 134 membros) foi definido em 1964 pela assinatura de 77 países em desenvolvimento da "Declaração Conjunta dos Setenta e Sete Países em Desenvolvimento" para a promoção de intesses econômicos coletivos e de maior cooperação Sul-Sul para o desenvolvimento, e fortalecimento de sua capacidade de negociação junto à ONU. Ver http://www.g77.org/doc/ .

fundos para países em desenvolvimento, e que o desenvolvimento econômico deveria ser coordenado à proteção ambiental (MOREIRA; RIBEIRO, 2016). Neste período, a China reconhece internamente a questão climática como um assunto de relevância nacional e cria as instituições governamentais que nortearão as políticas de mitigação.

Nas Conferências das Partes (COPs) que se seguiram, a China afirmou, novamente junto ao G77, o princípio das "responsabilidades comuns mas diferenciadas" (CBDR, na sigla anglo-saxã), o que seria refletido no Protocolo de Kyoto (PK), adotado na COP3, em 1997, e implementado em 2002: o PK limitava as emissões dos países industrializados mas não dos em desenvolvimento, como a China. De 1992 a 1998, a China se limitava a apontar a responsabilidade dos países industrializados pela mitigação de emissões estufa e resistir, enquanto país em desenvolvimento, a metas, prazos e até participações voluntárias na redução de emissões enquanto os países desenvolvidos não cumprissem os compromissos já estabelecidos na Convenção do Clima (MOREIRA; RIBEIRO, 2016).

A postura chinesa mudará a partir de 1998. Já não se trata apenas de enfatizar a responsabilidade histórica de países desenvolvidos, mas de salvaguardar o direito da China se desenvolver, respeitando as políticas domésticas de crescimento e garantindo a conformidade de emissões futuras aos acordos globais: a prioridade chinesa é desenvolvimento econômico e erradicação da pobreza. Segundo disse Liu Liang, líder da comitiva chinesa na COP-3, a China não poderia se comprometer com a redução de emissões GEE antes que se tornasse um país medianamente desenvolvido (MOREIRA; RIBEIRO, 2016). O país ainda participaria das discussões sobre as regras à implementação de projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), sendo recipiente de 52,8% do total de investimentos via MDL no mundo até hoje (UNEP; DTU, 2018).

Já em 2005, dado o aumento vertigininoso das emissões de GEE desde a entrada da China em 2001, iniciam-se as pressões para que o país reduza suas emissões e que, em conjunto com os EUA, comecem a debater cortes em emissões, já que os dois países não se tornaram signatários do PK em 1997 (a China por fazer parte do grupo dos países em desenvolvimento e os EUA porque recusaram a entrada no acordo). Enquanto isso, entre 1998 e 2005, a política doméstica gradualmente dava sinais de que se orientava para a

promoção de tecnologias de baixo carbono e eficiência energética[147], ainda que de maneira muito lenta.

Em 18 de dezembro de 2009, pela primeira vez, a China promete limitar suas emissões na Conferência de Copenhagen, apesar de a Conferência ter sido considerada infrutífera pela falta de força legal na implementação desta e de outras propostas de redução; a evolução nas negociações, no entanto, é refletida nas políticas domésticas chinesas, que evoluem com mais rigor (SANDALOW, 2018). Neste período, a China começa a moldar as instituições de governança global, se apresentando como um potencial futuro novo líder, em substituição aos EUA. Em 2014, o presidente Xi Jinping se encontra com o presidente norte-americano Barack Obama e anuncia ação conjunta dos dois países para a redução de emissões, ratificado no ano seguinte.

Em 2015, a participação da China na COP-21 foi a de maior apoio a acordos multilaterais e, muito por isso, a conferência foi considerada um sucesso. A NDC (*Nationally Determined Contributions*) chinesa determinou três metas nacionais como contribuição para a redução das emissões globais: (i) atingir o pico de emissões por volta de 2030; (ii) reduzir a intensidade energética, em termos de emissões por unidade de PIB, em 60-65% do nível de 2005; e (iii) aumentar a parcela de fontes não-fósseis para aproximadamente 20% do total consumido, em termos de energia primária. Isso só aconteceu porque reforçava as metas da reforma energética estipuladas nos planos quinquenais para a construção de uma economia de baixo carbono. Desde 2012, com a ascensão de Xi Jinping à presidência, a China apresenta uma política externa mais ativa, requisitando papel mais protagonista na governança global[148], o que se reforça pelo anúncio de saída dos EUA do Acordo de Paris pelo atual presidente Donald Trump em junho de 2017[149].

---

[147] Ver o item 4.1.3 adiante para a política de energias renováveis pós-2005.

[148] Para além das instituições do clima e da energia, ver a política externa chinesa em outras instituições de governança global em (NDRC; GICC, 2014).

[149] Ainda que, segundo o Artigo 28 do Acordo de Paris, o país signatário só pode encerrar sua participação em quatro anos após a ratificação, o anúncio de saída pelos EUA indica um espaço de poder nas negociações.

Assim, evoluindo da timidez e atuação de forma defensiva no envolvimento em relações internacionais desde o início das reformas de Deng, a diplomacia chinesa revela-se cada vez mais proativa, estratégica e cooperativa nas negociações globais do clima e da energia. Esta mudança gradual de conduta, como aponta CHRISTOFFERSEN (2016), reflete a inversão de lugares entre China e o resto do mundo: se inicialmente na China prevalecia a preocupação histórica da abertura econômica e dos efeitos da crescente globalização em assuntos chineses, o desenfreado crescimento chinês e apetite insaciável por energia e minerais legará ao resto do mundo a missão de enfrentar os efeitos das mudanças bruscas nos mercados globais de óleo e gás e minerais e os efeitos de mudanças climáticas acelerados pelo crescimento chinês carbono-intensivo. Além disso, as taxas com que emissões de GEE crescem, a extensão para a qual ainda podem crescer[150] devido ao volume da população, e a possibilidade de o modelo chinês se multiplicar para outros países em desenvolvimento levaram as instituições de governança global do clima e de energia a pressionarem o país pela redução de emissões.

Por outro lado, é importante ressaltar como a geopolítica do clima define os papéis na nova divisão internacional do trabalho (DIT) que se desenha neste início de transição energética e as possibilidades com as quais a China se deparava com a virada do século, entre a busca pela auto-suficiência energética e a dependência acentuada de energia ou de tecnologias de energia (CHRISTOFFERSEN, 2016). É importante para a China, enquanto país que busca retomar sua soberania e independência de tempos áureos, que ocupe a posição estratégica de abrigar a indústria de fabricação de tecnologias de baixo carbono, garantindo sua segurança energética a partir dela, como já citado em referência a MATHEWS; TAN (2014). Assim, torna-se necessária sua participação em instituições de governança global tradicionais, moldadas sob regras e dinâmicas geopolíticas do passado, requisitando nelas maior representação; mas também é imprescindível que ajude a criar e fortalecer instituições emergentes alternativas não-ocidentais, como o BRICS e

[150] Ao contrário dos países desenvolvidos em fase de pós-industrialização, a demanda energética na China, em rápida industrialização e urbanização, não mostra indícios de saturação. Além disso, o consumo de energia per capita da China, de aproximadamente 2,24 toe per capita em 2014, ainda é baixo, se comparado à média da UE e dos EUA, por exemplo, que no mesmo ano correspondiam a 3,08 e 6,96 toe per capita, respectivamente (WORLD BANK, 2018).

a Organização para Cooperação de Xangai (OCX), para possibilitar a criação de rotas de comércio, acordos bilaterais e influência geopolítica na consolidação de um papel central na nova DIT. A geopolítica do clima, portanto, é tanto sobre cooperação quanto competição.

Tornam-se forças-motrizes da transição energética global, portanto, tanto as inseguranças internas na China quanto as inseguranças projetadas no resto do mundo pelo modelo de desenvolvimento chinês carbono-intensivo. Além disso, a participação em instituições de governança global, e particularmente as do clima e energia, é tanto desafio quanto oportunidade para a China: ao mesmo tempo que a redução de emissões é um desafio para uma economia tão carbono-intensiva com uma demanda energética crescente, é uma oportunidade para a China liderar o processo de transição energética. Ela pode reconfigurar as regras e instituições da governança global do clima para a continuidade de seu projeto de sociedade em direção ao "Sonho Chinês".

O "Sonho Chinês" é a promessa do presidente Xi Jinping desde que chegou a presidência em 2012, definido como a promessa do "grande rejuvenescimento da nação chinesa, melhoria da qualidade de vida, prosperidade, construção de uma sociedade melhor e fortalecimento militar" até 2049, no centenário do PCC. Em oposição ao "Sonho Americano", que reforça a realização pessoal e a ideia individualista da ascensão social por meio do trabalho e de habilidades individuais, o "Sonho Chinês" evoca um sonho coletivo de futuro comum, ao resgatar a histórica posição de poder e prosperidade da China; é o desejo histórico por uma nação unificada, soberana, pacífica e próspera, pré-requisito para a felicidade individual (JINLIAO; KE; LINLIN, 2012; KAI, 2016).

A China emerge, portanto, como "o outro pólo da experiência humana", como antítese e alternativa aos valores ocidentais dominantes. Esta característica é patente também na estrutura do Estado e em sua atuação, que serão discutidas adiante neste capítulo.

4.1.2 A estrutura político-administrativa do Estado e os arranjos institucionais para políticas de tecnologias renováveis

Um dos elementos centrais da transformação energética em curso na China diz respeito à particular burocracia do Estado e o papel do PCC nela e na política chinesa. Como está estruturado o poder político na China e como ocorre a formulação de política

pública no novo "Império do Meio"? Em relação à política energética especificamente, quais são os arranjos institucionais e como se dá a tomada de decisão no processo de governança? Por que a China conseguiu ultrapassar os países industrializados no desenvolvimento de sua indústria solar e eólica? O objetivo deste item é, portanto, revelar a capacidade do Estado de empreender uma política energética orientada às renováveis. Inicialmente, este item tratará brevemente da organização institucional do Estado de forma geral; em seguida, será realizada uma análise institucional relacionada à transição energética, paralela à expansão de mercado e da capacidade industrial de TER.

4.1.2.1 O Estado e o PCC

Em 1º de Outubro de 2019, o Partido Comunista Chinês (PCC) completará 70 anos no poder à frente da República Popular da China (RPC), mais tempo que o Partido Comunista da União Soviética esteve à frente da URSS (1922-1991, 69 anos). A República Popular da China (RPC) é constitucionalmente uma república socialista unipartidária[151] e todas as instituições governamentais são controladas pelo PCC[152] de acordo com os princípios do Marxismo-Leninismo, segundo consta no preâmbulo da Constituição:

> Under the leadership of the Communist Party of China and the guidance of Marxism-Leninism, Mao Zedong Thought, Deng Xiaoping Theory, the important thought of Three Represents, the Scientific Outlook on Development, and the Xi Jinping Thought on Socialism with Chinese Characteristics for a New Era, the Chinese people of all nationalities will continue to adhere to the people's democratic dictatorship and the socialist road, persevere in reform and opening to the outside world, steadily improve socialist institutions, develop the socialist market economy, develop socialist democracy, improve the socialist rule of law, apply a new vision of development, and work hard and self-reliantly to modernize the country's industry, agriculture, national defense and science and technology step by step and promote the coordinated development of the material, political, spiritual, social and ecological civilizations, to turn China into a strong modern socialist

[151] A RPC possui, entretanto, oito partidos políticos minoritários, conhecidos como partidos democráticos, fundados antes da chegada do PCC ao poder e reunidos na forma da Frente Unida. Apesar de não exercer poder na prática, a Frente Unida possui representação no Congresso Nacional do Povo (CNP) (LAWRENCE; MARTIN, 2013). Somando as representações dos partidos democráticos e dos que não possuem afiliação alguma, o 13th CNP teve 27% de assentos ocupados por não-filiados ao PCC.

[152] Atualmente, o PCC conta com em torno de 89,45 milhões de membros, representando cerca de 6,5% da população total. Ver http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-06/30/content_29952238.htm.

> country that is prosperous, democratic, culturally advanced, harmonious, and beautiful, and to realize the great rejuvenation for the Chinese nation. (PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2018)[153].

Assim, como aponta HEILMANN (2017), a estrutura do PCC confunde-se com a estrutura do Estado, de maneira que tudo o que o compõe (elaboração de políticas, administração, a política, o judiciário, a mídia, as forças armadas, a economia e a sociedade) é supervisionado por algum órgão ou membro do PCC. Entretanto, apesar da estrutura organizacional ter sido moldada de acordo com o partido soviético em 1949, como outros à época, a variante chinesa do sistema socialista herdou conceitos tradicionais de ordem política e social confucianos. Segundo CINTRA; SILVA FILHO; PINTO (2015), a chegada do PCC no poder representaria a ascensão de uma nova dinastia mandarim, aos moldes do período imperial, o que implicaria em um "alinhamento dos interesses das burocracias sobre o bem público, ou seja, a estabilidade política e a garantia de uma renda real crescente e de melhores condições de vida para a população". O "socialismo com características chinesas", evocado inicialmente por Deng Xiaoping, busca não somente distanciar-se do modelo soviético, mas também enfatizar o estágio primário da transição ao socialismo na China, no qual a erradicação da pobreza é necessidade imperativa, e ressaltar as especificidades do país na reavaliação do marxismo clássico.

Regida pelo princípio do centralismo democrático, a estrutura política chinesa é descrita como na Figura 20 de forma resumida[154]. Internamente, a hierarquia impera e o PCC é dividido, do maior para o menor poder concentrado, em: (i) secretário-geral do

---

[153] Esta é a versão atualizada com as emendas aprovadas no CNP em março de 2018, que inclui o pensamento de Xi Jinping como uma nova teoria norteadora no preâmbulo da Constituição, justaposto ao Marxismo-Leninismo, ao Pensamento de Mao Zedong, à Teoria de Deng Xiaoping, à Teoria da Tripla Representatividade (de Jiang Zemin) e à Perspectiva Científica sobre Desenvolvimento (de Hu Jintao). Além disso, esta recente emenda também removeu o trecho da Consituição que limitava o mandato presidencial a dois mandatos, conferindo a Xi a possibilidade de igualar-se a Mao e estender seu poder para além de 2022, quando teria fim seu segundo mandato. Para detalhes sobre os pensamentos citados, ver HU (2017).

[154] Para a descrição detalhada da estrutura política na China e as atribuições de cada instituição, ver HEILMANN (2017) e LAWRENCE; MARTIN (2013).

PCC, funcionário de mais alto escalão, o chefe de Estado e líder *de facto* da RPC; (ii) o Comitê Permanente do Politburo, órgão de maior poder de tomada de decisão dentro do partido, formado pelos sete a nove principais líderes do PCC, que também fazem parte do Politburo; (iii) o Politburo, cujos 25 membros representam a liderança do PCC ; (iv) a Comissão Militar Central (CMC); (v) a Comissão Central para Inspeção de Disciplina, que representa o corpo anti-corrupção do PCC; (vi) o Comitê Central do PCC, cujos membros (em torno de 300-400) atuam como a diretoria e escolhem os membros do Politburo; e (vii) o Congresso Nacional do PCC, que ocorre a cada cinco anos e onde os em torno de 2000 membros reúnem-se para revisar princípios ideológicos, realinhar a agenda de desenvolvimento nacional e escolher os membros do Comitê Central. Além disso, há ainda os comitês do PCC a nível provincial, municipal e local, que têm autoridade para instruir os governos de mesmo nível e respondem ao comitê de nível superior (HEILMANN, 2017).

Das organizações controladas pelo PCC, mas externas a ele, pelo menos cinco merecem destaque pela importância no cenário político chinês: o Exército Popular da Libertação (EPL), o presidente da RPC, o Congresso Nacional do Povo (CNP), a Conferência Consultiva Política do Povo Chinês (CCPPC) e o Conselho de Estado (CE):

- O EPL[155] é um órgão no qual o corpo estatal e o PCC se sobrepõem; logo, os militares, incluído o comandante do EPL, respondem tanto à CMC quanto ao Ministério da Defesa e ao CE.
- O presidente da RPC é o chefe de Estado oficial. Possui poderes limitados, sendo um cargo cerimonial. Desde 1993, entretanto, o secretário-geral do PCC, o comandante da CMC e o presidente da RPC são cargos ocupados pela mesma pessoa.
- O CNP representa o poder legislativo na RPC, sendo responsável por promulgar e alterar leis básicas, eleger o presidente e vice-presidente, aprovar o plano para desenvolvimento econômico e social, entre outras

[155] O EPL é o exército de maior número de soldados do mundo, com 2.693.000 de militares no total. Ver https://www.globalfirepower.com/country-military-strength-detail.asp?country_id=china para descrição detalhada da capacidade militar chinesa em 2018 (acessado 28/08/2018).

funções. Conta com em torno de 3000 deputados são “eleitos nas províncias, regiões autônomas, municipalidades diretamente abaixo do Governo Central, e regiões administrativas especiais”, além dos deputados eleitos das forças armadas e a representação das minorias (PEOPLE’S REPUBLIC OF CHINA, 2018). O CNP é referido como a instância máxima do poder do Estado, acima dos congressos de nível provincial, municipal e local, e seus delegados reúnem-se por 10 a 14 dias anualmente durante a primavera, em mandatos de cinco anos.

- A CCPPC é uma conferência cuja função é submeter propostas às lideranças do PCC e do Estado em relação às políticas econômica, de cultura, de saúde, de educação, entre outras, sem que, contudo tenha autoridade na participação das tomadas de decisão (HEILMANN, 2017).
- O CE representa o poder executivo do Estado e seus membros são escolhidos pelo Comitê Permanente do CNP (em torno de 160 membros do CNP). É o órgão executivo dirigido por um primeiro-ministro, que é o chefe de governo, quatro vices primeiro-ministros e cinco conselheiros de Estado, aos quais estão subordinados os 25 ministérios e comissões, além de órgãos coordenados interdepartamentais, que são criados para discussão de problemas específicos como redução da pobreza, mudanças climáticas, segurança alimentar, entre outros (HEILMANN, 2017).

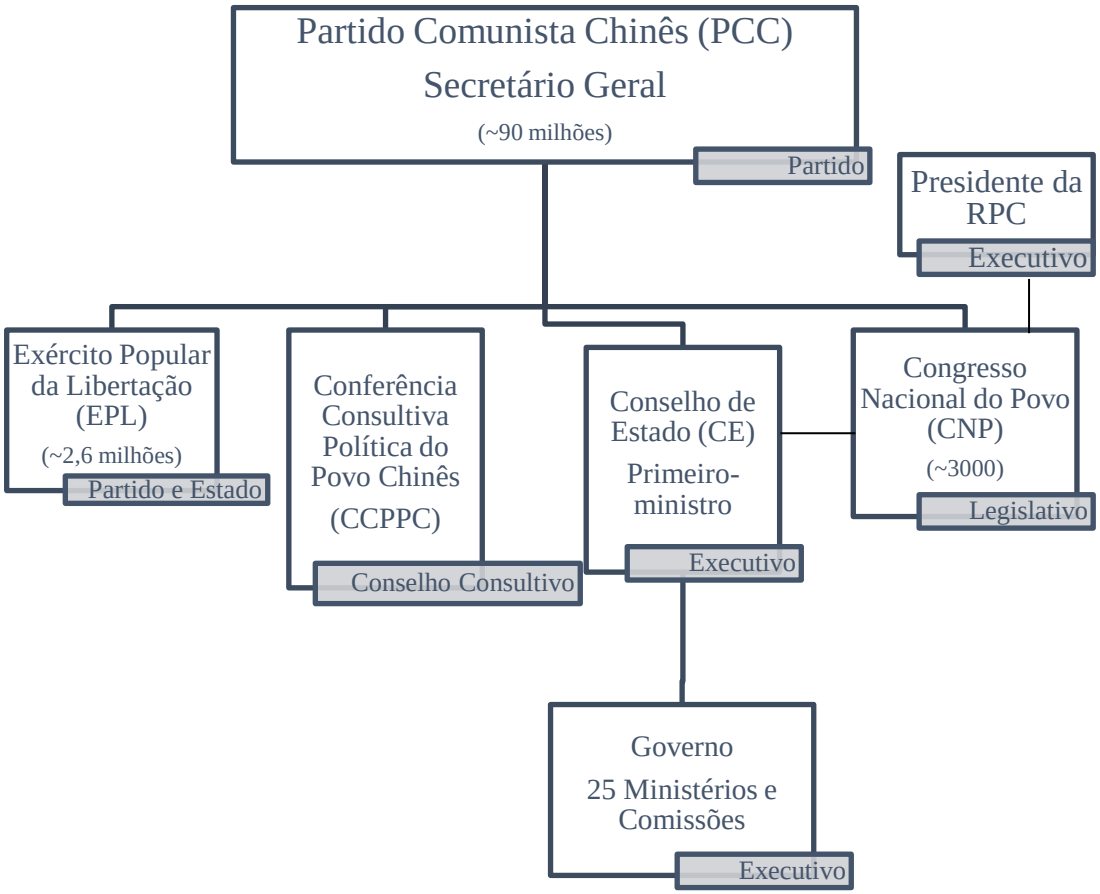


Figura 20 - Estrutura política na China. Entre parênteses, o número aproximado de membros. Fonte: Elaboração própria a partir da constituição da RPC[156].

Tecnicamente, a estrutura político-administrativa chinesa aparenta um governo central forte com autoridade irrestrita sobre os níveis administrativos mais baixos, onde um grupo seleto de pessoas define políticas, dirigindo, regulando e planejando de forma coordenada e estratégica todas as ações do Estado dentro e fora da China. Na prática, esta unidade não se confirma plenamente: apesar de fortemente liderada pelo Estado, a formulação e implementação de políticas, bem como as instituições envolvidas, são vertical e horizontalmente fragmentadas, descentralizadas, sujeitas a interesses de grupos poderosos e internamente conflituosas entre agentes do Estado hierárquica e institucionalmente diferentes e entre agentes públicos e privados (LAWRENCE; MARTIN, 2013; LIEBERTHAL; OKSENBERG, 1988; SHEN, 2017; ZHANG, L. et al., 2017).

[156] Ver http://www.china.org.cn/english/Political/25060.htm .

Além da considerável autonomia que províncias, municípios e cidades já usufruem sobre o direito de uso de terra e desenvolvimento econômico, há uma tendência recente à maior delegação de poderes para níveis administrativos mais baixos e à experimentação de políticas adaptadas às condições locais, de modo a aumentar o grau de "federalismo" no país (ANDREWS-SPEED, 2010; ISOAHO; GORITZ; SCHULZ, 2016). Vale ressaltar também a diferença de prioridades e interesses entre governos locais e e de nível superior, envolvendo resistência às políticas vindas de cima devido a possíveis custos sociais e ambientais, o envolvimento de funcionários públicos com empresas locais, a busca por renda para o município e corrupção (ANDREWS-SPEED, 2010).

Ainda que fragmentada, a formulação de políticas na RPC conta com um planejamento estatal central de desenvolvimento de médio e longo prazo. Como aponta HEILMANN (2018), esta característica manifesta-se principalmente na forma dos planos quinquenais, no qual as prioridades do PCC são politicamente definidas e guiam práticas administrativas em diferentes níveis, que têm resultado pouco coordenadas e por vezes até contraditórias. O planejamento de desenvolvimento de médio e longo prazo, como salienta o autor, está focado na coordenação estratégica de políticas individuais, na mobilização racional de recursos para o desenvolvimento sustentável da economia, e na macro-gestão de variáveis econômicas chave, reduzindo efeitos de choques externos à economia chinesa (HEILMANN, 2018).

Outra característica importante da organização institucional chinesa é sua qualidade adaptativa e a capacidade de aprendizagem na formulação de políticas, o que é traduzido na reestruturação permanente de instituições e agências de maneira resiliente, bem como suas atribuições. As instituições de governança da energia, por exemplo, parecem estar em constante estado de revisão e sua reconfiguração está normalmente associada a ondas de centralização ou descentralização e à relação entre Estado e indústrias de energia. Antes de 1988, não havia uma concepção de política energética unificada, por exemplo, mas planos para indústrias individuais (ANDREWS-SPEED, 2012)[157].

[157] Ver ANDREWS-SPEED (2012), CUNNINGHAM (2015) e LIU (2012) para informações mais detalhadas a respeito.

Após as reformas de 1978, as agências que estiveram encarregadas do planejamento energético na China foram a Comissão Estatal de Energia (1980-1982) e o Ministério da Energia (1988-1993); a concepção de política energética unificada só seria retomada em um braço ministerial em 2003, pelo Departamento de Energia da Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (CNDR)[158] (2003-2008), antigamente Comissão de Planejamento do Estado (CPE). Em seguida, foram criados o Grupo Principal de Energia (2005-), o Departamento Estatal de Energia (2005-), e a Administração Nacional de Energia (ANE) (2008-), também subjugada à CNDR. É notável a tardia tentativa de unificação do planejamento energético na China, que ocorreu somente em 2010 pela criação da Comissão Nacional de Energia (CNE) (2010-) (CUNNINGHAM, 2015; LIU, 2012).

4.1.2.2 Arranjos institucionais para políticas de promoção de tecnologias renováveis

Refletindo a intrincada estrutura burocrática do Estado chinês como um todo, não existe atualmente uma única e centralizada instituição de energia na China responsável por elaborar e implementar políticas de promoção de TER, mas uma rede de agências governamentais nem sempre coordenadas na ação. As mais importantes são a CNDR, a ANE e a CNE, cujas autoridades entram em conflito com a de outros ministérios ou instituições de nível ministerial subjugadas ao Conselho de Estado (CE) e SOEs de energia. As instituições envolvidas e suas funções na promoção de políticas de renováveis estão descritas na Tabela 5 e hierarquicamente organizadas na Figura 21. As principais políticas empreendidas por cada uma delas serão discutidas no item 4.1.3.

[158] A CNDR é uma agência de gestão macroeconômica com objetivo de formular e implementar estratégias de desenvolvimento econômico e social, estipular metas, entre outras atividades. Na prática, ele funciona como corpo coordenador e planejador interministerial para a liderança nacional.

Tabela 5 - Órgãos responsáveis pela promoção de tecnologias renováveis e suas respectivas funções. Fonte: Páginas oficiais das instituições citadas, ANDREWS-SPEED (2010, 2012);BAIETTI; BANK (2014); BOGAERT (2010); LIU(2012); SANDALOW (2018); SHEN (2016, 2017); SHEN; XIE (2018)**.**

Órgão do Estado	Ano de Criação	Atribuições
Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (CNDR)	2003	*Principal autoridade regulatória no setor energético.* Define preços de energia, oferece assessoria técnica e coordena atividade da ANE com a de outros ministérios.
Administração Nacional de Energia (ANE)	2008 [159]	*Órgão submetido à CNDR que define as metas de capacidade de geração nos planos quinquenais.* Formula e implementa planos de desenvolvimento de energia e políticas industriais, promove reforma institucional no setor energético, desenvolve normas, regulamentos e políticas, coordena as entidades que compõem o desenvolvimento do setor energético nacional, orienta o avanço científico e tecnológico, propõe política de preços para a CNDR, define padrões de conexão ao grid, entre outras funções.
Departamento de Mudanças Climáticas (DMC)	2008	*Órgão submetido à CNDR para coordenação de política nacional relacionada a mudanças climáticas.* Analisa o impacto de mudanças climáticas no desenvolvimento socioeconômico, coordena a formulação de estratégias e políticas chave relacionadas a mudanças climáticas, lidera a implementação de projetos relacionados à UNFCCC. Responsável por implementar tarefas relacionadas a MDL e as políticas criadas pelo CNCMCCERE. Após sua criação, governos provicinciais seguiram a mudança institucional e criaram departamento de mudanças climáticas neste nível.
Comissão Nacional de Energia (CNE)	2010	*Agência tomadora de decisão de mais alto nível, independente da CNDR, criado para integrar instituições relacionadas a energia.* Revisa questões importantes de política energética, como conservação e desenvolvimento de recursos energéticos, segurança energética e cooperação internacional, coordena estrategicamente o desenvolvimento do setor energético.
Comissão de Supervisão e Administração de Ativos Estatais (CSAAE)	2003	*Agência de nível ministerial que controla grupos de SOEs, incluindo duas grandes empresas de transmissão (State Grid e China Southern Power Grid) e nove companhias de eletricidade.*
Comitê Nacional de Coordenação de Mudanças Climáticas, Conservação de Energia e Redução de Emissões (CNCMCCERE)	2007	*Grupo liderado pelo atual primeiro-ministro Li Keqiang desde 2013 e que conta com a participação de membros de 26 ministérios.* Pesquisa e redige estratégias e políticas nacionais, implementa medidas sobre mudanças climáticas, conservação de energia e redução de emissões, e coordena a implementação entre as agências participantes. O grupo também estuda a cooperação internacional da China sobre mudanças climáticas e negociações internacionais. Realiza sessões plenárias a cada ano,

[159] Entre 2003-2008 era Departamento de Energia da CNDR.

		geralmente em junho ou julho, para revisar o progresso e estabelecer metas para o próximo ano.
Ministério das Finanças (MOF)	1949	*Ministério responsável pela gestão do Fundo de Desenvolvimento de Energia Renovável*[160] *desde 2009.* Recolhe, orça e monitora a prática de subsídios para atividades de energia renovável (ER), desenvolve instrumentos de capacitação de pessoas para inovação, facilita transferência tecnológica.
Ministério da Indústria e Tecnologia de Informação (MITI)	2008 [161]	*Ministério responsável pela supervisão e regulação de todas as atvidades de fabricação no setor ER.* Gestão da capacidade de fabricação de painéis solares e turbinas eólicas.
Ministério do Comércio (MOFCOM)	2003	*Ministério responsável pela aprovação formal de projetos de ER fora da China.*
Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT)	1998	*Ministério que financia pesquisa e desenvolvimento em tecnologias de energia limpas.*
Ministério da Habitação e do Desenvolvimento Rural e Urbano (MHDRU)	2008	*Ministério que auxilia na administração de cidades verdes e outros programas pilotos de baixo carbono.*
Ministério de Recursos Naturais (MRN)	2018 [162]	*Ministério que aprova todo o uso de terra, água e recursos.*
Ministério da Ecologia e Meio Ambiente (MEE)	2018 [163]	*Ministério responsável pela aprovação de medidas de proteção ambiental para projetos de energia* Desenvolve e implementa o programa de créditos de carbono, coordena políticas de mudanças climáticas com outras políticas, assegura que metas estabelecidas nos planos quinquenais sejam atingidas, auxilia na definição de metas de planos quinquenais futuros, representa a China em convenções internacionais do clima. Regula e supervisiona a indústria; implementa política ambiental.
Ministério da Agricultura e Assuntos Rurais (MAAR)	2018 [164]	*Ministério responsável pela implementação de regulação de biomassa.*
Comissão Estatal de Regulação da Eletricidade (CERE)	2003-2013	*Órgão submetido à CNDR que foi absorvido em 2013 pela ANE.* Responsável por administrar e regular a indústria de energia e o desenvolvimento de mercados de eletricidade, a transmissão, distribuição, entre outras funções.
Agência de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (ACID)	2018	*Agência de nível ministerial que administra ajuda internacional.*

[160] O Fundo de Desenvolvimento de Energia Renovável é o principal programa de suporte ao desenvolvimento de projetos de energia renovável na China.

[161] Entre 1998-2008, Ministério da Indústria da Informação.

[162] entre 1998-2018 foi Ministério da Terra e dos Recursos.

[163] Entre 2008-2018 foi Ministério da Proteção Ambiental; entre 1987-2008 foi Administração Estatal de Proteção Ambiental.

[164] Entre 1949-2018 foi Ministério da Agricultura.

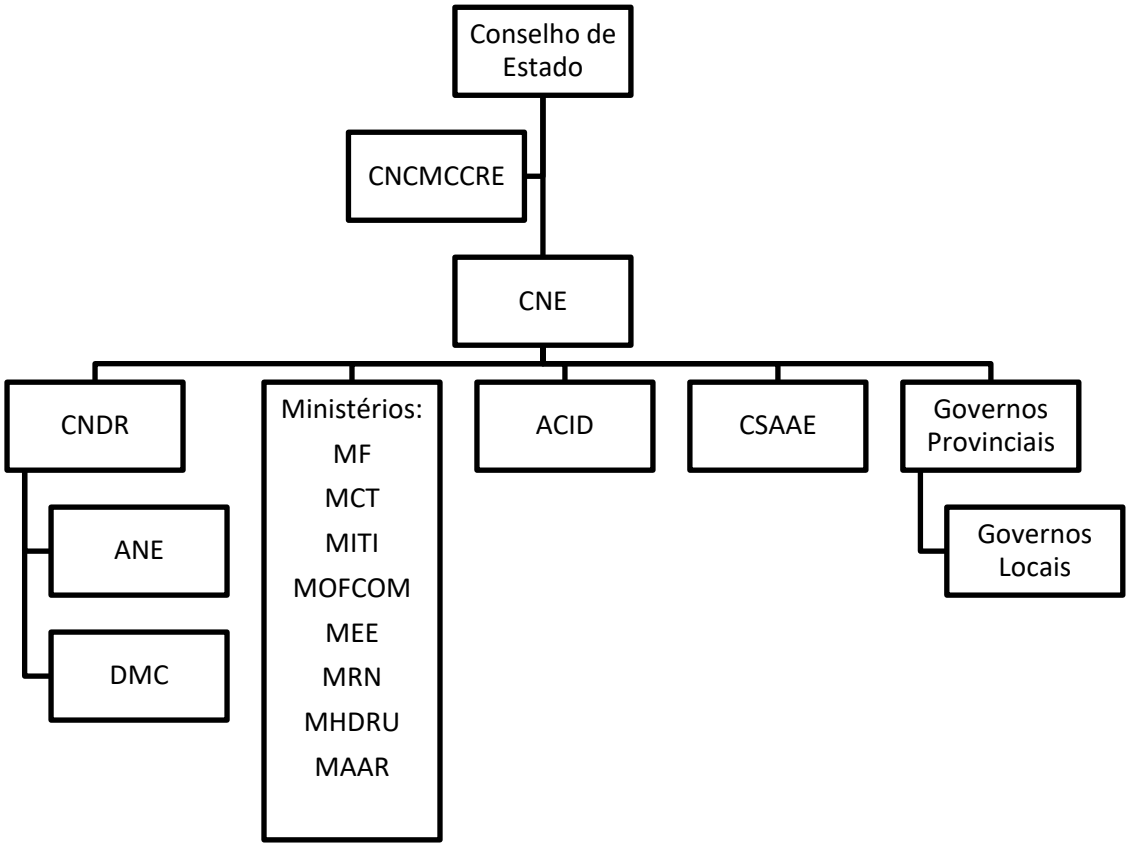


Figura 21 - Organização institucional relacionada às políticas de fontes renováveis de energia. Elaboração própria a partir de ANDREWS-SPEED (2010, 2012); BOGAERT (2010); CAI; AOYAMA (2018); CUNNINGHAM (2015); SANDALOW (2018)[165]

A organização institucional descrita acima reforça seu caráter dinâmico e fragmentado: a reconfiguração institucional ocorre com frequência e, apesar das ondas de centralização e descentralização, a tomada de decisão e atribuições permanecem distribuídas entre muitos órgãos do Estado[166]. Também se entende que a política de ER

---

[165] Como aponta SANDALOW (2018), instituições quase-governamentais e universidades participam marginalmente no desenvolvimento de política energética renovável por meio de pesquisa e suporte analítico, como o Centro Nacional para Estratégia de Mudanças Climáticas e Cooperação Internacional (CNEMCCI), o Instituto de Pesquisa Energética (IPE), o Centro de Pesquisa em Desenvolvimento (CPD), as academias chinesas e as grandes universidades na China (Tsinghua, Peking e Renmin, por exemplo).

[166] É importante ressaltar, no entanto, que, houve uma grande reestruturação de ministérios em 2018, a maior dos últimos anos; o recém-criado MEE, por exemplo, passa a ter um papel mais proeminente no combate às mudanças climáticas e redução de emissões, reduzindo o papel central que teve por anos a CNDR.

se confunde, por vezes, com políticas industrial, de mudanças climáticas e ambiental, dado que envolve redução de emissões globais e locais, bem como desenvolvimento de cadeias produtivas renováveis. Assim, ela não deve ser percebida como política isolada, mas como parte do processo de uma nova estratégia de desenvolvimento.

Ainda que fragmentado, ressalta-se o papel fundamental de quatro instituições especificamente na promoção de TER, que concentram mais poder na tomada de decisões que em outros setores: a ANE, cujo papel é de regular e planejar todos os investimentos em ER na China, além de propor os objetivos e diretrizes da política energética nos planos quinquenais, peça fundamental do desenvolvimento da RPC; o MITI, que responde pela regulação das atividades de fabricação no setor de ER; o MF, que controla o principal programa de subsídios para o setor de ER, e o MOFCOM, que, junto à CNDR, aprova todos os projetos de ER fora da China (SHEN; XIE, 2018). Como aponta SHEN; XIE, (2018), especificamente no setor de renováveis, o conflito de políticas no âmbito central e ministerial é raramente visto, dado que as instituições estão dimensionadas para garantir que a capacidade instalada de geração, principal indicador dos planos quinquenais, seja alcançada.

Por outro lado, além das instituições citadas acima, todos os ministérios centrais têm escritórios locais para apoiar suas atividades regulatórias. Não raro, estes entram em conflito com os governos locais e provinciais, que buscam prioritariamente receita para seus municípios/províncias, a despeito da estratégia do governo central, e têm seus poderes, recursos e responsabilidades crescendo gradativamente, seguindo a tendência à descentralização do poder na China. Estes conflitos manifestam-se tanto no entrave da penetração de TER, quando a atividade não gera retorno financeiro, quanto na sobreexploração de recursos renováveis quando esta se apresenta como oportunidade para a região, mesmo quando a ANE deseja conter a expansão excessiva da capacidade instalada de novas renováveis (CAI; AOYAMA, 2018). Assim, a promoção de fontes renováveis na China deve ser encarada como uma questão de política industrial não só guiada pelo governo central mas também por governos locais buscando impulsionar suas economias. Se, por um lado, a fragmentação das instituições resulta em descentralização da tomada de decisão, na possibilidade de políticas provinciais e locais servirem de laboratório de políticas e na redução da autoridade do poder central, por outro, ela

representa também a falta de consistência, ambiguidade e conflito nas ações[167]. Isto se propaga em um ciclo vicioso característico do sistema político chinês em constante reconfiguração: as ondas de centralização do poder em Pequim resultam em estagnação, levando à descentralização, que por sua vez resulta em desordem de mercado, que justificam novamente a centralização (SHEN; XIE, 2018).

Na tentativa de amenizar o conflito entre governo central e local, há uma tentativa do governo central de implementar sistemas de responsabilidade de metas de nível provincial. SHEN; XIE (2018) chama este modelo de "processo *bottom-up* coordenado de maneira centralizada", em que o governo central ainda estipula as principais diretrizes, mas os governos locais ainda possuem autonomia para decidir sobre os projetos de maior preferência. Um rascunho deste sistema, que já existe para cumprimento de metas provinciais de conservação de energia e eficiência energética desde 2007[168], foi elaborado em março de 2018 para implementação de dois tipos de cotas provinciais, uma para consumo total de eletricidade de ER, e outra para consumo de eletricidade de ER não-hídricas (ANE, 2018).

O sistema de cotas, estabelecidas para os anos de 2018 e 2020, contará também com "Certificados de Eletricidade Renovável" para que usuários provem que cumpriram suas obrigações. A desobediência de cumprimento acarretará na aprovação negada de nova capacidade instalada à carvão, na desqualificação como zona de demonstração de energia, entre outras penalizações. No caso de participantes de mercado que não cumprirem as cotas, como empresas de varejo de energia, poderão ter sua participação no comércio de energia reduzida ou até cancelada no ano seguinte. Este sistema pretende

[167] SHEN; XIE (2018) atentam que o processo atual para a aprovação de projetos, descentralizado e que dá poder aos governos locais, ocorre desde 2012. Até 2010, segundo o autor, o processo ocorria da mesma forma, mas foi centralizado na ANE entre 2010 e 2012 devido ao desenvolvimento desordenado dos projetos. A centralização nestes dois anos, no entanto, levou à contração do mercado, legitimando novamente a descentralização.

[168] Ver LO (2014) para detalhes sobre o programa.

reduzir o acentuado contingenciamento[169] da geração renovável na China, resultante do excessivo incentivo à instalação de capacidade e à fabricação de turbinas e painéis solares, e da falta de incentivos à utilização de energia e à integração de fazendas eólicas e solares ao grid.

Vale ressaltar que o desafio de coordenar ativos especificamente encadeados e intensivos não é diferente na China do que ocorre nos EUA, na Europa e na América do Sul. A singularidade chinesa está, entretanto, na capacidade de formular e coordenar políticas para enfrentá-lo, o que será discutido na seção a seguir.

4.1.3 Os planos quinquenais e a política chinesa de tecnologias de energias renováveis (2005 -2017)

Compreendida a burocracia mandarim que circunda a promoção da transição energética na China, pode-se discutir as principais políticas empreendidas pelas instituições envolvidas. O recorte temporal[170] utilizado aqui, de 2005 a 2017, justifica-se, em primeiro lugar, pela já citada natureza adaptativa da formulação de políticas na China, de modo a restringir a análise aos planos e leis mais recentes e importantes. Em segundo lugar, pela promulgação da Lei de Energia Renovável em fevereiro de 2005, que inaugura uma mudança de conduta na política energética nacional chinesa e leva o desenvolvimento da ER no país ao patamar legal. Na LER estão centradas todas as políticas e medidas em constante revisão relacionadas a ER. A Lei estabelece mecanismos

---

[169] Segundo BIRD; COCHRAN; WANG (2014), contingenciamento é a "redução na geração pelo operador, quando o recurso está disponível". Por exemplo, segundo LU et al. (2016), os incentivos à rápida expansão da capacidade instalada de energia eólica na China resultou em quase o dobro da capacidade instalada nos EUA (145,1 e 75,0 GW, respectivamente) em 2015; com atrasada conexão à rede, entretanto, a geração eólica na China era, no mesmo ano, ligeiramente menor (186,3 e 190,9 TWh, respectivamente). SANDALOW (2018) aponta que o contingenciamento é acentuado também devido à priorização de termelétricas a carvão nas regras de despacho, favorecendo-as em situações de capacidade excessiva.

[170] É importante ressaltar que importantes avanços em ER foram realizados antes de 2005, como na promulgação da "Lei da Energia Elétrica" (1995), que, pela primeira vez promove ER de maneira geral, para além da energia hídrica, ou no "Programa de Desenvolvimento de Energias Novas e Renováveis" (1996), que foi a primeira política especificamente voltada para ER, entre outros.

para promover o crescimento das renováveis e define as novas prioridades do Estado neste setor, como anunciado pelo Artigo 4:

> Artigo 4 O Estado dará prioridade ao desenvolvimento e utilização de energia renovável no desenvolvimento de energia, e promoverá o estabelecimento e desenvolvimento do mercado de energia renovável estabelecendo uma meta geral para o desenvolvimento e utilização de energia renovável e adotando as medidas necessárias.
>
> O Estado deve encorajar os diferentes atores econômicos a participar do desenvolvimento e utilização de energia renovável e deve proteger os direitos e interesses legítimos daqueles que desenvolvem e utilizam energia renovável.[171]

Esta seção se dedicará, inicialmente, a listar e descrever as principais políticas diretamente relacionadas ao desenvolvimento de TER; em seguida, elas serão divididas em três fases que definem as características das políticas de seus períodos, onde serão discutidas[172]. A política energética chinesa é desenvolvida, em um primeiro momento, a partir das metas dos planos quinquenais, que são a expressão maior da estratégia do governo central, e, em um segundo momento, pelos programas e políticas desenvolvidos por ministérios, agências, e pelo CNP para alcancá-las.

É importante ressaltar que foram listadas apenas as leis, medidas e políticas diretamente relacionadas a TER; políticas ambientais, de conservação de recursos e de eficiência energética não foram listadas, mas indiretamente participam da política de ER, além de comporem o que se entende por transição energética pela ótica do governo chinês. Reforça-se que a estratégia de transição energética na China é bastante ampla, envolvendo uma forte política de eficiência energética, de energia nuclear e hídrica, de conservação de recursos, de redução de poluição local, entre outras medidas. Contudo, o escopo desta dissertação está restrito à análise da promoção de novas TER (não-hídricas) e, assim, as principais políticas de promoção de ER na China entre 2005 e 2017 estão reunidas, por comodidade, nas Tabelas II-1, II-2 e II-3, localizadas no Anexo II.

---

[171] Tradução livre. Ver http://english.mofcom.gov.cn/article/policyrelease/Businessregulations/201312/20131200432160.shtml .

[172] Para evitar a repetição exaustiva das leis e políticas, os pormenores ficarão restritos à Tabela II-1, Tabela II-2 e Tabela II-3, localizadas no Anexo II, e no texto serão analisadas as tendências mais importantes do período, bem como as metas ou medidas relevantes à análise.

4.1.3.1 2005 a 2010: Política Industrial, Diversificação e Contingenciamento

Como já citado, a Lei da Energia Renovável (LER), promulgada em 2005 e em vigor no início de 2006, é um marco na política energética chinesa porque forneceu uma coerente unificação de política governamental nacional para o desenvolvimento de energia renovável na China e serviu de base para regulações posteriores que definiriam tarifas e metas para diferentes tecnologias. Muitos avanços a níveis local e provincial haviam sido realizados antes, mas somente após a LER o desenvolvimento da indústria de ER ganha efetivamente caráter de projeto de Estado. A Tabela II-1 lista as políticas realizadas pelo governo central nesta 1ª fase.

A LER previa cinco instrumentos principais: (i) uma meta nacional para produção, que sinalizaria ao mercado oportunidades de investimentos de longo prazo com riscos relativamente baixos; (ii) a conexão compulsória à rede elétrica (e outras redes de distribuição) e a priorização da compra de energia renovável por companhias de distribuição, protegendo o setor embrionário da competição direta com tecnologias tradicionais, mais baratas e não-intermitentes, principalmente com as térmicas a carvão; (iii) a implementação de um sistema nacional de tarifas *feed-in*[173] (FIT, na sigla anglo-saxã), que pressupunha um preço fixo na rede maior que a média, específico a cada TER e definido pelo governo central, a ser pago pelas empresas de transmissão aos geradores; (iv) um mecanismo de compartilhamento de custos[174], que garantia a divisão do custo incremental da geração por TER entre usuários de diferentes regiões a ser realizado por uma sobretaxa na venda de eletricidade que pagaria a FIT e a conexão à rede, entre outros custos; e (v) a criação do Fundo Especial de Desenvolvimento de Energia Renovável, que garantiria subsídios e suporte financeiro para projetos piloto, atividades de ciência e

[173] Políticas de FIT são consideradas de bastante sucesso em vários países. Elas são implementadas por meio de contratos de longo-prazo com produtores de RE, nos quais o preço da energia é baseado no custo de geração, específica para cada tecnologia, e não na quantidade de energia gerada.

[174] Os detalhes da implementação das FIT e do mecanismo de compartilhamento de custos foram emitidos na "Medida Provisória para o Preço e o Compartilhamento de Custos da Energia Renovável" pela CNDR em 2006.

tecnologia, entre outros (PIOVANI, 2015; SCHUMAN; LIN, 2012; WANG, F.; YIN; LI, 2010).

A LER, portanto, corresponde à proteção legal do setor de ER. Sua implementação dependeria de políticas e regulações criadas em seguida com o objetivo de definir procedimentos administrativos e normas técnicas, desenvolver os mecanismos e instrumentos e cultivar o mercado e a indústria de ER. Neste contexto, é criado o Plano de Desenvolvimento de Médio e Longo Prazo para Energia Renovável de 2007, que seria lapidado em 2008 no 11º Plano Quinquenal para Energia Renovável. De maneira geral, ambos os documentos previam metas gerais de 10% e 15% de renováveis na oferta total de energia primária em 2010 e 2020, respectivamente, metas específicas para cada setor e investimento público de US$263 milhões, com o objetivo de acelerar o escalonamento da capacidade de geração renovável. O plano previa também o uso de políticas fiscais para apoiar o desenvolvimento e a utilização de ER e de alívio de imposto de renda para apoiar a P&D e a fabricação de equipamentos de TER. Assim, orientava-se por objetivos de curto (resposta à demanda crescente por energia) e longo prazo (desenvolvimento tecnológico) (AMINEH; GUANG, 2012; NDRC, 2007).

Além disso, as metas econômicas definidas no 11º Plano Quinquenal também se tornariam motores para a maior difusão e capacidade de fabricação destas tecnologias, objetivamente guiadas pelo Catálogo de Orientação de Desenvolvimento de Indústria de Energia Renovável (2005), que representa a base da política industrial para renováveis. Entre as metas estabelecidas, pode-se citar a de aumento da parcela do valor agregado da indústria de serviços em relação ao PIB de 40,3% em 2005 para 43,3% em 2010, a de aumento da parcela de gastos com P&D de 1,3% em 2005 para 2% em 2010, a do aumento da fração urbana da população de 43% em 2005 para 47% em 2010[175] (GUO; MARINOVA; HONG, 2013).

Como resultado, a LER e a constelação de leis e planos que a circundaram tiveram sucesso no rápido aumento da indústria e da capacidade instalada de ER, particularmente

[175] Os valores reais atingidos em 2010 para parcela do valor agregado da indústria de serviços em relação ao PIB, parcela de gastos com P&D e fração urbana da população foram, respectivamente, 43%, 1,75% e 47,5% (GUO; MARINOVA; HONG, 2013)

de turbinas eólicas, que se apresentava como a opção mais atrativa e barata aos investidores, se comparada às outras opções renováveis naquele momento. Este aumento não foi traduzido na mesma medida no aumento da geração elétrica, como já citado no item 4.1.2.2. Esta discrepância se deve, segundo SCHUMAN; LIN (2012), à: (i) falta de coordenação entre o planejamento da expansão da capacidade instalada e o da expansão da rede elétrica, bem como à falta de incentivos às companhias de distribuição para efetivamente fazerem cumprir a conexão mandatória; (ii) menor eficiência das turbinas domésticas em relação às estrangeiras; e (iii) contingenciamento devido ao receio de desestabilização da rede com a integração de fontes intermitentes. Assim, entre 2005 e 2007, a despeito da rápida alavancada da capacidade instalada de geração elétrica por ER, o percentual da geração a carvão na matriz elétrica aumentou de 78,9% para 81,1%, evidenciando não apenas a lacuna de integração das renováveis à rede, mas também a ainda forte dependência ao combustível fóssil tradicional, também em expansão (BAIETTI; BANK, 2014).

Vale pontuar que a dificuldade de integração de renováveis na China se deve, em grande parte, à ausência de um sistema nacional integrado de energia elétrica. Ainda que desde de 2011 todas as províncias estejam interligadas, as seis redes regionais se conectam de maneira ineficiente a coordenar as muito distintas capacidades instaladas e demandas do território chinês. Enquanto as regiões noroeste e nordeste, por exemplo, concentram uma capacidade instalada de parques eólicos e solares equivalente ao dobro de seus picos de carga médios, as regiões norte e leste mantêm capacidade instalada bastante próxima aos picos de carga [176] (IRENA, 2014; KURIAKOSE et al., 2017).

Assim, em resposta ao rápido mas pouco coordenado crescimento do setor, uma emenda à LER foi aprovada pelo NPC em 2009. A emenda buscava resolver o problema

[176] Segundo IRENA (2014), a região noroeste (*Northwest China Grid*, controlada pela SGCC), que inclui as províncias de Xingjiang, Gansu, Qinghai, Shaanxi e Ningxia, possuía capacidade instalada de 123 GW e pico de carga de 66GW, em 2013; a região noroeste (*Northeast China Grid*, controlada pela SGCC), que inclui as províncias de Liaoning, Jilin e Heilongjiang, possui capacidade instalada de 112 GW e pico de carga de 52 GW, no mesmo ano. As regiões leste e norte, por outro lado, possuíam capacidade instalada de 243 GW e 201 GW, e pico de carga de 215 GW e 188 GW, respectivamente.

da lenta expansão da conexão da nova capacidade instalada à rede elétrica, bem como reorganizar o Fundo de Energia Renovável. Apesar de reiterar que as companhias de rede[177] deveriam assumir os custos adicionais da integração de toda ER e ainda dobrar a penalização pela não-integração de geradores de ER à rede, a emenda passa a permitir que estas empresas pleiteem subsídios do Fundo de Energia Renovável para cobrirem os custos adicionais (SCHUMAN; LIN, 2012).

Este período, portanto, é marcado pela criação de uma estrutura legal coerente com a diversificação de ER, estipulando metas e detalhando políticas específicas para energias solar, eólica, biomassa, de marés e geotérmica, em todas as suas formas. No entanto, se no âmbito da LER a política de incentivo é semelhante para todas as TER, fica claro o direcionamento específico[178] para as energias solar e eólica nos programas de concessão e nas diferentes abordagens utilizadas para impulsioná-las, bem como nas políticas provinciais e locais anteriores à LER[179] (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015; ZHANG, S.; ZHAO et al., 2013).

Analisando o setor de energia eólica, a política de conteúdo local foi diferencial no desenvolvimento da indústria: ainda em 2005, a CNDR lançou nota sobre os requisitos de gestão para geração eólica, exigindo 70% de conteúdo local para proteger a indústria nascente, levando empresas internacionais a se estabelecerem no país de maneira

---

[177] As duas empresas de transmissão e distribuição mais importantes na China são a *State Grid Corporation of China* (SGCC), que responde por 80% de todo o consumo de energia elétrica na China, e a *China Southern Grid* (CSG), ambas SOEs (SCHUMAN; LIN, 2012). Segundo KURIAKOSE et al. (2017), a SGCC é mais resistente aos avanços de ER, de modo que as províncias do norte são mais dependentes do carvão, enquanto a CSG, responsável por províncias ao sul, preza mais pela diversificação e, por isso, possui maior flexibilidade técnica em integrar os recursos renováveis.

[178] Esta ênfase transparece no Plano Estratégico de Médio e Longo Prazo para C&T (MLP-2020), que prioriza o "desenvolvimento de grandes geradores de energia eólica, tecnologias e equipamentos para os parques eólicos costeiros e interiores, bem como áreas intensivas de energia eólica na China Ocidental, tecnologias custo-efetivas para baterias solares fotovoltaicas, tecnologias solares para geração de eletricidade e tecnologias para o desenvolvimento e utilização de biomassa e energia geotérmica".

[179] Para detalhes das políticas locais e provinciais, ver HOCHSTETLER; KOSTKA (2015), SHEN (2017) e ZHANG, S.; ZHAO et al. (2013).

independente ou formando *joint-ventures* com companhias locais (IRENA, 2011; WANG, H. et al., 2016). A medida já vinha sendo gradualmente introduzida desde 1997 no Programa *Ride the Wind*, inicialmente com requisito de 20%, chegando a 50% em 2003, e foi considerada um sucesso, uma vez que a participação doméstica de equipamentos eólicos recém-adquiridos aumentou de 30% em 2005 para 90% em 2010[180] (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015). Além disso, a política de reduçao do IVA para compra de equipamentos e partes importados para a fabricação de turbinas, bem como o cancelamento da política de isenção fiscal para importação de turbinas de capacidade inferior a 2,5MW, foram políticas implementadas para melhorar a capacidade inovativa das empresas e a qualidade das turbinas produzidas, e se mostraram fundamentais para que a fabricação de turbinas eólicas maiores fosse rapidamente desenvolvida na China (ZHANG, S.; ZHAO et al., 2013). LEWIS (2016), entretanto, reporta que, com essas políticas, poderia haver maior interesse do governo central em impedir a concorrência de empresas menores às três empresas maiores e parcialmente estatais que lideravam o mercado naquele momento.

Em 2009, quando criticada por violar as regras da OMC, a política de conteúdo local foi abolida para dar lugar ao sistema de FIT nacional, mas a indústria chinesa já estava plenamente estabelecida e cobrindo toda a cadeia de valor. A FIT, por sua vez, teria papel importante no aumento da capacidade instalada e de fabricação no período seguinte, uma vez que a unificação da tarifa garantia aos desenvolvedores de projetos e aos fabricantes maior facilidade planejarem-se frente a um comportamento esperado do mercado, o que também seria refletido em maior lucratividade aos investidores.

Em relação à energia solar, por outro lado, as metas para a capacidade instalada até 2010 sugerem menor interesse do governo central em desenvolvê-la que biomassa ou energia geotérmica, por exemplo. De fato, o Estado não seria tão ativo na formulação de políticas quanto para a a geração eólica, já que à época o custo de geração solar era mais

[180] Até 2007, fabricantes internacionais como Gamesa, General Electric, Nordex, Suzlon e Vestas dominavam o mercado chinês quando foram substituídas pelas domésticas. Já em 2008 as empresas chinesas Goldwind e Sinovel figuravam entre as dez maiores empresas do ramo (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015).

alto além de ser tecnicamente mais difícil de conectar painéis à rede. Seus esforços, por outro lado, estariam em garantir as condições necessárias para o desenvolvimento da indústria de fabricação de painéis e módulos, beneficiária da vasta mão-de-obra barata chinesa, visando os altos lucros da exportação para mercados ocidentais emergentes a preços abaixo do mercado[181].

Avanços importantes pré-2005 haviam sido alcançados por programas como o *Brightness Program* (1996)[182] e o *Solar Rooftop Program (*2002) através da eletrificação de sistemas isolados e rurais[183] como principal fonte de demanda dentro da China por painéis solares, com forte subsídio estatal e política de cotas, o que deu o primeiro impulso à indústria nacional (Yingli Green Energy e Suntech Power, principalmente, ambas privadas[184]) (ZHANG, S.; ZHAO et al., 2013). A segunda e mais forte onda de expansão da capacidade industrial ocorreria a partir de 2004 com o rápido crescimento do mercado externo, principalmente o alemão, impulsionado pelo "German Renewable Sources Act" de 2000, mas também o crescente mercado norte-americano, orientando a indústria solar chinesa à exportação[185]. Os fabricantes foram beneficiados por políticas de atração de

---

[181] Segundo WANG, Y. hua; LUO; GUO (2014), o preço dos painéis chineses eram 30% menores que seus equivalentes fabricados nos EUA nesta fase.

[182] Este programa tinha como objetivo prover eletricidade (100W por pessoa) por fontes renováveis de energia a 23 milhões de pessoas em áreas remotas sem acesso a eletricidade na China até 2010 (ZHANG, S.; ZHAO et al., 2013). Em 1996, cerca de 5,2 % da população chinesa não tinha acesso à eletricidade e, ao final de 2010, este número caiu para menos de 1% (WORLD BANK, 2018).

[183] A eletrificação rural, em 2007, era responsável por 42% da capacidade instalada da indústria solar FV, compondo a principal parcela da demanda até aquele ano (AMINEH; GUANG, 2012).

[184] Estas duas empresas pioneiras, inicialmente privadas, tiveram trajetórias diferentes: a Yingli Green Energy é marcada pela formação de uma capacidade industrial de tecnologia endógena; a Suntech Power, por sua vez, consolidou-se no mercado pelo aumento de escala de suas fábricas, tornando-se exemplo para as as centenas de empresas de painéis solares que surgiriam nos anos posteriores (HOPKINS; LI, 2016).

[185] Em 2009, mais de 90% dos painéis fotovoltaicos produzidos na China eram exportados e, em 2010, este valor chegou a 95% (CHINESE ACADEMY OF SCIENCES et al., 2010; TOKE, 2017).

investimentos estrangeiros diretos, de isenção fiscal e de subsídios para P&D, além de forte suporte financeiro de bancos estatais.

Essa rápida expansão da capacidade produtiva seria reforçada ainda pela competição inter-regional e -municipal. Como aponta HOCHSTETLER; KOSTKA, (2015), a indústria de fabricação de painéis FV estava presente em mais de 300 cidades chinesas[186], que, competindo por investimentos estatais e almejando rápido crescimento econômico no curto prazo, construíam parques industriais para atrair fabricantes de painéis. Como resultado, mais de 2000 companhias foram criadas no país, levando à capacidade excessiva da indústria solar FV chinesa, equivalente à cerca de 20 vezes a demanda doméstica e quase duas vezes a demanda global por painéis (ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED et al., 2013). O excesso da capacidade produtiva inundaria os mercados globais com painéis de qualidade inferior e preços baixos, além de elevar os preços de polissilício de US$32/kg em 2004 para US$450/kg em 2007[187] (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015).

Assim, o governo central destinaria esforços à integração vertical da indústria com o controle de setores *up- e down-stream* da cadeia produtiva, da produção de silício e polissilício[188] à logística de exportação e implementação de projetos (HOPKINS; LI, 2016). O Estado teria papel importante na promoção da produção doméstica de silício bruto e polissilício, cuja produção no início dos anos 2000 era dominada por empresas alemãs, norte-americanas e japonesas, tornando a produção chinesa a maior do mundo em 2011. Com efeito, os custos da produção do mineral reduziriam de US$66/kg para US$33/kg entre 2008 e 2009, e, em 2012, muitas das pequenas e médias empresas do

---

[186] De acordo com a definição do governo chinês de cidade, este número significaria que cerca de metade das cidades chinesas possuiriam parques industriais solares FV.

[187] A demanda chinesa saltara de 4.000 toneladas em 2006 para 10.000 em 2007 e 40.000 em 2009. A capacidade de produção de polissilício havia aumentado de 300 toneladas para 1.100 e 20.357, respectivamente, reduzindo as importações de 92,5% em 2006 para 49,1% em 2009 (IEA, 2010).

[188] Em 2007, segundo XIAOHUA (2012), importava-se 90% do polissilício para fabricação de wafers, células até, finalmente, os módulos FV na China. Se por um lado a produção de lingotes, *wafers*, células e módulos são intensivas em mão-de-obra, o que dava vantagem à China nestas etapas, a produção de polissilício, segundo o mesmo autor, era 1,89 vezes mais cara na China em relação a outros países.

ramo já haviam declarado falência (HOPKINS; LI, 2016; ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED et al., 2013).

O papel mais ativo do Estado no setor, entretanto, se daria a partir de 2009 pelo estímulo à expansão da produção e também da instalação de painéis quando da crise financeira de 2008, com o mercado externo menos aquecido. Se até então a atuação do governo central fora marcada como responsável mais por uma orientação macro que favoreceu a expansão com base em exportação, do que ativamente criando políticas orientadas para o mercado interno, o Programa *Golden Sun* marca uma mudança nesse sentido. O programa inaugura a garantia de subsídios, mais acentuada nos planos quinquenais posteriores, para projetos de instalação de painéis FV de maneira a direcionar a produção excedente para o mercado interno, na tentativa de reduzir a dependência dos mercados externos. O foco na demanda seria melhor desenvolvido no período seguinte.

Já no setor de transportes, a indústria de veículos de nova energia (NEV, na sigla anglo-saxã) teria o primeiro programa detalhado pelo governo central ainda em 2009, no mesmo ano que o mercado chinês para vendas de novos veículos se consolidava como o maior do mundo, ainda que o termo tenha surgido oficialmente em 2006 (GONG; WANG; WANG, 2013). Das experiências anteriores relevantes, que remonta desde investimentos em P&D na década de 1990 até testes e demonstrações com veículos alternativos, é importante ressaltar como ocorre a correção da prioridade governamental dado o desenvolvimento de cada tecnologia. Como apontam GONG; WANG; WANG (2013), não havia preferência no início dos anos 1990, o que muda no fim da década e no 10ºPQ (2001-2005), quando o interesse do governo orienta-se à tecnologia de híbridos devido ao sucesso do Toyota Prius no mundo. Na primeira década dos anos 2000, o somatório dos investimentos do governo central, dos governos locais, de empresas privadas e centros de pesquisa foi em torno de US$1,79 bilhões em P&D, em projetos piloto e comercialização (GONG; WANG; WANG, 2013). Em seguida, os autores apontam que a tecnologia de célula combustível ganha maior relevância durante o 11ºPQ até, mais recentemente, o foco em eletrificação cristalizar-se também na área de transportes e os veículos elétricos a bateria tornarem-se estratégicos e prioritários.

Entre os avanços do período entre 2005 e 2010, vale citar: (i) o 11ºPQ, que marca o salto dos testes com protótipos para o mercado; (ii) o Plano de Desenvolvimento de C&T de Médio e Longo Prazo, que especifica o foco em veículos híbridos, de

combustíveis alternativos e células combustíveis; e (iii) o programa "10 cidades, 1000 EVs" visava implementar a utilização de 1000 NEVs em 10 cidades-piloto a cada ano, entre 2009 e 2012 para o serviço público. Neste período, o investimento total excedeu US$1,5 bilhões, provenientes tanto do setor público (central e local), quanto do privado (GONG; WANG; WANG, 2013).

Por fim, o governo central seria protagonista, junto à iniciativa privada, da melhoria do desempenho chinês na inovação destas indústrias, através da colaboração com universidades e centros de pesquisa (inovação colaborativa), e fortes investimentos em P&D (HEILMANN, 2017). O MCT foi responsável por grandes investimentos em P&D em várias TER, principalmente a partir da década de 1980, sendo o mais importante o Programa 863, que fazia parte de uma reestruturação mais ampla da ciência e tecnologia no país pelo governo central[189]. Especificamente na área de energia, segundo HOPKINS; LI (2016), os investimentos em P&D cresceram gradativamente de US$15,3 milhões em 1996 para atingirem US$890 milhões em 2008. Além disso, o "Plano Estratégico de Médio e Longo Prazo para C&T" (MLP-2020) também representou uma iniciativa importante para a política de inovação nacional chinesa, conferindo prioridade máxima ao desenvolvimento de tecnologias de energia por metas de curto e longo prazo.

Esta primeira fase, portanto, representa o início da convergência entre a necessidade de abordar a modernização de maneira ecológica, dada a situação crítica da poluição do ar e o avanço da insegurança energética em que a China se colocava, e a oportunidade de estrategicamente desenvolver as indústrias de TER que apresentavam maturidade de comercialização para bem posicionar a país no mercado internacional. Fica clara a preferência do Estado por instrumentos de desenvolvimento do lado da oferta, aumentando a capacidade industrial e de fabricação, e ainda por investimentos em P&D e inovação. Ainda que estimulada pela conexão ao grid mandatória, a demanda não é

[189] O Programa 863, cujo nome deriva de sua data de criação em março de 1986, foi a versão chinesa de planos como o *Strategic Defense Initiative* (EUA), o EURICA (UE), o *Comprehensive Outline of Scientific and Technical Progress in Year 2000* (COMECON), por exemplo, que se preparavam estrategicamente na década de 1980 para a nova revolução tecnológica emergente baseada em alta tecnologia (TI, telecomunicações, bioengenharia, novos materiais, entre outras). Com o programa, o governo chinês almejava libertar-se da dependência tecnológica aos países centrais à época.

priorizada neste momento e a medida não alcança tanto sucesso. Por outro lado, apesar da expansão de ambas as capacidades produtivas, as indústrias solar e eólica divergem nos mercados onde atuam inicialmente: a eólica foca no doméstico e a solar no estrangeiro, o que definiu também a competição às quais estavam respectivamente submetidas. Assim, é importante notar que, nestes primeiros anos, a indústria eólica seria pouco submetida à competição devido ao foco no mercado interno e à proteção estatal de seus interesses, enquanto a indústria solar, cuja produção disputava as demandas do mercado internacional, operaria em alta competição com as concorrentes estrangeiras.

Vale pontuar ainda o foco na eletrificação da geração como parte da estratégia da política energética de longo prazo, congruente com o desenvolvimento da indústria de tecnologia de informação, telefones celulares, telecomunicações, veículos elétricos e trens de alta velocidade, que são parte de um mesmo aglomerado tecnológico em formação. Os pilares da política de energias renováveis chinesa nesta fase foram, assim, responsáveis por proteger as indústrias de TER nascentes até se tornarem maduras e internacionalmente competitivas.

4.1.3.2 2011 a 2014: O 12º Planos Quinquenal, as Indústrias Emergentes Estratégicas e o início da transição entre o "Made in China" e o "Created in China"

Sob taxas de crescimento mais modestas[190], a continuidade dos esforços do governo central em promover ER na China se daria inicialmente pelo 12º Plano Quinquenal, que, no campo macroeconômico focava em reestruturar a economia de maneira mais balanceada que o plano quinquenal anterior pelos seguintes ajustes: (i) orientar o crescimento pelo consumo das famílias; (ii) promover o setor de serviços; (iii) reduzir as desigualdades; (iv) acelerar a urbanização; (v) encorajar investimentos privados; (vi) aprimorar as indústrias no sentido de escalar para setores de maior valor agregado nas cadeias de valor e de expansão para mercados globais; (vii) estimular

[190] A média de crescimento entre 2006 e 2010 foi de 11,2%; a meta de crescimento do 12º Plano Quinquenal era de 7% entre 2011 e 2015, moderada mas estável para o médio a longo prazo (KPMG CHINA, 2011).

inovação tecnológica; e (viii) priorizar o desenvolvimento de sete indústrias emergentes estratégicas (SEIs, na sigla anglo-saxã)[191] (IEA/IRENA, 2018).

Outro aspecto importante do 12º PQ é a menção ao desenvolvimento da economia circular na indústria chinesa, melhorando a eficiência na utilização de recursos e a relação entre produção, circulação e consumo. O plano enfatiza o desenvolvimento de sistemas de reciclagem e recuperação de recursos renováveis, bem como a criação de um modelo de consumo menos intensivo em recursos e emissões; é a primeira vez, também, que um plano quinquenal assume compromisso de responder ativamente às mudanças climáticas. Em suma, como aponta HU (2017), o 12ºPQ reforça o método chinês de "desenvolvimento verde" pelo incentivo desenvolvimento de indústrias "verdes" e também através do estímulo ao setor de serviços, intensivos em mão-de-obra, informação e conhecimento; pela construção de sistemas de produção "verdes", pelo desenvolvimento de tecnologias e padrões "verdes"; pela promoção de consumo "verde"; pelo estímulo ao crédito e investimentos "verdes"; pelo desenvolvimento de energia "verde"; pela implementação de reformas e políticas "verdes"; pela implementação de comércio "verde"; pela cooperação internacional "verde".

É no período entre 2010 e 2015 que a China se transforma na maior investidora de energias renováveis no mundo, contribuindo com mais de 40% da capacidade instalada de energia renovável do mundo: o processo que iniciara no período anterior ganha momento, apesar de a descarbonização de sua matriz energética não ocorrer na mesma proporção (IEA/IRENA, 2018). Os investimentos chineses em renováveis (solar, eólica, geotérmica, PCH e biomassa), maiores que os dos dois países seguintes que mais investem combinados, EUA e Alemanha, somam a US$377 bilhões nestes 6 anos (FRANKFURT SCHOOL-UNEP CENTRE/BNEF, 2018). Além do foco no desenvolvimento da indústria de TER, é também neste plano quinquenal que a China

[191] As SEIs, são definidas como "indústrias intensivas em conhecimento e tecnologia com menor consumo de recursos materiais, grande potencial de crescimento e bons benefícios abrangentes baseados em avanços tecnológicos significativos e grandes demandas de desenvolvimento, desempenhando um importante papel de liderança e condução no desenvolvimento social e econômico geral e de longo prazo." (IEA/IRENA, 2018).

inicia a implementação de taxas e mercado de carbono, ainda que de maneira tímida, mas complementando as políticas para ER[192]. As políticas específicas para ER no período de 2011 a 2014 estão descritas naTabela II-2.

Dando continuidade ao 11ºPQ, o 12º Plano Quinquenal para Desenvolvimento de Energia Renovável tem como foco primário a promoção de uma economia de baixo carbono e define meta de consumo por fontes não-fósseis de 11,4% até 2015, a partir dos 8,6% atingidos em 2010, além de definir capacidade instalada hidrelétrica, eólica, solar e nuclear de 290, 100, 21 e 40 GW, respectivamente. As metas para energias renováveis do 12º PQ estão em consonância com o anúncio feito pelo governo chinês na Conferência de Copenhagen em 2009, de redução da intensidade de emissões por unidade de PIB, e é o primeiro a incluir explicitamente uma meta de combate às mudanças climáticas. Além disso, documentos de políticas macro como o "Energy Policy White Paper", emitido em 2012, o "Plano de Ação Estratégico para o Desenvolvimento Energético", de 2014 e o "Anúncio Conjunto EUA-China para Mudanças Climáticas, de 2014, também endossam o comprometimento do governo do desenvolvimento de ER e a mudança de conduta nas negociações internacionais do clima, como já citado no item 4.1.1.4..

Duas diferenças deste período para o anterior podem ser verificadas: (i) o número de políticas aumenta em resposta às crescentes indústrias e mercados; e (ii) a partir do 12º PQ, cada tecnologia ganharia detalhamento em um PQ específico. Por exemplo, enquanto o 12º PQ para Energia Renovável abrange metas gerais de capacidade instalada de cada tecnologia, o 12º PQ para Desenvolvimento da Indústria Solar e seu análogo para a indústria eólica e NEV avaliam o estado de desenvolvimento e os problemas correntes a serem solucionados, e definem política energética e industrial orientada para as especificidades de cada indústria. Ainda que as TER solar, eólica e, posteriormente, de NEV figurassem mais nas políticas governamentais, a diversificação continuou sendo um

[192] As taxas iniciariam a somente 10 yuan/t CO_2 em meados ou fim do 12º PQ e a receita resultante seria destinada a projetos de energia limpa; mercados *cap-and-trade* pilotos a níveis subnacionais foram implementados a partir do ao final de 2011 para experimentação e aprendizado, para que um mercado nacional pudesse ser implementado no PQ seguinte. Não está no escopo desta dissertação discutir os avanços dos mercados de carbono na China; para mais detalhes, ver LIN; YANG; PORTNER (2013), REN21 (2018) e SANDALOW (2018).

dos pilares da política de ER em projetos-piloto, cidades de demonstração e políticas de P&D, evidenciando a importância dada pelo governo à inovação em múltiplas áreas.

Em relação à indústria solar FV, o governo deu continuidade aos incentivos para aumentar a capacidade instalada interna, iniciada ao fim do período anterior, na tentativa de balancear demanda e oferta, que sofria de capacidade de produção excessiva. Além da já citada crise financeira global, que levou à contração dos mercados europeus e norte-americanos, em 2012, os EUA e a UE iniciaram medidas anti-*dumping* contra os painéis chineses, o que dificultou ainda mais o escoamento da produção em excesso para os maiores mercados consumidores naquele momento. Em retaliação, no entanto, a China impôs taxas à exportação de polissilício, o que levou ao aumento do custo de fabricação de painéis e, consequentemente, ao preço da energia solar no Ocidente. Neste sentido, a indústria de painéis FV chinesa continuou de alguma maneira orientada à exportação mas, em 2015, o mercado doméstico já havia superado o mercado alemão em termos de capacidade instalada e metade da produção doméstica daquele ano foi destinada ao mercado doméstico (TOKE, 2017).

Assim, as políticas para desenvolvimento de mercado interno neste período, dando seguimento ao Programa *Golden Sun*, foram a política de FIT de 2011 (ajustada em 2013) e a política de reembolso do IVA em 50% de 2013; com efeito, cerca de 80% de todo capital investido na indústria solar FV global em 2010 viria do governo chinês (ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED et al., 2013). Além disso, WANG, P.; LIU; WU,)2017) reportam que a CNDR dobrou o preço da energia elétrica solar em relação a de plantas termelétricas a carvão em 2013, subsidiado pela Fundo de Energia Renovável, buscando aumentar o lucro dos produtores. O governo também aumentou a meta de 21 GW no 12ºPQ para Energia Solar para 35 GW em anúncio feito em 2013, para ser cumprido até 2015, sinalizando ainda mais aos investidores seu objetivo de desenvolver o mercado doméstico. Apesar da nova capacidade instalada ter foco na geração centralizada e de larga escala, políticas secundárias para energia solar FV neste período procuraram aumentar o percentual dedicado à geração distribuída, descentralizada, ainda que mais para fábricas do que para usuários individuais, e focar também no aumento da eficiência e padronização dos painéis.

Dos problemas resultantes da política para energia solar neste período, podemos citar, novamente, o forte contingenciamento e a falência de grandes empresas do ramo,

tanto chinesas quanto estrangeiras. Como o crescimento da demanda fora guiado pela competição inter-regional e -municipal, que atraiam os produtores pelos subsídios e alívio fiscal além do definido pela política nacional, a geografia da expansão da capacidade instalada FV na China esteve mais associada à busca das empresas por lucratividade do que pela expansão da rede elétrica, realizada pelas estatais da rede elétrica (SGCC e CSG). Esta, como previa a LER, estava submetida à nova geração por ER, o que reforçou o já citado problema de contingenciamento. Além disso, o grande investimento e a entrada mais forte da já verticalizada indústria solar chinesa no mercado resultou na queda dos preços de painéis FV globalmente, levando empresas chinesas e estrangeiras do ramo a aquisições, reduções ou à falência entre 2009 e 2013[193]. Vale ressaltar que as falências foram reforçadas pelos efeitos da crise de 2008, que contraiu os mercados para estas empresas.

Ainda que em menor grau que a indústria de painéis FV, a indústria eólica também sofria excesso de capacidade de produção de turbinas. Segundo ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED et al. (2013), mais de 40% da capacidade de produção da indústria eólica estava ociosa, em 2011. Outra característica compartilhada por ambas as indústrias é a menor difusão doméstica de TER, se comparada ao crescimento da capacidade de fabricação. Se no caso da indústria solar FV isso ocorria pelo tamanho reduzido do mercado doméstico, no caso da indústria de turbinas eólicas ocorria pelo contingenciamento e pela restrições de conexão à rede elétrica (ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED et al., 2013).

De maneira geral, as políticas orientadas para energia eólica neste período tiveram foco parecido com o anterior. Percebe-se que a orientação ao desenvolvimento de parques eólicos larga escala (agora com foco também em parques *offshore*), iniciada já no fim do período anterior com a introdução da FIT e da emenda a LER em 2009, é reforçada nas políticas pós-2010. Há políticas com o objetivo de reduzir o contingenciamento que

---

[193] Foram à falência, entre muitas, empresas como Solyndra (EUA), SpectraWatt (Canadá), Q-Cells (Alemanha), BP Solar, e várias chinesas; a tradicional chinesa Suntech reduziu muito de tamanho e só permaneceu no mercado por apoio estatal. Ver detalhes e lista completa em: https://www.greentechmedia.com/articles/read/rest-in-peace-the-list-of-deceased-solar-companies-2009-to-2013#gs.fTlN9v8

surtem efeito, mas que continuam insuficientes no acompanhamento do rápido desenvolvimento da capacidade instalada. Outro problema revelado pela rapidez de crescimento da capacidade industrial em um contexto de pouca competição e ausência de um sistema nacional de certificação de qualidade, é a baixa qualidade das turbinas fabricadas, inferior às estrangeiras e muito diferentes entre si. A padronização e métodos de certificação também encontrariam espaço na agenda industrial a partir de 2011. Assim, a despeito das adversidades encontradas neste período, já em 2011 quatro empresas chinesas (Goldwind, Sinovel, United Power e Mingyang) estariam entre as 10 maiores fabricantes; em 2012, a China teria maior capacidade instalada de energia eólica que os EUA e países europeus juntos, tornando-se o maior mercado para energia eólica no mundo; e a estatal chinesa Goldwind se tornaria a maior fabricante de geradores eólicos em 2015, ultrapassando a Vestas (Dinamarca) e a GE (EUA) (TOKE, 2017; ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED et al., 2013).

Relativamente à política para veículos elétricos, o objetivo neste período está no aumento de escala tanto da produção de NEVs quanto da infraestrutura de recarga necessária para comportá-la. A princípio, o foco de subsídios está nos elétricos puros (BEVs) para, em um segundo momento, focar também nos híbridos *plug-in* (PHEV). Além destes dois tipos, que neste período alcançarão produção em massa, outros NEVs, como híbridos (HEVs) e a célula combustível (FCEV) são encorajados por meio de P&D e projetos-piloto, de maneira a acompanhar o ritmo internacional de desenvolvimento tecnológico. As cidades de demonstração tornam-se importantes laboratórios de políticas públicas para a difusão nacional destes veículos. É neste período que a indústria ganha momento e rapidamente muitas empresas chinesas são criadas tanto para produção de veículos privados quanto para ônibus; com efeito, as maiores vendas domésticas são de fabricantes locais, de modo que somente a Tesla, entre as fabricantes estrangeiras, teve venda expressiva no país (CHENG; TONG, 2017).

Entretanto, as vendas expressivas são em sua maior parte financiadas pelo Estado por meio de compras públicas: cerca de 65% de todos os veículos vendidos até 2015 foram públicos (veículos de aluguel, ônibus municipais, veículos de passageiros, veículos de entrega, veículos oficiais, taxis, entre outros). Além disso, dos 35% privados, como reportam CHENG; TONG (2017), a metade está situada nos grandes centros urbanos

(Xangai, Pequim e Shenzhen), onde a motivação maior pela compra de NEVs se dá pela limitação de registros de veículos de combustão interna.

Para além das metas e políticas orientadas para cada TER, a mais importante característica deste novo PQ é a já citada estratégia de desenvolver as SEIs, que também ganha detalhamento no 12º PQ das Indústrias Emergentes Estratégicas. O Plano define como meta que 15% do PIB chinês em 2020 seria decorrente do valor agregado de sete indústrias estratégicas, das quais três estão relacionadas à ideia de crescimento sustentável (conservação de energia e eficiência energética, a chamada "nova energia" e veículos de "nova energia") e quatro são consistentes com a escalada chinesa nas cadeias valor (a nova geração de tecnologia de informação, a biotecnologia, a fabricação de equipamentos de ponta[194] e a de novos materiais). É a primeira vez que as ER são ressaltadas como indústrias emergentes estratégicas. Para esse feito, o governo realizou investimentos de 4 trilhões de *yuan* (610 bilhões de dólares americanos) (DENT, 2015).

4.1.3.3 2015 a 2017: O 13º Plano Quinquenal, o Made in China 2025, a Iniciativa da Nova Rota da Seda e o foco na demanda doméstica, na internacionalização e na inovação no "novo normal" chinês

Como previra o 12º PQ, a economia chinesa desaceleraria e chegaria em 2015 a taxas de crescimento menores, que seriam estabilizadas no chamado "novo normal": no 13ºPQ, a China estaria em busca de uma "sociedade moderadamente próspera". Como aponta AGLIETTA; BAI (2016), os objetivos deste PQ marcam uma ruptura clara no modelo de desenvolvimento chinês até então, que poderiam ser listados da seguinte forma; (i) transição do crescimento orientado pela acumulação de capital para o crescimento orientado pela inovação, materializado no *Made in China 2025*; (ii) desenvolvimento espacial, na busca pela maior integração rural-urbana e redução de desigualdades inter-regionais no sistema de bem-estar social (*hukou*); (iii) "desenvolvimento verde", que reúne esforços de conservação de recursos, proteção ambiental, e economia de baixo carbono; (iv) desenvolvimento inclusivo, visando

[194] Segundo o Plano Quinquenal para Indústrias Emergentes Estratégicas, equipamentos de ponta referem-se a equipamentos de aviação, de satélites, de transporte ferroviário, de engenharia naval e de sistemas de fabricação inteligente.

redução de pobreza e melhoria do sistema de saúde, bem como a redução do envelhecimento da população pela política de dois filhos; (v) reforma das SOEs e financeira; e (vi) abertura econômica, pela atração de investimentos externos e pelo estímulo às companhias chinesas a atuarem no exterior.

Assim, no tocante à política energética neste período, o 13º PQ visa balancear crescimento econômico com reforma estrutural no setor de energia, reduzindo a intensidade de emissões no PIB, por um lado pela promoção de fontes não-fósseis de energia e pelo direcionamento do capital de indústrias energo-intensivas para indústrias inovadoras e de alta tecnologia, e por outro, reduzindo o consumo de carvão (de 64% do total da energia consumida em 2015 para 58% em 2020) e expandindo o consumo de gás natural. Em relação às políticas de TER neste período, as principais estão listadas naTabela II-3.

Assim como o 12º PQ em relação ao 11º PQ, o 13ºPQ apresenta ainda maior detalhamento: há 14 planos quinquenais somente sob o guarda-chuva do 13º PQ de Energia, os mais importantes citados na Tabela II-3. Este período, de maneira geral, é marcado tanto pela continuidade de algumas tendências nas políticas correntes nos períodos anteriores quanto por novas orientações.

Das continuidades, pode-se citar a meta de aumento acelerado da capacidade instalada de TER, principalmente de eólica *onshore* (205 GW até 2020) e solar FV (105 GW até 2020), a utilização de instalações solar FV para redução da pobreza (painéis para 2,8 milhões de residências, gerando 3000 *yuan* de renda adicional), e a redução das gradual das FITs para ambas as tecnologias. Esta última será realizada de acordo com a redução de custos de geração por avanços tecnológicos ou modernização da indústria até que, em 2020, levem à paridade de preço com tecnologias fósseis convencionais como esperado pelo 13ºPQ.

Entre as novas tendências e rupturas, a política redução do contingenciamento, já abarcada no PQ anterior mas sem grandes sucessos, será intensificada de maneira distinta ao que vinha sendo realizado. O contingenciamento na China ocorre principalmente na região noroeste, ou na região chamada “Três Nortes”, onde há grande capacidade instalada eólica e solar mas pouca demanda local e insuficiente transmissão para conexão eficiente à rede nacional. Nesse sentido, há esforços do governo central em restringir o número de projetos aprovados nessa região, em construir infraestrutura de transmissão de

longas distâncias, e em distribuir a nova capacidade instalada eólica nacional em 53% nas regiões leste e sul e 43% no oeste, ou seja, priorizar as regiões de maior demanda e menor potencial; além disso, o crescimento da capacidade solar não mais se dará de maneira concentrada no oeste com plantas centralizadas mas também no leste e na região central por geração distribuída (YATSUI, 2017). A redução do contingenciamento é importante também para a redução das desigualdades inter-regionais, objetivo primário deste PQ; assim, no caso da eólica *onshore*, há ainda a melhoria da avaliação do potencial eólico pelo interior do país e, no caso da solar FV, a nova capacidade instalada tem foco na geração distribuída no leste e interior do país e não mais em sistemas centralizados e de larga escala, como no período anterior.

Além disso, percebe-se uma preocupação maior com a flexibilidade do sistema emergente, pautado por fontes intermitentes. Segundo o 13º PQ, o consumo de energia não-fóssil deverá subir para 15% do total em 2020[195], dos 12% atingidos em 2015, e, para isso, o governo central precisará orientar o foco das políticas para a demanda com atenção particular às complementariedades a sistemas de ER, como o aumento do percentual de gás natural no consumo total (de 5,9% em 2015 para 10% em 2020), e o desenvolvimento de sistemas de armazenamento, de geração distribuída e de redes inteligentes para aumentar a eficiência do sistema e reduzir custos operacionais. Apesar de terem sido citadas nos PQs anteriores, é somente a partir de 2016 que as duas últimas ganham maior relevância no planejamento e metas no "Plano de Ação de Revolução da Inovação de Tecnologia da Energia", por exemplo.

Outro elemento de novidade é o foco na industrialização e da difusão de TERs como eólica *offshore*, CSP (*Concentrated Solar Power*), geotérmica, oceânicas, bioenergia, entre outras, que figuravam no planejamento de períodos anteriores ainda de maneira muito tímida. Cada uma ganha detalhamento específico, metas de capacidade instalada, projetos de demonstração, e, no caso da *offshore* e CSP, FITs. De maneira semelhante às políticas de solar FV e eólica *onshore*, as políticas orientadas a estas

[195] Para esta meta particular, o governo chinês também implementou, em 2017, a proibição do uso de carvão para aquecimento em 28 cidades, enfatizando o papel do aquecimento renovável estabelecido no 13ºPQ (REN21, 2018). A China conclui, neste mesmo ano, o maior sistema de aquecimento industrial solar térmico.

tecnologias também buscam desenvolver a cadeia de valor internamente. No caso da eólica *offshore*, as metas do 12º PQ (5 GW para 2015 e 30 GW para 2020) não foram atingidas e, por isso, políticas de preço melhores foram implementadas (GOSENS; KÅBERGER; WANG, 2017).

Este período também marca uma tentativa de maior centralização do controle de nova capacidade instalada. Segundo o 13º PQ, as províncias terão de reportar à ANE as metais anuais para melhorar os mecanismos de controle de projetos. Além disso, outro novo objetivo é promover mecanismos de mercado para consumo de ER por sistema, inicialmente voluntário, de certificados de ER. No futuro, esta política deve se tornar mandatória e substituir as FITs.

Em relação à indústria de veículos elétricos, se nos períodos anteriores as políticas tinham caráter mais macroeconômico, de demonstração e de financiamento, este período será mais marcado pela construção de infraestrutura de abastecimento, extensão da capacidade de fabricação de baterias e acompanhamento da qualidade dos NEVs produzidos, acompanhando a escalada das vendas: já não se trata mais de um mercado de nicho. A indústria de NEVs é caracterizada com uma das SEIs e é priorizada pelo governo central e por governos locais e provinciais no desenvolvimento da cadeia de valor, garantindo-a grandes investimentos estatais. Segundo KENDERDINE (2017), a tendência é que o desenvolvimento da indústria de NEVs, por isso, se assemelhe ao desenvolvimento da indústria solar FV e leve à sobrecapacidade de fabricação.

Rupturas importantes neste PQ são a concentração de esforços na inovação, na padronização, no discurso de cooperação internacional e na construção do grande projeto de infraestrutura da Nova Rota da Seda. O objetivo, aqui, com a abertura pelas redes de comércio é estimular que os produtos chineses atuem em ambiente competitivo internacionalmente e deixem de ser somente a opção mais barata no mercado internacional, mas também a mais eficiente e avançada. É importante notar que a maior abertura a mercados externos se dá no momento em que se vislumbra a paridade de preços entre TERs como eólica *onshore* e solar FV e tecnologias fósseis convencionais, o que levará à ampla difusão das primeiras.

Para isso, os esforços em inovação são imprescindíveis. Se em 2005 a LER representava a unificação das políticas de ER esparsas até então, o “Made in China 2025” é sua versão análoga para a escalada nas cadeias de valor em várias tecnologias, incluindo

TER, e o compromisso do governo central em tornar a China uma potência científica e tecnológica. Assim, a magnitude dos investimentos realizados em inovação neste período é justificada pela relevância desta meta. O foco, ainda maior que no período anterior, nas SEIs no 13ºPQ para Desenvolvimento das Indústrias Emergentes, no *Made in China 2025*, no 13º Plano Quinquenal para Inovação de Tecnologias de Energia, e no Plano de Ação de Revolução da Inovação de Tecnologia da Energia representam a síntese entre a tradicional política de orientação à exportação, a política industrial para agregação de valor e a política de tecnologias renováveis e de mudanças climáticas, com objetivo de superar os retornos decrescentes de investimentos e a declinante taxa de crescimento de oferta de mão-de-obra (KURIAKOSE et al., 2017). Estes planos evidenciam ainda mais os objetivos estratégicos chineses e o papel do desenvolvimento de TER e da capacidade de inovação endógena para segurança energética, transformação estrutural da economia, mudanças climáticas e qualidade ambiental. Ou seja, de maneira resumida, a busca do PCC pela liderança no setor de ER é um dos pilares da estratégia de transformação de uma economia pautada na exportação em produtos de baixo valor agregado para uma economia exportadora de tecnologia, entre o "Made in China" e o "Created in China", como tem sido veiculado. Diante do esgotamento próximo do modelo de crescimento tradicional, o governo chinês inicia, neste período, seu projeto de tornar a "inovação verde" um dos novos motores de crescimento.

4.2 A Competência Industrial

Discutidas as políticas energética e industrial relativas às TER na China, faz-se importante caracterizar o crescimento das indústrias fortalecidas por elas. É notável, apesar do contínuo foco na diversificação, a priorização das índustrias solar, eólica e de NEVs enquanto TERs que fazem parte da estratégia nacional de desenvolvimento (MATHEWS; TAN, 2015).

De maneira geral, a relevância da capacidade instalada renovável chinesa no mundo é crescente. A partir da Figura 22, que compara a capacidade instalada de TER para geração elétrica (hídrica, solar, eólica, bioenergia, geotérmica e oceânica), destacam-se os seguintes pontos: (i) o crescimento anual da capacidade instalada chinesa é superior à média mundial; (ii) a C hina supera a capacidade instalada da UE em 2013 e se torna o país com maior capacidade instalada renovável a partir de então; (iii) entre 2004, ano

anterior à promulgação da LER, e 2017, o percentual renovável chinês em relação ao total global salta de 12,0% para 28,4%; (iv) a capacidade instalada renovável em 2017 chegou a 618 GW, indicando que a meta do 13º PQ de 680 GW em 2020 deve ser atingida ainda em 2018, se a indústria continuar crescendo de acordo com a taxa média de crescimento anual de 14,8%, como cresceu entre 2005 e 2017.

Analisando somente a capacidade instalada das TER modernas, não-hídricas, tem-se um panorama um pouco mais detalhado, ilustrado na Figura 23. Percebe-se que as taxas de crescimento anuais – chinesa e global – são maiores do que no gráfico anterior chegando a quase 90% e quase 26% em 2009, respectivamente, assim como são menores os valores absolutos de capacidade instalada, reflexo da maturidade da capacidade hídrica em relação às renováveis modernas, que estão em fases formativa ou de ganho de escala. O crescimento chinês em relação ao total global é ainda mais expressivo entre as não-hídricas, saltando de 2,8% em 2004 para 29,8% em 2017, assim como as taxas de crescimento anuais chinesas são, no geral, muito superiores à média global, com exceção de 2005, antes dos efeitos da promulgação da LER. A capacidade instalada chinesa se aproximou em 2017 à marca da UE, cuja soma da capacidade dos países membros lidera o *ranking* mundial, mas cresce a taxas maiores, o que indica que provavelmente a ultrapassará nos próximos anos.

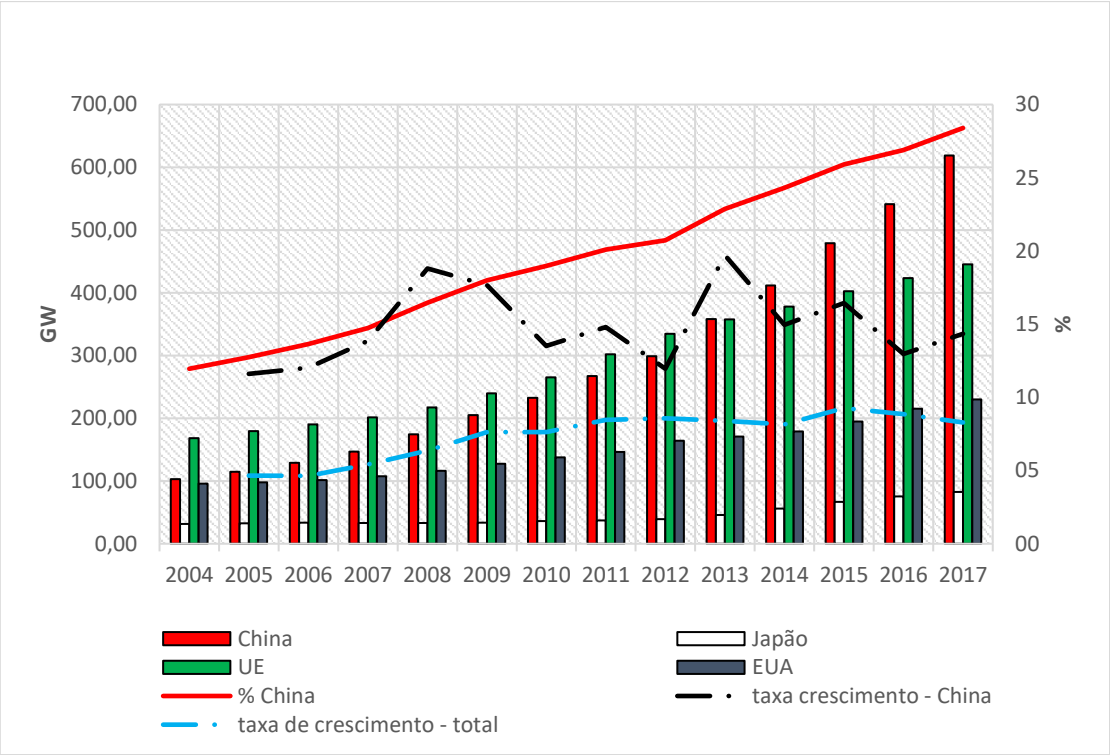


Figura 22 - Capacidade instalada de TER no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

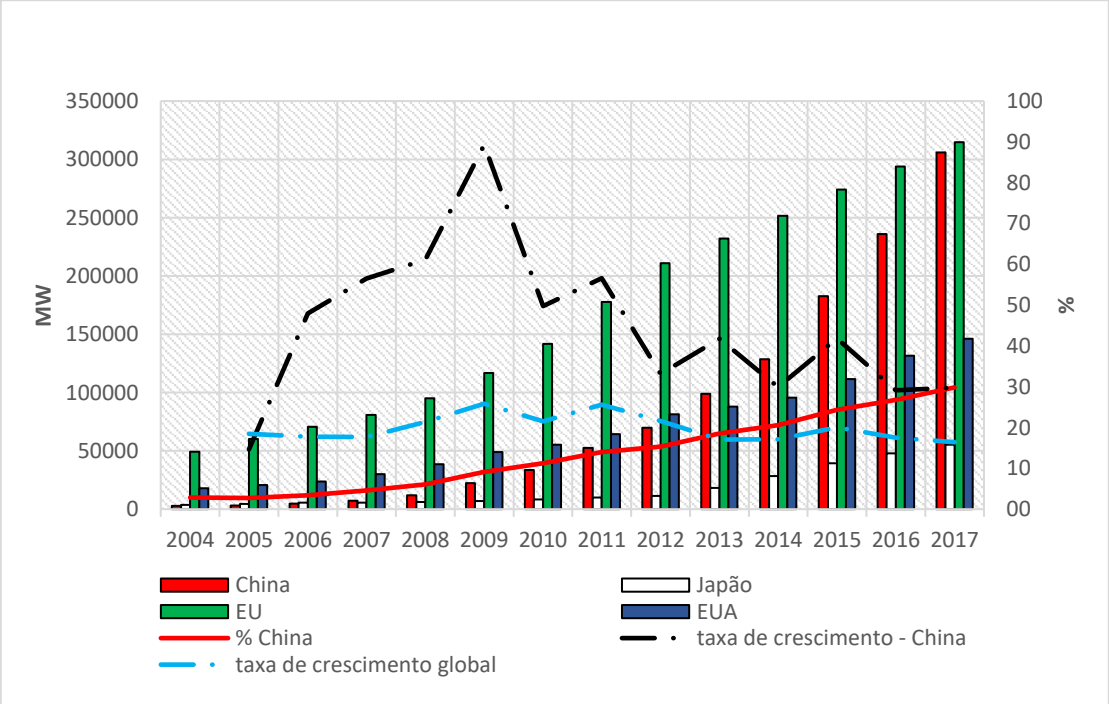


Figura 23 - Capacidade instalada de TERs não-hídricas no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

As altas taxas de crescimento de capacidade instalada, no entanto, dizem mais sobre como esta foi adotada como unidade de medida na definição de metas do que sobre

o real panorama da geração elétrica renovável na China. Como mostra a Figura 24, o foco em metas de capacidade instalada e a ausência de metas de capacidade de geração nos planos quinquenais explica em parte o forte contingenciamento que sofre o setor, principalmente após 2008. Comparando as Figuras Figura 23 e Figura 24, percebe-se que, apesar de a capacidade instalada chinesa equivaler a quase o dobro da dos EUA, a capacidade de geração é ligeiramente menor, em 2016, evidenciando forte contingenciamento. Além disso, as taxas de crescimento de capacidade de geração na China não crescem na mesma medida que a de capacidade instalada, revelando que a ligação compulsória de ER à rede, prevista na LER, não é plenamente realizada, principalmente após 2011, apesar dos esforços para reduzir o contingenciamento. Segundo FRANKFURT SCHOOL-UNEP CENTRE/BNEF (2018), a média nacional de contingenciamento em 2016 chegou a 17% para eólica e 10% para solar[196]. Com efeito, no mesmo ano a capacidade instalada chinesa representava em torno de 29% da capacidade instalada global mas apenas 20% da capacidade de geração (IRENA, 2018b). Por outro lado, a taxa de crescimento de geração voltou a subir nos últimos anos e a uma taxa maior que a de capacidade instalada, sugerindo redução do contingenciamento.

[196] Em Gansu e Xinjiang, estes valores eram de 43% e 38% para eólica e 30% e 32% para solar, respectivamente, em 2016 (ZHOU; LU, 2017).

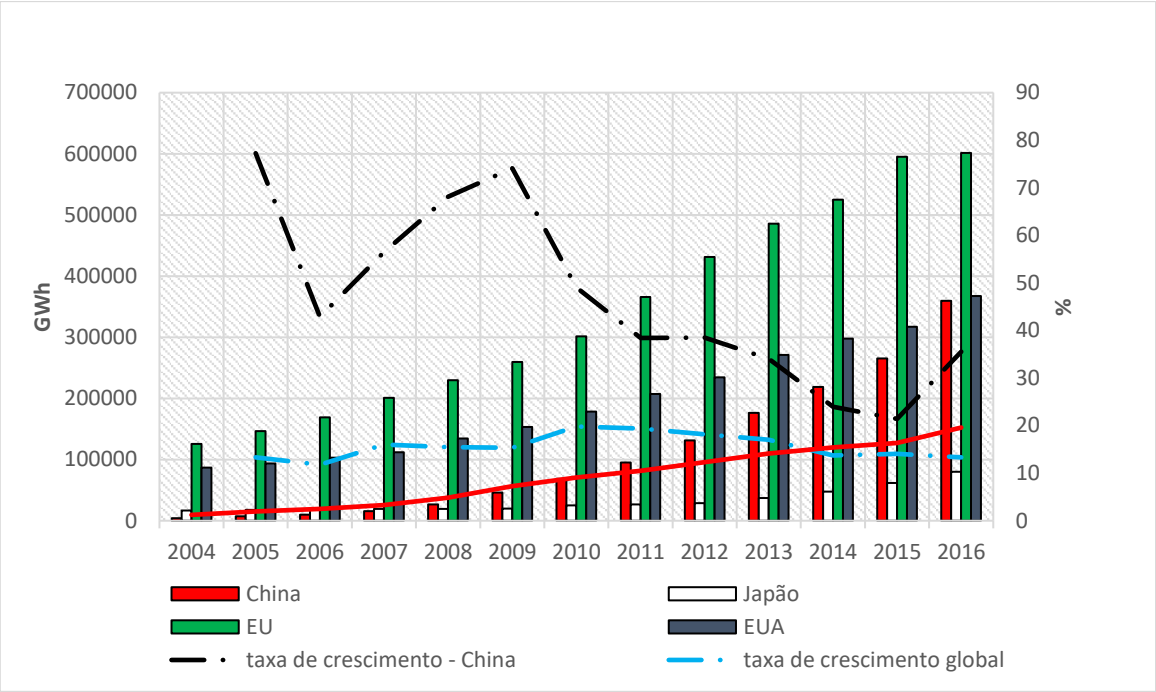


Figura 24 - Capacidade de Geração de TERs não-hídricas. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

Uma das razões para o forte contingenciamento é o desequilíbrio geográfico entre os centros de demanda, situados majoritariamente na costa, e os recursos renováveis (solar e eólico). Estes estão concentrados no Norte, Nordeste e Noroeste, onde a demanda por eletricidade e a capacidade de exportação são, no geral, baixas, e onde estão 70% da capacidade instalada eólica e solar de larga escala (ver Figura 25) (ZHOU; LU, 2017). Além disso, também são essas as regiões que possuem reservas carboníferas e rede de termelétricas a carvão; ou seja, além da insuficiência de longas linhas de transmissão para o leste, as capacidades renováveis acabam por competir com as fósseis pelo despacho preferencial.

Outro aspecto que revela a crescente liderança chinesa no setor de ER diz respeito ao volume de novos investimentos realizados, indicado na Figura 26. Se até 2011 a Europa era a maior investidora, sua participação já caía no ano seguinte, absoluta e relativamente; a China, por outro lado, vem aumentando continuamente o financiamento para o setor e, em 2017, chegava a 45% do total de novos investimentos realizados em ER no mundo. Segundo REN21 (2018), a China foi o país que apresentou maiores investimentos e adição líquida de capacidade instalada solar FV, hídrica, eólica e de aquecimento solar de água em 2017.

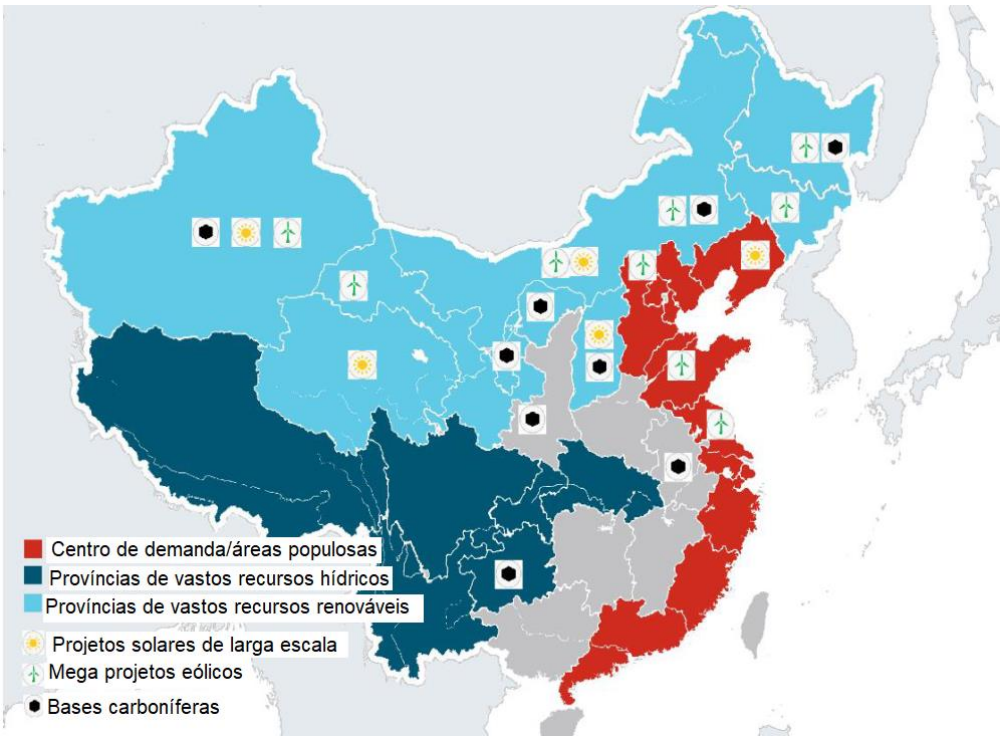


Figura 25 - Desequilíbrio geográfico entre recursos e centros de demanda na China. Fonte: Adaptado de ZHOU; LU (2017)**.**

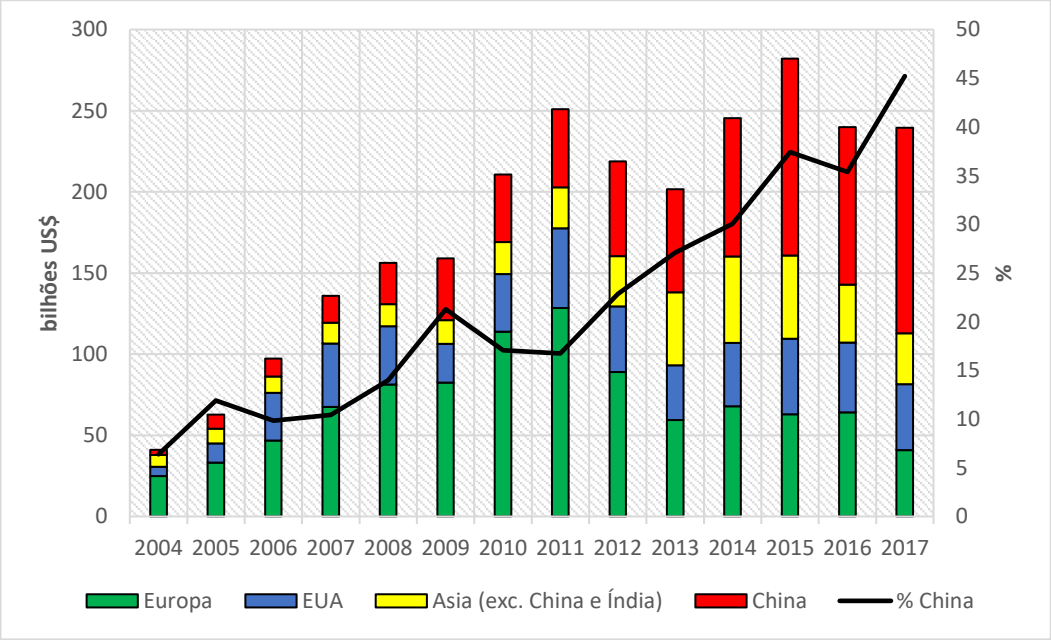


Figura 26 - Novos investimentos em ER no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de FRANKFURT SCHOOL-UNEP CENTRE/BNEF (2018)**.**

Discriminando o crescimento da capacidade instalada renovável entre as principais fontes, revela-se o padrão de crescimento das tecnologias renováveis na China (Figura 27). A capacidade instalada eólica cresce continuamente a partir de 2005, acompanhando o crescimento da indústria local mobilizada pela lei de conteúdo local; já

a capacidade solar, cuja indústria estava inicialmente voltada ao mercado externo, inicia sua escalada somente a partir de 2012-2013. Todas as metas estabelecidadas para capacidade instalada solar e eólica no Plano de Desenvolvimento de Médio e Longo Prazo para Energia Renovável (MLP-2020) e no 12º PQ para 2010, 2015 e 2017 foram alcançadas antes do previsto; entre as metas do 13ºPQ, a meta capacidade solar para 2020 já foi alcançada em 2017 e, ao que tudo indica, a capacidade eólica também chegará aos 200-210 GW previstos. Assim, em 2017, o percentual de renováveis não-hídricas na matriz elétrica chinesa, ilustrado pela linha preta, superava os 17%. A Figura 27 ainda reflete a priorização pelo Estado a estas duas TER em relação à geotérmica, marinha e biomassa; ainda assim, a China tornou-se a maior produtora de bioeletricidade em 2017 (REN21, 2018).

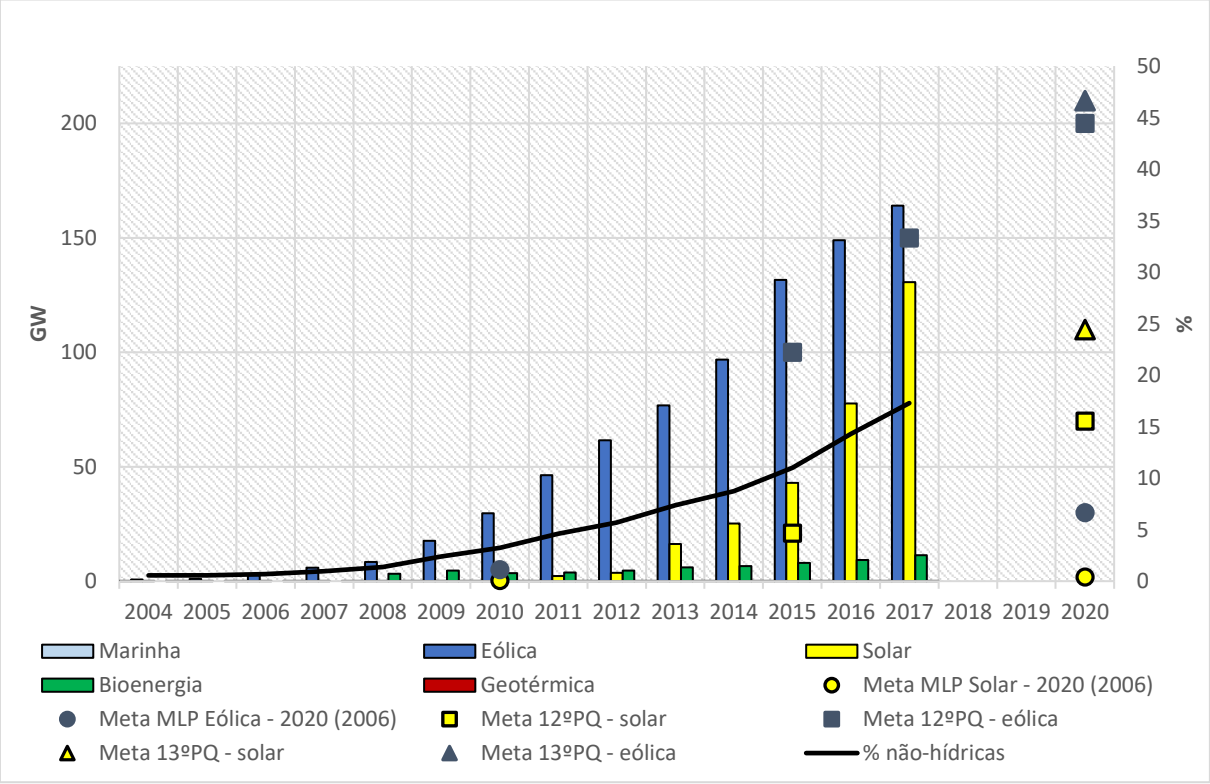


Figura 27 - Capacidade instalada não-hídrica na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

Como discutido no item 4.1.3, as trajetórias das indústrias solar e eólica divergiram em relação à celeridade de instalação de suas capacidades domésticas. A Figura 28 ilustra essa divergência, mostrando que a capacidade instalada eólica tem taxas de crescimento altas nas na 1ª fase da política energética renovável, enquando a solar isso ocorre somente na 2ª fase e sob taxas muito maiores. Isso reflete o crescimento da

indústria eólica atrelada ao crescimento do mercado interno, e a orientação da indústria de painéis FV emergente à exportação a países centrais: quando a demanda deles cessa, a difusão de painéis FV ocorre de maneira muito mais rápida no mercado doméstico. Por fim, a Figura 28 ainda ressalta a diferença entre as taxas de crescimento anual das capacidades instalada e de geração, as primeiras mais altas que as segundas, indicando o forte contingenciamento; por outro lado, a partir de 2015 as taxas de capacidade de geração parecem crescer novamente em 2015, refletindo o foco na redução do contingenciamento no 13ºPQ.

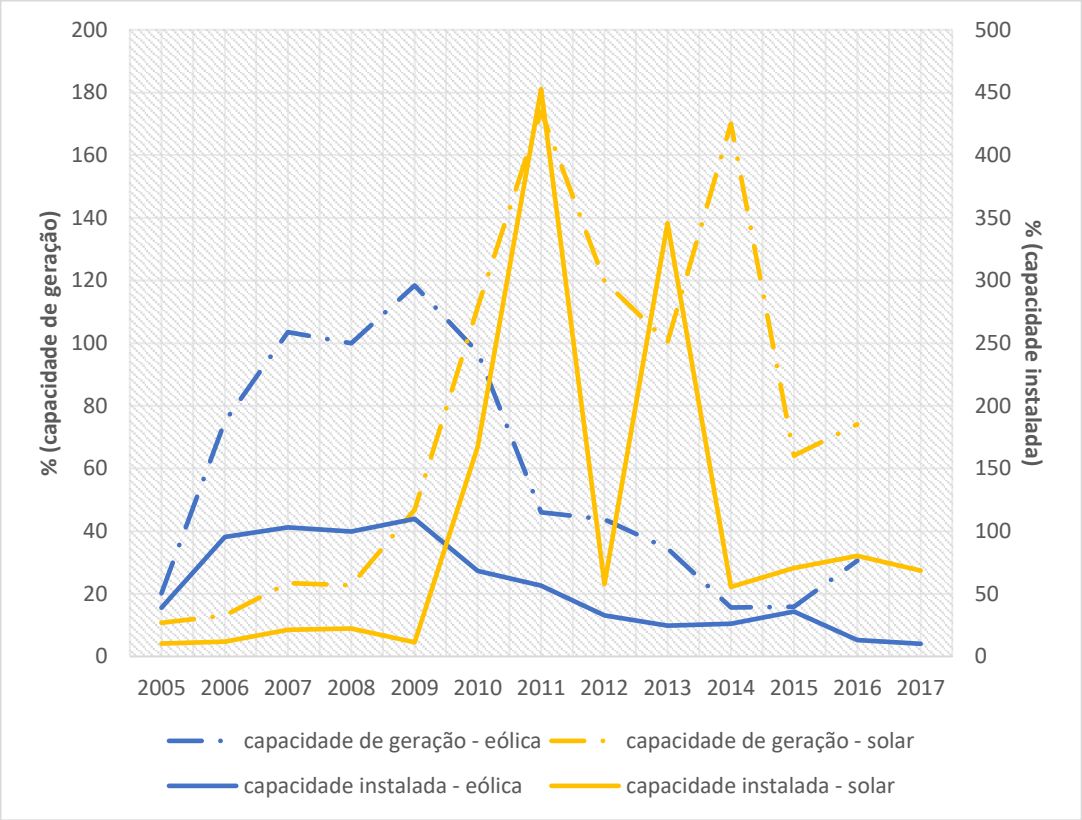


Figura 28 - Taxas de crescimento anual de capacidade instalada e de geração eólica e solar. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

A China também lidera a criação de empregos em TERs, como ilustrado pela Figura 29. O país, com quase 4,2 milhões de empregados em tecnologias renováveis modernas, é responsável por mais de 38% dos empregos na área no mundo, sendo o maior empregador em quase todas as tecnologias (excetuam-se as áreas de biocombustíveis líquidos e geotérmica, nas quais lideram o Brasil e os EUA, respectivamente) (REN21, 2018). Sendo o maior mercado e fabricante de painéis FV, a China abriga dois terços dos empregos no setor, que é o que mais emprega no país.

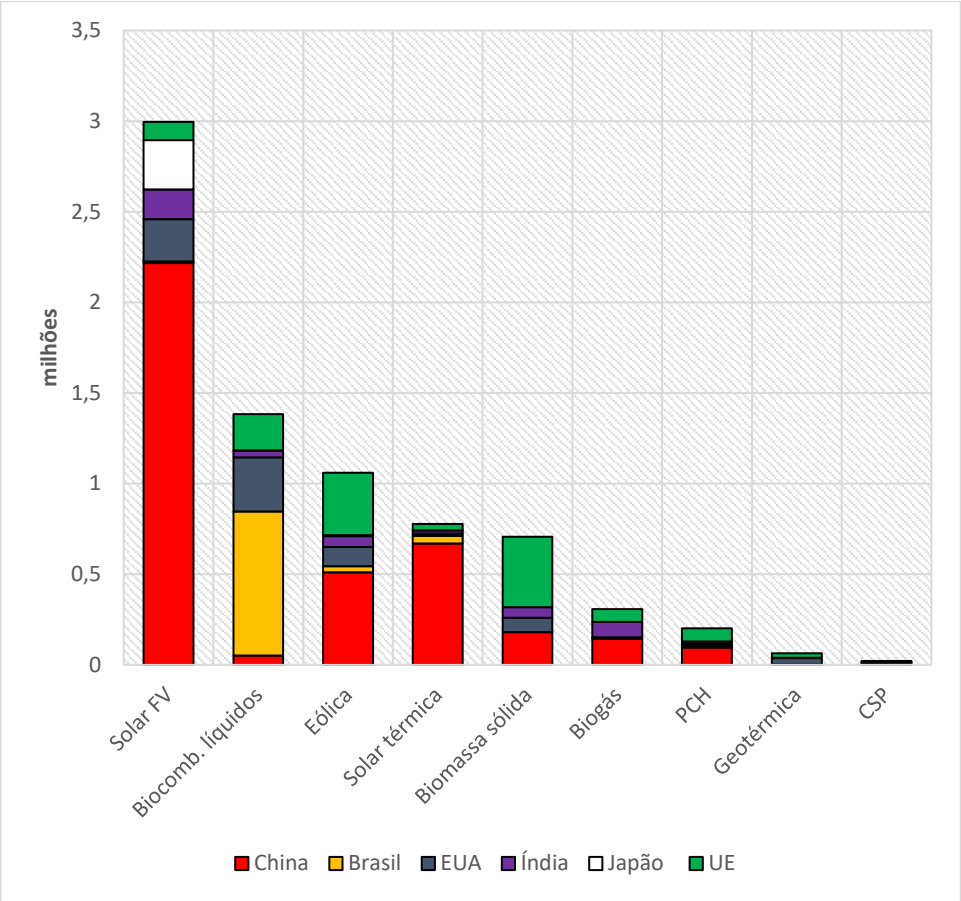


Figura 29 - Empregos diretos e indiretos gerados pelas principais TERs modernas em 2017. Fonte: Elaboração própria a partir de REN21 (2018)**.**

Em relação ao depósito de patentes como métrica de capacidade de inovação no setor, a China teve o melhor desempenho entre as TER, saltando de 2800 patentes depositadas em 2005 para mais de 45.700 em 2015, com média de crescimento anual de 25,5% (LEÓN et al., 2017). Inicialmente, a China apresentava bom desempenho particularmente no setor de energia solar térmica mas a solar FV ganhava maior participação no total de patentes depositadas a cada ano: em 2004, das 1340 patentes depositadas no setor solar, 66% eram referentes à solar térmica e 27% à solar FV; estes números representavam, em 2013, 43% e 46%, respectivamente, das 12.524 patentes depositadas naquele ano em tecnologias solares (IRENA, 2018b).

Entretanto, como aponta LEÓN et al. (2017), a maior parte deste crescimento se refere a patentes depositadas no banco chinês e não em bancos de patentes internacionais, onde a maior atividade de patenteamento em TER é, em primeiro lugar, do Japão, seguido dos EUA, Coréia do Sul e Alemanha. Entretanto, ainda que as patentes chinesas depositadas sejam fruto de incentivos do governo e consideradas de menor valor, as

empresas chinesas parecem de fato buscar desenvolvimento tecnológico, dado o grande número de patentes não apenas depositadas mas aceitas pelos escritórios de patentes, como apontam MATHEWS; TAN (2015).

LEÓN et al. (2017) também apontam para a desaceleração global, nos últimos anos, do depósito de patentes em todas as TER, o que seria explicado: (i) pela falência de muitas das empresas do ramo FV, apesar da atividade patenteadora aumentar entre as firmas que sobreviveram; (ii) pela queda do preço do petróleo após 2013; (iii) pelo ganho de maturidade destas tecnologias; e (iv) pelos obstáculos à sua difusão. A Figura 30 ilustra a liderança chinesa, apesar de questionável, na publicação de patentes em TER e também a desaceleração global a partir de 2012.

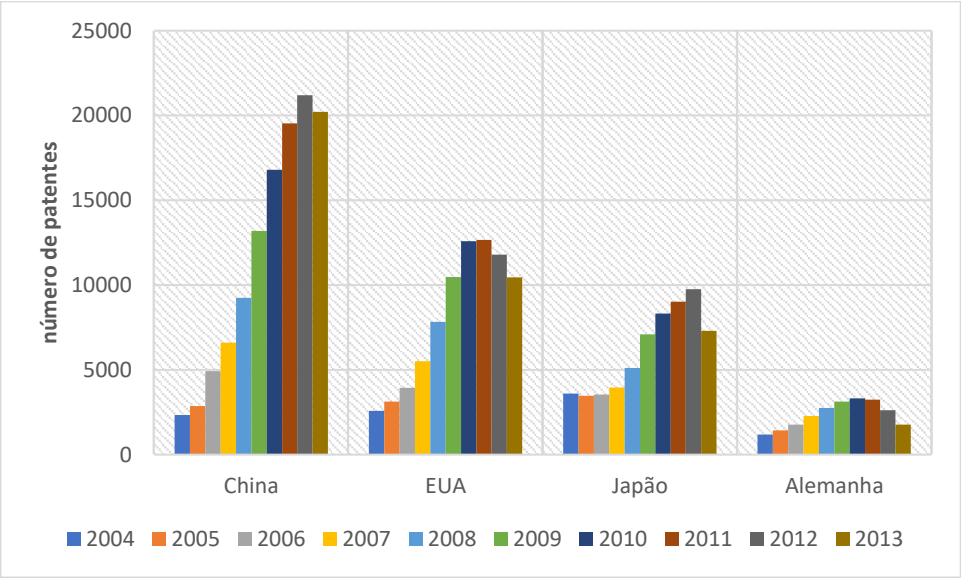


Figura 30 - Patentes depositadas entre 2004 e 2013 em TER. Segundo a fonte, as estatísticas dos últimos anos não estão representadas devido à defasagem entre depósito e publicação das patentes. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

Por outro lado, LEÓN et al. (2017) mostram que o depósito de patentes relacionadas a "transporte verde" e baterias continuam a aumentar, liderado pela China. No caso dos transportes, o número de patentes saltou de 6.691 para 14.534 entre 2005 e 2015, nos quais 56,8% eram referentes a veículos em geral e 24,8% a veículos ferroviários; entre os primeiros, os veículos híbridos, as estações para recarga de veículos elétricos e as tecnologias de propulsão elétrica com fonte de alimentação externa representavam, respectivamente, 44,3%, 22,7% e 18,4% (LEÓN et al., 2017).

Dado o panorama geral da energia renovável na China, os próximos itens serão dedicados à análise das particularidades das indústrias eólica, solar e de NEVs na China.

4.2.1 A Indústria Eólica

Foco inicial da política energética chinesa, a capacidade instalada eólica observou crescimento sem precedentes a partir de 2004, com taxas acima de 95% entre 2006 e 2009. Em 2011, superou os EUA como país de maior capacidade instalada e apresentou um novo surto de crescimento em 2014, chegando em 2017 a se equiparar à UE. Além disso, em 2017, as novas instalações de geração eólica pela primeira vez superaram as novas instalações de geração à carvão (REN21, 2018). Assim, entre 2004 e 2017, a participação chinesa na capacidade instalada global crescera continuamente de 1,6% a 32% (ver Figura 31). A capacidade de geração aumentou gradualmente, apesar do forte contingenciamento, mas os dados mais recentes mostram um aumento do percentual chinês no total global, mostrando que as medidas pós-13ºPQ começa a alcançar resultados positivos (ver Figura 32).

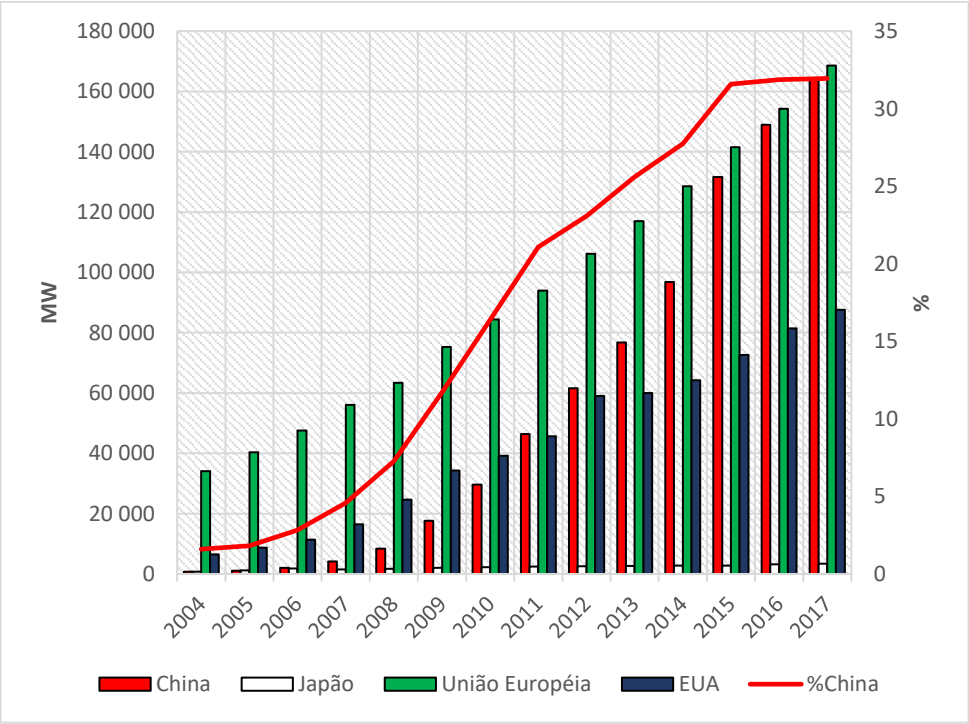


Figura 31 - Capacidade instalada eólica na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

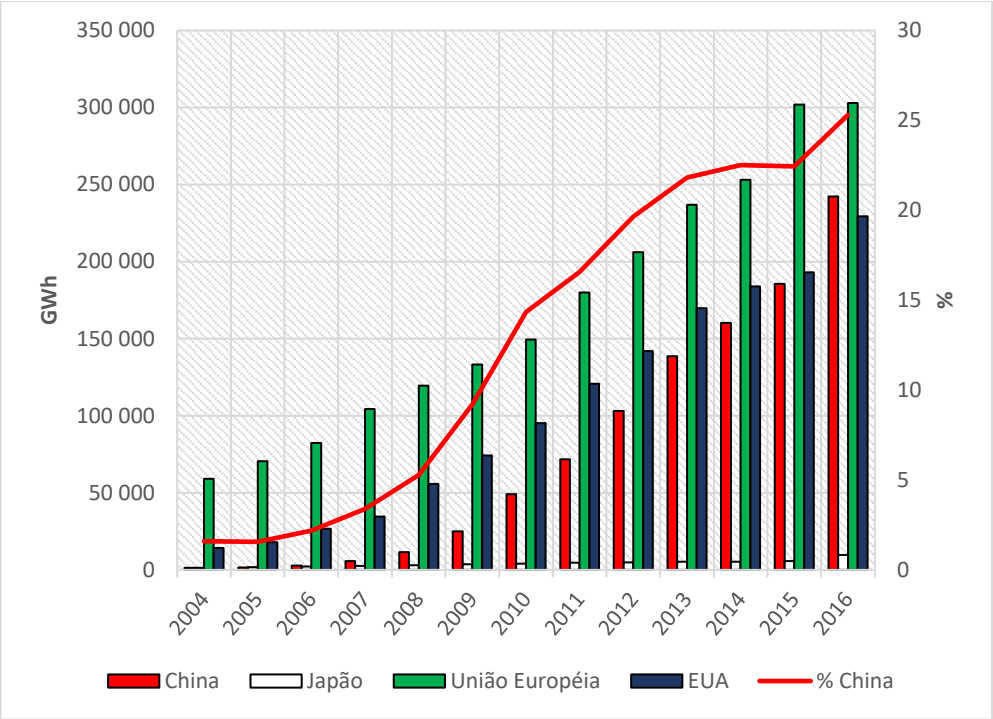


Figura 32 - Capacidade de geração eólica na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

Ainda na 1ª fase, o Estado estimulou a transferência tecnológica internacional e o crescimento da indústria pela política de conteúdo local, de modo a aumentar vertiginosamente a parcela de mercado representada por fabricantes domésticos[197] (ver Figura 33). Se até 2005 o cenário eólico chinês era marcado por fabricantes de turbinas de baixa qualidade e de pequena escala, após este ano os fabricantes chineses rapidamente alcançaram os estrangeiros em termos de capacidade tecnológica, ainda que permaneçam defasados (Figura 34).

No mercado de desenvolvedores de parques eólicos, 80% do mercado é dominado por cinco grandes SOEs, que dominaram 80% do mercado chinês em 2011, já que tem

[197] Na China, duas grandes empresas do setor eólico – Sinovel e Goldwind – tiveram trajetórias consideradas exitosas, figurando nas listas de maiores fabricantes globais. A Sinovel, que crescera rapidamente com as políticas governamentais a partir de 2006, chegou a deter 11% do mercado global em 2011, ameaçando a liderança da Vestas à época. No entanto, em 2013 perdera espaço após escândalos de violações de propriedade intelectual e em 2017 sequer figurou entre as 10 maiores empresas do mundo (REN21, 2018). Já a Goldwind ganhou reputação por desenvolver tecnologia de maneira independente, manteve taxa de crescimento estável e hoje é fabricante chinesa de maior relevância no mercado. Ver BACKWELL (2017) e LEWIS (2016) para mais detalhes sobre o assunto.

acesso privilegiado a financiamentos de bancos estatais. Segundo HAYASHI; HUENTELER; LEWIS (2018), a ausência de desenvolvedores estrangeiros não se deve à superioridade tecnológica doméstica, mas ao tratamento preferencial do Estado pelas SOEs.

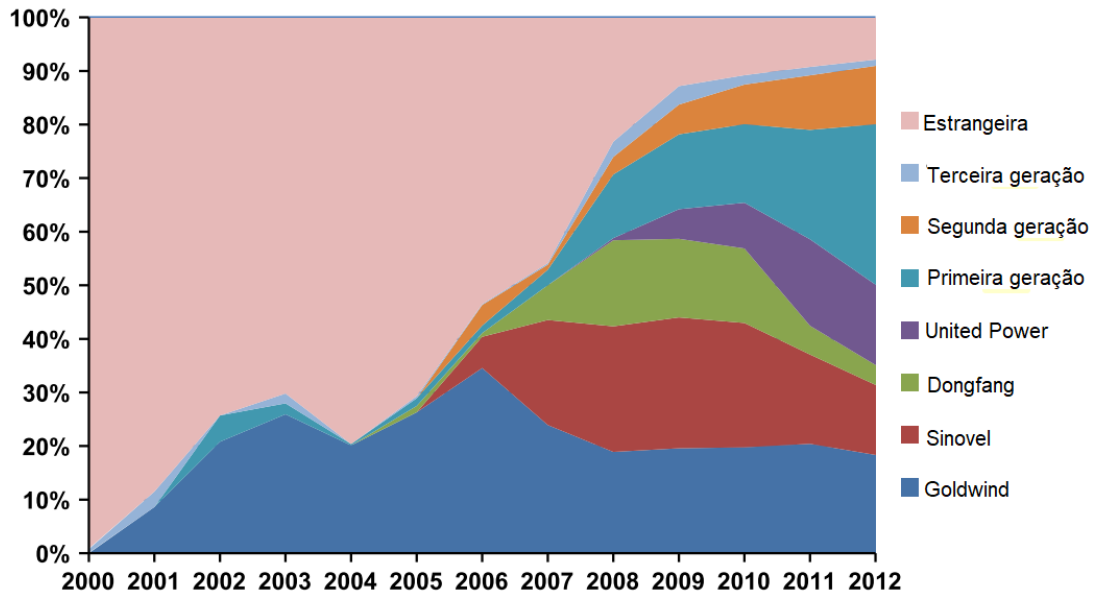


Figura 33 - Parcela de mercado de fabricantes de turbinas eólicas na China. <u>Primeira geração:</u> Mingyang, XEMC, Shanghai Electric China Creative, Windey; <u>Segunda Geração:</u> CSR, CSIC Haizhuang, Envision, Yinxing, HEwind, Energine, Sany; <u>Terceira geração:</u> 54 firmas ao todo. Fonte: Adaptado de GOSENS; LU (2015)**.**

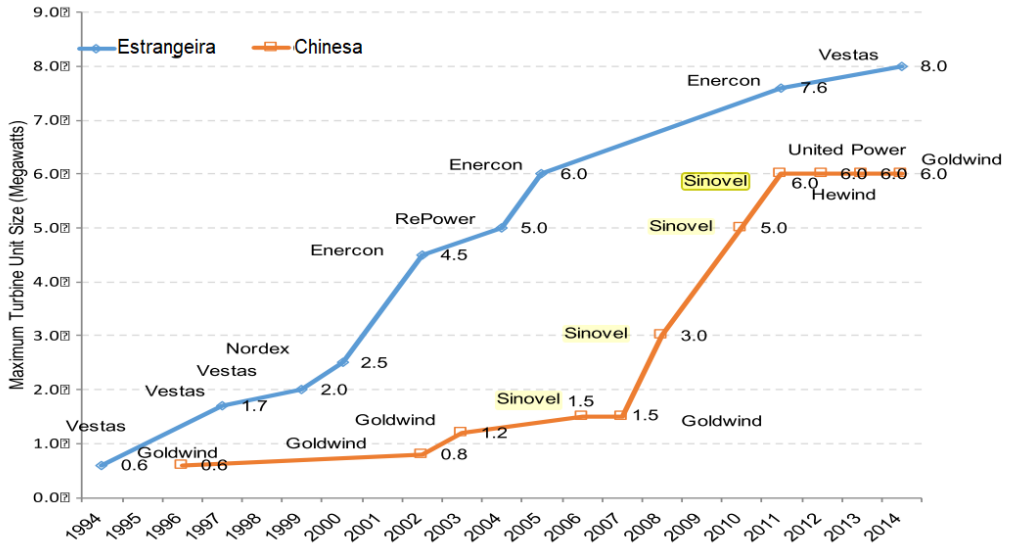


Figura 34 - Fabricantes estrangeiros e chineses de turbinas eólicas e a fronteira tecnológica. Fonte: Adaptado de KURIAKOSE et al. (2017) e LEWIS (2016)**.**

Ainda que a indústria eólica chinesa não tenha sido a pioneira e nem esteja na fronteira tecnológica do setor, de maneira geral, seu caso revela como a transferência

tecnológica internacional pode ser traduzida em inovação endógena a partir de uma política industrial orientada para tal. Além figurarem entre as maiores produtoras do mundo produzindo para o mercado doméstico, as fabricantes chinesas (Sinovel, Goldwind, Dongfang, principalmente) estão progressivamente consquistando mercados estrangeiros, e o Centro de Certificação Geral da China (CGC) tem colocado esforços para que o equipamento eólico chinês tenha reconhecimento internacional a fim de eliminar as barreiras comerciais (ZHANG, S.; ZHAO et al., 2013).

4.2.2 A Indústria Solar

Representando metade da demanda global por painéis FV e 60% da capacidade de fabricação global, a China é o principal ator da indústria solar atualmente, de modo que a dinâmica interna de oferta e demanda tem implicações globais.

Como já citado, a indústria solar FV desenvolve-se fortemente na 1ª fase da política energética chinesa, enquanto a capacidade instalada desenvolve-se somente na 2ª fase. A partir da Figura 35 e da Figura 37, fica clara a orientação da indústria solar chinesa à exportação até 2010, que favorece a difusão da capacidade solar no exterior, de modo que a participação chinesa no total global cai entre 2004 e 2010. Nota-se um crescimento tímido da capacidade instalada doméstica após a crise de 2008, quando a crise financeira desacelera as importações dos mercados ocidentais, mas ganha momento em 2012, após as medidas *anti-dumping* dos EUA, Canadá e UE. Com efeito, a capacidade instalada solar chinesa cresceu de pouco mais de 3 GW em 2012 para mais de 16 GW no ano seguinte, superando as capacidades japonesa e estadunidense.

Em 2017, a China foi responsável por 75% da adição global solar, alcançando mais de 130 GW, superando a UE: neste ano, a adição líquida global de energia solar fotovoltaica instalada foi maior do que as adições líquidas de capacidades fósseis e de energia nuclear combinadas, e só a fração chinesa (53,1 GW) representou uma adição maior do que a global de 2015 (51,0GW) (REN21, 2018). Internamente, a capacidade instalada do setor de larga escala representa a maior aplicação com 86,4% da demanda total, seguida da geração distribuída com 13,2%; a fração correspondente à demanda para eletrificação rural, comunicação e indústria e produtos FV não somavam juntas, em 2016, 0,5% da demanda total (IEA, 2017c).

Por outro lado, a evolução da capacidade de geração, ilustrada na Figura 36, evidencia, tal como na capacidade eólica, o crescimento descoordenado entre mercado e indústria solar, e o contingenciamento resultante.

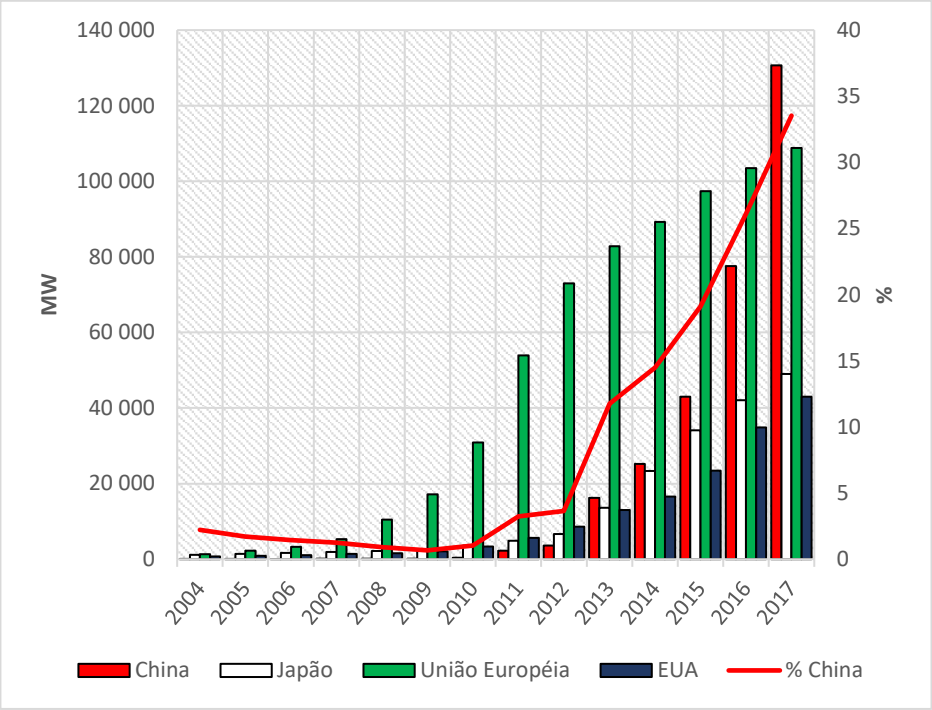


Figura 35 - Capacidade instalada solar na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

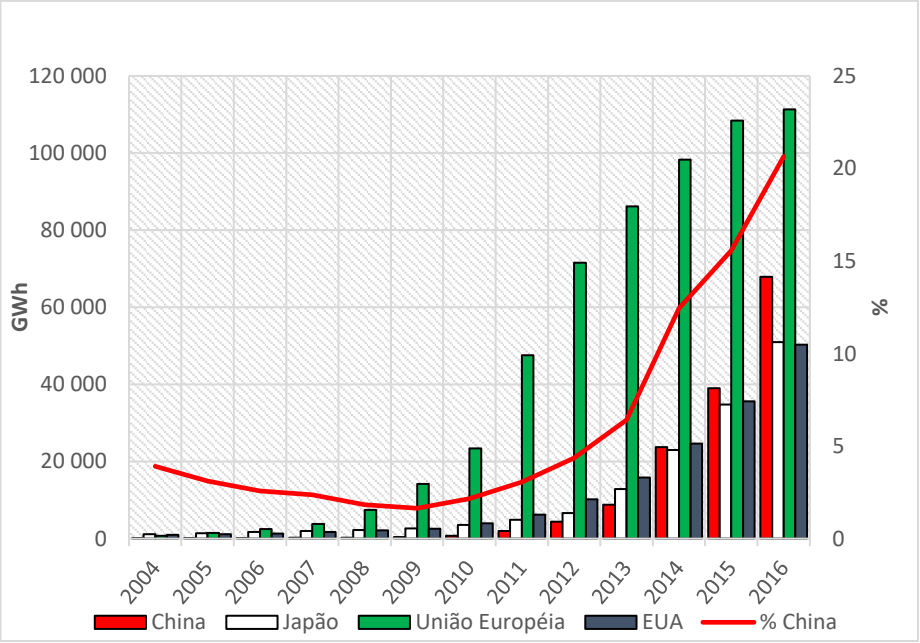


Figura 36 - Capacidade de geração solar na China. Fonte: Elaboração própria a partir de IRENA (2018b)**.**

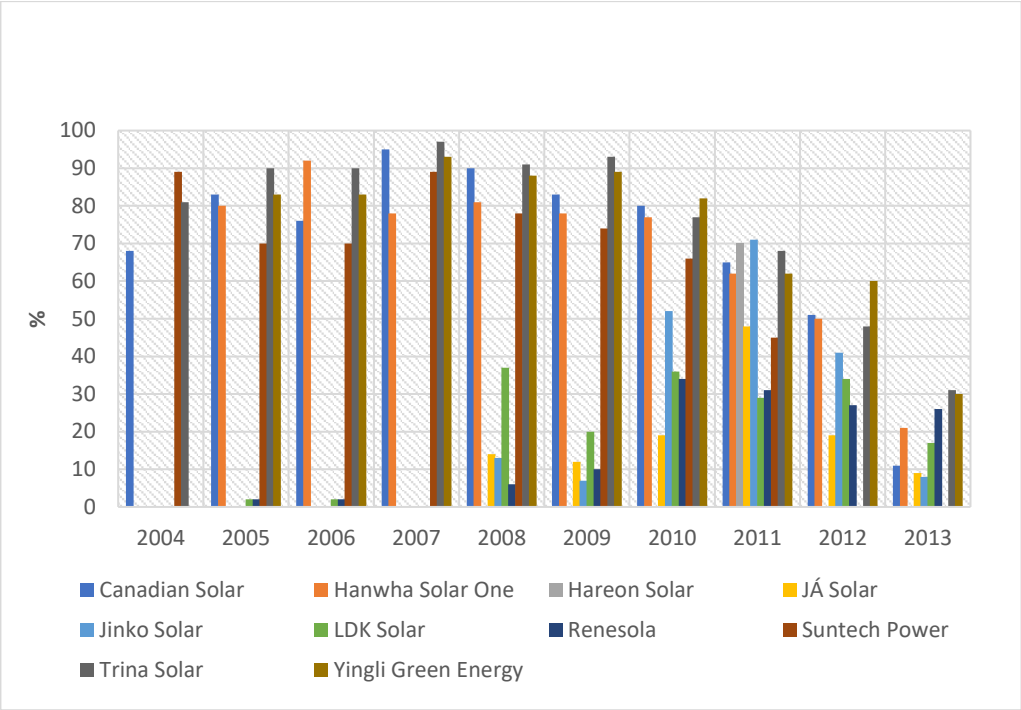


Figura 37 - Percentual de vendas de empresas chinesas dedicado ao mercado europeu. Fonte: Elaboração própria a partir de HOPKINS; LI (2016).

De maneira geral, como aponta MATHEWS; TAN (2015), a indústria solar FV chinesa fortaleceu-se a partir da exportação a mercados europeus, de modo a continuamente melhorar, por efeitos de aprendizagem, a tecnologia de c-Si, reduzindo custos de fabricação e melhorando o desempenho das células. Sob menores custos, houve estímulo à competitividade das indústrias chinesas e à inovação endógena; aumentou-se também a escala de produção e expandiu-se a indústria nacional, levando a um novo ciclo de aprendizagem e consequente de redução de custos, em um círculo virtuoso. Com efeito, a queda de preços de módulos FV, ilustrada na Figura 38, não foi apenas fruto de desenvolvimento científico e tecnológico mas, principalmente, das condições de mercado daquele momento e das políticas governamentais que protegeram a indústria quando ainda em estágio inicial.

A trajetória da queda de preços globais de módulos FV (Figura 38) reflete também a estratégia de integração vertical do setor na China. Entre 2004 e 2008, apesar da expansão da indústria no país nos setores *downstream* beneficiária dos baixos custos laborais, os preços dos módulos mantiveram-se estáveis devido à escassez de

polissilício[198] no mercado, o que abriu uma janela de oportunidade para a entrada de painéis de filme fino no mercado; estes, no entanto, ainda não usufruem das economias de escala que se construiu em torno da tecnologia de c-Si . Entre 2009 e 2012, entretanto, com a integração vertical da industrial solar FV na China (ver Tabela 6), o preço do polissilício[199] voltou a cair, de modo que a normalizar a curva de experiência dos painéis c-Si, que continuou sendo a tecnologia predominante.

É interessante notar que, inicialmente, a capacidade de fabricação FV era dominada por empresas alemãs, entre outras fabricantes europeias, mas foram superadas pelos baixos custos proporcionados pela indústria chinesa, prejudicando as capacidades locais de fabricação de países europeus. Naquele momento, o sistema de tarifas FIT na Europa, e principalmente na Alemanha, contribuiu enormemente para a queda dos preços dos painéis FV e o fortalecimento da indústria chinesa; por outro lado, complicou a recente tentativa de retomar a indústria doméstica na Europa.

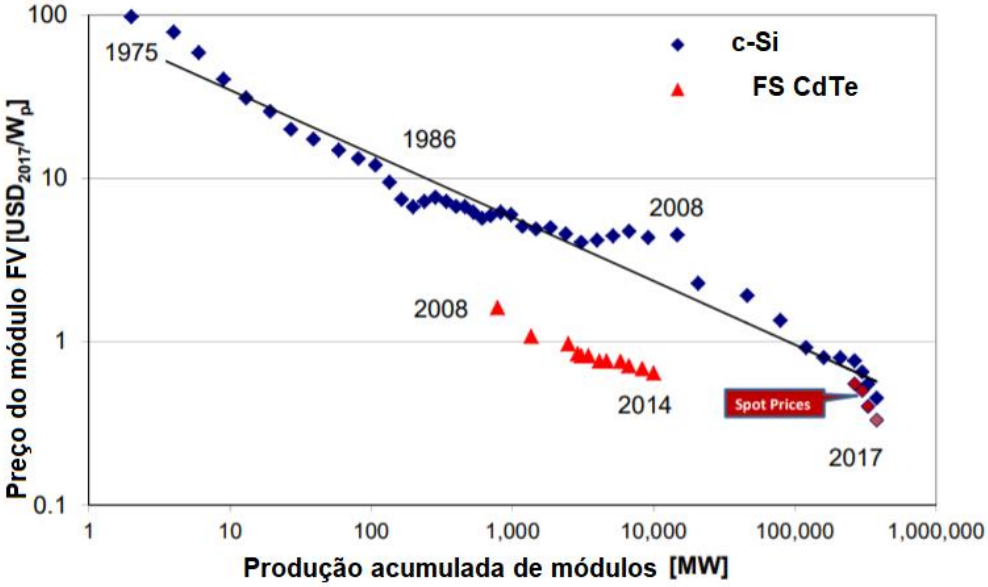


Figura 38 - Curva de preço-experiência para módulos FV. Fonte: Adaptado de JAEGER-WALDAU (2017)

---

[198] Antes de 2000, mais de 80% do polissilício era consumido pela indústria de semicondutores; em 2016, a fração consumida pela indústria solar representava 90% (SANDOR et al., 2018).

[199] A China produzia, em 2005, 80 toneladas de polissilício por ano; em 20011, este valor era de 89.000 toneladas (HOPKINS; LI, 2016)

Tabela 6 - Descrição da cadeia de valor FV e a integração vertical na indústria.
Fonte:Elaboração própria a partir de HOPKINS; LI (2016) e MATHEWS; TAN (2015)**.**

Cadeia Produtiva	Componentes *upstream*			Componentes *downstream*		Instalação e Desenvolvimento
Sub-indústria	Silício	Lingotes	*Wafer*	Célula	Módulo	Sistemas FV
Principais processos	Areia quartzífera derretida em Si; aditivos para carregar + ou – Si.	Si processado em formas redondas, quadradas ou filme	Corte de lingotes em *wafers*	*Wafers* carregados + e – são Unidos formando uma junção P-N	Células unidas a placas de metal, soldadas, fios, emoldurad as, envoltas em vidro ou outro durável e cozidas	Identificação e avaliação do local; financiamento do projeto, consumo; edifício integrado, teto solar ou utilitário
Firmas chinesas e atividades em que atuam						
JA Solar	√	√	√	√	√	√
Trina Solar		√	√	√	√	
Jinko Solar		√	√	√	√	
Canadian Solar		√	√	√	√	√
Suntech		√	√	√	√	√
China Sunergy				√	√	
Yingli	√	√	√	√	√	
Hanwha Solar One	√	√	√	√	√	

4.2.3 A Indústria de NEVs

Tendo superado em 2009 o mercado estadunidense e em 2012 o europeu, a China é atualmente o maior mercado de automóveis no mundo (Figura 39); o crescimento da frota automobilística, correspondente a uma taxa de 15,1%a.a desde 2005, acompanha a escalada da dependência de importações de petróleo. Além disso, o país permanece defasado em relação a países centrais no que diz respeito a tecnologias-chave de veículos de combustão interna; com efeito, o governo entende como estratégico o desenvolvimento da indústria de NEVs e sua gradual difusão no mercado doméstico. Com efeito, o percentual de novas vendas correspondente a NEVs saltou de 0,07% em 2013 para 2% em 2017, de modo a ultrapassar o estoque norueguês em 2014 e o estadunidense em 2016, e representar em torno 2,2% da frota automobilística doméstica e de 40% do estoque de NEVs global atual (Figura 40) (IEA, 2018). A meta para 2020, como citado no 4.1.3.2, é de atingir estoque de 5 milhões de NEVs, o que, se for concretizado, representará mais de 1,5 vezes a frota global atual.

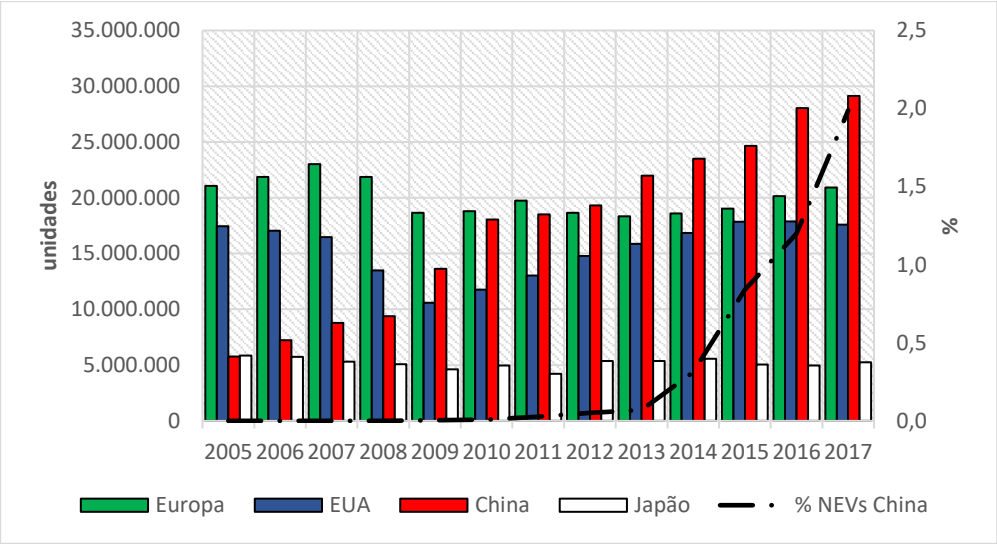


Figura 39 - Vendas de novos veículos no mundo. ICE=veículos de combustão interna. Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2018) e OICA (2017)**.**

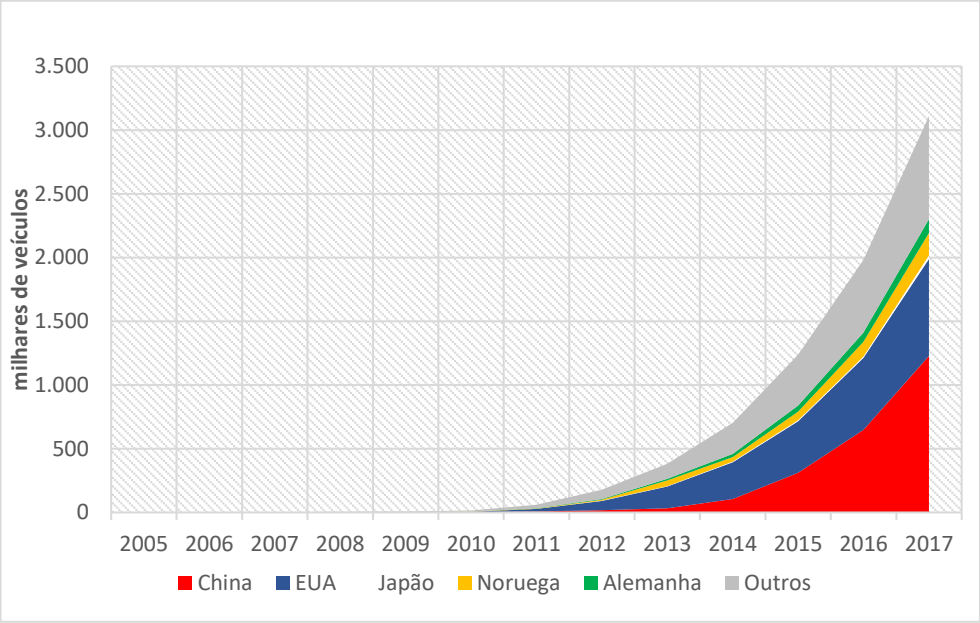


Figura 40 - Estoque de NEVs no mundo. Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2018)**.**

Como aponta DU; OUYANG (2017), a trajetória das políticas chinesas para NEVs pode ser dividida em três estágios: (i) exploração, quando investimentos em P&D na área estavam distribuídos entre todas os tipos de veículos alternativos, de BEVs a célula combustível; (ii) fomento, quando a partir de 2010 define-se a estratégia nacional de NEVs na China, e são criadas várias cidades de demonstração; e (iii) desenvolvimento e industrialização, quando, a partir de 2013, o setor inicia um rápido crescimento e a difusão de NEVs é estimulada por uma nova rodada de cidades de demonstração. A Figura 41 ilustra essa evolução.

No primeiro estágio, como mostra a Figura 42, os HEVs dominavam as vendas de NEVs na China. No segundo estágio, com a definição da estratégia nacional no 12ºPQ, o percentual de PEVs aumenta muito em função das frotas do setor público e das cidades de demonstração, que priorizavam PEVs em detrimento de HEVs; já no terceiro estágio, HEVs são definitivamente excluídos da estratégia nacional e passam a não qualificar para subsídios nacionais (DU; OUYANG, 2017).

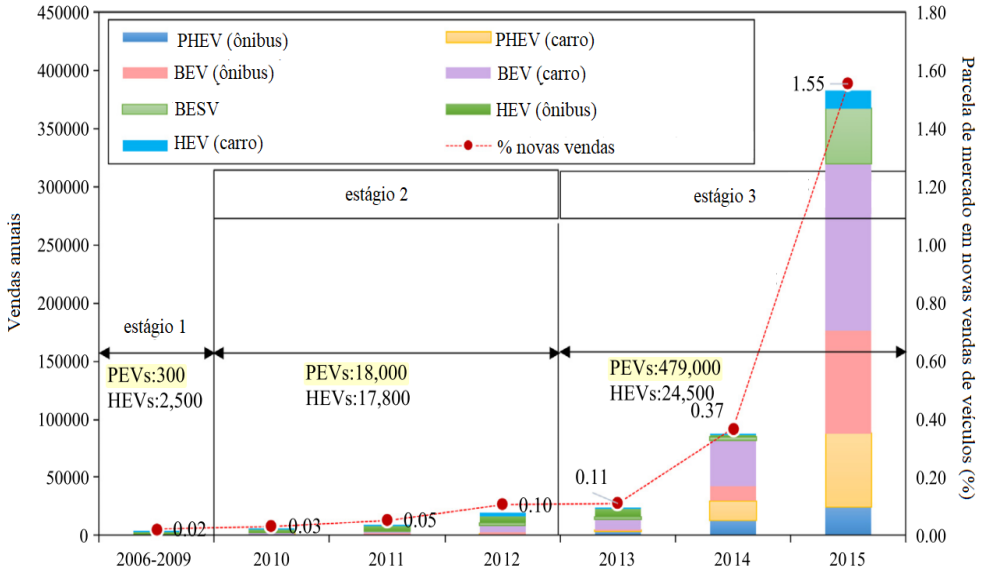


Figura 41 - Evolução da indústria de NEVs na China. PHEV = veículos elétricos híbridos *Plug-In;* BEV= veículos elétricos a bateria; HEV=veículos elétricos híbridos; BESV = veículo elétrico especial a bateria (incluem caminhões, veículos de logística, de construção, entre outros); PEV = veículos elétricos *plug-in;* HEV= veículos elétricos híbridos. Fonte: Adaptado de DU; OUYANG (2017)**.**

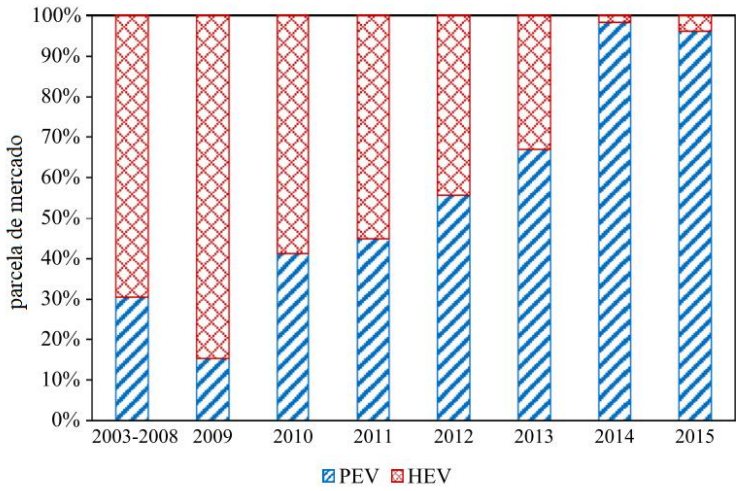


Figura 42 - Parcela de mercado de acordo com a tecnologia. PEV = veículos elétricos *plug-in;* HEV= veículos elétricos híbridos. Fonte: Adaptado de DU; OUYANG (2017)**.**

Um ponto importante desta transição de veículos de motores de combustão interna à veículos elétricos é que 96% das vendas de PEVs são de fabricantes chinesas (EV-VOLUMES, 2017). Além disso, o mercado de baterias no mundo é em mais de 50% representado, em termos de remessas de baterias de NEVs, por fabricantes chinesas (ver Tabela 7).

Tabela 7 - Mercado global de baterias. Fonte: MERICS (2018)**.**

Companhia	% Mercado global	País
Contemporary Amperex Technology	19	China
Panasonic	16	Japão
BYD	12	China
OptimumNano	9	China
LG Chem	7	Coréia
Guoxuam High-Tech	5	China
Samsung SDI	4	Coréia
Beijing National Battery Technology	3	China
BAK	3	China
Funeng Technology	2	China
Outras	20	

A eletrificação de outros modais de transporte também ocorre rapidamente no país, especialmente de ciclomotores e ônibus. Segundo IEA (2018), o estoque de ciclomotores elétricos na China em 2017 era de 250 milhões de unidades, com vendas anuais avaliadas em 30 milhões, representando quase cem vezes o número de veículos leves elétricos no mundo. A China também lidera as vendas de ônibus elétricos, correspondendo a 98% das vendas totais no mundo, e pretende eletrificar a frota inteira até 2020.

Em relação à infraestrutura de abastecimento, a China representou cerca de 50% do total global de postos de recarga públicos em 2017, como ilustrado na Figura 43 (IEA, 2018). Atualmente, a China possui o maior contingente de postos públicos, enquanto os EUA lideram o de postos privados (IEA, 2017a).

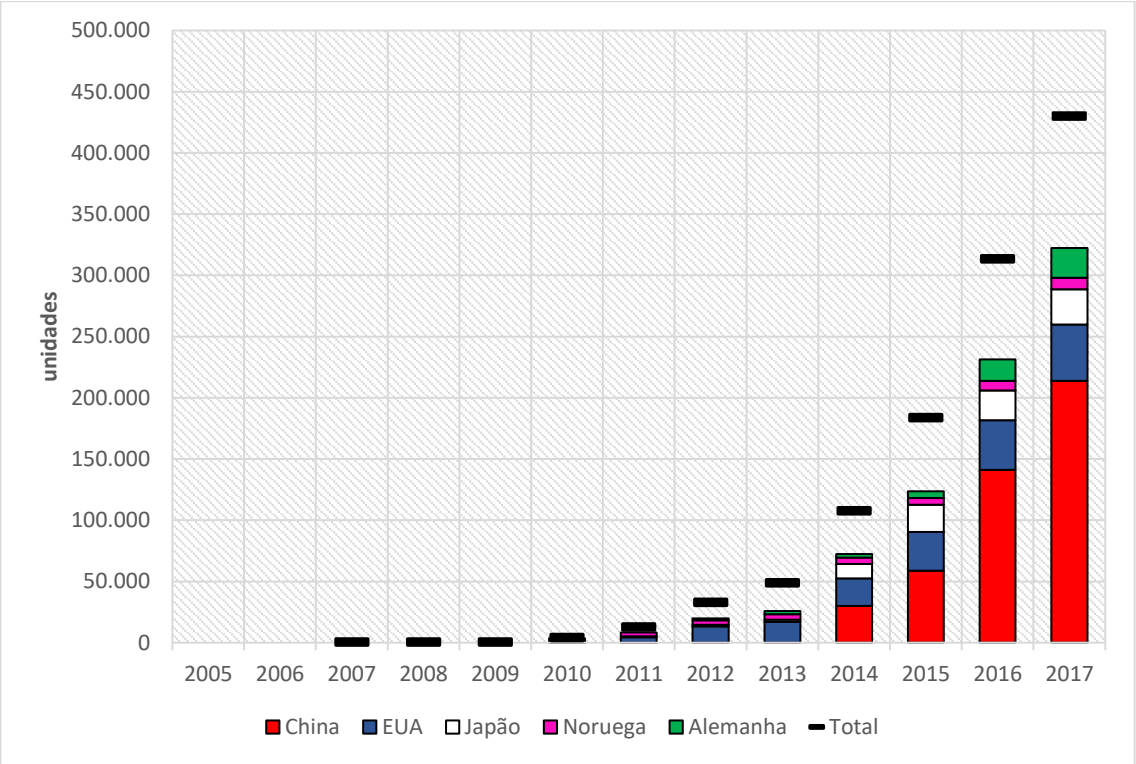


Figura 43 - Postos de recarga públicos. Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2018)**.**

4.3 O Acesso a Recursos

Revisadas as políticas energética e industrial chinesas para ER, é importante analisar se, tal como ocorreu com os líderes das transições energéticas globais no passado, a China possui acesso privilegiado aos recursos-chave para a produção das tecnologias desta transição. Para isso, é importante definir os requisitos materiais das tecnologias avaliadas e retomar a discussão sobre materiais críticos, que foi empreendida no item 3.2.1. Em seguida, será aplicada a metodologia de índice de Theil para avaliar a evolução da distribuição dos materiais considerados críticos e sua concentração na China.

4.3.1 Materiais críticos para a transição energética

Apesar de as primeiras publicações relevantes no século XXI que retomam o termo materiais críticos terem sido publicadas em 2008 (NRC, 2008a,b), uma de interesse militar e outra civil, o gatilho para o grande aumento do número de publicações

científicas, de relatórios governamentais, de agências internacionais e de organizações não-governamentais ocorre em 2010 com a crise das terras raras[200].

Esta crise é marcada pelo aumento de taxas e redução de cotas de exportação em 40% pelo governo chinês implementadas pelo governo chinês desde 2006, o que levou a discussão acerca da segurança do acesso a esses recursos ao topo da agenda dos países consumidores. As restrição da exportação é justificada pelo crescente consumo doméstico destes materiais para a fabricação de turbinas eólicas, veículos elétricos e equipamentos eletrônicos de maneira geral (ver Tabela 9 para as propriedades de alguns deles e tecnologias que compõem). Além disso, restrições de exportação destes elementos foram impostas ao Japão em retaliação ao conflito no Mar do Sul da China, o que elevou os preços dos elementos de 5 a 13 vezes; a China, à época, detinha cerca de 95% do mercado de terras raras (KIGGINS, 2015).

A Tabela 8 contém alguns exemplos de relatórios publicados nos últimos dez anos; e a Tabela 9 relaciona as propriedades de alguns materiais considerados críticos às tecnologias que sustentam a transição energética em curso.

[200] Os elementos de terras raras (ETR) somam 17 elementos da tabela periódica: escândio (Sc), ítrio (Y), e os elementos lantânicos, que vão desde o número atômico 57 ao 71. São eles lantânio (La), cério (Ce), praseodímio (Pr), neodímio (Nd), promécio (Pm), samário (Sm), európio (Eu), gadolínio (Gd), térbio (Tb), disprósio (Dy), hólmio (Ho), érbio (Er), túlio (Tm), itérbio (Yb) e lutécio (Lu). Apesar de não serem nem escassos na crosta terrestre, nem "terras" (termo utilizado para designar óxidos de alcalinos terrosos), são chamados de "terras raras" pelo fato de serem encontrados agrupados nos minérios e em concentrações muito baixas. Ver SOUSA FILHO, DE; SERRA (2014) para mais detalhes sobre a história dos elementos de terras raras.

Tabela 8 - Lista dos principais relatórios sobre materiais, minerais e metais críticos. Fonte: Elaboração própria a partir das referências citadas.

Ano	Publicação	Materiais Críticos	Escopo	Referência
2008	*Managing Materials for a Twenty-first Century Military*	-	Defesa	(NRC, 2008a)
	Minerals, Critical Minerals, and the US Economy	In, Mn, Ni, EGP, ETR	Geral	(NRC, 2008b)
2009	*Critical Metals for Future Sustainable Technologies and their Recycling Potential*	(2009-15): Te, In, Ga (2015-2020): ETR, Li, Ta, Pa, Pt, Ru (2020-2050): Ge, Co	Energia	(UNEP, 2009)
2010	*Scarcity of Minerals: A strategic security issue*	Cu, Ga, Hf, Li, Mn, Mo, Ni, Ni, EGP, ETR, Ta, Sn, W, Zn, Zr	Geral	(HCSS, 2010)
	Critical raw materials for the EU	ETR, EGP, Ni, W, Ge, Mg, Ga, In, Ta, Be, Sb, Co, grafite, fluospar	Geral	(EC DG ENTR, 2010)
2011	*Critical Materials Strategy*	(2010-15): Y, Dy, Eu, Tb, Nd (2015-25): Nd. Dy, Eu, Y, Tb	Energia	(US DOE, 2011)
	Materials critical to the energy industry	Li, P, ETR, V, Cr, Co, Ni, Cu, Ga, Ge, Ni, Mo, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Te, W, Re, Pt, U	Energia	(BP, 2014)
	Energy Critical Elements: Securing Materials for Emerging Technologies	Li, ETR, EGP, Re, Co, Ag, Ga, In, Ge, Se, Te, He	Energia	(APS; MRS, 2011)
2014	*Critical materials for the transition to a 100% sustainable energy future*	-	Energia	(WWF, 2014)
2017	*The growing role of minerals and metals for a low-carbon future*	Cu, Ag, Al, Ni, Zn, Pt, Nd, In, Li, Pb, Pt	Energia	(WB; EGPS, 2017)

ETR: Elementos de Terras Raras; EGP: Elementos do Grupo da Platina[201].

[201] Os elementos do grupo da platina são metais nobres e preciosos, muito utilizados como catalisadores pela estabilidade de suas propriedades e resistência a ataques químicos. São eles: rutênio (Ru), ródio (Rh), paládio (Pd), ósmio (Os), irídio (Ir) e a própria platina (Pt).

Tabela 9 – Alguns materiais considerados críticos à transição energética.

Material Crítico	Propriedades	Tecnologias críticas à transição energética	Outras aplicações
Disprósio (Dy)	ETR que garante resistência à desmagnetização a altas temperaturas	Ímãs permanentes de NdFeB[1] utilizados em veículos elétricos (motor elétrico de propulsão e outros pequenos motores) e turbinas eólicas *direct-drive*	Hastes de controle em reatores nucleares, lâmpadas de halogêneo
Neodímio (Nd)	ETRs que formam o didímio. Junto ao Fe e B formam estrutura cristalina ferromagnética que produz campo magnético mais forte que outros imãs		Lasers, ligas de aço, lâmpadas fluorescentes
Praseodímio (Pr)			Eletrodos, ligas de aço, colorante de vidro, lâmpadas fluorescentes
Térbio (Tb)	ETR que garante resistência à desmagnetização em altas temperaturas		Lasers, fosforescentes, estabilizante em célula combustível
Cobalto (Co)	Atribui dureza em ligas, possui baixa condutividade elétrica e térmica, é ferromagnético e retém magnetismo em altas temperaturas	Baterias[2] íon-Li, NiCd e NiMH, ímã permanente de SmCo (maior $BH_{máx}$ em maiores temperaturas que NdFeB), catalisadores e superligas	Catalisadores de remoção de S e pigmentos.
Lítio (Li)	Possui o mais baixo potencial de redução padrão, tornando-o um forte agente redutor	Baterias íon-Li para veículos elétricos, computadores, celulares, e outras aplicações de armeazenamento de energia	Material de proteção e resfriamento em tecnologias nucleares, agente de liga para peças de aeronaves de alto desempenho
Cádmio (Cd)	CdTe: possui *band-gap* de ~1,5eV, desejável para absorção de luz visível	Células fotovoltaicas CdTe/CdS e bateriais recarregáveis de NiCd	Pigmento de tintas, estabilizante em plásticos, moderador em hastes de controle de reatores nucleares
Telúrio (Te)		Células fotovoltaicas CdTe/CdS	Vulcanização de borracha, produção de vidro, cerâmica, ligas e pigmentos de esmalte
Gálio (Ga)	GaN: propriedades piezoeletretrônicas CIGS[3]: alto coeficiente de absorção no visível (~20%) GaAs: *band-gap* largo, alto coeficiente de absorção no visível (~39%)	LEDs de alto brilho (GaN) e células fotovoltaicas CIGS e GaAs (aplicação extraterrestre)	Materiais magnéticos, armas nucleares, termômetros de alta temperatura e outros sensores
Germânio (Ge)	Propriedades de semicondutor, leve e garante resistência mecânica	Transistores e circuitos integrados, fotodetectores e base para GaAsP em LEDs e células fotovoltaicas multijunção	Fibra ótica, catalisador na produção de PET e lentes em sistemas de infravermelho
Índio (In)	- óxido de índio e estanho (ITO): possui propriedades condutoras e de transparência, alta estabilidade térmica - CIGS: alto coeficiente de absorção no visível	Telas de LCD e células fotovoltaicas CI(G)S	Revestimento anti-corrosivo, eletrônica

[1]Os ímãs NdFeB é composto por 28-31% de Nd, 2-3% de Dy e traços de Tb e Pr. Esses ímãs possuem maior relação produto magnético ($BH_{máx}$)/volume (ou massa), o que os torna melhores candidatos à aplicação em altas torres de geração eólica *direct-drive* e em pequenos dispositivos eletrônicos. [2]As características desejadas às baterias são: (i) alta densidade e capacidade energética e capacidade de recarga (armazenamento e veículos elétricos, por exemplo); (ii) pequeno volume (celulares, computadores e eletrônicos portáteis, em geral). [3]$CuInSe_2$ ou $CuInGaSe_2$.

Fontes: BP (2014); BUSHAN (2017); GRAEDEL; HARPER; NASSAR; NUSS et al. (2015); GUNN (2014); WB; EGPS (2017)

É importante ressaltar que o conceito de criticidade e a metodologia para avaliá-la nestes e em outros estudos recentes variam, apesar de a matriz risco de oferta/importância econômica (Figura 44) ser a base para quase todos eles. Os indicadores mais utilizados na literatura para avaliar vulnerabilidade ou importância econômica são: (i) substitutibilidade; (ii) valor dos produtos afetados; (iii) razão demanda futura/oferta, entre outros; indicadores comuns de risco de oferta, por sua vez, são: (i) concentração de produção; (ii) governança do país produtor; (iii) tempo de depleção; (iv) dependência como sub-produto; entre outros (FRENZEL et al., 2017). É importante observar que as preocupações históricas fundamentais acerca do termo "materiais críticos" permanecem no debate atual, ainda que os materiais apontados como tal tenham mudado devido ao desenvolvimento tecnológico e à globalização de mercados; além disso, as proposições de solução também são similares: reciclagem, substituição, eficiência, maior vida útil do produto e apoio a atividades de pesquisa (BUIJS; SIEVERS, 2013; FROMER; EGGERT; LIFTON, 2011; NRC, 2008b; US DOE, 2011).

De forma geral, materiais considerados críticos nestes estudos foram particularmente aqueles: (i) cuja propriedade é insubstituível no produto que compõe, mas que apresenta baixa massa por unidade de produto; (ii) que são metais menores, minerados em pequenas quantidades se comparados a metais base ou industriais (como consequência, normalmente não configuram *commodities* minerais[202]); (iii) cujas taxas de consumo tornam-se rapidamente crescentes; (iv) que são co- ou sub- produtos de um mineral principal (ver Figura 46– figura superior); (v) que apresentam baixíssima elasticidade preço-oferta; (v) que requerem metalurgia extrativa complicada; (vi) que apresentam baixas taxas de reciclagem (ver Figura 45); e/ou (vii) que não apresentam substitutos com desempenho similar no curto/médio prazo (ver Figura 46 – figura inferior) (FRENZEL et al., 2017; FROMER; EGGERT; LIFTON, 2011; GUNN, 2014).

[202] *Commodity* mineral é qualquer mineral que pode ser extraído da Terra para geração de lucro (GUNN, 2014). Metais menores com frequência são metais dopantes, usados em poucas quantidades para aplicações de nicho em alta tecnologia (FRENZEL et al., 2017).

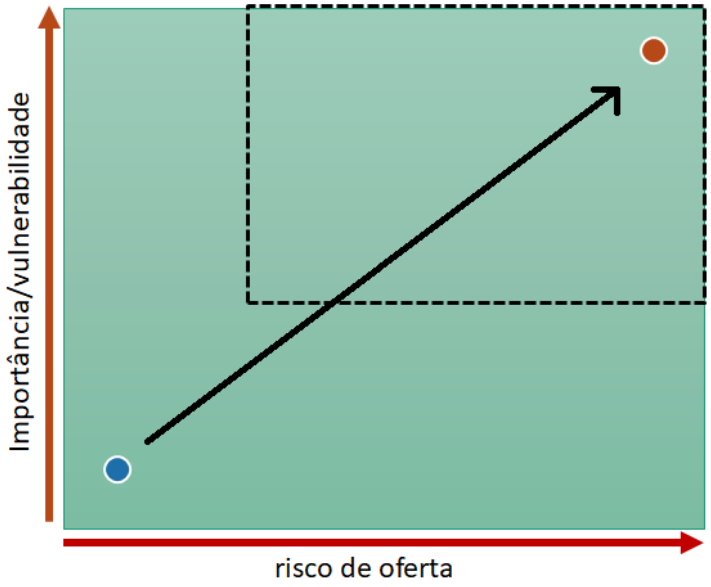


Figura 44 - Matriz de avaliação de criticidade. A seta aponta para a região de maior criticidade. Fonte: Elaboração própria a partir de NRC (2008b)**.**

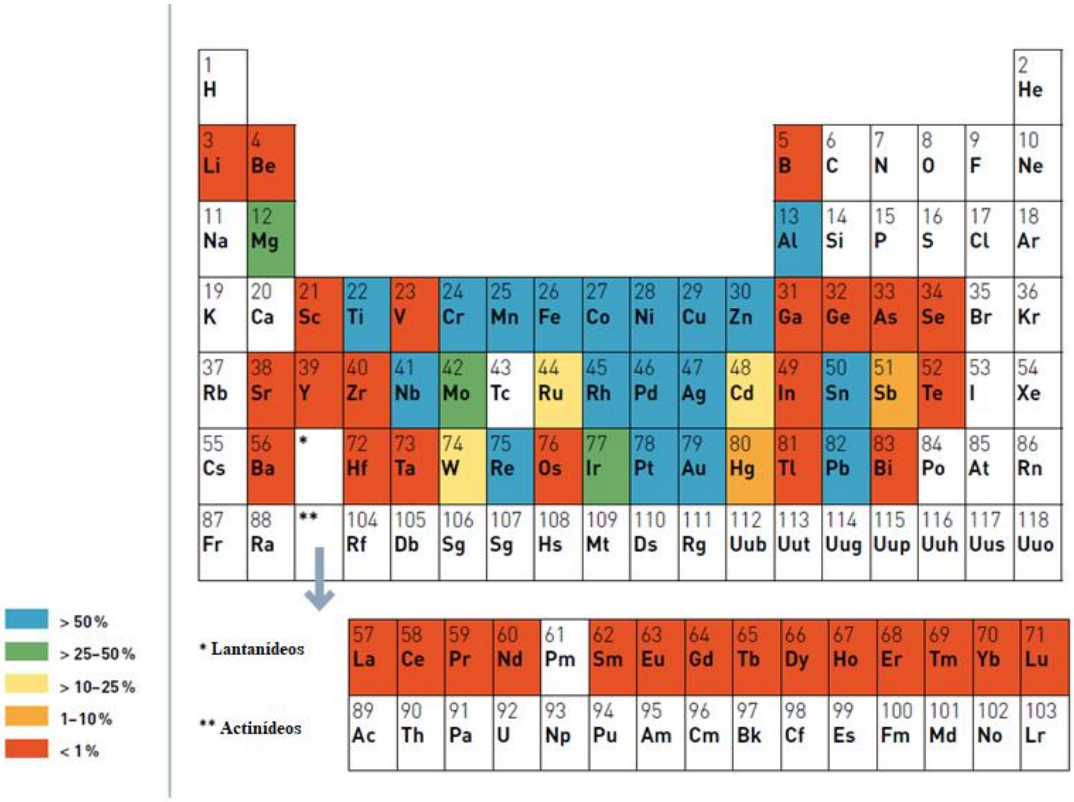


Figura 45 - Taxa de reciclagem de metais. Fonte: Adaptado de UNEP/IRP (2011)**.**

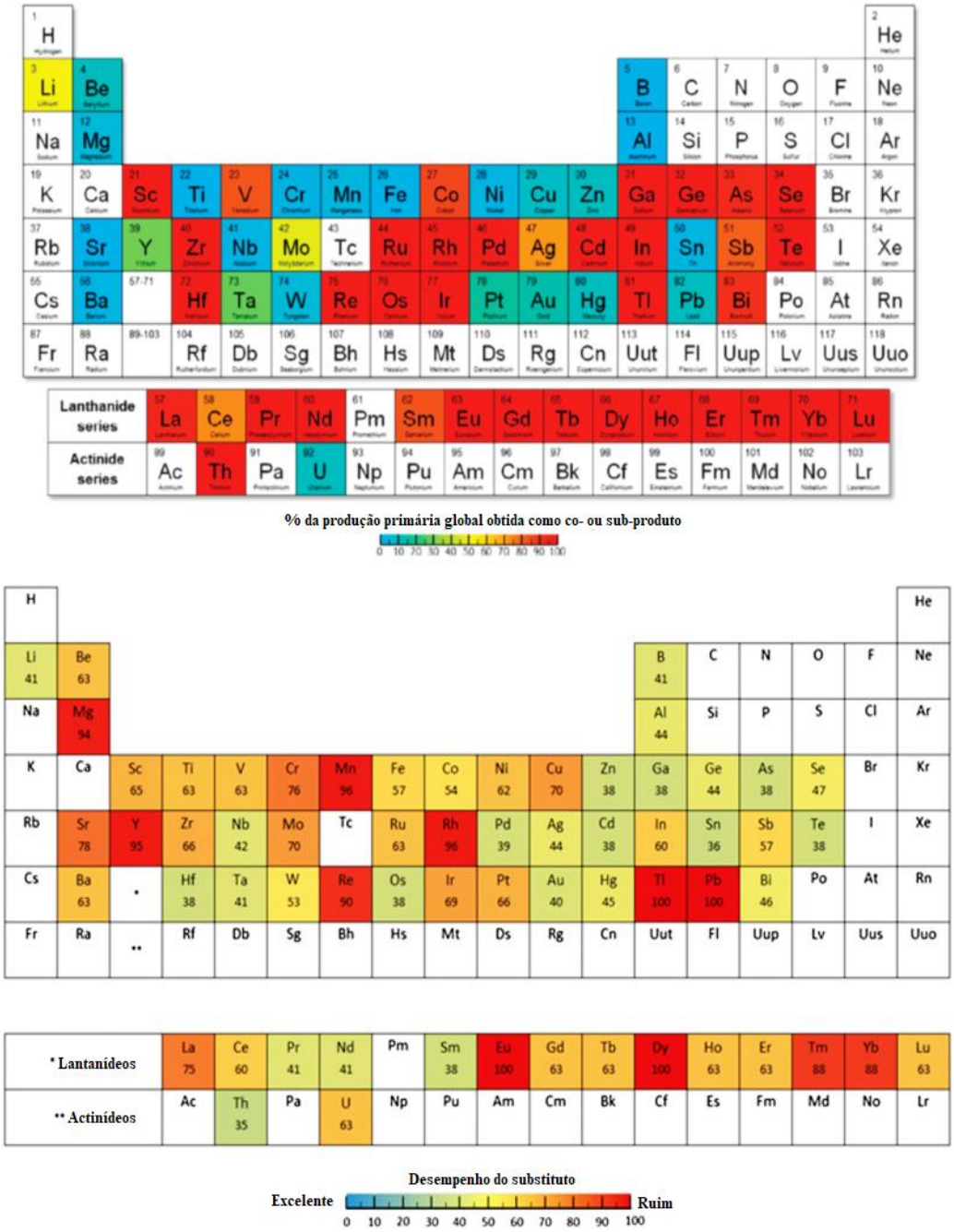


Figura 46 - Percentual de co- ou sub-produto da produção primária global (figura superior) e desempenho de substitutos (figura inferior). Fonte: Adaptado de GRAEDEL; HARPER; NASSAR; RECK (2015); NASSAR; GRAEDEL; HARPER (2015)**.**

Com efeito, a criticidade absorve o conceito de escassez, absoluta e relativa, apesar de incluir outros fatores à segurança de recursos. Segundo (FRENZEL et al., 2017), entretanto, as avaliações de criticidade na literatura falham por não terem aderência à teoria de risco e, por isso, muitos dos materiais avaliados como críticos não o são,

principalmente aqueles produzidos como sub-produtos e empregados em aplicações de nicho, de alta tecnologia; segundo o autor, a criticidade deve ser definida como "uma medida do risco (econômico) decorrente de sua utilização (incluindo produção, uso, e fim de vida) para um consumidor específico em um determinado período", de modo que o consumidor "pode ser qualquer coisa, desde uma única empresa ou tecnologia a uma economia nacional ou multinacional". Criticidade, portanto, é um conceito dinâmico e varia de acordo com o referencial.

Assim, a depender da metodologia utilizada e da perspectiva da instituição que realizou os estudos, os materiais considerados críticos mudam; há um consenso, entretanto, entre todos os estudos em apontar os ETR como os materiais mais críticos para a transição energética, tanto pela insubstitutilidade no curto e médio prazo, quanto pela aparente concentração de reservas e capacidade de processamento na China.

Como já discutido nos itens 4.1 e 4.2.2, o acesso a recursos minerais que sustentam tanto o modelo energético tradicional quanto o emergente foi fortemente respaldado pelo governo chinês, resultando no aumento da produção de ferro e aço, por exemplo, para a economia intensiva em recursos, mas também na garantia de produção de polissilício para fabricação doméstica de painéis FV. O acesso a ETR, no entanto, fundamental para a fabricação de turbinas eólicas e veículos elétricos, parece ser determinante para a liderança chinesa em uma possível transição energética, tal como foi o acesso a petróleo para os EUA no início do século XX, ou o acesso, qualidade e distância das minas de carvão aos centros de consumo na Inglaterra do século XVIII. Esta percepção se dá porque, apesar do crescente volume de minerais produzidos e comercializados em mercados altamente globalizados, parece haver uma dificuldade maior de acesso de países tradicionalmente centrais às ETR, o que não ocorre com outros minerais. Mesmo que outros materiais que irão compor a geopolítica mineral da transição energética, como o lítio e o cobalto para a fabricação de baterias, por exemplo, tenham sido apontados com algum grau de criticidade (APS; MRS, 2011; BP, 2014; EC DG ENTR, 2010; UNEP, 2009; WB; EGPS, 2017), apenas as ETR são produzidos com respaldo de forte política industrial estatal cujo foco é de agregar valor a estes minerais.

Neste sentido, o próximo item pretende elucidar se a China possui acesso privilegiado às reservas de terras raras e também revelar parte do cenário geopolítico que se instaura na transição energética às novas renováveis.

4.3.2 A avaliação do acesso privilegiado pelo Índice de Theil

Dada a centralidade do acesso a ETR à presente transição energética, buscou-se nesta dissertação investigar o quão privilegiado é o acesso chinês a estes materiais, a partir da evolução do Índice de Entropia de Theil (ET), detalhado no Anexo I. É importante ressaltar, no entanto, que, além das cotas de exportação, também foram implementadas cotas de produção de ETR, sob a justificativa de que as reservas estavam sendo explotadas de forma irracional e se esgotariam em poucas dezenas de anos, e taxas de exportação, em congruência com outras práticas que sugeririam uma preocupação do governo chinês em desenvolver a indústria local e mitigar os impactos ambientais causados nas décadas passadas pela indústria de ETR. A narrativa que prevalece na literatura e nos canais midiáticos, no entanto, é a geopolítica, que argumenta que tais práticas caracterizariam a ascensão de um nacionalismo de recursos em relação às TR e que a China se tornaria a nova OPEP da energia limpa, como salientado por WÜBBEKE (2013). Assim, a metodologia também foi aplicada na avaliação da concentração de reservas de petróleo, a fim de revelar possíveis similaridades e diferenças entre os cenários geopolíticos da era fóssil e da era renovável/inorgânica, no que tange a distribuição de reservas.

Os resultados obtidos estão descritos na Figura 47. Neste caso, ET' de valor nulo representa um cenário de reservas totalmente concentradas em um único país, e ET' de valor unitário uma distribuição uniforme de reservas em todos os países. De forma geral, todas as curvas evidenciam algum grau de concentração, não superando o valor de 0,7 na escala unitária e, portanto, não representando distribuição homogênea em nenhuma das análises de reserva.

Ao analisar primeiramente as curvas vermelhas, referentes à evolução do índice de Theil para reservas de petróleo, percebe-se uma grande inércia em ambas as curvas. O índice das curvas se apresenta de forma relativamente estável apesar de o período considerado apresentar: (i) volatilidade de preços suficiente para aumentar ou reduzir o volume de reservas (não necessariamente de forma homogênea, dadas as diferentes qualidades de poços); (ii) compreender eventos geopolíticos que alteraram a dinâmica de produção global de óleo cru; (iii) conter descobertas de campos petrolíferos importantes tanto dentro quanto fora da OPEP; e (iv) entrada e saída de países na organização. Isto ilustra, além de maior detalhamento nos dados de reserva em relação às TR, maior volume total conhecido e maior reposição de reservas, o que é esperado para a matéria-prima que

norteia a economia mundial e que é, de fato, mais abundante[203] tanto na superfície terrestre quanto no uso para um mesmo serviço energético. Além disso, verifica-se que, mesmo supondo um mercado global de petróleo perfeitamente competitivo, as reservas totais apresentam concentração geográfica bastante relevante, não superando o índice de 0,7 em nenhum momento da história, evidenciando a vantagem comparativa, em termos apenas do volume de reservas, com que alguns países contaram.

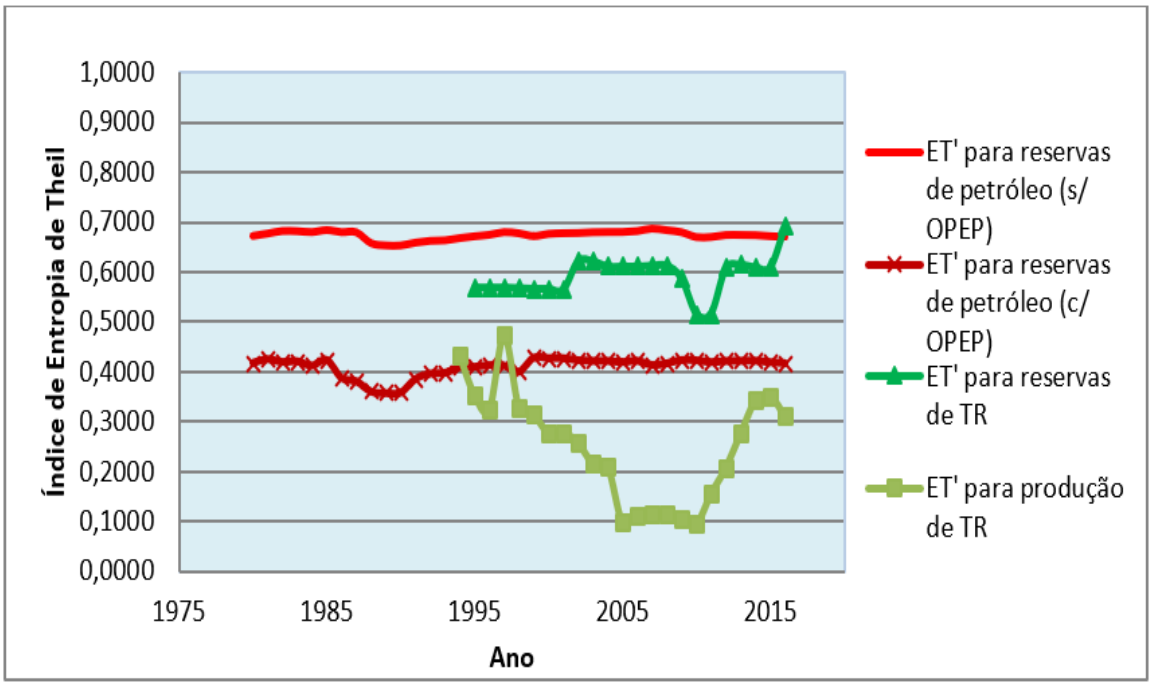


Figura 47 - Índice de Entropia de Theil aplicado à(s): (i) Reservas de petróleo (s/ OPEP), (ii) Reservas de Petróleo (c/ OPEP), (iii) Reservas de TR, e (iv) Produção de TR.

Em relação ao grau de concentração atribuído à formação OPEP, observa-se que, de fato, há concentração bastante relevante, de modo que o índice de Theil cai da faixa de 0,65-0,69 para 0,36-0,41 quando as reservas totais dos países membros são consideradas sob controle de uma única organização. Ou seja, a distribuição natural das

[203]As reservas provadas de óleo aumentaram de 683,4 para 1697,6 bilhões de barris no período de 1980 a 2015, mesmo com volumes de produção crescentes (BP, 2016). Para o período de 1996 a 2015, as reservas de ETR aumentaram de 100 para 130 milhões de toneladas (US Geological Survey, 1996-2016), o que é pouco, inclusive se comparadas às reservas de outros minérios como o de ferro, por exemplo, cujas reservas superam os 80 bilhões de toneladas (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016b) .

reservas de petróleo já apresenta concentração relevante, que é bastante acentuada quando a OPEP atua de fato como um cartel.

Ao atentar para as curvas verdes, correspondentes às reservas e produção de ETR, verifica-se inicialmente que a instabilidade é evidente, se comparadas às curvas vermelhas. O índice de Theil para reservas é perturbado por pequenas variações no montante total de reservas e na maneira de relatar os dados. Até 2009, por exemplo, as informações geológicas estavam subdivididas em "Reserva" ("*Reserve"*) e "Reserva Base" (*"Reserve Base"*) nos relatórios do USGS, onde a Reserva Base é constituída pelos recursos economicamente viáveis à época (reservas), os marginalmente econômicos e parte do que é recurso subeconômico, sendo, portanto, a parte do recurso identificado que apresenta critérios fisico-químicos mínimos (teor, qualidade, da mina, espessura e profundidade) para mineração e produção (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016a). Após 2010, os dados são organizados somente em termos de reservas, dificultando a avaliação do que é Reserva Base e se torna Reserva com o aumento de preços e vice-versa. Ainda assim, é possível notar uma certa estabilidade na concentração de reservas até 2010, que coincide com o período de quase-monopólio chinês e de preços baixos de TR no mercado, cenário que não favorecia esforços exploratórios por minerais que contivessem esses elementos. A desconcentração que se nota em 2003 foi devido a uma redução das reservas chinesas em relação ao ano anterior, o que não representou necessariamente uma dispersão das reservas porque a Reserva Base da China nesse mesmo ano aumentou.

Alguma flutuação relevante na distribuição de reservas de TR é vista a partir de 2010. Ao contrário do que se esperaria, somente China e Índia apresentaram aumento de reservas com a elevação súbita de preços entre 2010 e 2011, aumentando o montante total de reservas mas indicando maior concentração das reservas mundiais. Além disso, a Austrália tem suas reservas reduzidas no mesmo período e, aparentemente, não há novas reservas fora da China além das já citadas.

No entanto, até 2016, Brasil e Austrália apresentaram crescimento das reservas, motivada pela melhor avaliação das reservas pelos Estados, evidenciando o efeito da crise de 2010/2011 na busca por reservas fora da China. A estabilização do índice de entropia a partir de 2013 é devido à redução de reservas americanas em quase 90%, de 13 milhões de toneladas para 1,8 milhões de toneladas, atribuída a uma revisão dos dados que resultou na consideração apenas da parcela das reservas que estivessem de acordo com

os padrões ambientais reconhecidos, no mesmo período em que as reservas brasileiras crescem de 36 mil toneladas para 22 milhões de toneladas (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016b). Segundo o relatório do USGS, as reservas reportadas por outros países seriam alteradas de acordo com padrões ambientais mais rigorosos à medida que melhores informações fossem adquiridas. Como isso ainda não ocorreu e os dados não estão mais descritos com base na definição de Reserva Base, tem-se a falsa impressão de que as reservas continuam concentradas aos mesmos níveis da década de 2000. Além disso, se as reservas forem alteradas de acordo com os padrões ambientais de seus respectivos países, a impressão de concentração se estenderá apenas a países em desenvolvimento com legislação ambiental menos rigorosa.

Portanto, a informação sobre reservas globais do USGS não se mostrou sensível ao aumento de preços em 2010/2011, apesar de até 2016 verificar-se um aumento no montante total de reservas globais resultante do esforço exploratório pós-crise. Se a motivação para a taxação de exportações e adoção de cotas de produção e exportação tivesse cunho essencialmente geopolítico e de nacionalismo de recursos naturais, a tendência para o longo prazo seria de manutenção da estabilidade do índice de entropia de reservas, o que não é observado com clareza devido à insuficiência de dados. Ainda assim, o índice de entropia para reservas de TR é maior que o de reservas de petróleo quando a OPEP atua como cartel e ligeiramente menor quando se supõe um mercado perfeitamente competitivo, o que nunca foi visto no mercado global de petróleo. Pode-se supor ainda, que, caso as reservas norte-americanas não tivessem sido revisadas, o índice de entropia se revelaria crescente no período pós-2010.

De fato, as informações contidas no último relatório do USGS (US GEOLOGICAL SURVEY, 2017) comprovam a descentralização esperada das reservas com o aumento dos esforços exploratórios. Surgem novos atores e reservas importantes na Groelândia, na Rússia e no Vietnã, além do aumento de reservas da Índia, da redução das reservas americanas e da redução em 11 milhões de toneladas das reservas chinesas. Apesar da mudança na divulgação destes dados[204], da ausência de padronização na

[204] Nos relatórios anteriores a 2017, há referência a reservas, que variavam entre 21 e 41 milhões de toneladas, distribuídas em "outros países", de onde se supõe que nenhum dos atores incluídos nesta

avaliação de reservas em cada país (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016a) e do possível viés declaratório dos Estados na comunicação de suas reservas, evidências de desconcentração pós-crise são percebidas pelo aumento do número de atores, redução das reservas provadas chinesas e consequente redução da fração chinesa das reservas globais de 44% em 2016 para 36% em 2017.

É necessário, portanto, uma análise mais apurada das reservas totais para que se possa de fato avaliar a capacidade de a China exercer poder sobre o mercado de TR no médio e longo prazo. Como apontam HAYES-LABRUTO et al. (2013), a diferença nas definições de reserva verificadas em diferentes bases de dados atribui responsabilidades desiguais a países na oferta desses elementos, criando relações de poder-dependência entre eles. Além disso, é necessário também que se distinguam as reservas por elemento para que essa análise seja mais precisa. A literatura, em parte, concorda com o fato de as ETR pesadas serem mais críticas por estarem, de fato mais concentradas nas argilas iônicas do sul da China, até recentemente tidas como únicas no mundo. No entanto, como argumenta MOLDOVEANU; PAPANGELAKIS (2016), não há razão geológica ou climática para limitar a ocorrência deste tipo de depósito às sete províncias do sul da China, o que ficou evidente nas recentes descobertas exploratórias, resumidas por Z. WENG et al. (2015), onde foram identificadas argilas iônicas em Goiás, no Brasil, e em Madagascar, locais que apresentam caractéristicas climáticas e geológicas semelhantes.

Por outro lado, pela análise do índice de entropia de produção de ETR, é possível identificar o processo de concentração da produção iniciada na década de 1990 e prolongada pela década de 2000 devido à saída da americana Molycorp do mercado, tanto por questões ambientais quanto pelos preços não-competitivos (HAYES-LABRUTO et al., 2013), e dos demais produtores de então. Entre meados dos anos 60 e 80, o mercado de ETR foi dominado pelos EUA, principalmente pela produção da empresa californiana Molycorp na mina de Mountain Pass. A partir do início dos anos 90, no entanto, a China despontava como a maior produtora, resultado de incentivos governamentais e baixos

---

categoria teria concentração de reserva relevante. Assumiu-se, então, que elas estariam distribuídas de forma homogênea em países onde se sabia que haviam depósitos de terras raras. No entanto, no relatório de 2017, esta categoria é abandonada para dar lugar ao surgimento de 3 grandes reservas (Groelândia, Vietnã e Rússia) de semelhante dimensão.

custos de produção devido às legislações de saúde e ambiental menos rigorosas e aos baixos salários comcedidos no setor de mineração chinês, tornando pouco interessante para os países produtores de então manter alguma capacidade doméstica ativa (DE RIDDER, 2013). Desde então, produção e demanda cresceram a taxas bastante consideráveis, em torno de 7% ao ano em média, apesar de cada elemento possuir uma dinâmica própria de demanda (INVESTOR INTEL, 2016), consolidando a China como quase monopolista da produção global enquanto sua demanda interna também aumentava progressivamente na intenção de agregar valor a esses elementos e verticalizar a indústria de ETR.

Após a crise de 2011, no entanto, observa-se uma tendência à desconcentração de forma ainda mais acentuada que o movimento de concentração anterior, evidenciada pela inclinação da curva do índice de Theil neste período. Dadas as características da indústria de extração mineral, de resposta lenta e inelástica a variações de demanda e preços (BUIJS; SIEVERS, 2013), esperar-se-ia que esse processo de desconcentração continuasse de forma gradual, impulsionado pela abertura de novas minas fora da China, hoje em etapa de desenvolvimento e possibilitadas pelo aumento dos preços dos ETR.

No entanto, apesar da crise das terras raras em 2010-2011 ter despertado nos países consumidores a necessidade de diversificação das fontes de TR, a mediação do conflito realizada pela OMC não resultou na redução da dependência à China por esses materiais. Se por um lado as práticas protecionistas chinesas causaram distorções de mercado elevando os preços e obrigando as empresas *downstream* a se deslocarem para a China, como denunciado pelos países dependentes desses elementos, por outro, o aumento dos preços resultante foi essencial para a redução gradual da parcela de mercado dominada pela China na produção mundial de ETR nos anos que se seguiram. Porém, com o fim das cotas de exportação imposto pela OMC em 2015 (MATHEW, 2015), os preços voltaram a cair em 2016 (ARGUS CONSULTING SERVICES, 2016), impossibilitando o desenvolvimento de novos projetos para sua futura entrada no mercado. Isso é percebido pelo número de novos empreendimentos em fevereiro de 2012, quando haviam 419 projetos de produção de ETR em 37 países fora da China, elencados pelo TMR (HATCH, 2012); em 2016, esse número caiu para 53 projetos em 16 países (LIFTON; HATCH, 2016). Não só novos projetos foram novamente inviabilizados como também a antiga mina de Mountain Pass operada pela Molycorp, que havia retomado as atividades em

2012, encerrou-as novamente em 2015 devido à queda de preços (US GEOLOGICAL SURVEY, 2016b) e foi comprada em 2017 por um consórcio chinês (TOPF, 2017).

Além disso, a redução de preços tende a encerrar gradualmente o processo iniciado com a crise das TR de incentivos ao desenvolvimento de substitutos, de busca por novas minas fora da China e de reciclagem destes elementos, podendo os países consumidores de ETR manterem a posição de dependência por um período maior que o previsto. A produção, portanto, continua e continuará, ao menos no curto prazo, concentrada na China devido não só à nova redução de preços de ETR, mas ao longo tempo de desenvolvimento de novas minas produtoras e de capacidade de beneficiamento fora da China ainda inexistente (HAYES-LABRUTO et al., 2013).

Esta conjuntura evidencia as contradições de percepção das políticas chinesas como clássico caso de nacionalismo de recursos. O aumento de preços possibilita a redução da dependência por ETR pela expansão da produção para fora da China mas os preços baixos da produção desregulamentada do monopólio chinês favorecem a produção *downstream* fora da China. HAYES-LABRUTO et al. (2013) e WÜBBEKE (2013) endossaram ainda hipótese de que a implementação de taxas e cotas de exportação não teria motivações geopolíticas de nacionalismo de recurso, mostrando maior congruência entre as políticas públicas implementadas pelo governo chinês a partir de 2005 e as narrativas de proteção ambiental, conservação de recursos e desenvolvimento. HAYES-LABRUTO et al. (2013), por exemplo, mostram que as preocupações ambientais e sociais atualmente refletidas nas políticas chinesas são genuínas e decorrentes dos protestos populares e da sobreexploração dos recursos de ETR nas décadas passadas. Os autores salientam também que o deslocamento de empresas estrangeiras é benéfica não só para a China, que recebe investimento estrangeiro direto, mas que a demanda interna crescente, a política doméstica de incentivos ambientais e acesso às redes de informação sobre ETR são importantes incentivos para a formação de *joint ventures* com empresas chinesas.

Outro fator importante, em consonância com o viés de conservação de recursos é apontada por WANG et al. (2015), que projetaram a produção das três regiões produtoras chinesas baseadas em um modelo Weng generalizado. Os autores mostraram que a produção total chinesa iniciará seu declínio por volta do ano de 2020, sendo que cada uma das regiões terá pico no máximo em 2024. O estudo enfatizou a necessidade de reforçar a regulação da produção de ETR na China de forma a incluir os custos de proteção

ambiental e de conservação do recurso em seu preço, de forma a refletir seu real valor. Além disso, a pressão por ETR pesadas motivada pela demanda crescente por ímas de NdFeB em veículos elétricos e turbinas eólicas, principalmente, exigirá uma maior diversificação de minérios na composição das fontes de ETR para além das três regiões em questão, que não contêm teor relevante de ETR pesadas para responder à demanda projetada[205] (WANG et al., 2015).

Alguns autores apontam ainda o controle da mineração ilegal no Sul da China como uma medida essencial para conter a volatilidade de preços e possibilitar a diversificação de fontes de ETR (HATCH, 2013; PACKEY; KINGSNORTH, 2016; WÜBBEKE, 2013). Supõe-se que a mineração ilegal de argilas iônicas, que responde hoje por 80% da demanda por ETR pesadas, consideradas mais críticas e de maior valor, represente em torno de 30-40% da produção total de ETR. Devido à facilidade de extração e regulação insuficiente, a mineração ilegal desse tipo de minério é prejudicial tanto para a China quanto para o resto do mundo devido aos seguintes fatores: (i) quando há aumento de preço de TR, essa atividade é estimulada, de modo a contribuir para a volatilidade de preços e impedir o desenvolvimento de projetos de mineração de ETR fora da China e diminuir atratividade de investimentos para reciclagem e substituição desses elementos; (ii) os impactos ambientais causados pela mineração ilegal supõem-se maiores que da legalizada e podem levar à exaustão desses recursos antecipadamente ao previsto.

Apesar de a China ter avançado no controle da mineração ilegal, PACKEY; KINGSNORTH (2016) e INTEL (2016) apontam uma contradição importante: a cota de produção de óxidos de ETR ainda é menor do que a demanda, o que acaba por estimular a produção ilegal para que a demanda seja correspondida. É preciso, portanto, que isso seja equacionado para que a mineração ilegal seja extinguida e as políticas de reforço de leis ambientais tenham o efeito que se deseja. Uma iniciativa importante do governo chinês, no entanto, como forma de encerrar a mineração ilegal responsabilizando também

[205] Segundo HATCH (2013), o perfil de uso de TR nos ímãs de NdFeB varia de 1:50 a 1:2 na razão Dy+Tb:Pr+Nd, enquanto nos minérios típicos de produção de TR a razão varia de 1:100 a 1:50.

os consumidores de ETR, foi a proposta de estabelecimento de padrões internacionais de produção de ETR (ANSI, 2015).

Assim, a atual comparação entre um típico caso de nacionalismo de recurso como o embargo saudita em 1973 e o caso chinês em questão é indevida. Como salientado por VERRAX (2014), segundo o *World Trade Report* de 2010, recursos naturais renováveis ou não-renováveis compartilham das seguintes características: (i) são distribuídos de forma heterogênea; (ii) são exauríveis; (iii) podem produzir externalidades negativas; (iv) representam frequentemente parcela significativa nas economias nacionais; e (v) possuem preços altamente voláteis. Para o caso das TR, no entanto, a questão da distribuição de reservas e de participação relevante na economia não se adequa. Como salientado pela análise a partir do índice de entropia de Theil, a China possui, de fato, uma parcela considerável do mercado em todas as bases de dados avaliadas (CHEN, 2011; US GEOLOGICAL SURVEY, 2016b; WENG et al., 2015), mas nunca superando a metade das reservas mundiais. Ademais, a participação da mineração de ETR na economia chinesa, como apontado por WÜBBEKE (2013), é muito baixa. Segundo o autor, a indústria de ETR é muito pequena comparada inclusive às demais atividades mineradoras e de carvão, representando algo em torno de 0,5% do PIB chinês. Já a Arábia Saudita dependia do aparato militar dos EUA, não possuía capacidade de extração e processamento do óleo, não representava um grande mercado consumidor e tinha sua economia dependente da exportação de óleo cru (HAYES-LABRUTO et al., 2013).

Por outro lado, se há, de fato, alguma semelhança entre o desenvolvimento das indústrias de ETR e petróleo a que se possa fazer referência, o período dominado pelas "sete irmãs" parece melhor se adequar à comparação. A manutenção dos preços do óleo cru a níveis baixos foi essencial para que as grandes empresas verticalizadas de petróleo de então pudessem ganhar margem no refino. De forma análoga ao que se viu até a década de 1960, a China manteve custos de produção e preços baixos, mesmo após ter suficientemente consolidado o monopólio, com o objetivo de desenvolver a indústria local e lucrar não pela venda de óxidos de ETR mas de produtos finais. Isso ainda não foi visto porque o monopsônio não foi consolidado e, portanto, ainda não se tem uma verticalização completa dessa indústria. Como salienta PACKEY; KINGSNORTH (2016), para exercer poder no mercado de ETR, a China procurará manter um preço limite que impeça a diversificação de fontes de ETR de forma a se tornar a grande fornecedora

mundial de produtos finais baseados em ETR. O perigo maior, segundo esta análise, não reside na possibilidade de desabastecimento de ETR fora da China, mas na consolidação de uma indústria *downstream* baseada em ETR e majoritariamente controlada pela China.

Este ponto é central no que tange à transição energética em curso. As tecnologias que foram priorizadas nas políticas energética e industrial foram aquelas cujo desenvolvimento da cadeia produtiva eram possíveis, seja da perspectiva de maturidade da indústria, seja da perspectiva do acesso a recursos críticos e da possibilidade de agregação de valor. A China soube aproveitar as oportunidades criadas em torno da ascensão de tecnologias renováveis, necessidade de redução de poluição local e da localização e qualidade de reservas de ETR como estratégia de longo prazo.

4.4 Discussão

Nos capítulos anteriores desta dissertação, foram analisados os processos de grandes transições energéticas, os fatores e forças-motrizes que os compõem e a ascensão chinesa como grande fabricante, consumidora e exportadora de TER. A presente discussão terá como fio condutor os três seguintes eixos: (i) como esta transição capitaneada pela China dialoga com os conhecimentos teóricos descritos no Capítulo 3; (ii) qual é o papel da China na transição energética global na direção de tecnologias renováveis modernas; e (iii) que mudanças e semelhanças podem ser observadas nesta transição em relação à tendência que fora desenhada desde a RI na difusão, produção e consumo de energia.

(i) como esta transição capitaneada pela China dialoga com os conhecimentos teóricos descritos no Capítulo 3:

No âmbito do planejamento energético, o modelo tradicional chinês pós-1978 de rápido crescimento econômico pautado na indústria pesada, na exportação e na atração de investimentos estrangeiros diretos estava sustentado pelo intenso consumo de carvão. O desafio que se coloca para o país no século XXI reside na transição para o próximo estágio de desenvolvimento econômico e social, ou seja, para uma economia orientada pelo consumo doméstico, pelo setor de serviços e pela inovação, menos intensivos em energia. A transição energética na China é também a transição entre o “socialismo com características chinesas” e a busca pelo “Sonho Chinês”, que envolve, além da difusão de

TERs, a melhoria da qualidade de vida da população, agravada pela poluição do ar, da água e dos solos, e a progressiva escalada das cadeias de valor. A transição energética na China é, portanto, um meio e não um fim. A Figura 48 ilustra o padrão de fluxos transnacionais que refletem a estratégia chinesa descrita até aqui.

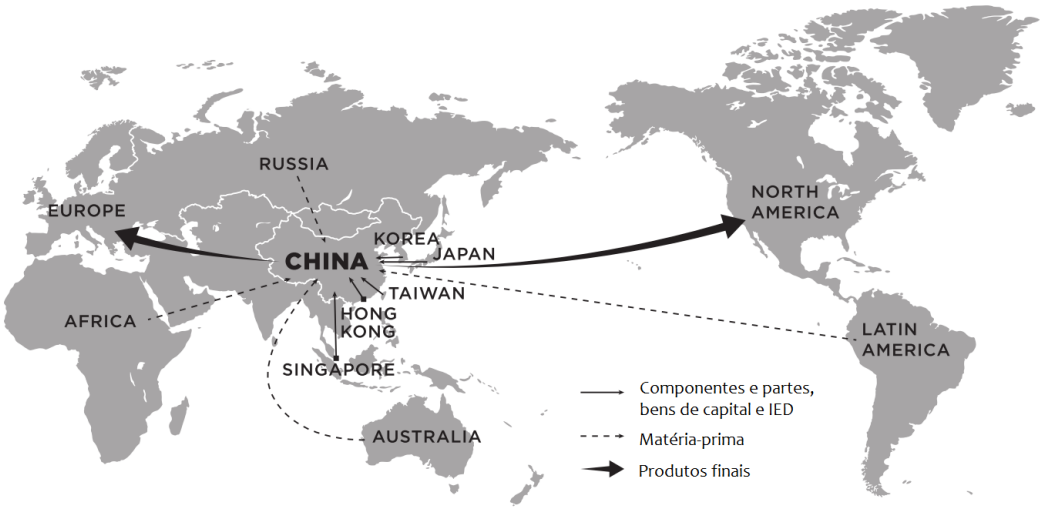


Figura 48 – A rede sinocêntrica e orientada à exportação da produção no sudeste asiático (1990 – presente). Fonte: Adaptado de HUNG (2016)**.**

A China passa atualmente por mudanças estruturais para gerir os desequilíbrios econômicos e sociais causados pelo rápido crescimento fundado em grandes investimentos e na progressiva radicalização da globalização aos moldes neoliberais, sob o comando de um Estado que oscila entre a segurança e a abertura econômica. A atuação do Estado chinês, desde 1978 até hoje, pode ser representada pela famosa frase de Deng Xiaoping, quando das reformas de abertura: "atravessaria o rio sentindo as pedras ao passar". Assim, a política chinesa, tanto em prática quanto na estrutura institucional, seria resiliente, flexível, renova-se a cada ciclo e tem capacidade adaptiva frente a mudanças no cenário internacional.

Esta característica buscava, naquele momento, superar a resistência política e o *lock-in* institucional dos maoístas às reformas de abertura, optando pelo gradualismo, e não pela "terapia do choque" recomendada pelo Consenso de Washington. Seria testando soluções em procedimentos administrativos em setores ou regiões específicas, antes de

expandí-las, se exitosas, que a China faria a reforma econômica primeiro, para depois realizar a reforma política.

Este traço do Estado chinês tem claras implicações na natureza da transição energética – que é um processo não-linear e repleto de incertezas - e na rapidez com que ocorre. Fundamentalmente, o papel da China foi de adaptar suas políticas e instituições para, em benefício do seu projeto de desenvolvimento, aproveitar as seguintes janelas de oportunidade: (i) a de, sendo a "fábrica do mundo" já em 2001, tornar-se a grande fabricante de TERs que abasteceria o mercado europeu emergente; (ii) a de promover políticas industrial e energética coerentes com a dinâmica e estágio de cada uma das indústrias de TER, de modo a reorientar a capacidade de fabricação de painéis FV para o mercado doméstico, quando os países centrais impuseram ações anti-*dumping*, por exemplo; (iii) a de coordenar capacidade industrial e mobilizar recursos para capitanear a transição que garantiria estabilidade social (abalada pelos protestos ambientais), segurança energética e, em última instância, a continuidade de seu projeto de desenvolvimento no longo prazo.

É bastante comum, no entanto, a interpretação de que o sucesso chinês na construção de uma competência industrial solida em TER é fruto apenas de um exagerado intervencionismo estatal *top-down* e da aparentemente inesgotável mão-de-obra barata chinesa. A partir das análises realizadas no Capítulo 3, no entanto, conclui-se que o quadro chinês é muito mais complexo.

Como foi apresentado, a política energética chinesa é realizada em camadas horizontais (ministérios, provincias, agências, comissões) e verticais (governo central, provincial e local), e varia com a atuação de cada instituição envolvida, que agem de acordo com seus interesses específicos e as metas particulares a serem alcançadas. Há clara inconsistência entre autoridades do setor de energia (CNDR, ANE, etc) e da indústria (MITI), por exemplo: a primeira disputa investimentos para aumento de capacidade instalada, enquanto a segunda defende maiores investimentos em P&D, tecnologia e fabricação de equipamentos. Além disso, ficam claros os conflitos entre autoridades locais e provinciais, que buscam rendas no curto prazo, com as diretivas do governo central orientado a objetivos de longo prazo. Também é importante ressaltar a relação íntima entre indústria e governo também no setor de renováveis e que, ainda que o processo de formulação de políticas tenha sido liderado desde 2005 pelo Estado, as

empresas privadas de energia deste setor vêm influenciando a formulação e implementação das políticas cada vez mais.

Segundo SHEN; XIE (2018), entretanto, este modelo não é exclusivo do setor de renováveis. A política energética chinesa, de maneira geral, é gerida desta forma. Assim, a questão fundamental seria, segundo este autor, menos sobre a dicotomia entre democracia liberal ocidental *versus* Estado interventor com políticas *top-down*, e mais sobre como o setor de renováveis ultrapassa tão rapidamente os outros setores, particularmente o de fontes fósseis. A resposta residiria na confluência de interesses de um maior número de atores envolvidos no setor renovável que no fóssil: até a contradição entre alto consumo de carvão e grandes investimentos em renováveis é reflexo da governança descentralizada da energia na China. Não há, portanto, uma centralização absoluta da tomada de decisão no setor de energia, senão uma capacidade de coordenar a nível nacional vultuosos recursos – humanos, financeiros, minerais, renováveis - para grandes objetivos de longo prazo, para os quais é determinante que representem o êxito do maior número de atores, apesar dos diversos interesses em questão.

Em relação à mão-de-obra barata, de fato ela teve seu papel não apenas no setor de renováveis mas em toda a trajetória de abertura para investimentos estrangeiros diretos em indústrias orientadas à exportação. Entretanto, se os custos de mão-de-obra fossem a variável determinante para o sucesso para a exportação de produtos de alta tecnologia – não apenas de TERs, mas também de eletrônicos, por exemplo – fabricantes norte-americanos e alemães, por exemplo, não estariam consolidados no mercado internacional, como estão atualmente. Além disso, os custos de mão-de-obra chinesa já são maiores do que os encontrados em muitos dos países em desenvolvimento, o que sugeriria que estes países teriam ainda maior vantagem que a China, o que não acontece. É importante notar também que a mão-de-obra não foi apenas barata, mas beneficiária dos bons índices de saúde e de alfabelização à época, o que contribuiu para o empreendedorismo de pequena escala na China e para a constituição de indústrias trabalho-intensivas.

Assim, outros elementos são necessários para explicar a vantagem chinesa: (i) a coesão social, que possibilita a busca do governo central por objetivos pautados em imperativos de desenvolvimento de longo prazo; (ii) a tradição milenar da burocracia mandarim orientada à manutenção no poder por longos períodos de tempo; e (iii) o modelo de desenvolvimento baseado no mercado do período dinástico, como advogam

ARRIGHI (2007) e FOSTER; MCCHESNEY (2012). Só pela estabilidade social, pela garantia de acesso a recursos-chave como base do planejamento de longo prazo, e fomentando a indústria local, foi possível orientar a liquidez do capital chinês a investimentos renováveis por um longo período de experimentação, que rendeu importantes aprendizados para a formulação de políticas. Estas, revisitadas no mínimo a cada cinco anos, davam confiança aos investidores e à população, reforçando a coesão social como premissa.

Estes elementos se fazem presentes na análise desenvolvida no item 4.1.3. De maneira geral, até 2005, os países centrais atuaram principalmente na etapa formativa de TERs, melhorando seu desempenho e promovendo lentamente sua penetração no mercado. Assim, ainda lideram em termos de qualidade e eficiência das unidades de conversores. No entanto, enquanto democracias liberais optaram no setor de renováveis por instrumentos de mercado para sua promoção, a China e países do sudeste asiático, com tradição de orientar suas economias por um Estado forte, fizeram maior uso de políticas de investimentos estatais diretos em projetos de longo prazo. O que torna posição chinesa única em relação a seus vizinhos, no entanto, é a escala absoluta com que consegue aumentar a capacidade instalada e de fabricação de equipamentos, mobilizados por políticas e investimentos públicos e privados no setor, e a vasta demanda por essas tecnologias, ainda em crescimento.

Assim, a unificação da política energética renovável chinesa em torno da LER a partir de 2005 representa a oportunidade explorada pelo país, naquele momento já consolidado como a "fábrica do mundo", mas ainda incapaz de competir em termos de inovação e desenvolvimento científico e tecnológico. Deste modo, como não poderia ser o líder em inovação renovável, seria um seguidor tardio, mas suficientemente rápido para que os ganhos de escala compensassem as deficiências tecnológicas. Optou-se pela "aprendizagem-pela-espera", propositalmente ou não, legando o papel de desenvolver as etapas iniciais e fundamentais da inovação no setor de renováveis aos países que historicamente o fizeram.

A estratégia fundamental chinesa, então, foi de associar política industrial à política energética de maneira ambidestra, tanto pelo lado da oferta (metas de capacidade instalada, P&D e FIT, por exemplo), quanto pelo lado da demanda (ligação mandatória de ER à rede, redes de NEVs, compras governamentais e cidades de demonstração, por

exemplo). Inicialmente, prevaleceram as primeiras sobre as segundas, priorizando a redução de preços das TER pela aprendizagem resultante do aumento de escala, o que ocorreu rapidamente. Mais recentemente, no entanto, fica claro o sentido final das políticas empreendidas de orientar, sob a égide da Nova Rota da Seda, a comercialização de TERs de maior qualidade para exportação da capacidade excedente a mercados do Sul Global, além da promoção do mercado interno de maneira sustentável, sob o "novo normal" de crescimento.

O crescimento das ER na China é visto, no entanto, como "pacífico", sem que houvesse resistência ou *lock-in* do modelo energético tradicional. Isso entraria em contradição com o pressuposto de que haveria um conflito entre a difusão de novas tecnologias renováveis e o *lock-in* do carbono, mais comum em países centrais, discutido no item 3.1.3. Este conflito parece não ocorrer na China ainda, de maneira que o Estado foi capaz de maximizar o aproveitamento da estrutura tradicional fóssil, ao mesmo tempo em que desenvolvia as bases renováveis do novo sistema energético. Algumas razões explicam este fato: (i) a vasta demanda por eletricidade cresce paralelamente ao crescimento econômico e à urbanização; (ii) a ainda reduzida capacidade agregada das TER não oferece influência política ou econômica capaz de ameçar a indústria fóssil tradicional; (iii) vários dos atores (SOEs, companhias de rede, bancos estatais e reguladores locais) têm participação em ambas as indústrias e promoveram a estrutura fóssil e renovável paralelamente, de modo que a ascensão de um novo modelo não é encarado como uma ameaça, mas como nova oportunidade de negócios.

No entanto, ainda que de maneira mais branda que em outros países, há indícios do *lock-in* do carbono como uma das causas do contingenciamento na China. Além dos motivos técnicos, de rápida expansão da capacidade instalada que a da rede elétrica não pôde acompanhar, a priorização de indústrias fósseis por autoridades locais e provinciais é reconhecida como outra causa importante do contingenciamento. Estas o fariam em busca de maior rentabilidade e estabilidade social, já que o encerramento de atividades (ou redimensionamento) das indústrias fósseis é causa de desemprego, que por sua vez, incita mobilizações coletivas.

Ademais, de maneira geral, os esforços estiveram concentrados nas tecnologias solar FV e eólica, mas a diversificação continuou sendo um pilar importante por todo o período analisado. Os vários projetos de demonstração empreendidos pelo governo

funcionaram como verdadeiros laboratórios para políticas de TERs antes de fomentarem a aplicação em nível nacional, evidenciando o caráter exploratório dos investimentos em tecnologias renováveis. A priorização das tecnologias solar FV, eólica e NEVs sugere que a formação de aglomerados tecnológicos (*clusters*), ou seja, a combinação de tecnologias inter-relacionadas, e o transbordamento de conhecimento tecnológico (*spillover*) de aplicações na área de eletrônicos foram essenciais para seu potencial transformador. Direcionadas pelo Estado, estas tecnologias puderam, então, ser explotadas pelas empresas estatais e privadas em busca de redução de custos por aprendizagem.

No setor de solar FV, que estava ainda em fase formativa, o Estado optou por deixar o setor privado ter predominância para desencadear não apenas os mecanismos de aprendizagem-pela-prática decorrentes dos ganhos de escala de imitações (prática herdada dos vizinhos do sudeste asiático), mas para que também buscassem inovar no setor. Ao contrário da indústria eólica que estava dimensionada para suprir o mercado interno desde o início, a indústria solar esteve submetida a competição global, o que se tornou determinante para a exportação de produtos de boa qualidade por preços baixos. As melhorias na eficiência dos painéis são, no entanto, objetivos secundários: o foco esteve sempre em reduzir custos de fabricação pelos processos de aprendizagem-pela-prática.

Em relação à indústria eólica, especificamente, a aprendizagem entre 2005 e 2012 esteve presente em todas as esferas, porque o Estado investira tanto em P&D (aprendizagem-pela-investigação), quanto em política de conteúdo local (aprendizagem-pela-prática), em metas de capacidade instalada (aprendizagem-pelo-uso) e sinergia entre institutos de pesquisa, firmas estrangeiras nas *joint-ventures*, firmas domésticas e universidades (aprendizado-pela-interação). No entanto, segundo (HAYASHI; HUENTELER; LEWIS, 2018), a aprendizagem não foi convertida em ganhos de custo, eficiência e tamanho de turbina, de modo que os ganhos em geração seriam explicados pelo volume de capital investido. A política de conteúdo local, por sua vez, teria sido imprescindível para a construção de capacidade de fabricação doméstica, mas resultou em pouca transferência tecnológica estrangeira para a China. Fica claro, portanto, a incapacidade de as firmas chinesas produzirem turbinas de qualidade entre 2005 e 2012, sugerindo que

> (...) a falta de aprendizado por meio da experiência e do acúmulo de conhecimento durante a rápida fase de expansão da indústria de energia eólica da China representa um *trade-off* entre o ritmo de crescimento da indústria doméstica e os ganhos de produtividade. Como resultado, à medida que os países buscam caminhos de desenvolvimento de baixo carbono, eles devem estar cientes de que, embora o aumento de escala possa ocorrer rapidamente, o incentivo à capacidade tecnológica da indústria local pode levar muito tempo. Portanto, é crucial complementar as políticas de implantação com políticas de inovação cuidadosamente concebidas para o desenvolvimento e aprimoramento da capacidade tecnológica local (HAYASHI; HUENTELER; LEWIS, 2018).

O mal dimensionamento dos subsídios, portanto, criou sobrecapacidade da indústria, o que é características de indústrias maduras e não em estágio inicial, quando a curva de aprendizagem não está próxima de esgotar ganhos de produtividade. Teoricamente, uma indústria em fase de crescimento é caracterizada por um crescimento contínuo da demanda que, disposta a pagar mais por melhores serviços, fomenta a redução de custos. O excesso de capacidade deveria ocorrer, portanto, no estágio maduro da indústria, e não no estágio de crescimento como no caso do que ocorre em muitas indústrias chinesas. Como apresentado nesta dissertação, este fato resultou do entusiasmo excessivo do Estado em reestruturar e modernizar a indústria na China, mais do que em reestruturar sua matriz energética.

Assim, a transição de quantidade para qualidade se tornou o grande desafio no período pós-2012, reforçado pelo *Made in China 2025* e pelo 12º e 13º PQs. No entanto, esse desequilíbrio entre política industrial e inovação tecnológica é determinante para o sistema energético renovável global a ser consolidado, por tratar-se de um setor altamente dependente da trajetória, como descrito no item 3.1.3. A orientação à inovação na China será capaz de melhorar o desempenho das tecnologias, resultando em menor consumo material e energético por kWh gerado ou fracassará e criará um *lock-in* tecnológico em tecnologias que poderiam alcançar melhor desempenho na etapa formativa antes do escalonamento? Como discutido no item 3.1, o desempenho e difusão da maioria das tecnologias pode ser descrito por uma função logística, em forma de "S". As tecnologias solar FV, eólica *onshore* parecem ter chegado ao ponto de inflexão, sugerindo que sua penetração ocorrerá sob taxas mais aceleradas e encontrarão paridade de preço com as fontes tradicionais nos próximos anos, como previsto pelo governo chinês. Se, de fato, isso ocorrer, a defesa de autonomia tecnológica pelo Estado chinês poderia prejudicar a trajetória global destas tecnologias na direção de melhores eficiências de conversão? Assim, para além do aumento da capacidade instalada como meta nos PQs, novas metas

de expansão da rede elétrica, de flexibilidade da capacidade de geração, de certificados de geração de ER, de investimentos em inovação e P&D, de construção de infraestrutura para NEVs, entre outros, tornam-se fundamentais para que a indústria de ER ganhe competitividade e entre na nova fase de internacionalização, melhorando as perspectivas de mitigação de GEE.

Este avanço chinês foi favorecido pelo acesso aos recursos minerais necessários para a fabricação destas tecnologias, fomentando a verticalização dos setores emergentes. O conceito de criticidade surge neste contexto de apetite insaciável chinês por minerais cujo objetivo final é a escalada nas cadeias de valor, tanto em TERs quanto em outras tecnologias do aglomerado tecnológico do século XXI. Ilustrado pelo caso das terras raras, o medo da escassez retorna às agendas dos Estados, que já não têm acesso privilegiado aos recursos-chave da revolução tecnológica em curso.

(ii) qual é o papel da China na transição energética global:

De maneira resumida, a China explorou muito bem a dinâmica industrial discutida no Capítulo 2 e as reduções de custo em função da aprendizagem e ganhos de escala, apesar de não apresentar ainda capacidade de inovação comparável a dos países centrais. Também tem buscado responder ao medo da escassez representado globalmente pelo pico do petróleo, e às demandas por melhor qualidade ambiental nas cidades em benefício de sua própria segurança energética. Além disso, soube transformar o acesso a recursos-chave da transição energética em vantagem industrial, investindo na escalada das cadeias de valor das TERs críticas.

Para além da acumulação de capital, os dois fatores que melhor descrevem a capacidade chinesa de empreender a revolução energética são, portanto, escala e visão de longo prazo, o que nenhum outro país no sistema-mundo atual pôde combinar. Não fosse a forte resistência do *lock-in* do carbono, talvez a UE, os EUA – o maior *lock-in* de carbono que afeta a política de longo prazo - e a Rússia – que apresenta reduzida poupança interna para investimentos, além do *lock-in* - talvez tivessem capacidade de escalonar as TER, como já o fizeram no passado; o Japão e a Coréia, por outro lado, possuem uma visão de Estado de longo prazo, mas não têm a capacidade de concentrar tantos recursos para grandes iniciativas e apresentam mercados bem menores.

O papel da China na transição energética global também é motivado pelo(a): (i) incremento de emissões de GEE, já que ainda tem seu crescimento fortemente sustentado pelo consumo de carvão; (ii) redução de custos de tecnologias renováveis, cuja difusão será ainda mais acelerada pela paridade de preços com as tecnologias tradicionais, e que, por sua vez, são fruto do acelerado escalonamento das indústria solar FV, eólica e de NEVs; (iii) redefinição da geopolítica da energia, agora também pautada pela distribuição e acesso a materiais críticos que compõem estas tecnologias; (iii) construção de infraestrutura global para escoamento de produção excedente, cuja maior expressão é o projeto da Nova Rota da Seda; (iv) atuação de empresas chinesas de energia no exterior, pela estratégia "*going global*" fomentada pelo Estado; (v) criação e fortalecimento de novas institucionalidades de governança global, congruentes com a transição hegemônica em curso; (vi) possível efeito multiplicador do modelo chinês para outros países em desenvolvimento; e (vii) guerras comerciais decorrentes da participação ativa do Estado chinês na promoção de suas indústrias.

É importante enfatizar que a questão do papel da China na mitigação de mudanças climáticas não adquiriu a prioridade requerida ao maior emissor de GEE atual, que ainda tem como norte principal um projeto mais amplo de desenvolvimento nacional. Entre as forças-motrizes chinesas, a busca por segurança energética, inserida em um projeto chinês mais amplo de "desejo histórico por uma nação unificada, soberana, pacífica e próspera", parece circunscrever todas as outras citadas no item 4.1.1. Assim, diante da crescente dependência de importações de petróleo associada à motorização, e da mobilização global sobre os efeitos do clima, sugerindo uma mitigação progressiva das emissões de GEE dos países, reforçar o modelo fóssil arruinaria o projeto de desenvolvimento chinês. Além disso, a manutenção da estabilidade social, fundamental para legitimar a continuidade deste projeto empreendido pelo Estado há pelo menos quarenta anos (se considerarmos desde a abertura econômica), estaria prejudicada se não houvesse respostas consistentes do Estado aos níveis alarmantes de poluição local do ar, da água e dos solos, que mobilizam ações coletivas das populações afetadas. Assim, tornou-se fundamental orientar o desenvolvimento e difusão tecnológicas para tecnologias de geração de energia e transporte que, de um lado, não agravassem a poluição local no curto prazo e, de outro, não tornasse o país novamente dependente de tecnologias e fontes historicamente dominadas pelo Ocidente no médio e longo prazo.

A redução de emissões GEE globais que se espera deste movimento chinês é, portanto, mais bem representado como co-benefício da redução das emissões locais do que como pauta central das políticas empreendidas, apesar de ter ganhado posição de relevância nas negociações do clima. Isso é refletido na posição histórica chinesa de atribuir esta responsabilidade aos países centrais nas relações diplomáticas do clima[206]. Ainda que a China seja vulnerável a efeitos de mudanças climáticas, este fator atua mais como força-motriz de inovações tecnológicas na Europa e Estado Unidos após os choques do petróleo na década de 1970, principalmente, dada a ativa comunidade científica nestes países. No entanto, devido o forte *lock-in* do carbono em todas as esferas (de infraestrutura, de comportamento e institucional), a reação destes países às mudanças climáticas não foi forte o suficiente para desencadear o processo de ganho de escala no nível da indústria, mas criou as bases fundamentais para que a China o fizesse.

A força-motriz central da transição energética, portanto, é a busca pela continuidade do projeto de desenvolvimento e de autonomia do PCC na China em um contexto de mobilização global em torno do clima e por segurança energética.

(iii) que mudanças e semelhanças podem ser observadas nesta transição em relação à tendência que fora desenhada desde a RI na difusão, produção e consumo de energia.:

Na seção 2.1 desta dissertação, destacaram-se algumas tendências no uso da energia pela humanidade até hoje: (i) aumento da quantidade de energia consumida, com "superposição" de novos sistemas energéticos sobre os anteriores; (ii) uso de conversores com potências cada vez maiores, aumentando a produtividade do trabalho; (iii) o excedente energético liberou pessoas para que se dedicassem a funções cada vez mais diversas; (iv) expansão e controle de rotas comerciais foram determinantes para escoar o excedente produtivo do novo sistema energético; (v) redução dos custos de transporte; (vi) nova fonte de energia se insere de maneira secundária e é considerada pior que seu antecessor para o mesmo serviço energético (carvão como um substituto de qualidade inferior à lenha; petróleo como querosene iluminante); (vii) grandes investimentos de

[206] Como apresentado no item 4.1.1.4, no entanto, o país adquire nova relevância na diplomacia internacional ao responder às demandas locais por qualidade ambiental.

infraestrutura foram realizados para sustentar o novo sistema em ascensão (viii) novos serviço energéticos criados geram novas demandas energéticas; (ix) o acesso a recursos naturais sempre foi imperativo aos Estados e estruturantes da divisão internacional do trabalho; (x) o medo da escassez, mais do que a escassez, foram forças-motrizes de transições energéticas; e (xi) a superabundância de recursos críticos foi essencial para Estados líderes de transições energéticas. Os pontos que não reforçam estas tendências serão discutidos abaixo, com base na possível transição atual capitaneada pela China.

No geral, o aumento do consumo de energia deve continuar, tendo em vista as perspectivas de aumento populacional e de forte crescimento econômico, particularmente na Ásia. Ressalta-se, no entanto, que ainda é cedo para definir se haverá uma mudança significativa na estrutura de consumo de energia primária na China, ou seja, se manterá um alto consumo de fontes fósseis, respondendo a nova demanda com as renováveis, ou se será substitutiva, como tem sido a visão de alguns países europeus. Por enquanto, há evidências de esforços no sentido da substituição, já que o país alcançou o pico da produção de carvão em 2013, planeja reduzir para 58% a fração combustível na matriz de consumo de energia primária em 2020 e alcançar o pico de emissões de GEE em 2030. Entretanto, o padrão mais facilmente percebido é o de aumento de consumo de energia pela maximização do sistema fóssil e construção do novo sistema renovável. Mas se, de fato, conseguir incorporar as ER na matriz energética de forma tanto a compensar as reduções de consumo de carvão quanto a responder à crescente demanda por energia, é possível que, diferentemente das transições anteriores, o resultado não seja uma "superposição" energética, como definido por PODOBNIK (2006).

Em relação ao segundo ponto, é provável que a transição às renováveis modernas rompa com a tendência histórica de intensificação energética, ilustrada pela Figura 4. Mesmo as mais eficientes turbinas eólicas e painéis FV não serão capazes de superar os ganhos de produtividade de combustíveis com maior densidade energética; os ganhos destas tecnologias se dão pela escala e não em potência média do conversor. Assim, cabe ressaltar, que pela construção de grandes parques solares e eólicos de geração centralizada, é possível que haja competição futura pelo uso do solo. Isso poderá ser um problema em relação à segurança alimentar, particularmente na China.

No tocante à liberação das pessoas para exercerem atividades que não de subsistência, é interessante notar que, no passado, o excedente energético foi fundamental

para a formação de classes políticas para controle de recursos. Atualmente, a abundante população chinesa permite que o PCC seja composto por mais de 90 milhões de pessoas, à serviço da intrincada burocracia do Estado, que é uma das vantagens chinesas nesta transição. Além disso, o grande contingente de pessoas na China também se manifesta como vantagem na indústria trabalho-intensiva de eletrônicos e de manufaturados de baixa qualidade.

Tratando-se da expansão de rotas comerciais, da redução dos custos de transporte e dos grandes investimentos em infraestrutura, o Cinturão Econômico da Rota da Seda e a Rota da Seda Marítima do Século XXI, ou apenas a Nova Rota da Seda, é a grande manifestação destas características nesta transição. O projeto visa a construção de infraestrutura de transporte terrestre e marítimo que liga 65 países, compreendendo seis corredores econômicos nos quais a China está geograficamente no centro. A área de energia é um setor importante, já que estão previstas linhas de transporte de petróleo, gás natural, carvão e eletricidade. A Nova Rota da Seda, cujo investimento estimado é de US$5 trilhões até 2050, poderia ser comparada ao que foi o Plano Marshall pós-IIGM para o sistema energético global no que concerne aos reinvestimentos direcionados à construção de infraestrutura para a exportação de produção excedente. Esta nova infra-estrutura reforça o novo sistema energético em ascensão pautado nas novas renováveis, além de garantir acesso a reservas de petróleo do Oriente Médio e segurança energética, enquanto ainda é forte o consumo do hidrocarboneto. Além disso, dado que a China faz fronteira com quartorze países, a criação de infraestrutura estimulando o comércio com e entre eles cria interdependência na região, dinamizando as economias e reduzindo possibilidades de conflitos nas fronteiras.

Vale lembrar que a expansão de redes elétricas será fundamental para a difusão de veículos elétricos. Se no passado, o preço e abundância do petróleo, bem como a maior facilidade de abastecimento em áreas remotas, foram fatores que deram vantagem ao veículo de motor de combustão interna em relação ao elétrico, a abundância de eletricidade e criação de infraestrutura de abastecimento será fator decisivo para a ampla difusão de NEVs.

Em relação ao item (vi), as renováveis parecem seguir uma trajetória parecida, uma vez que há bastante descrença sobre o papel que as energias eólica e solar possam vir a ocupar no sistema energético futuro. Devido à sua intermitência, às baixas taxas de

conversão e às dificuldades de serem aplicadas em serviços energéticos específicos (aviação, por exemplo), essas fontes foram por muito tempo minimizadas como solução possível à crise energética. No entanto, a penetração destas tecnologias implica na maior eletrificação do sistema energético, de maneira que elas se articulam com outras tecnologias do agregado tecnológico do século XXI e representam vantagens de uso em relação às tecnologias tradicionais: a conectividade em redes, manifesta na "Internet das Coisas", representa a novidade no setor de energia e na indústria de maneira geral, aumentando eficiência, segurança e gerando dados. Isto se relaciona com o ponto seguinte, da criação de novos serviços energéticos.

Em relação ao ponto seguinte, ainda que houvesse por parte da literatura otimismo em relação à geopolítica da energia nesta nova transição, o acesso a recursos, que sempre foi imperativo aos Estados e estruturantes da divisão internacional do trabalho, continuará sendo determinante nas relações interestatais. A difusão em larga escala de tecnologias renováveis resultará em um rápido aumento da demanda por matérias-primas minerais nas próximas décadas, levando a mudanças estruturais nos mercados de energia e no sistema energético global. Além do aumento do volume e complexidade material extraído, a transição energética implicará no aumento de energia necessária para extração. Com efeito, a transição energética irá reconfigurar os papéis historicamente definidos na divisão internacional do trabalho, uma vez que gradualmente a lógica de países produtores/consumidores de petróleo, gás e derivados será transformada e/ou sobreposta por uma nova lógica pautada nos materiais essenciais a tecnologias renováveis. Ou seja, se, por um lado, a transição energética poderá resultar na redução da dependência por combustíveis fósseis, por outro, criam-se novas dependências a recursos minerais cujos riscos de oferta podem ser altos.

Assim, para além das proposições históricas dos limites naturais determinados geológica ou economicamente, a escassez, assim como a criticidade, deve ser entendida como construção social, "em termos das dificuldades percebidas por atores para acessar um recurso", como aponta VIKSTRÖM (2016). Ainda que os limites de recursos exauríveis devam ser reconhecidos a fim de incluir a materialidade ao debate de transição energética, o medo da escassez nunca foi sobre a iminente depleção de recursos senão sobre a desigual distribuição de reservas pelo mundo, os diferentes papéis e responsabilidades atribuídos às regiões em função desta distribuição, e da geografia de

consumo de minerais. Pode-se argumentar, evidentemente, que as percepções de escassez no passado foram motores de significativas mudanças no uso da energia e em investimentos em infra-estrutura e tecnologias alternativas, além de fomentar o debate sobre transições energéticas, distribuição e consumo de recurso. É bastante razoável também supor que as escolhas inter e intra tecnológicas na presente transição serão dadas, em parte, pelo acesso aos materiais que os compõe e pela criticidade atribuída a cada um deles. Entretanto, e como apontam HUFF; MEHTA (2015), é "válido perguntar se a escassez é frequentemente usada para justificar certas intervenções" e perceber que a política externa de muitos países esteve diretamente associada à mesma percepção de escassez.

Por fim, é importante também ressaltar que a superabundância de recursos não é suficiente para desencadear crescimento econômico e avanços tecnológicos, se não estiver associada a política industrial, como aponta (MEDEIROS; TREBAT, 2017). O acesso britânico privilegiado ao mar e a proximidade de grandes reservas de carvão e ferro, bem como a abundância norte-americana de minerais industriais e petróleo até meados do século XX garantiram vantagem industrial e criaram condições necessárias para que consolidassem suas capacidades produtivas; no entanto, sem o controle estratégico de recursos, investimentos em infra-estrutura, aplicação de tarifas e controle de exportação, por exemplo, pelos monarcas ingleses e pelo governo norte-americano, a abundância de recursos não se traduziria em vantagem industrial e, por extensão, em suas respectivas transições energéticas (MEDEIROS; TREBAT, 2017). Além disso, exemplos de países com recursos abundantes que não se industrializaram, como vários na América Latina e África, e de países com reservas escassas de recursos naturais, mas que empreenderam rápido crescimento econômico, como Japão, Cingapura e Coréia do Sul, evidenciam a importância do acesso a recursos (mais do que a reservas domésticas), da política industrial com foco em agregação de valor e das circunstâncias geopolíticas. Portanto, o acesso a recursos, domésticos e/ou estrangeiros, é condição necessária porém não suficiente à transição energética na China atualmente, dado que só se configura como vantagem porque está respaldado pelo forte papel do Estado em torná-lo vantagem industrial.

5. Conclusão

A presente dissertação visou avaliar o papel da China na possível transição energética global para um novo modelo energético com base em fontes renováveis de energia, tendo em vista a posição central adquirida no setor pelo país há pelo menos uma década. É importante ressaltar, inicialmente, as limitações deste estudo cujo escopo não permitiu uma análise aprofundada de aspectos de relevância no cenário atual[207].

Em relação às conclusões deste trabalho, ressalta-se a trajetória chinesa ímpar, sem precedentes ou possíveis comparações, da ascensão do PCC com Mao Zedong, passando pelas reformas de abertura de Deng Xiaoping, até a construção da "civilização ecológica" e a busca pelo "Sonho Chinês" de Xi Jinping. As transformações históricas da orientação do partido têm nos três grandes nomes do pensamento político chinês recente sua estratégia e sentido. As muitas contradições que parecem se revelar com o aprofundamento das relações da China com o Ocidente reforçam a adaptação, que é de ordem tanto política (interna e externa) e social quanto econômica, como método fundamental de desenvolvimento de longo prazo.

No campo da energia, a contradição maior é notada pela intensificação da estrutura fóssil de geração em paralelo à maior coordenação de recursos direcionada à instalação de tecnologias renováveis no mundo. A percepção equivocada deste processo como uma

---

[207] A concepção de transição energética pela China vai muito além da revolução tecnológica a que se dedicou esta dissertação: (i) melhoria da eficiência energética em indústrias intensivas em energia; (ii) aumento do sequestro de carbono por meio de florestamento e reflorestamento; (iii) aumento do consumo de gás natural e de energia nuclear; (iv) criação de mercados de carbono; (v) resiliência de infraestrutura para adaptação às mudanças climáticas; (vi) conservação de água; (vii) eficiência agrícola; e (viii) proteção de ecossistemas, entre as principais estratégias. Esta dissertação avaliou somente a transição energética pelo viés da revolução tecnológica, que, a princípio, terá maior impacto global, por mercados, exportação, preços de energia e construção de infraestrutura. Além disso, o Capítulo 4.3 seria melhor avaliado se fossem considerados outros recursos críticos como o lítio, cobalto e PGM, por exemplo, além de metais maiores como cobre, ferro e alumínio, cuja produção, ainda que alta, e as reservas, ainda que abundantes, sejam pressionadas. No entanto, esta é uma análise exaustiva, fora do escopo desta dissertação. Como os ETR foram considerados os mais críticos por muitos relatórios de criticidade, além de representar um conflito recente envolvendo a China e cadeias produtivas de TERs, o acesso a esses materiais foi considerado representativo do acesso a minerais inorgânicos para o fomento de suas indústrias estratégicas.

contradição parte da premissa de que o objetivo final do desenvolvimento renovável na China é a transição energética; esta, no entanto, é um meio para a continuidade da estratégia de desenvolvimento de longo prazo iniciada em 1949, quando o país saía da IIGM com um dos menores PIBs *per capita*; lapidada em 1978, quando iniciava a abertura e se conformava à norma ocidental; e aperfeiçoada em 2013, quando o crescimento econômico já era dirigido pelas economias asiáticas, refletindo a instabilidade hegemônica que permeia o mundo atualmente. Portanto, sob a perspectiva de longa e longuíssima duração descrita na seção 3.3, é importante enfatizar que a orientação às renováveis pelo PCC é parte da reascensão chinesa como potência econômica que disputa, em um mundo multipolar, espaços de poder, entre eles o de maior fabricante e exportador de um novo aglomerado tecnológico.

Neste sentido, as três fases da política renovável chinesa, descritas na seção 4.1.3, revelam sua evolução de 2005 a 2017 alinhadas a este objetivo maior. Há uma clara direção de alavancar estas indústrias na China com forte política industrial e verticalização das indústrias renováveis para garantir a entrada competitiva das empresas chinesas no mercado internacional: a sobrecapacidade de fabricação e de capacidade instalada presente nesta e nas seguintes fases foram consequência direta do desenvolvimento de renováveis orientado pela busca à rápida ascensão e predominância destas empresas no mercado internacional. Além disso, a China continua atrasada em relação aos países tradicionalmente detentores de tecnologia em termos de inovação e eficiência destas tecnologias, apesar das intenções em corrigí-la na segunda e terceira fases. No entanto, lidar com contingenciamento e com a reduzida eficiência das tecnologias do setor é pouco caro à China, que buscou pelos altos percentuais de geração e capacidade instalada em larga escala os transbordamentos internos e externos decorrentes deles, mais do que a a geração renovável e o desenvolvimento de capacidade inovativa, melhor caracterizados como objetivos secundários da estratégia chinesa.

Os transbordamentos deste processo no mundo ocorrem em três dimensões. Primeiramente, na queda de custos relativos de tecnologias renováveis em relação às tradicionais, decorrentes da redução de custos por aprendizagem. A estrutura de oferta e demanda por energia foi radicalmente transformada no ínicio do século XXI , aumentando o excedente do consumidor de energia e à difusão acelerada de tecnologias renováveis dentro e fora da China. Em segundo lugar, o crescimento das empresas e dos

investimentos chineses ocorre em função do desinvestimento e desindustrialização do Ocidente neste setor. Empresas pioneiras no setor renovável foram à falência na década de 1990 e 2000, com sede principalmente nos EUA, Japão e em países da UE, incapazes de competir com a escala e investimento chineses. Por fim, sendo a demanda por estas tecnologias crescente no mundo, serão as empresas chinesas a suprí-la em grande parte, seja pela sua atuação no exterior pela estratégia "*going global*", ou pela enorme infraestrutura de exportação pela Nova Rota da Seda.

Este papel desempenhado pela China no século XXI revela um papel similar ao desempenhado pelo Reino Unido no século XIX e pelos EUA no século XX. Apesar do choque de ideias, costumes, modelos de governança econômica e socioambiental entre Oriente e Ocidente, a ascensão chinesa é representada mais pela continuidade do que pela ruptura com o desenvolvimento capitalista global e as transições energéticas intrinsicamente associadas a ele.

Esta poderá ser a primeira transição energética global desde que o termo surgiu na década de 1970. A História do conceito, criado no contexto dos choques do petróleo, reflete um dado interessante: o conceito de transição energética, como função da estrutura primária de consumo de energia, está calcado na escassez; esta, no entanto, nunca foi força-motriz para transições globais, senão para transições nacionais. Neste sentido, é importante notar que a estratégia para o setor energia na China vai além do desenvolvimento e difusão de TERs. Há uma clara preocupação do Estado em diversificar suas bases energéticas (nuclear, hídrica, tecnologias de conversão avançada, entre outras) como núcleo da sua indústria orientada à exportação, o que reforça a busca por segurança energética como motor fundamental da transição chinesa. Isso difere muito das estratégias de outras potências energéticas, que foram incapazes ou minimizaram a importância da diversificação de sua matriz energética, o que explica o *lock-in* no qual estão imersas. Os EUA, por exemplo, foram incapazes de promover a transição energética pretendida na década de 1970 e continuam pautanto muito sua política energética na produção e consumo de óleo e gás; a Rússia, por sua vez, tem sua economia fortemente pautada nas exportações de gás natural. A China pré-RI, por outro lado, já apresentava diversificação de conversores maior que os europeus mas não resistiu à ofensiva militar europeia e ao esgotamento do modelo agro-pastoril dependente do sistema tributário centralizado.

Ainda assim, nesta diversificação ainda predomina a tendência histórica de intensificação de consumo de recursos naturais renováveis e não-renováveis característicos do modelo de consumo ocidental. A degradação ambiental decorrente do modelo de desenvolvimento capitalista intensificado na China nas últimas décadas motivou protestos por sustentabilidade em todo o país, ameaçando a estabilidade social e a permanência do PCC no poder. Por menor que seja o consumo *per capita* chinês se comparado ao norte-americano, devido a seu imenso mercado interno, o volume de minerais, água, alimentos e energia consumido atualmente pela China é extraordinário, de modo que a possibilidade de que o padrão de vida do chinês médio mimetize o do americano torna-se alarmante. Assim, neste momento atual de reorientação da pauta energética e ecológica, a efetividade ou não do Estado em cumprí-la terá profundas implicações não só na China mas no mundo inteiro, em direção à uma sociedade sustentável ou na perpetuação do caos e da escassez.

Por fim, segundo BP (2018) e FATTOUH; POUDINEH; WEST (2018), a velocidade com que as renováveis ganham participação na matriz elétrica global é mais rápida do que ocorreu com qualquer outra fonte de energia em período similar. Retomando as questões abertas por SOVACOOL (2016) e SOVACOOL; GEELS (2016), citadas no Capítulo 2, talvez a pergunta fundamental não seja "quanto tempo" ou nem tanto "como acelerar", já que a difusão de TERs ocorre a velocidades sem precedentes. Talvez faça mais sentido questionar-se se a celeridade deste processo será suficiente para conter efeitos de mudanças climáticas e que efeitos e contradições podem ser antecipados, possivelmente em estudos futuros, em relação a este novo panorama energético que se constitui, como:

(i) quais serão as respostas de países centrais e que papel desempenharão nesta Era em que, pela primeira vez desde a RI, o centro de poder desloca-se para o Oriente? Que implicações no sistema energético esta reação pode incorrer?

(ii) dada a tendência à eletrificação, que conflitos poderão surgir na construção de *grids* regionais e global[208]?

(iii) o que acontecerá quando interesses de grupos relacionados à indústria do carvão se sentirem ameaçados pelo crescimento das ER? O *lock-in* do carbono não se revelou ainda, porque não terá tanta influência na China quanto tem nos países centrais ou porque há espaço neste país para a manutenção do consumo de carvão, enquanto se desenvolve novo sistema renovável?

(iv) a China será capaz de desenvolver capacidade de inovação e orientar seus motores de crescimento de investimento e exportação para serviços e consumo doméstico? Qual o impacto disso na transição energética?

(v) dado que, ao crescimento chinês pode ser atribuído à expansão da atividade mineradora e do agronegócio no mundo todo, mas principalmente em países periféricos, que papéis desempenharão estes países nesta nova Era de alto consumo e complexidade material? Quais materiais terão a oferta pressionada para a transição energética no curto, médio e longo prazo? Quais tecnologias demandarão mais matéria-prima, quais necessitarão melhorias em termos de intensidade material? Sabendo-se da distribuição desigual de reservas destes materiais, o que poderia ser antecipado em relação aos países cujas economias são historicamente dependentes da exportação de minerais?

Em suma, a transição às renováveis nos moldes apresentados não deve ser entendida como a panaceia das mudanças climáticas senão o resultado do esgotamento do modelo fóssil e da hegemonia norte-americana pós-IIGM. Assim, para além da busca por soluções tecnológicas para a redução de emissões de GEE, cabe antecipar os efeitos da (re)ascensão chinesa no sistema energético global para que a busca pela transição

---

[208] Em 2015, na Cúpula de Desenvolvimento Sustentável da ONU, o presidente Xi Jinping propôs a iniciativa do *Global Energy Interconnection* (GEI), para "facilitar esforços para atender a demanda global de energia com alternativas limpas e verdes". O GEI equivaleria a um *grid* global, composto por redes inteligentes interligadas utilizando tecnologia de ultra-alta tensão (UHV), conectando centros de geração renovável transcendendo fronteiras nacionais e provendo energia limpa a todos os países.

energética seja realmente a busca por um sistema energético mais justo, democrático, limpo e acessível.

Referências Bibliográficas

ABDUL-HAMID, O. S.; BAYER, C. **OPEC Annual Statical bulletin**. [s.l.], 2016.

ACHZET, B.; HELBIG, C. **How to evaluate raw material supply risks-an overview**. *Resources Policy*, [s.l.], v. 38, nº 4, p. 435–447, 2013. ISBN: 0301-4207, ISSN: 03014207, DOI: 10.1016/j.resourpol.2013.06.003.

ADB. **Toward an Environmentally Sustainable Future: Country Environmental Analysis of the People's Republic of China**. *Asian Development bank*. [s.l.]: [s.n.], 2013. ISBN: 9789290927129.

AGLIETTA, M.; BAI, G. **China's 13th Five-Year Plan. An Economic Impact Assessment In Pursuit of a "Moderately Prosperous Society"**. *CEPII Policy Brief*, [s.l.], v. 12, nº 12, p. 1–16, 2016. ISBN: 1066800790, ISSN: 08856087, DOI: 10.1002/hyp.

AMIN, S. **Global History: A View from the South**. *Pambazuka Press*. [s.l.]: [s.n.], 2011. 191 p. ISBN: 9781906387969, ISSN: 0012155X, DOI: 10.1111/j.1467-7660.2007.00455.x.

AMINEH, M. P.; GUANG, Y. **Secure Oil and Alternative Energy: The Geopolitics of Energy Paths of China and the European Union**. [s.l.]: [s.n.], 2012.

ANDREWS-SPEED, P. **The Institutions of Energy Governance in China**. [s.l.]: [s.n.], 2010. 1-63 p. ISBN: 9782865926664.

ANDREWS-SPEED, P. **The Governance of Energy in China**. [s.l.]: [s.n.], 2012. ISBN: 978-1-349-32813-0, DOI: 10.1057/9781137284037.

ANE. **Carta do Departamento Geral da Administração Nacional de Energia sobre os Pareceres sobre Solicitação de Quota de Energia Renovável e Medidas de Avaliação (Esboço para Comentários)**. [s.l.]: [s.n.], 2018. Disponível em: <http://zfxxgk.nea.gov.cn/auto87/201803/t20180323_3131.htm>.

ANSI. **ANSI Seeks Comments on Proposed New ISO Field of Activity on Rare Earth**. 2015. Disponível em: <https://www.ansi.org/news_publications/news_story.aspx?menuid=7&articleid=273f6

079-74bc-4b12-bbfd-17eddf9eba50>.

APS; MRS. **Energy Critical Elements**. *Materials Research Society*, [s.l.], v. 103, nº 103, p. 1–28, 2011.

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.

ARGUS CONSULTING SERVICES. **Argus Rare Earths Monthly Outlook**. [s.l.], nº 16, p. 1–12, 2016.

ARIENTI, W. L.; FILOMENO, F. A. **Economia política do moderno sistema mundial: as contribuições de Wallerstein, Braudel e Arrighi**. *Ensaios FEE*, [s.l.], v. 28, nº 1, p. 99–126, 2007.

ARNULF GRUBLER. **Technology and Global Change**. *Analysis*, [s.l.], p. 464, 2003. ISBN: 0521543320.

ARRIGHI, G. **Adam Smith in Beijing: Lineages of the Twenty-First Century**. [s.l.]: [s.n.], 2007. ISBN: 9781844671045.

_____. **Adam Smith in Beijing: lineages of the twenty-first century**. *American Journal of Sociology*. [s.l.]: [s.n.], 2008. v. 115, 418 p. ISBN: 9781844671045, ISSN: 0002-9602, DOI: 10.1086/605750.

_____. **The Long Twentieth Century**. Second Edi ed. [s.l.]: Verso, 2010. ISBN: 9781844673049.

ARROW, K. J. **Increasing returns: historiographic issues and path dependence**. *The European Journal of the History of Economic Thought*, [s.l.], v. 7, nº 2, p. 171–180, 2000. ISSN: 0967-2567, DOI: 10.1080/713765179.

ARTHUR, W. B. **Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events**. *The Economic Journal*, [s.l.], v. 99, nº 394, p. 116, 1989. ISBN: 9788578110796, ISSN: 00130133, DOI: 10.2307/2234208.

ARTHUR, W. B. **to Increasing Returns and Path Dependence in the Economy, W. Brian Arthur, University of Michigan Press, 1994**. *Mathematical Social Sciences*, [s.l.], 1994.

AUNAN, K.; HANSEN, M. H.; WANG, S. **Introduction: Air Pollution in China**. *The China Quarterly*, [s.l.], p. 1–20, 2017. ISSN: 0305-7410, DOI: 10.1017/S0305741017001369.

BACKWELL, B. **Wind Power: The Struggle for Control of a New Global Industry**. [s.l.]: [s.n.], 2017. ISBN: 9781138082410.

BAIETTI, A.; BANK, W. **Green Infrastructure Finance Green Investment Climate Country Profile – China**. [s.l.], nº April 2013, 2014.

BARBIER, E. B. **Scarcity and Frontiers: how economies have evolved through natural resource exploitation**. [s.l.]: [s.n.], 2011. 766 p. ISBN: 9780521701655.

BARCA, S. **Energy, property, and the industrial revolution narrative**. *Ecological Economics*, [s.l.], v. 70, nº 7, p. 1309–1315, 2011. ISBN: 0921-8009, ISSN: 09218009, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.03.012.

BAUMGÄRTNER, S. **Thermodynamics and the economics of absolute scarcity Why and how thermodynamics is relevant for ecological, environmental and resource economics**. *... World Congress of Environmental and Resource ...*, [s.l.], nº 510, p. 1–17, 2002.

BELLOC, M. et al. **Technology and the environment in the history of the economic thought**. *International Journal of Global Environmental Issues*, [s.l.], v. 8, nº 4, p. 311, 2008. ISSN: 1466-6650, DOI: 10.1504/IJGENVI.2008.019367.

BENJAMIN, R. VAN. **The people vs. pollution: Understanding citizen action against pollution in china**. *Journal of Contemporary China*, [s.l.], v. 19, nº 63, p. 55–77, 2010. ISBN: 1067-0564, ISSN: 10670564, DOI: 10.1080/10670560903335777.

BENTO, N.; WILSON, C. **Measuring the duration of formative phases for energy technologies**. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, [s.l.], 2016. ISSN: 2210-4224, DOI: 10.1016/j.eist.2016.04.004.

BERNARDI, B. B. **O conceito de dependência da trajetória (path dependence): definições e controvérsias teóricas**. *Perspectivas2*, [s.l.], v. 41, p. 137–167, 2012.

BERNAUER, T.; SCHAFFER, L. M. **Climate Change Governance**. *Oxford Handbooks Online*, [s.l.], p. 1–17, 2012. ISBN: 9780199560530, DOI:

10.1093/oxfordhb/9780199560530.013.0031.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

BGS. **World Mineral Statistics 1985-1989**. [s.l.], 1991.

_____. **World Mineral Statistics**. [s.l.], 1995.

_____. **China and South East Asia mineral production 2001-2005 : a product of the World Mineral Statistics database**. [s.l.], 2007.

BIRD, L.; COCHRAN, J.; WANG, X. **Wind and solar energy curtailment : experience and practices in the United States**. *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, [s.l.], nº March, p. 58, 2014.

BLAIR, J. M. **The control of oil**. [s.l.]: The Macmillan Press LTD, 1976. 1-454 p. ISBN: 9780333217511.

BOGAERT, B. **Renewable Energy in China: An Analysis of Policy Instruments**. - Universiteit Gent, 2010.

BP. **Materials critical to the energy industry**. 2a ed. [s.l.]: [s.n.], 2014. 94 p. ISBN: 9780992838706.

_____. **BP Statistical Review of World Energy**. In: *BP Statistical Review of World Energy*. [s.l.]: [s.n.], 2016.

_____. **BP Energy Outlook 2018**. [s.l.], 2018.

BP STATISTICAL REVIEW. **BP Statistical Review of World Energy 2017**. *British Petroleum*, [s.l.], nº 66, p. 8–11, 2017. ISBN: 9788578110796, ISSN: 1098-6596, DOI: http://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

BRASINGTON, D. M.; HITE, D. **Demand for Environmental Quality : A Spatial Hedonic Analysis David M . Brasington Louisiana State University Diane Hite Working Paper 2005-08**. *Regional Science and Urban Economics*, [s.l.], 2005.

BRAUDEL, F. **ESCRITOS SOBRE A HISTÓRIA**. In: PERSPECTIVA, E. (Org.). [s.l.]: [s.n.], 1978. 292 p.

_____. **Civilization and capitalism. Vol I: The structures of everyday life**. [s.l.]: [s.n.], 1981. 626 p.

BRIDGE, G. et al. **Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 53, p. 331–340, 2013. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.10.066.

BROCKWAY, P. E. et al. **Understanding China's past and future energy demand: An exergy efficiency and decomposition analysis**. *Applied Energy*, [s.l.], v. 155, nº October, p. 892–903, 2015. ISBN: 0306-2619, ISSN: 03062619, DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.05.082.

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.

BUIJS, B.; SIEVERS, H. **Critical Thinking about Critical Minerals Assessing risks related to resource security**. *Office*, [s.l.], nº November 2011, p. 1–19, 2013.

BUSH, V. **Science: the endless frontier**. *A report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*, [s.l.], nº July, p. 252 p., 1945. ISBN: 0405125259, ISSN: 00228443, DOI: 10.2307/3625196.

BUSHAN, B. **Springer Handbook of Nano-technology**. [s.l.]: [s.n.], 2017. 1704 p. ISBN: 9783662543559.

CAI, Y.; AOYAMA, Y. **Fragmented authorities , institutional misalignments , and challenges to renewable energy transition : A case study of wind power curtailment in China**. *Energy Research & Social Science*, [s.l.], nº April, p. 1–9, 2018. ISSN: 2214-6296, DOI: 10.1016/j.erss.2018.04.021.

CALLEGARI, C.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. **Cost overruns and delays in energy megaprojects: How big is big enough?** *Energy Policy*, [s.l.], v. 114, nº July 2017, p. 211–220, 2018. ISBN: 03014215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2017.11.059.

CAMPBELL, C. J.; LAHERRÈRE, J. H. **The End of Cheap Oil**. *Scientific American*, [s.l.], nº March, p. 78–84, 1998.

CANTNER, U.; VANNUCCINI, S. **A new view of general purpose technologies. Jena Economic Research Papers**. [s.l.], nº May 2014, p. 54, 2012.

CECILIO, M. B. **Fernand Braudel No Mundo Contemporâneo E a Acumulação Acelerada De Riquezas : Economia De Mercado E Capitalismo Como Opostos ?** 162 p. 2012.

CHABROL, M. **Re-examining historical energy transitions and urban systems in Europe**. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 13, p. 194–201, 2016. ISBN: 2214-6296, ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2015.12.017.

CHEN, Z. **Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry**. *Journal of Rare Earths*, [s.l.], v. 29, nº 1, p. 1–6, 2011. ISBN: 1002-0721, ISSN: 10020721, DOI: 10.1016/S1002-0721(10)60401-2.

CHENG, M.; TONG, M. **Development status and trend of electric vehicles in China**. *Chinese Journal of Electrical Engineering*, [s.l.], v. 3, nº 2, p. 1–13, 2017. ISSN: 2096-1529 VO - 3, DOI: 10.23919/CJEE.2017.8048407.

CHERIF, R.; HASANOV, F.; PANDE, A. **Riding the Energy Transition: Oil Beyond 2040**. [s.l.]: [s.n.], 2017.

CHEVALIER, J.-M.; GEOFFRON, P. **The new energy crisis Climate and Geopolitics**. *Palgrave Macmillan*, [s.l.], nº Jun, 2013. ISBN: 1137021187, DOI: 10.1007/978-1-137-02118-2_1.

CHILD, M.; BREYER, C. **Transition and transformation: A review of the concept of change in the progress towards future sustainable energy systems**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 107, nº January, p. 11–26, 2017. ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2017.04.022.

CHINA ENERGY GROUP AT LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **Key China Energy Statistics 2014**. *Lawrence Berkeley National Laboratory*, [s.l.], p. 1–60, 2014.

CHINESE ACADEMY OF SCIENCES et al. **The power of renewables: opportunities and Challenges for china and united states**. [s.l.]: [s.n.], 2010. 257 p. ISBN: 9780309160001.

CHOI, H. **Technology-push and demand-pull factors in emerging sectors:**

evidence from the electric vehicle market. *Industry and Innovation*, [s.l.], v. 2716, nº July, p. 1–20, 2017. ISSN: 14698390, DOI: 10.1080/13662716.2017.1346502.

CHRISTENSEN, C. M. **The Innovator â€™ s Dilemma : When New Technologies Cause Great Firms to Fail (Management of Innovation and Change) Hardcover –**. *Harvard Business School Press*. [s.l.]: Harvard Business Review Press, 1997. 1-14 p. ISBN: 0-87584-585-1, ISSN: 08884463, DOI: 10.1016/j.jbusres.2010.12.002.

CHRISTOFFERSEN, G. **The Role of China in Global Energy Governance**. *China Perspectives*, [s.l.], nº July, p. 15–24, 2016.

CINTRA, M. A. M.; SILVA FILHO, E. B. Da; PINTO, E. C. **China em Transformação: dimensões econômicas e geopolíticas do desenvolvimento**. [s.l.]: [s.n.], 2015. ISBN: 9788578112578.

COWAN, R. **Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in**. *The Journal of Economic History*, [s.l.], v. 50, nº 3, p. 541–567, 1990. ISBN: 00220507, ISSN: 14716372, DOI: 10.1017/S0022050700037153.

COWAN, R.; HULTÉN, S. **Escaping lock-in: The case of the electric vehicle**. *Technological Forecasting and Social Change*, [s.l.], v. 53, nº 1, p. 61–79, 1996. ISBN: 00401625, ISSN: 00401625, DOI: 10.1016/0040-1625(96)00059-5.

CRED CRUNCH. **Natural disasters in 2017 : Lower mortality, higher cost**. [s.l.], nº 50, p. 2017–2018, 2018.

CUI, K.; SHOEMAKER, S. P. **A look at food security in China**. *npj Science of Food*, [s.l.], v. 2, nº 1, p. 4, 2018. ISSN: 2396-8370, DOI: 10.1038/s41538-018-0012-x.

CUNNINGHAM, E. A. **The State and the Firm: China's Energy Governance in Context**. *Global Economic Governance Initiative Working Paper*, [s.l.], nº March, p. 1–44, 2015.

DALY, H. E. **Steady-state economics versus growthmania: A critique of the orthodox conceptions of growth, wants, scarcity, and efficiency**. *Policy Sciences*, [s.l.], v. 5, nº 2, p. 149–167, 1974. ISBN: 0032-2687, ISSN: 00322687, DOI: 10.1007/BF00148038.

DANNEQUIN, F. **Braudel, Schumpeter et l'histoire du capitalisme**. *L*

Économie politique, [s.l.], v. 29, nº 1, p. 99, 2006. ISBN: 2352400023, ISSN: 1293-6146, DOI: 10.3917/leco.029.0099.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

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.

DENT, C. M. **China's renewable energy development: policy, industry and business perspectives**. *Asia Pacific Business Review*, [s.l.], v. 21, nº 1, p. 26–43, 2015. ISBN: 1360-2381, ISSN: 1743792X, DOI: 10.1080/13602381.2014.939892.

DIAMOND, J. **Armas, Germes e Aço: os destinos das sociedades humanas**. 15ª edição ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 1997. 450 p. ISBN: 9788501056009.

DONG, Y. et al. **The determinants of citizen complaints on environmental pollution: An empirical study from China**. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 19, nº 12, p. 1306–1314, 2011. ISBN: 0959-6526, ISSN: 09596526, DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.03.015.

DOSI, G. **Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change**. *Research Policy*, [s.l.], v. 11, nº 3, p. 147–162, 1982. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/0048-7333(82)90016-6.

DU, J.; OUYANG, D. **Progress of Chinese electric vehicles industrialization in 2015: A review**. *Applied Energy*, [s.l.], v. 188, p. 529–546, 2017. ISBN: 03062619, ISSN: 03062619, DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.11.129.

EC DG ENTR. **Critical raw materials for the EU, Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials**. [s.l.]: [s.n.], 2010. Disponível em: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/report-b_en.pdf>. ISBN: 0169-1368, ISSN: 1521-4141, DOI: 10.1002/eji.200839120.IL-17-Producing.

EIA. **China: international energy data and analysis**. [s.l.]: [s.n.], 2015.

ENERDATA. **Global Energy Statistical Yearbook 2017**. *Enerdata*. 2017. Disponível em: <https://yearbook.enerdata.net/>.

EV-VOLUMES. **China Plug-in Sales for 2017-Q4 and Full Year - Update**.

2017. Disponível em: <http://www.ev-volumes.com/news/china-plug-in-sales-for-2017/>. Acesso em: 05/out./18.

FATTOUH, B.; POUDINEH, R.; WEST, R. **The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries?** *OIES Paper: MEP 19*, [s.l.], nº May, 2018. ISBN: 9781784671099, DOI: 10.26889/9781784671099.

FINON, D.; PERRIN, F. **Les Etats-Unis face a leur Dependance Petrolière Croissante**. *Énergie Internationale*, [s.l.], p. 193–213, 1991.

FOSTER, J. B.; MCCHESNEY, R. W. **The Endless Crisis: How Monopoly-Finance Capital Produces Stagnation and Upheaval from the USA to China**. [s.l.]: [s.n.], 2012. ISBN: 9781583673133.

FOUQUET, R. **The slow search for solutions: Lessons from historical energy transitions by sector and service**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 38, nº 11, p. 6586–6596, 2010. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2010.06.029.

_____. **The demand for environmental quality in driving transitions to low-polluting energy sources**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 50, p. 138–149, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.04.068.

_____. **Lessons from energy history for climate policy**. [s.l.]: [s.n.], 2015.

_____. **Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation**. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 22, p. 7–12, 2016a. ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2016.08.014.

_____. **Path dependence in energy systems and economic development**. *Nature Energy*, [s.l.], v. 1, nº 8, 2016b. ISBN: 2058-7546, ISSN: 20587546, DOI: 10.1038/nenergy.2016.98.

FOUQUET, R.; PEARSON, P. J. G. **Past and prospective energy transitions: Insights from history**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 50, p. 1–7, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.08.014.

FRANK, A. G. **ReOrient: Global Economy in the Asian Age**. [s.l.]: [s.n.], 1998. ISBN: 9780791435748.

FRANKFURT SCHOOL-UNEP CENTRE/BNEF. **Global trends in renewable**

energy investment 2018. [s.l.], 2018. DOI: http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/gtr2018v2.pdf.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

FRENZEL, M. et al. **Raw material "criticality"—sense or nonsense?** *Journal of Physics D: Applied Physics*, [s.l.], v. 50, nº 12, p. 123002, 2017. ISSN: 0022-3727, DOI: 10.1088/1361-6463/aa5b64.

FRESSOZ, J. **POUR UNE HISTOIRE DÉSORIENTÉE DE L'ENERGIE POUR UNE HISTOIRE DÉSORIENTÉE DE Résumé**. *25èmes Journées Scientifiques de l'Environnement - L'économie verte en question*, [s.l.], v. 4, 2014.

FRIEDRICHS, J. **The future is not what it used to be: Climate change and energy scarcity**. *The Future is Not What it Used to be: Climate Change and Energy Scarcity*. [s.l.]: [s.n.], 2013. 1-224 p. ISBN: 9780262316620.

FROMER, N.; EGGERT, R. G.; LIFTON, J. **Critical Materials for Sustainable Energy Applications**. *The Resnick Institute*, [s.l.], nº September, p. 1–46, 2011. ISBN: CaltechAUTHORS:20120725-163934866.

GAKIDOU, E. et al. **Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016**. *The Lancet*, [s.l.], v. 390, nº 10100, p. 1345–1422, 2017. ISBN: 1474-547X (Electronic) 0140-6736 (Linking), ISSN: 1474547X, DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32366-8.

GEA. **Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future**. *Gea*, [s.l.], p. 39, 2012. ISBN: 9780511793677, DOI: 10.1017/CBO9780511793677.

GEELS, F. W. **Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study**. *Research Policy*, [s.l.], v. 31, p. 1257–1274, 2002. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/S0048-7333(02)00062-8.

_____. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory.

Research Policy, [s.l.], v. 33, nº 6–7, p. 897–920, 2004. ISBN: 3140244460, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/j.respol.2004.01.015.

GEELS, F. W. **Technological Transitions and System Innovations**. *A coevolutionary and sociotechnical analysis*, [s.l.], p. 262111–262111, 2005. ISBN: 1845420098, ISSN: 00401625, DOI: 10.4337/9781845424596.

GEELS, F. W. **A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies**. *Journal of Transport Geography*, [s.l.], v. 24, p. 471–482, 2012. ISBN: 0966-6923, ISSN: 09666923, DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2012.01.021.

GEELS, F. W.; KEMP, R. **Dynamics in socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting case studies**. *Technology in Society*, [s.l.], v. 29, nº 4, p. 441–455, 2007. ISBN: 0160791X (ISSN), ISSN: 0160791X, DOI: 10.1016/j.techsoc.2007.08.009.

GEISER, K. **Materials Matter: Toward a Sustainable Materials Policy**. [s.l.]: [s.n.], 2001. 498 p. ISBN: 0262072165.

GERMÁN, C. et al. **Desenvolvimento sustentável, transição energética mundial pós-combustíveis fósseis e o pensamento político da esquerda latino-americana**. *Anais do II Simpósio Internacional Pensar e Repensar a América Latina*, [s.l.], p. 1–19, 2016.

GIEBELHAUS, A. W. **Oil Industry, History of**. *Encyclopedia of Energy*. [s.l.]: Elsevier, 2004. p. 649–660. ISBN: 9780121764807, DOI: 10.1016/B0-12-176480-X/00040-1.

GLUCINA, M. D.; MAYUMI, K. **Connecting thermodynamics and economics: Well-lit roads and burned bridges**. *Annals of the New York Academy of Sciences*, [s.l.], v. 1185, p. 11–29, 2010. ISBN: 9781573317665, ISSN: 17496632, DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.05166.x.

GÖBEL, C. **Social unrest in China: a bird's eye perspective**. *Handbook on Dissent and Protest in China*, [s.l.], nº November, 2018.

GONG, H.; WANG, M. Q.; WANG, H. **New energy vehicles in China: Policies, demonstration, and progress**. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*,

[s.l.], v. 18, nº 2, p. 207–228, 2013. ISSN: 13812386, DOI: 10.1007/s11027-012-9358-6.

GOSENS, J.; KÅBERGER, T.; WANG, Y. **China's next renewable energy revolution: goals and mechanisms in the 13th Five Year Plan for energy**. *Energy Science and Engineering*, [s.l.], v. 5, nº 3, p. 141–155, 2017. ISSN: 20500505, DOI: 10.1002/ese3.161.

GOSENS, J.; LU, Y. **4 . Prospects for global market expansion of China ' s wind turbine manufacturing industry Prospects for global market expansion of China ' s wind turbine manufacturing industry**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 67, nº July, p. 301–318, 2015. ISSN: 0301-4215, DOI: 10.1016/j.enpol.2013.12.055.

GOULD, S. J. **The return of hopeful monsters**. *Natural History*, [s.l.], v. 86, p. 22–30, 1977. ISSN: 0028-0712, DOI: 10.1038/nature.2016.20449.

GRAEDEL, T. E.; HARPER, E. M.; NASSAR, N. T.; NUSS, P. et al. **Criticality of metals and metalloids**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [s.l.], v. 112, nº 14, p. 4257–4262, 2015. ISBN: 1215421109, ISSN: 0027-8424, DOI: 10.1073/pnas.1500415112.

GRAEDEL, T. E.; HARPER, E. M.; NASSAR, N. T.; RECK, B. K. **On the materials basis of modern society**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [s.l.], v. 112, nº 20, p. 6295–6300, 2015. ISBN: 0027-8424, ISSN: 0027-8424, DOI: 10.1073/pnas.1312752110.

GREENACRE, P.; GROSS, R.; SPEIRS, J. **Innovation Theory: A review of the literature**. [s.l.]: [s.n.], 2012.

GRININ, L.; KOROTAYEV, A. **Great Divergence and Great Convergence: A Global Perspective**. [s.l.]: Springer International Publishing Switzerland, 2015. 261 p. ISBN: 9783319177793.

GRUBLER, A. **The Rise and Fall of Infrastructures: Dynamics of Evolution and Technological Change in Transport**. In: MULLER, W. A. (Org.). Heidelberg: Physica-Verlag, 1990. 316 p. ISBN: 3790804797.

_____. **Diffusion: Long-Term Patterns and Discontinuities**. *Technological Forecasting and Social Change*, [s.l.], v. 39, p. 159–180, 1991.

_____. **Energy transitions research: Insights and cautionary tales**. *Energy*

Policy, [s.l.], v. 50, p. 8–16, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.02.070.

GRUBLER, A.; NAKICENOVIC, N.; VICTOR, D. G. **Dynamics of energy technologies and global change**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 27, p. 247–280, 1999.

GRUBLER, A.; WILSON, C. **Energy Technology Innovation: Learning from Historical Successes and Failures**. [s.l.]: [s.n.], 2014. 410 p. ISBN: 9781107023222.

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.

GUNN, G. **Critical Metals Handbook**. [s.l.]: [s.n.], 2014. ISBN: 9780470671719.

GUO, X.; MARINOVA, D.; HONG, J. **China's Shifting Policies towards Sustainability: a low-carbon economy and environmental protection**. *Journal of Contemporary China*, [s.l.], v. 22, nº 81, p. 428–445, 2013.

GUPTA, J. **Setting the stage: deifining the climate problem (until 1990)**. *The History of Global Climate Governance*. [s.l.]: [s.n.], 2014. p. 41–58. ISBN: 9781139629072.

GÜTSCHOW, J. et al. **The PRIMAP-hist national historical emissions time series**. *Earth System Science Data*, [s.l.], v. 8, nº 2, p. 571–603, 2016. ISSN: 1866-3516, DOI: 10.5194/essd-8-571-2016.

HAGLUND, D. G. **The new geopolitics of minerals: An inquiry into the changing international significance of strategic minerals**. *Political Geography Quarterly*, [s.l.], v. 5, nº 3, p. 221–240, 1986.

HALL, C. A. S.; KLITGAARD, K. A. **Energy and the Wealth of Nations: Understanding the Biophysical Economy**. [s.l.]: [s.n.], 2012. ISBN: 9781441993977.

HANSEN, E. G. et al. **Beyond technology push vs. demand pull: The evolution of solar policy in the U.S., Germany and China**. *2017 IEEE Technology and Engineering Management Society Conference, TEMSCON 2017*. [s.l.]: [s.n.], 2017. 119-124 p. ISBN: 9781509011148, DOI: 10.1109/TEMSCON.2017.7998364.

HATCH, G. P. **February 2012 Updates To The TMR Rare-Earth Projects Index**. 2012. Disponível em: <http://www.techmetalsresearch.com/2012/02/february-2012-updates-to-the-tmr-rare-earth-projects-index/>. Acesso em: 16/dez./16.

_____. **The Rare-Earth Supply-Chain Challenge : ! Light at the End of the Tunnel ? "**. [s.l.], 2013.

HAYASHI, D.; HUENTELER, J.; LEWIS, J. I. **Gone with the wind : A learning curve analysis of China â€™ s wind power industry**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 120, nº November 2017, p. 38–51, 2018. ISSN: 0301-4215, DOI: 10.1016/j.enpol.2018.05.012.

HAYES-LABRUTO, L. et al. **Contrasting perspectives on China's rare earths policies: Reframing the debate through a stakeholder lens**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 63, p. 55–68, 2013. ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2013.07.121.

HAYES, D. **Solar Possibilities**. *Energy*, [s.l.], v. 4, p. 761–768, 1979.

HCSS. **Scarcity of Minerals**. [s.l.], p. 148, 2010.

HEILMANN, S. **China's Political System**. [s.l.]: Rowman & Littlefield Publishing Group, Inc., 2017. 542 p. ISBN: 9781442277342 9781442277359 1442277351.

_____. **Red Swan: How Unorthodox Policy Making Facilitated China's Rise**. [s.l.]: [s.n.], 2018. ISBN: 9789629968274.

HÉMERY, D.; DEBIER, J.-C.; DELÉAGUE, J.-P. **Uma História da Energia**. Brasília, DF: Ed. Universidade de Brasília, 1993. 447 p. ISBN: 852300343-6.

HIRSH, R. F.; JONES, C. F. **History's contributions to energy research and policy**. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 1, p. 106–111, 2014. ISBN: 4157860152, ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2014.02.010.

HOCHSTETLER, K.; KOSTKA, G. **Wind and Solar Power in Brazil and China: Interests, State-Business Relations, and Policy Outcomes**. *Global Environmental Politics*, [s.l.], v. 15, nº 3, p. 74–94, 2015. ISBN: 1526-3800, ISSN: 1526-3800, DOI: 10.1162/GLEP.

HOGAN, W. W. **CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES : LEARNING BY DOING AND LEARNING BY WAITING**. [s.l.], 2014.

HONGYUAN, Y. **Evolution of the Global Climate Governance System and Its Implications**. *China Quarterly of International Strategic Studies*, [s.l.], v. 1, nº 3, p. 423–446, 2015. DOI: 10.1142/S2377740015500220.

HOPKINS, M.; LI, Y. **The Rise of the Chinese Solar Photovoltaic Industry**. *China as an Innovation Nation*. [s.l.]: [s.n.], 2016. ISBN: 9780199682676, ISSN: 0873626X, DOI: 10.1093/acprof.

HOPPMANN, J. et al. **The two faces of market support - How deployment policies affect technological exploration and exploitation in the solar photovoltaic industry**. *Research Policy*, [s.l.], v. 42, nº 4, p. 989–1003, 2013. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/j.respol.2013.01.002.

HOPPMANN, J.; HUENTELER, J.; GIROD, B. **Compulsive policy-making - The evolution of the German feed-in tariff system for solar photovoltaic power**. *Research Policy*, [s.l.], v. 43, nº 8, p. 1422–1441, 2014. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/j.respol.2014.01.014.

HU, A. **China: Innovative green development**. *China: Innovative Green Development*. Second ed. [s.l.]: [s.n.], 2017. 1-153 p. ISBN: 9783642549625, ISSN: 1098-6596, DOI: 10.1007/978-3-642-54962-5.

HUFF, A.; MEHTA, L. **The new politics of scarcity: A review of political positionings, current trends and their socio- economic implications**. [s.l.], p. 1–62, 2015.

HUMPHREYS, D. **Whatever happened to security of supply? Minerals policy in the post-Cold War world**. *Resources Policy*, [s.l.], v. 21, nº 2, p. 91–97, 1995.

HUNG, H. **The China Boom: Why China Will Not Rule the World**. [s.l.]: [s.n.], 2016. ISBN: 9780231164184.

I. G. SIMMONS. **Environmental Change and Energy**. *Encyclopedia of Energy*. [s.l.]: [s.n.], 2004.

IEA. **PVSP Anual Report 2010**. [s.l.]: [s.n.], 2010. Disponível em: <http://tcm.moh.goc.my>. ISBN: 9781424469451, ISSN: 0961-7353, DOI: 10.1109/CCTAE.2010.5543559.

_____. **World Energy Outlook 2016**. [s.l.], 2016. ISBN: 9789264264946,

ISSN: 0140489X, DOI: 10.1787/weo-2016-en.

_____. **Electric Vehicles: Technology Brief**. [s.l.]: [s.n.], 2017a. ISBN: 9789295111004.

_____. **Energy Technology Perspectives 2017, Catalysing Energy Technology Transformations**. *International Energy Agency*. [s.l.]: [s.n.], 2017b. 443 p. ISBN: 9789264270503, ISSN: 1475-2875, DOI: 10.1186/1475-2875-11-215.

_____. **PVSP annual report 2017**. [s.l.], 2017c.

_____. **World Energy Outlook 2017**. *World Energy Outlook 2017*. [s.l.]: [s.n.], 2017d. ISBN: 9789264282056, ISSN: <null>, DOI: 10.1787/weo-2017-en.

_____. **Global EV Outlook 2018: Towards a cross-modal electrification**. [s.l.], 2018. ISBN: 9789264278882, DOI: EIA-0383(2016).

IEA/IRENA. **IEA/IRENA Joint Policies and Measures Database**. *China Statistics*. 2018. Disponível em: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=China>. Acesso em: 01/set./18.

ILLICH, I. **The Social Construction of Energy**. [s.l.], p. 11–21, 1983. ISBN: 067481200X, ISSN: 1708-3087, DOI: 6.

INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION. **Global Burden of Disease (GBD)**. *Health Data - Country Profiles*. 2016. Disponível em: <http://www.healthdata.org/brazil>.

INTEL, I. **Rare earths exports from China will cease someday — and we need to prepare, says Dudley Kingsnorth**. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TWulwQjYUF8>.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. [s.l.]: [s.n.], 2014. ISBN: 9789291691432.

IRENA. **China: Market overview**. [s.l.], p. 76–85, 2011.

_____. **Renewable Energy Prospects: China**. [s.l.], nº November, p. 116, 2014. ISBN: 9789295111189.

_____. **Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050**. [s.l.]: [s.n.],

2018a. 76 p. ISBN: 9789292600594, ISSN: 07235003, DOI: 10.1007/s00063-001-1014-y.

_____. **Renewable capacity statistics 2018**. [s.l.]: [s.n.], 2018b. 1-300 p. ISBN: 9789295111905, ISSN: 2255-4971, DOI: 10.1016/S2255-4971(15)30126-9.

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.

JAEGER-WALDAU, A. **PV Status Report 2017**. Luxembourg: [s.n.], 2017. ISBN: 9789279740718, DOI: 10.2760/452611.

JAEGER, B. **Energy Transition and Challenges for the 21St Century**. [s.l.], p. 337–374, 2014.

JEVONS, W. S. **The Coal Question; An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines**. *Liberty Fund, Inc.*, [s.l.], v. 1, nº Book I, p. 1–323, 1865. ISBN: 9780765807397, ISSN: 0036-8075, DOI: 10.1038/031242a0.

JIAQUAN, D. **The development of China New- energy vehicles and its impact**. [s.l.]: [s.n.], 2017.

JINLIAO, H.; KE, H.; LINLIN, W. **Transitional China in the 21 St Century: A guidebook for understanding emerging China**. [s.l.]: [s.n.], 2012. ISBN: 9788740317268.

JINPING, X. **Secure a Decisive Victory in Building a Moderately Prosperous Society in All Respects and Strive for the Great Success of Socialism with Chinese Characteristics for a New Era Xi Jinping**. *Full text of Xi Jinping's report at 19th CPC National Congress*, [s.l.], p. 66, 2017.

JUNGINGER, M.; SARK, W. Van; FAAIJ, A. **Technological Learning in the Energy Sector: Lessons for Policy, Industry and Science**. [s.l.]: [s.n.], 2010. 352 p.

KÅBERGER, T.; MÅNSSON, B. **Entropy and economic processes - Physics perspectives**. *Ecological Economics*, [s.l.], v. 36, nº 1, p. 165–179, 2001. ISBN: 0921-8009, ISSN: 09218009, DOI: 10.1016/S0921-8009(00)00225-1.

KAI, J. **Rising China in a Changing world: Power transitions and global**

leadership. *Rising China in a Changing World: Power Transitions and Global Leadership*. [s.l.]: [s.n.], 2016. 1-192 p. ISBN: 9789811008276, DOI: 10.1007/978-981-10-0827-6.

KANDER, A.; MALANIMA, P.; WARDE, P. **Power to the People: Energy in Europe over the Last Five Centuries**. [s.l.]: [s.n.], 2013. 545 p. ISBN: 9780691143620.

KANG, J. et al. **Review on wind power development and relevant policies in China during the 11th Five-Year-Plan period**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 16, nº 4, p. 1907–1915, 2012. ISBN: 1364-0321, ISSN: 13640321, DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.031.

KENDERDINE, T. **China's Industrial Policy, Strategic Emerging Industries and Space Law**. *Asia and the Pacific Policy Studies*, [s.l.], v. 4, nº 2, p. 325–342, 2017. ISSN: 20502680, DOI: 10.1002/app5.177.

KERN, F.; MARKARD, J. **Analysing Energy Transitions: Combining Insights from Transition Studies and International Political Economy**. *The Palgrave Handbook of the International Political Economy of Energy*. [s.l.]: [s.n.], 2016. 291-318 p. ISBN: 978-1-137-55631-8, DOI: 10.1057/978-1-137-55631-8_12.

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.

KIGGINS, R. D. **The Political Economy of Rare Earth Elements: Rising Powers and Technological Change**. [s.l.]: [s.n.], 2015. 228 p. ISBN: 1137364246, DOI: 10.1057/9781137364241.

KIRTON, J.; KOKOTSIS, E. **The Global Governance of Climate Change**. [s.l.]: [s.n.], 2015. 3 p. ISBN: 9781409450481.

KLEIJN, R. **Materials and energy: a story of linkages**. *Department of Industrial Ecology, Institute of Environmental Sciences (CML)*. [s.l.]: [s.n.], 2012. v. Doctoral T. ISBN: 9789090269382, DOI: ISBN 978-90-9026938-2.

KONDRATIEFF, N. D. **The Long Waves in Economic Life**. *The Review of Economic Statistics*, [s.l.], v. XVII, nº 6, p. 105–115, 1935.

KPMG CHINA. **China ' s 12th Five-Year Plan : Overview**. *Forecast*, [s.l.], nº March, p. 1–4, 2011.

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia Industrial. Fundamentos Teóricos e Práticas no Brasil**. 2ª edição ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2013. ISBN: 9788535263688.

KURIAKOSE, S. et al. **Accelerating Innovation in China's Solar, Wind and Energy Storage Sectors**. *Trade and Competitiveness Global Practice*, [s.l.], 2017.

LAIRD, F. N. **Against Transitions? Uncovering Conflicts in Changing Energy Systems**. *Science as Culture*, [s.l.], v. 22, nº 2, p. 149–156, 2013. ISBN: 0950-5431r1470-1189, ISSN: 09505431, DOI: 10.1080/09505431.2013.786992.

LARSSON, M. **Global Energy Transformation**. [s.l.]: [s.n.], 2009. 312 p. ISBN: 9781349310555.

LAWRENCE, S. V.; MARTIN, M. F. **Understanding China' s Political System**. *Congressional Research Service*, [s.l.], p. 45, 2013.

LEÓN, L. R. et al. **Measuring innovation in energy technologies: green patents as captured by WIPO's International Patent Classification (IPC) green inventory**. [s.l.], nº 34, 2017.

LEWIS, J. I. **The Development of China's Wind Power Technology Sector: Characterizing National Policy Support, Technology Acquisition, and Technological Learning**. *China as an Innovation Nation*. [s.l.]: [s.n.], 2016. ISBN: 9780199682676, ISSN: 0873626X, DOI: 10.1093/acprof.

LIEBERTHAL, K.; OKSENBERG, M. **Policy making in China: Leaders, structures, and processes**. [s.l.]: [s.n.], 1988. ISBN: 0691010757, ISSN: 01475967, DOI: 10.1016/0147-5967(90)90096-R.

LIFTON, J.; HATCH, G. P. **TMR Advanced Rare-Earth Projects Index**. 2016. Disponível em: <http://www.techmetalsresearch.com/metrics-indices/tmr-advanced-rare-earth-projects-index/>. Acesso em: 10/dez./16.

LIN, A.; YANG, F.; PORTNER, J. **Global Energy Policy: A View from China**. *The Handbook of Global Energy Policy*, [s.l.], nº Pbl 2007, p. 391–406, 2013. ISBN: 9781118326275, DOI: 10.1002/9781118326275.ch23.

LIPSEY, R. G.; CARLAW, K. I.; BEKAR, C. T. **Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long Term Economic Growth**. *Economia Internazionale/International Economics*. [s.l.]: [s.n.], 2005. v. 60, 618 p. ISBN: 9780199285648.

LIU, L. **Institutions of Renewable Energy Governance in China**. [s.l.], p. 1–13, 2012.

LO, K. **A critical review of China's rapidly developing renewable energy and energy efficiency policies**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 29, p. 508–516, 2014. ISBN: 1364-0321, ISSN: 13640321, DOI: 10.1016/j.rser.2013.09.006.

LOEFF, W. S. Van Der; GODAR, J.; PRAKASH, V. **A spatially explicit data-driven approach to calculating commodity-specific shipping emissions per vessel**. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], 2018. ISSN: 0959-6526, DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.09.053.

LOHMANN, L. **Questioning the Energy Transition**. *ECOS*, [s.l.], p. 1–7, 2015.

LOORBACH, D.; WITTMAYER, J. M. **Governance of Urban Sustainability Transitions**. [s.l.]: [s.n.], 2016. ISBN: 978-4-431-55425-7, DOI: 10.1007/978-4-431-55426-4.

LU, X. et al. **Challenges faced by China compared with the US in developing wind power**. *Nature Energy*, [s.l.], v. 1, nº 6, 2016. ISBN: 2058-7546, ISSN: 20587546, DOI: 10.1038/nenergy.2016.61.

MADDISON-PROJECT. **The Maddison-Project**. 2013. Disponível em: <http://www.ggdc.net/maddison/maddison-project/home.htm>.

MADDISON, A. **Contours of the World Economy, I-2030 AD: Essays in Macro-Economic History**. [s.l.]: Oxford University Press, 2007. 433 p. ISBN: 978–0–19–922721–1.

MADUREIRA, N. L. **The anxiety of abundance: William Stanley Jevons and coal scarcity in the nineteenth century**. *Environment and History*, [s.l.], v. 18, nº 3, p. 395–421, 2012. ISBN: 0967-3407, ISSN: 09673407, DOI: 10.3197/096734012X13400389809373.

MALANIMA, P. **Energy in History**. *The Basic Environmental History*. [s.l.]:

[s.n.], 2014. v. 4, p. 1–29. ISBN: 978-3-319-09179-2, DOI: 10.1007/978-3-319-09180-8.

MANNO, S. Di. **La transition énergétique, entre histoire politique et politique de l'histoire**. [s.l.], nº Mitchell 2013, p. 1–19, 2014.

MARCH, J. G. **Exploration and exploitation in organizational learning**. *Organization Science*, [s.l.], v. 2, nº 1, p. 71, 1991. ISBN: 1047703915265, ISSN: 1047-7039, DOI: 10.1287/orsc.2.1.71.

MARCHETTI, C.; NAKICENOVIC, N. **The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model**. *IIASA Administrative Report*, [s.l.], nº December, p. 73, 1979. ISBN: 1111111111.

MARKARD, J.; RAVEN, R.; TRUFFER, B. **Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects**. *Research Policy*, [s.l.], v. 41, nº 6, p. 955–967, 2012. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/j.respol.2012.02.013.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

MATHEWS, J. A.; TAN, H. **Manufacture renewables to build energy security**. *Nature*, [s.l.], v. 513, nº 168, p. 6–8, 2014.

_____. **China's Renewable Energy Revolution**. First Edit ed. [s.l.]: PALGRAVE MACMILLAN, 2015. ISBN: 9781137546258, DOI: 10.1057/9781137546258.0001.

MATUS, K. et al. **Science and Policy of Global Change Health Damages from Air Pollution in China**. [s.l.], nº 196, 2011.

_____. **Health damages from air pollution in China**. *Global Environmental Change*, [s.l.], v. 22, nº 1, p. 55–66, 2012. ISSN: 0959-3780, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2011.08.006.

MCCULLOCH, M. L. **English Language Reporting of Environmental Protests in China [supplementary data]**. 2015a.

_____. **Environmental protest and civil society in China**. 2015b.

MCELROY, M. B. **Energy: perspectives, problems & prospects**. [s.l.]: [s.n.], 2010. 422 p. ISBN: 9780195386110.

_____. **Energy and Climate: Vision for the Future**. [s.l.]: [s.n.], 2016.

MCLELLAN, B. et al. **Critical Minerals and Energy–Impacts and Limitations of Moving to Unconventional Resources**. *Resources*, [s.l.], v. 5, nº 2, p. 19, 2016. ISSN: 2079-9276, DOI: 10.3390/resources5020019.

MEADOWS, D. H. M. **The Limits to Growth**. *The Club of Rome*, [s.l.], p. 211, 1972. ISBN: 0876631650, ISSN: 1093-474X, DOI: 10.1111/j.1752-1688.1972.tb05230.x.

MEDEIROS, C. A. De; TREBAT, N. M. **Transforming natural resources into industrial advantage: the case of China's rare earths industry**. *Brazilian Journal of Political ...*, [s.l.], v. 37, nº 3, p. 504–526, 2017. ISSN: 18094538, DOI: 10.1590/0101-31572017v37n03a03.

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.

MENDELS, F. F. **Protoindustrialization: the first phase of the industrialisation process**. *Journal of Economic History*, [s.l.], nº 1964, p. 241–261, 1972.

_____. **Social Mobility and Phases of Industrialization**. *The Journal of Interdisciplinary History*, [s.l.], v. 7, nº May, p. 9–11, 1976. ISSN: 0022-1953, DOI: 10.2307/207039.

MERICS. **China's battery industry is powering up for global competition**. 2018. Disponível em: <https://www.merics.org/cn/node/8371>. Acesso em: 10/nov./18.

MILLER, C. A.; RICHTER, J.; O'LEARY, J. **Socio-energy systems design: A policy framework for energy transitions**. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 6, p. 29–40, 2015. ISBN: 22146296, ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2014.11.004.

MINDLIN, B. **O fogo e as chamas dos mitos**. *Estudos Avançados*, [s.l.], v. 16, nº 44, p. 149–169, 2002. ISSN: 0103-4014, DOI: 10.1590/S0103-40142002000100009.

MINERAL RESOURCES DIVISION. **Statistical Summary of the Mineral Industry: Production, exports and imports**. [s.l.]: [s.n.], 1957.

MINERAL RESOURCES SECTION. **STATISTICAL SUMMARY OF THE**

MINERAL INDUSTRY: World production, exports and imports. 1960-1965. [s.l.]: [s.n.], 1967.

MOLDOVEANU, G. A.; PAPANGELAKIS, V. G. **An overview of rare-earth recovery by ion-exchange leaching from ion-adsorption clays of various origins**. *Mineralogical Magazine*, [s.l.], v. 80, nº 1, p. 63–76, 2016. ISSN: 0026461X, DOI: 10.1180/minmag.2016.080.051.

MORAIS, I. N. De. **Desenvolvimento Econômico, Distribuição de Renda e Pobreza na China Contemporânea**. [s.l.], p. 209, 2011.

_____. **CADEIAS PRODUTIVAS GLOBAIS E AGREGAÇÃO DE VALOR: A POSIÇÃO DA CHINA NA INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA DE CONSUMO**. *Revista Tempo do Mundo*, [s.l.], v. 4, nº 3, p. 5–46, 2012.

MOREIRA, H. M.; RIBEIRO, W. C. **A China na ordem ambiental internacional das mudanças climáticas**. *Estudos Avançados*, [s.l.], v. 30, nº 87, p. 213–234, 2016. DOI: 10.1590/S0103-40142016.30870013.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. **The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies**. *Research Policy*, [s.l.], v. 8, nº 2, p. 102–153, 1979. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/0048-7333(79)90019-2.

NARUS, J. J. **Coal to Oil in China: Scientific Development or Crossing the River by Feeling the Stones ?** - Portland State University, 2010.

NASSAR, N. T.; GRAEDEL, T. E.; HARPER, E. M. **By-product metals are technologically essential but have problematic supply**. *Science Advances*, [s.l.], v. 1, nº 3, p. e1400180–e1400180, 2015. ISSN: 2375-2548, DOI: 10.1126/sciadv.1400180.

NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA. **China Statistical Yearbook**. [s.l.]: [s.n.], 2017. Disponível em: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:China+Statistical+Yearbook#2%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:China+statistical+yearbook%232>. ISBN: 0106279181, DOI: http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2007/indexee.htm.

NATIONS, U. **The World at Six Billion**. [s.l.]: [s.n.], 1999.

NDRC. **Medium and Long-Term Development Plan for Renewable Energy in China (Abbreviated Version)**. [s.l.]: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://www.china.org.cn/e-news/news070904-11.htm>.

NDRC; GICC. **Global Energy Governance Reform and China's Participation**. [s.l.]: [s.n.], 2014.

NEEDHAM, J. **Volume 1: Introductory Orientations**. *Science and Civilisation in China*. [s.l.]: [s.n.], 1954. p. 374.

NEF, J. U. **An Early Energy Crisis and Its Consequences**. *Scientific American*, [s.l.], 1977.

NEMET, G. F. **Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change**. *Research Policy*, [s.l.], v. 38, nº 5, p. 700–709, 2009. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/j.respol.2009.01.004.

NOGUEIRA, I. **ESTADO E CAPITAL EM UMA CHINA COM CLASSES**. [s.l.], v. 22, p. 1–23, 2018. DOI: 10.1590/198055272211.

NRC. **Managing Materials for a Twenty-first Century Military**. [s.l.]: [s.n.], 2008a. 207 p. ISBN: 9780309112574.

_____. **Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy**. [s.l.]: [s.n.], 2008b. 263 p. ISBN: 9780309388122, DOI: 10.17226/12034.

O'CONNOR, P. A. **Energy transitions**. *The Pardee Papers*. [s.l.]: [s.n.], 2010. v. 12, 52 p. ISBN: 9780982568378, ISSN: 0036-8075, DOI: 10.1126/science.207.4426.52.

OECD. **OECD Urban Policy Reviews: China 2015**. Paris: [s.n.], 2015. ISBN: 9789264230040.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. **HISTORY, MANAGEMENT, AND PROBLEMS OF STOCKPILING IN THE UNITED STATES**. *An Assessment of Alternative Economic Stockpiling Policies*. [s.l.]: [s.n.], 1976. p. 221–239.

OICA. **World motor vehicle production by country and type**. *Oica*, [s.l.], v. 600, nº 1, p. 1, 2017. ISSN: 1347-4421, DOI: 10.1016/j.jbiosc.2008.09.016.

OKULLO, S. J.; REYNÈS, F. **Imperfect cartelization in OPEC**. *Energy*

Economics, [s.l.], v. 60, p. 333–344, 2016. ISSN: 01409883, DOI: 10.1016/j.eneco.2016.10.010.

OLIVEIRA, L. K. **Energia como Recurso de Poder na Política Internacional: Geopolitica, Estratégia e o Papel do Centro de Decisão Energética**. 400 p. 2012. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/76222>.

OLIVEIRA; BRANDÃO, L. C. **OS CICLOS ENERGÉTICOS E AS POTÊNCIAS CENTRAIS: DAS CIVILIZAÇÕES TRIBUTÁRIAS À HEGEMONIA BRITÂNICA**. *IV SEMINÁRIO NACIONAL DE CIÊNCIA POLÍTICA*, [s.l.], p. 0–21, 2011.

PACKEY, D. J.; KINGSNORTH, D. **The impact of unregulated ionic clay rare earth mining in China**. *Resources Policy*, [s.l.], v. 48, p. 112–116, 2016. ISSN: 03014207, DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.03.003.

PAGE, S. E. **Path Dependence**. *Quarterly Journal of Political Science*, [s.l.], v. 1, nº 1, p. 87–115, 2006. ISBN: 1554-0626, ISSN: 15540634, DOI: 10.1561/100.00000006.

PAIN, S. **Energy Transitions Outlook: Power Through the Ages**. *Nature2*, [s.l.], v. 551, p. S134–S137, 2017. ISBN: 0 521 49640 3.

PAPANDREOU, A.; RUZZENENTI, F. **On the effects of fossil fuel prices on the transition towards a low carbon energy system - Part A**. *FESSUD Working Papers*, [s.l.], nº 89, p. 1–74, 2014. DOI: 10.13140/RG.2.1.3961.6084.

_____. **On the effects of fossil fuel prices on the transition towards a low carbon energy system - Part B**. *FESSUD Working Papers*, [s.l.], nº 89, p. 1–27, 2015.

PEARSON, P. J. G.; FOXON, T. J. **A low carbon industrial revolution? Insights and challenges from past technological and economic transformations**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 50, p. 117–127, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.07.061.

PEET, R.; ROBBINS, P.; WATTS, M. J. **Global Political Ecology**. *Global Political Ecology*. [s.l.]: [s.n.], 2010. v. 9780203842, 1-47 p. ISBN: 0203842243, ISSN: 1098-6596, DOI: 10.4324/9780203842249.

PEHRSON, E. W. **What Are Strategic and Critical Materials?** *Mining and*

Metallurgy, [s.l.], p. 339–341, 1944.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

PEREZ, C. **Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems**. *Futures*, [s.l.], v. 15, nº 5, p. 357–375, 1983. ISBN: 0016-3287, ISSN: 00163287, DOI: 10.1016/0016-3287(83)90050-2.

_____. **Technological Revolutions and Financial Capital**. [s.l.]: [s.n.], 2002. 219 p.

_____. **Technological revoltions and techno-economic paradigms**. *Technology Governance and economic dynamics*, [s.l.], nº 20, p. 1–26, 2009. ISBN: 0008-1256, ISSN: 00081256, DOI: 10.1016/j.lrp.2008.02.011.

PERIMAN, R. D. **Early Industrial World, Energy Flow in**. *Encyclopedia of Energy*. [s.l.]: Elsevier, 2004. p. 849–858. DOI: 10.1016/B0-12-176480-X/00010-3.

PETERS, M. et al. **The impact of technology-push and demand-pull policies on technical change - Does the locus of policies matter?** *Research Policy*, [s.l.], v. 41, nº 8, p. 1296–1308, 2012. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/j.respol.2012.02.004.

PIAO, S. et al. **The impacts of climate change over resources and agriculture in China**. *Nature*, [s.l.], v. 467, nº 7311, p. 43–51, 2010. ISSN: 0028-0836, DOI: 10.1038/nature09364.

PIERSON, P. **Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics**. *The American Political Science Review*, [s.l.], v. 94, nº 2, p. 251–267, 2000. ISSN: 0003-0554, DOI: 10.2307/2586011.

PIOVANI, C. **The "Greening" of China: Progress, Limitations, and Contradictions**. [s.l.], p. 1–43, 2015.

PODOBNIK, B. **Toward a Sustainable Energy Regime**. *Technological Forecasting and Social Change*, [s.l.], v. 62, nº 3, p. 155–172, 1999. ISBN: 0040-1625, ISSN: 00401625, DOI: 10.1016/S0040-1625(99)00042-6.

_____. **Global energy shifts: Fostering sustainability in a turbulent age**. *Global Energy Shifts: Fostering Sustainability in a Turbulent Age*. [s.l.]: [s.n.], 2006. 1-223 p. ISBN: 9781592132942.

POMERANZ, K. **The Great Divergence: China, Europe and the Making of the Modern World Economy**. [s.l.]: [s.n.], 2000. 393 p. ISBN: 1400806305.

RAY, G. F. **Energy: Resources and demand in this century and beyond**. *Long Range Planning*, [s.l.], v. 6, nº 1, p. 56–62, 1973. ISSN: 00246301, DOI: 10.1016/S0024-6301(73)80031-7.

REICHL, C.; SCHATZ, M.; ZSAK, G. **WORLD MINING DATA 2018 IRON AND FERRO ALLOY METALS NON-FERROUS METALS PRECIOUS METALS INDUSTRIAL MINERALS MINERAL FUELS**. [s.l.]: [s.n.], 2018. ISBN: 9783901074448.

REN21. **Renewables 2018 global status report**. [s.l.]: [s.n.], 2018. ISBN: 9783981891133.

RIP, A.; KEMP, R. **Technological change**. *Human Choice and Climate Change*, [s.l.], v. 2, nº Vol. 2: Resources and Technology, p. 327–399, 1998. ISBN: 0521446309, ISSN: 1879-2456, DOI: 10.1007/BF02887432.

ROTHKOPF, M. H. **An economic model of world energy 1900-2020**. *Long Range Planning*, [s.l.], v. 6, nº 2, p. 43–51, 1973. ISSN: 00246301, DOI: 10.1016/0024-6301(73)90026-5.

ROTHWELL, R. **Towards the Fifth-generation Innovation Process**. *International Marketing Review*, [s.l.], v. 11, nº 1, p. 7–31, 1994. ISBN: 0265-1335, ISSN: 0265-1335, DOI: 10.1108/02651339410057491.

RUBIO, M. d M.; FOLCHI, M. **Will small energy consumers be faster in transition? Evidence from the early shift from coal to oil in Latin America**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 50, p. 50–61, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.03.054.

RUTTER, P.; KEIRSTEAD, J. **A brief history and the possible future of urban energy systems**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 50, p. 72–80, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.03.072.

SAFARZYŃSKA, K.; FRENKEN, K.; BERGH, J. C. J. M. VAN DEN. **Evolutionary theorizing and modeling of sustainability transitions**. *Research Policy*, [s.l.], v. 41, nº 6, p. 1011–1024, 2012. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI:

10.1016/j.respol.2011.10.014.

SANDALOW, D. **GUIDE TO CHINESE CLIMATE POLICY**. New York NY: [s.n.], 2018.

SANDOR, D. et al. **System Dynamics of Polysilicon for Solar Photovoltaics : A Framework for Investigating the Energy Security of Renewable Energy Supply Chains**. [s.l.], p. 1–27, 2018. ISBN: 1303275376, DOI: 10.3390/su10010160.

SCHUMAN, S.; LIN, A. **China's Renewable Energy Law and its impact on renewable power in China: Progress, challenges and recommendations for improving implementation**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 51, p. 89–109, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.06.066.

SCHUMPETER, J. A. **Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process**. [s.l.]: [s.n.], 1939. ISBN: 9781412360, ISSN: 0277-9536, DOI: 10.1016/j.socscimed.2006.11.007.

SETO, K. C. et al. **Carbon Lock-In: Types, Causes, and Policy Implications**. *Annual Review of Environment and Resources*, [s.l.], v. 41, nº 1, p. 425–452, 2016. ISBN: 1543-5938, ISSN: 1543-5938, DOI: 10.1146/annurev-environ-110615-085934.

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.

SHEN, W. **A New Era for China's Renewable Energy Development? External Shocks, Internal Struggles and Policy Changes**. [s.l.], nº 196, 2016.

_____. **Who drives China's renewable energy policies? Understanding the role of industrial corporations**. *Environmental Development*, [s.l.], v. 21, nº May, p. 87–97, 2017. ISBN: 2211-4645, ISSN: 22114645, DOI: 10.1016/j.envdev.2016.10.006.

SHEN, W.; XIE, L. **The Political Economy for Low-carbon Energy Transition in China: Towards a New Policy Paradigm?** *New Political Economy*, [s.l.], v. 23, nº 4, p. 407–421, 2018. ISSN: 14699923, DOI: 10.1080/13563467.2017.1371122.

SIEFERLE, R. P. **The Subterranean Forest The Subterranean Forest Energy Systems and the Industrial Revolution**. [s.l.]: [s.n.], 2001. ISBN: 9781874267591.

SIMMIE, J. **Path Dependence and New Danish Wind Power Industry Path Dependence and New Technological Path Creation in the Danish Wind Power Industry**. [s.l.], v. 20, nº May, p. 37–41, 2012.

SIMPSON, R. D.; TOMAN, M. A.; AYRES, R. U. **Scarcity and Growth Revisited**. [s.l.]: [s.n.], 2005. ISBN: 9781936331499, ISSN: 0308-518X, DOI: 10.4324/9781936331499.

SMART, A.; HSU, J.-Y. **The Chinese Diaspora, Foreign Investment and Economic Development in China**. *The Review of International Affairs*, [s.l.], v. 3, nº 4, p. 544–566, 2004. ISBN: 1475-3553 %[August 12, 2007, ISSN: 1475-3553, DOI: 10.1080/1475355042000241511.

SMIL, V. **World History and Energy**. In: CLEVELAND, C. J. (Org.). *Encyclopedia of Energy*. New York: Elsevier, 2004. p. 549–561. ISBN: 978-0-12-176480-7, DOI: https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00025-5.

_____. **Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867-1914 and Their Lasting Impact**. [s.l.]: [s.n.], 2005. ISBN: 0195168747.

_____. **Transforming the Twentieth Century: Technical Innovations and their consequences**. [s.l.]: [s.n.], 2006. ISBN: 9780195168754.

_____. **Energy in nature and society**. [s.l.]: [s.n.], 2008. ISBN: 9780262195652.

_____. **Energy Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate**. Washington, DC: Rowman and Littlefield, 2010a. 136-141 p. ISBN: 9780844743288.

_____. **Energy Transitions: History, Requirements, Prospects**. [s.l.], 2010b.

_____. **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.

SOLOMON, B. D.; KRISHNA, K. **The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 39, nº 11, p. 7422–7431, 2011. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2011.09.009.

SOLOW, R. M. **A Contribution to the Theory of Economic Growth**. *Source:*

The Quarterly Journal of Economics, [s.l.], v. 70, nº 1, p. 65–94, 1956. ISBN: 0033-5533, ISSN: 0033-5533, DOI: 10.2307/1884513.

SONG, C. et al. **Air pollution in China: Status and spatiotemporal variations**. *Environmental Pollution*, [s.l.], v. 227, p. 334–347, 2017. ISSN: 0269-7491, DOI: 10.1016/j.envpol.2017.04.075.

SOUSA FILHO, P. C. DE; SERRA, O. A. **Terras raras no brasil: Histórico, produção e perspectivas**. *Quimica Nova*, [s.l.], v. 37, nº 4, p. 753–760, 2014. ISBN: 0100-4042, ISSN: 16787064, DOI: 10.5935/0100-4042.20140121.

SOVACOOL, B. K. **How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions**. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 13, p. 202–215, 2016. ISBN: 22146296, ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2015.12.020.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

SOVACOOL, B. K.; GEELS, F. W. **Further reflections on the temporality of energy transitions: A response to critics**. *Energy Research and Social Science*, [s.l.], v. 22, p. 232–237, 2016. ISBN: 2214-6296, ISSN: 22146296, DOI: 10.1016/j.erss.2016.08.013.

STEIN, C. **Critical Materials Problems in Energy Production**. [s.l.]: [s.n.], 1976. v. 19, 578-581 p. ISBN: 9781412941631.

STEINHARDT, H. C.; WU, F. **In the Name of the Public: New Environmental Protest in China**. *The China Journal*, [s.l.], nº 75, p. 61–82, 2015. ISSN: 13249347, DOI: 10.1086/684010.

STERN, N. **STERN REVIEW: The Economics of Climate Change Executive Summary**. *October*, [s.l.], v. 30, nº 3, p. 27, 2006. ISBN: 9780521700801, ISSN: 13561294, DOI: 10.1378/chest.128.5.

STERN, R. J. **Oil Scarcity Ideology in US Foreign Policy, 1908–97**. *Security Studies*, [s.l.], v. 25, nº 2, p. 214–257, 2016. ISSN: 15561852, DOI: 10.1080/09636412.2016.1171967.

SUN, J.; CHEN, H.; ZHU, Y. **Extreme Climate in China : Facts , Simulation and Projection**. [s.l.], nº June, 2012. DOI: 10.1127/0941-2948/2012/0330.

SZONYI, M. **A Companion to Chinese History**. *A Companion to Chinese*

History. [s.l.]: [s.n.], 2016. 1-459 p. ISBN: 9781118624593, DOI: 10.1002/9781118624593.

TAHVONEN, O. **Economic Sustainability and Scarcity of Natural Resources : A Brief Historical Review**. *Resources for the Future, Washington D.C.*, [s.l.], nº June, p. 15, 2000.

TASSEY, G. **The functions of technology infrastructure in a competitive economy**. *Research Policy*, [s.l.], v. 20, nº 4, p. 345–361, 1991. ISBN: 0048-7333, ISSN: 00487333, DOI: 10.1016/0048-7333(91)90094-7.

TAYLOR, B. **Strategic planning for resources**. *Long Range Planning*, [s.l.], v. 7, nº 4, p. 12–26, 1974. ISSN: 00246301, DOI: 10.1016/0024-6301(74)90204-0.

THE PRESIDENT'S MATERIALS POLICY COMISSION (PMPC). **Resources for freedom; a report to the President.** [s.l.], 1952. DOI: http://library.duke.edu/catalog/search/recordid/DUKE002274375.

TOKE, D. **China's Role in Reducing Carbon Emissions: The Stabilisation of Energy Consumption and the Deployment of Renewable Energy**. [s.l.]: [s.n.], 2017. 177 p. ISBN: 9781138244412.

TOPF, A. **Mountain Pass sells for $20.5 million**. [s.l.], 2017.

TUNSJØ, Ø. **China's Energy Security**. *The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security*. [s.l.]: [s.n.], 2014. 97-115 p. ISBN: 978-1-349-46420-3, DOI: 10.1057/9781137338877_5.

TURNHEIM, B.; GEELS, F. W. **Regime destabilisation as the flipside of energy transitions: Lessons from the history of the British coal industry (1913-1997)**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 50, p. 35–49, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.04.060.

U.S. EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT. **The National Energy Plan**. In: *Energy Policy and Planning*. Washington DC: [s.n.], 1977.

UN. **The World's Cities in 2016**. [s.l.]: [s.n.], 2016.

_____. **World Population Prospects**. [s.l.]: [s.n.], 2017.

UNEP. **Critical Metals for Future Sustainable Technologies and their**

Recycling Potential. In: *Unep*. [s.l.]: [s.n.], 2009. Disponível em: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1202xPA-Critical Metals and their Recycling Potential.pdf>. ISBN: 4444444444444, ISSN: 4444444444444.

UNEP/IRP. **UNEP Recycling rates of metals - A Status Report, a Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the international Resource Panel**. *Group*. [s.l.]: [s.n.], 2011. 1-46 p. ISBN: 9789280731613, DOI: ISBN 978-92-807-3161-3.

UNEP; DTU. **CDM/JI Pipeline Analysis and Database**. 2018. Disponível em: <http://cdmpipeline.org/>. Acesso em: 20/ago./18.

UNESCO. **World Illiteracy at mid-century: a national study**. *Monographs on Fundamental Education*, [s.l.], v. XI, 1957.

UNFCCC. **Paris Agreement**. *Conference of the Parties on its twenty-first session*, [s.l.], nº December, p. 32, 2015. ISBN: 3981058208, ISSN: 1098-6596, DOI: FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.

UNRUH, G. C. **Understanding carbon lock-in**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 28, nº March, p. 817–830, 2000.

US DOE. **Critical Materials Strategy**. *Energy*, [s.l.], p. 191, 2011. ISBN: 9780833078834, DOI: DOE/PI-0009.

US GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral Commodity Summaries: Rare earths**. In: *Annual Publications: Mineral Commodity Summaries*. [s.l.]: [s.n.], 1996.

_____. **Abbreviations and Units of Measure Definitions of Selected Terms Used in This Report Terms Used for Materials in the National Defense Stockpile and Helium Stockpile APPENDIX C — Reserves and Resources**. *Geological Survey Circular*, [s.l.], p. 192–198, 2016a.

_____. **Mineral commodity summaries**. [s.l.]: [s.n.], 2016b. Disponível em: <minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2016/%0Amcs2016.pdf>.

USGS. **Cement**. *Mineral Commodity Summaries*, [s.l.], nº 703, p. 38–39, 1995.

_____. **Cement**. *Mineral Commodity Summaries*, [s.l.], nº 703, p. 42–43, 2002.

_____. **Cement**. *Mineral Commodity Summaries*, [s.l.], nº 703, p. 44–45, 2006.

_____. **Cement**. *Mineral Commodity Summaries*, [s.l.], nº 703, p. 38–39, 2013.

_____. **Cement**. *Mineral Commodity Summaries*, [s.l.], v. 2017, nº 703, p. 44–45, 2017.

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.

VEN, D. Van de; FOUQUET, R. **Historical Energy Price Shocks and their Effects on the Economy**. *Aeaweb.Org*, [s.l.], p. 1–36, 2016. ISSN: 01409883, DOI: 10.1016/j.eneco.2016.12.009.

VERBONG, G.; GEELS, F. **The ongoing energy transition: Lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960-2004)**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 35, nº 2, p. 1025–1037, 2007. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2006.02.010.

VERBONG, G.; LOORBACH, D. **Governing the energy transition: Reality, illusion or necessity?** *Governing the Energy Transition: Reality, Illusion or Necessity?* [s.l.]: [s.n.], 2012. 1-376 p. ISBN: 9780203126523, DOI: 10.4324/9780203126523.

VERGNE, J. P.; DURAND, R. **The missing link between the theory and empirics of path dependence: Conceptual clarification, testability issue, and methodological implications**. *Journal of Management Studies*, [s.l.], v. 47, nº 4, p. 736–759, 2010. ISBN: 0022-2380, ISSN: 00222380, DOI: 10.1111/j.1467-6486.2010.00913.x.

VERRAX, F. **Governance of mineral resources: Towards the end of national states' supremacy? The WTO and the case of rare earth elements as an illustrative example**. *Etikk i Praksis*, [s.l.], v. 8, nº 1, p. 41–51, 2014. ISSN: 18904009.

VIKSTROM, H. **The specter of scarcity**. 2017.

VIKSTRÖM, H. **A scarce resource? The debate on metals in Sweden 1870–1918**. *Extractive Industries and Society*, [s.l.], v. 3, nº 3, p. 772–781, 2016. ISSN: 2214790X, DOI: 10.1016/j.exis.2016.03.009.

WALLERSTEIN, I. **World-Systems Analysis: An Introduction**. [s.l.]: [s.n.], 2004. ISBN: 0038-6073.

WANG, F.; YIN, H.; LI, S. **China's renewable energy policy: Commitments and challenges**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 38, nº 4, p. 1872–1878, 2010. ISBN: 03014215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2009.11.065.

WANG, H. et al. **WIND POWER IN CHINA: A Cautionary Tale**. *GSI Report*, [s.l.], nº September, 2016.

WANG, P.; LIU, L.; WU, T. **A review of China's climate governance: state, market and civil society**. *Climate Policy*, [s.l.], v. 0, nº 0, p. 1–16, 2017. ISSN: 1469-3062, DOI: 10.1080/14693062.2017.1331903.

WANG, X. et al. **Production forecast of China's rare earths based on the generalized Weng model and policy recommendations**. *Resources Policy*, [s.l.], v. 43, p. 11–18, 2015. ISSN: 03014207, DOI: 10.1016/j.resourpol.2014.11.002.

WANG, Y. hua; LUO, G. liang; GUO, Y. wei. **Why is there overcapacity in China's PV industry in its early growth stage?** *Renewable Energy*, [s.l.], v. 72, p. 188–194, 2014. ISBN: 0960-1481, ISSN: 09601481, DOI: 10.1016/j.renene.2014.07.008.

WB; EGPS. **The growing role of minerals and metals for a low carbon future**. [s.l.], nº June, p. 112, 2017.

WENG, Z. et al. **A detailed assessment of global rare earth element resources: Opportunities and challenges**. *Economic Geology*, [s.l.], v. 110, nº 8, p. 1925–1952, 2015. ISSN: 15540774, DOI: 10.2113/econgeo.110.8.1925.

WILSON, C. **Meta-analysis of unit and industry level scaling dynamics in energy technologies and climate change mitigation scenarios**. *Interim Report IR-09-029*, [s.l.], p. 119p., 2009. ISBN: IR-09-029.

_____. **Up-scaling, formative phases, and learning in the historical diffusion of energy technologies**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 50, p. 81–94, 2012. ISBN: 0301-4215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.04.077.

WORLD BANK. **World Development Indicators**. 2018.

WORLD ECONOMIC OUTLOOK. **Commodity Special Feature**. [s.l.]: [s.n.], 2015.

WÜBBEKE, J. **Rare earth elements in China: Policies and narratives of reinventing an industry**. *Resources Policy*, [s.l.], v. 38, nº 3, p. 1–11, 2013. ISBN: 0301-

4207, ISSN: 03014207, DOI: 10.1016/j.resourpol.2013.05.005.

WWF. **Critical materials for the transition to a 100 % sustainable energy future contents**. [s.l.], p. 76, 2014. ISBN: 9782940443741.

XIAOHUA, L. **DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF THE SOLAR ENERGY INDUSTRY AND RELATED POLICIES IN CHINA**. *Secure Oil and Alternative Energy: The Geopolitics of Energy Paths of China and the European Union*. [s.l.]: [s.n.], 2012.

YATSUI, T. **China's energy policy and related issues towards 2020**. *Mitsui Global Strategic Studies Institute Monthly Report*, [s.l.], nº April, p. 4, 2017.

YERGIN, D. **The Prize: the epic quest for oil, money and power**. [s.l.]: [s.n.], 1991. 877 p.

YU, R.; ZHAI, P.; CHEN, Y. **Facing climate change-related extreme events in megacities of China in the context of 1 . 5 C global warming**. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, [s.l.], v. 30, p. 75–81, 2018. ISSN: 1877-3435, DOI: 10.1016/j.cosust.2018.03.008.

ZHANG, L. et al. **The Dragon awakens: Innovation, competition, and transition in the energy strategy of the People's Republic of China, 1949–2017**. *Energy Policy*, [s.l.], v. 108, nº January, p. 634–644, 2017. ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2017.06.027.

ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED, P. et al. **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, 2013. ISBN: 03014215, ISSN: 03014215, DOI: 10.1016/j.enpol.2013.07.063.

ZHANG, S.; ZHAO, X. et al. **The development trajectories of wind power and solar PV power in China: A comparison and policy recommendations**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 26, p. 322–331, 2013. ISBN: 1364-0321, ISSN: 13640321, DOI: 10.1016/j.rser.2013.05.051.

ZHANG, X. et al. **Socioeconomic burden of air pollution in China: Province-level analysis based on energy economic model**. *Energy Economics*, [s.l.], v. 68, p. 478–489, 2017. ISSN: 01409883, DOI: 10.1016/j.eneco.2017.10.013.

ZHOU, Y.; LU, S. **China's Renewables Curtailment and Coal Assets Risk Map: Research Findings and Map User Guide**. [s.l.], 2017. ISBN: 0025-7753 (Print)r0025-7753 (Linking).

Anexo I – Índice de Entropia de Theil

Para avaliar a concentração de reservas de materiais no mundo, utilizou-se o Índice de Entropia de Theil como referencial metodológico. Proposto por Theil em 1967, a aplicação original do conceito termodinâmico como medida de desigualdade visava, no campo da Teoria da Informação, verificar o conteúdo informacional de mensagens transmitidas por firmas, dado seu grau de surpresa, diante de um determinado evento. Por exemplo, uma mensagem que comunique a ocorrência de um determinado evento A, com probabilidade de ocorrência *p*, terá conteúdo informacional (ou grau de surpresa) tanto maior quanto menor for *p* (BRAGA; MASCOLO, 1982). A função *h* que descreve o conteúdo informacional é, portanto, função decrescente de *p*, definida por Theil como função logaritmo $h(p) = -\ln(p)$, a partir da qual se define o valor esperado do conteúdo de informação de uma dada mensagem (ou a entropia de distribuição) da seguinte maneira:

$$ET = -p\ln p - (1-p)\ln(1-p) \qquad (1)$$

Quando generalizado para *n* eventos $A_1, A_2, A_3, \ldots, A_n$, a entropia da distribuição de probabilidades $p_1, p_2, p_3, \ldots, p_n$ é descrita por:

$$ET = -\sum_{i=1}^{n} p_i ln p_i \qquad (2)$$

Esse conceito foi adaptado ao contexto da Economia Industrial por Braga e Mascolo (1982), quando substituíram a probabilidade p_i por parcelas de mercado s_i, de forma a medir a concentração industrial de um determinado mercado com *n* empresas:

$$ET = -\sum_{i=1}^{n} s_i ln s_i \qquad (3)$$

Assim, quanto maior o índice de entropia, maior é a "desorganização" do sistema devido ao maior número de atores operando no mercado; quando o índice de entropia é

máximo, revelando situação de concorrência perfeita, onde todas as empresas têm parcela de mercado iguais ($s_1=s_2=s_3=...=s_n$), o índice de entropia vale *ln(n)*. Por outro lado, em situação de monopólio, na qual há somente um ator com total poder de mercado, menor é a "desorganização", indicando índice de entropia nulo. Assim, 0≤ET≤ *ln(n).*

Para análises intertemporais, em que seja possível avaliar a concentração numa mesma escala unitária, o índice de entropia de Theil pode ser normalizado da seguinte maneira:

$$ET' = -\frac{1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n} s_i ln s_i \qquad (4)$$

onde ET' equivale a 0 em situação de monopólio e a 1 em concorrência perfeita (KUPFER; HASENCLEVER, 2013).

No presente trabalho, esta metodologia foi aplicada para avaliar a concentração de reservas de ETR e de petróleo, de forma a comparar a transição entre dois cenários geopolíticos: o de uma economia baseada na produção de petróleo e derivados, e o de uma economia de baixo carbono baseada em TERs. Neste caso, ET' de valor nulo representa um cenário de reservas totalmente concentradas em um único país, e ET' de valor unitário uma distribuição uniforme de reservas em todos os países. Para analisar alguma possível descentralização no mercado no período pós-crise de ETR, o índice de Theil foi aplicado não só à avaliação da concentração de reservas mas também da concentração de produção.

Os dados de reservas e produção de ETR foram elencados a partir do *Mineral Commodity Summaries* do serviço geológico estadunidense (*USGS – United States Geological Survey)* de 1996 a 2017, enquanto os dados de reservas provadas de petróleo foram obtidos a partir do *BP Statistical Review of World Energy 2017*, onde constam dados de 1980 a 2016. Apesar deste período não incluir os choques do petróleo de 1973 e 79, muitas vezes citados para ilustrar a intrincada geopolítica do petróleo no séc XX, o mesmo foi considerado representativo para ilustrar a concentração de reservas, já que o ano no qual a OPEP possuiu menor parcela de mercado foi em 1981 (ABDUL-HAMID; BAYER, 2016). Além disso, o índice foi avaliado considerando os países integrantes da OPEP como apenas um ator, supondo atuação da organização como cartel, e também

considerando cada país como um ator individual, defendendo apenas interesses econômicos próprios, simulando um ambiente de concorrência perfeita. A estrutura do mercado global de petróleo e o comportamento da OPEP foram temas recorrentes na literatura econômica desde o início da década de 70 e, como aponta Okullo & Reynès (2016), sua atuação na história foi fortemente influenciado por questões políticas e econômicas, ora favorecendo a estrutura cartelizada, ora dificultando a cooperação, estimulando a traição das cotas de produção e propiciando estrutura de concorrência predatória. Assim, considerou-se, para fins de comparação, que o índice de entropia estaria sempre entre esses dois limites.

Por fim, para lidar com a escassez de dados sobre as reservas de ETR, referências alternativas foram utilizadas na avaliação da concentração de reversas (HAYES-LABRUTO et al., 2013; LIFTON; HATCH, 2016; MCLELLAN et al., 2016; VERRAX, 2014; WANG, X. et al., 2015; WENG et al., 2015).

Anexo II – Lista de política energética renovável na China (2005-2018)

Tabela II-1– Principais Políticas de Energias Renováveis na China (2005 – 2010).

Categoria	Setor(es) prioritário(s)	Ano	Política, Lei ou Medida	Órgão responsável	Descrição

Lei	"Todas as formas modernas de energia renovável"	2005	Lei da Energia Renovável	CNP	• Define, em linhas gerais, a política de ER na RPC por 4 mecanismos:
					  • meta nacional de ER e planejamento central e local de desenvolvimento e utilização de ER;
					  • política mandatória de conexão às redes de distribuição e de compra de ER pelas distribuidoras;
					  • sistema nacional de tarifa *feed-in;*
					  • mecanismo de compartilhamento de custos, que inclui um Fundo Especial de Desenvolvimento de Energia Renovável;
					• Admite o setor de ER como área preferencial de desenvolvimento industrial de alta tecnologia.

Lei auxiliar	Eólica, solar, biomassa, geotérmica, marés e hídrica	2005	Catálogo de Orientação de Desenvolvimento de Indústria de Energia Renovável	CNDR	• Introduz brevemente a indústria de RE e estabelece uma base para a formulação e implementação da política industrial e política tributária.
Lei auxiliar	Eólica	2005	Nota sobre os requisitos de gestão para geração eólica	CNDR	• Determina conteúdo local de 70% para a indústria de fabricação de turbinas eólicas.
Lei auxiliar	Eólica, solar, biomassa,	2006	Medida Provisória para o Preço e o Compartilhamento de Custos da	CNDR	• Delineia mecanismo de compartilhamento de custos e política de preços de eletricidade de fontes renováveis de energia previstas na LER de maneira detalhada.

	geotérmica, marés		Energia Renovável		
Lei auxiliar	Amplo escopo	2006	Regras de Gestão para Geração de Eletricidade de Energia Renovável	CNDR	• Determina os órgãos de gestão a aprovar, gerir, e monitorar várias categorias de projetos renováveis a níveis central e provincial; • Define as responsabilidades de empresas de geração de energia e de transmissão no desenvolvimento de geração elétrica renovável.
Lei auxiliar	Amplo escopo	2006	Medidas Provisórias para Gestão do Fundo Especial para Desenvolvimento de Energia Renovável	MF	• Detalhamento do financiamento, gestão e tributação para apoio de áreas-chave; • Políticas de subsídio fiscal e taxas favoráveis desenvolvidas de acordo com o Catálogo de Orientação de Desenvolvimento de Indústria de Energia Renovável.
Planejamento estratégico, C&T	Amplo escopo	2006	Plano Estratégico de Médio e Longo Prazo para C&T (MLP-2020)	CE	• Considera entre as áreas prioritárias para C&T eficiência energética, desenvolvimento e utilização de recursos renováveis de baixo custo e larga escala, transmissão e distribuição de energia em larga escala e segurança da rede; • Prevê Sistema Nacional de Inovação com Características Chinesas; • Define políticas fiscais para estimular inovação tecnológica nas empresas, políticas para fortalecimento da absorção de tecnologias estrangeiras, políticas com foco em inovação endógena, estratégia de direitos de propriedade intelectual e padrões tecnológicos, aceleração da industrialização do setor de alta tecnologia e sua difusão, entre outras medidas relacionadas a inovação tecnológica.

Planejamento Estratégico	Hídrica, eólica, solar e biomassa, geotérmica, marés	2007	Plano de Desenvolvimento de Médio e Longo Prazo para Energia Renovável	CNDR	• Metas gerais de 10% e 15% de renováveis em 2010 e 2020, respectivamente, do consumo de energia primária e investimento de 2 trilhões de yuans até 2020 para alcança-la;
					  • Hídrica: 2010 – 190GW; 2020 – 300GW
					  • Biomassa: 2010 – 5,5GW; 2020 – 30GW (*pellets*, resíduo, biogás, biocombustíveis)
					  • Eólica: 2010 – 5GW; 2020 – 30GW (conectado ao grid)

					• Solar: 2010 – 300MW; 2020 – 1,8GW • Geotérmica: 2010 – 4 Mtce; 2020 – 12 Mtce • Marés: 2010 – n/a; 2020 – 100MW • Construção de sistema de inovação de TER: • 2010: capacidade de fabricação doméstica dos principais equipamentos; • 2020: a capacidade de fabricação baseada principalmente no Direito de Propriedade Intelectual próprio. • Mecanismos: • Crescimento estável e sustentável da demanda por políticas de preços favoráveis, cotas de mercado obrigatórias para regiões servidas por redes elétricas centralizadas (1% até 2010 e 3% até 2020, para não-hídricas), investimentos do governo e programas de concessão; • Definição de política de preços para ER, de acordo com as características regionais e técnicas das tecnologias; • Desoneração, políticas fiscais e criação de fundos favoráveis para desenvolvimento e implantação de TER, de P&D à fabricação de equipamentos.
Planejamento estratégico	Amplo Escopo	2007	Programa Nacional Chinês de Mudanças Climáticas	CNDR	• Define a estratégia para mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável: • Reestruturação econômica; • Eficiência energética; • Padrões de emissões veiculares; • Participação em programas RED (redução de emissões por desmatamento); • Desenvolvimento e utilização de energia hídrica e outras renováveis; • Proteção e restauração ecológica; • Planejamento familiar;

Planejamento estratégico	Veículos de nova energia[209]	2007	Regra de Gestão da Produção de Veículos de Nova Energia	CNDR	• Define oficialmente o termo Veículos de Nova Energia (NEV), que incluía os elétricos puros (BEVs), os híbridos *plug-in* (PHEV), os híbridos (HEVs), os a célula combustível (FCEV), os veículos de combustão interna a hidrogênio, e veículos com novos combustíveis como dimetil éter e com capacitores de armazenamento de energia de alta eficiência.
Subsídio	Eólica	2007	Fundo Especial para a Industrialização de Equipamento de Energia Eólica	MF	• Financia estudos de avaliação de projetos eólicos, P&D e construção de projetos de demonstração pilotos; • Dá suporte financeiro à produção de novos equipamentos de turbinas eólicas; • Subsídios de um montante equivalente a US$87,41/kWh, fornecidos a empresas nacionais para as primeiras 50 novas turbinas com capacidade mínima de 1,5 MW.
Subsídio	Solar FV (cadeia produtiva)	2007	Principais projetos à Industrialização da Tecnologia de Materais de Silício de Alta Pureza	CNDR	• Formaliza o apoio à entrada de firmas chinesas na produção de silício bruto e encoraja empréstimos de bancos para este fim.
Planejamento estratégico, política multissetorial	Amplo escopo	2008	11º Plano Quinquenal para Desenvolvimento de Energia Renovável	CNDR	• Reitera a meta de atingir 10% do consumo de energia primária por renováveis em 2010. • Prevê a construção de 30 parques eólicos de larga escala de capacidade de 100MW; • Energias eólica e de biomassa a atingirem 5 e 5,5 GW conectados à rede, respectivamente; • Geração por biomassa e resíduo a atingir 5,5 GW até 2010.
Benefícios fiscais	Eólica	2008	Aviso sobre a Política Fiscal de Importação de	MF	• Remove impostos em equipamentos tecnológicos-chave para a fabricação de turbinas eólicas de alta potência, que deveria ser revertido em investimento para P&D.

[209] Veículos de Nova Energia (NEV, na sigla anglo-saxã) refere-se a veículos total ou parcialmente movidos a eletricidade.

			Turbinas Eólicas de Alta Potência e seus Principais Componentes e Matérias-primas		
Lei	Amplo escopo	2009	Emenda da Lei de Energia Renovável	CNP	• Determina que as operadoras da rede elétrica devem comprar toda eletricidade gerada por ER de suas respectivas regiões; • Define marco legal e regras mais amplas, promoção, desenvolvimento e emprego das ER, aumentando a oferta total de energia, melhorando a infraestrutura energética, garantindo segurança energética, proteção ambiental e desenvolvimento econômico e social sustentável; • Estabelece que o desenvolvimento e utilização das ER deveriam ser priorizados, incluindo no grupo de renováveis as fontes eólica, solar, hidrelétrica, geotérmica, de marés e outras não fósseis; • Inicia Fundo Especial para P&D na indústria; • Cria marco regulador da geração elétrica por biomassa (material agrícola, florestal e do lixo) e geração de biodigestor de lixo a gás.

Subsídios	Solar FV	2009	Programa Golden Sun	CNDR, MF	• Garante subsídios a nível provincial e nacional a projetos de geração de energia solar fotovoltaica (FV) conectada ou não à rede. A nível nacional:
					  • desenvolvedores de sistemas FV *off-grid* são elegíveis a subsídios que cobrem 70% do custo de instalação;
					  • desenvolvedores de sistemas FV conectados à rede são elegíveis a subsídios que cobrem 50% do custo de instalação, transmissão e distribuição da eletricidade gerada.
					• Prevê capacidade instalada de solar FV de 500MW até 2012;
					• Os subsídios são aplicáveis a uma capacidade máxima instalada de 20MW em cada província;

Planejamento estratégico	Eólica	2009	Circular Abolindo o Requisito sobre a Taxa de	CNDR	• Abolido o sistema de conteúdo local para projetos de geração eólica.

			Localização de Aquisição de Equipamentos em Projetos de Energia Eóli ca		
Demonstração	NEV	2009	Nota sobre Projeto Piloto de Demonstração e Popularização de Veículos Poupadores de Energia e de Novas Energias	MCT, MF	• Programa de demonstração "10 cidades, 1000 EVs", que visava implementar em 10 cidades piloto a cada ano, de 2009 a 2012, 1000 veículos elétricos em serviço público (transporte público, taxi, serviço postal, etc).
FIT	Eólica *onshore*	2009	Aviso sobre Melhoria da Política Tarifária Feed-In de Energia Eólica	CNDR	• Substitui a política de conteúdo local a partir da introdução de FIT para apoiar o desenvolvimento de projetos de eólica (somente *onshore*), dividindo a área nacional em 4 tipos de recurso eólico e prevendo 4 FITs diferentes; • As tarifas variavam de acordo com a qualidade dos recursos eólicos: menor tarifa para melhores recursos eólicos, maior tarifa para piores recursos eólicos.

Planejamento estratégico	Eólica *offshore*	2009	Plano de Desenvolvimento Eólico Offshore	CNDR	• Exige que todas as regiões costeiras estabeleçam seu próprio roteiro de desenvolvimento eólico *offshore* até 2020;
					• Estabele linha de base oficial de profundidade:
					  • zona entre marés: inferior a 5m
					  • zona *offshore*: entre 5 e 50m
					  • zona profunda: maior que 50m
					• Metas para eólica *offshore* de 5GW para 2015 e 30GW para 2020;
					• Somente empresas nacionais poderiam aplicar às concessões para eólica *offshore* ou então *joint-ventures* cuja fração chinesa fosse superior a 50%.

Padrões e condutas	Eólica	2010	Padrões de entrada no mercado para a indústria de	CNDR	• Introduz regulação específica para melhorar eficiência e competitividade do mercado local de fabricação de equipamentos eólicos. A companhia deve apresentar, entre os requisitos necessários: • capacidade de produção mínima de 2,5MW;

			fabricação de equipamentos eólicos		• 5 anos de experiência em indústria mecânica e elétrica de larga escala; • empresa deve estabelecer Grupo de P&D.

Fontes: (BOGAERT, 2010; CHINA, 2007; CHINESE ACADEMY OF SCIENCES et al., 2010; HOPKINS; LI, 2016; ISOAHO; GORITZ; SCHULZ, 2016; LEWIS, 2016; NDRC, 2007; SCHUMAN; LIN, 2012; SHEN, J.; LUO, 2015)(KANG et al., 2012; LEWIS, 2016)

Tabela II-2- Principais Políticas de Energias Renováveis na China (2011-2014).

Categoria	Setor(es) prioritário(s)	Ano	Política, Lei ou Medida	Órgão responsável	Descrição

Subsídios	Solar FV	2011	Emenda ao Programa Golden Sun	CNDR, MF	• Ao invés de subsidiar 50% do custo de instalação, transmissão e distribuição da eletricidade gerada em projetos conectados à rede, a no regra inclui tarifa fixa:
					  • Módulos de polissilício recebem 9 *yuan*/W (US$ 1,40/W);
					  • Módulos de filme fino recebem 8 *yuan*/W (US$ 1,24/W).

FIT	Solar FV	2011	Aviso Sobre Melhoria da Política de Preços da Geração de Energia Solar FV	CNDR	• Implementa uma referência nacional unificada para precificação de energia solar FV. Para projetos:
					  • aprovados antes de 01/07/2011 e em operação até 31/12/2011, tarifa de 1,15 *yuan*/kWh (equivalente a US$0,18);
					  • situados no Tibet, aprovados em 01/07/2011 ou depois (ou aprovados antes de 01/07/2011, mas não em operação até 31/12/2011), tarifa de 1,15 *yuan*/kWh (equivalente a US$0,18);
					  • situados em outras regiões, vale a tarifa de 1,0 *yuan*/kWh
					• Para projetos de solar FV aprovados por licitação, o preço de licitação não pode ser maior que a FIT de referência mencionada acima;
					• Todas as tarifas são passíveis de ajuste pela CNDR de acordo com investimentos futuros, mudanças de custos e avanços tecnológicos.

Planejamento estratégico, política multissetorial	Amplo escopo	2012	12º Plano Quinquenal para Desenvolvimento de Energia Renovável	CNDR	• Transição de modelo de desenvolvimento energointensivo e indústria orientada a exportação para crescimento sustentável e indústria orientada a serviços. Para isso, foco em eficiência energética e renováveis;
					• Redução de intensidade energética em 16%;
					• Prevê aumento de energia não-fóssil (nuclear incluída) para 11,4% do total consumido até 2015 e de 15% até 2020
					  • Solar FV: 21 GW até 2015 e 70GW até 2020;
					  • Hídrica: 290 GW até 2015; 335 GW até 2017 e 420 GW até 2020;
					  • Eólica (ligada à rede): 100 GW (dos quais 5GW é *offshore*) até 2015; 150 GW até 2017 e 200 GW até 2020;
					  • Biomassa: 13GW até 2015; 30 GW até 2020;
					  • Geotérmica: 15 Mtce até 2015;
					  • Marés: 50.000 kW até 2015.
					• Define investimento de US$610 bilhões em sete indústrias emergentes estratégicas para desenvolvimento "limpo" e nova base industrial, sendo uma delas é a de "novas energias".
					Enfatiza a infraestrutura de integração à rede, o desenvolvimento de redes inteligentes e investimentos.

Planejamento estratégico, política multissetorial	Amplo escopo	2012	12º Plano Quinquenal para Indústrias Estratégicas Emergentes Nacionais	CNDR	• Substitui o Plano de Médio e Longo Prazo de Energia Renovável (2007);
					• Eólica:
					  • Prevê 100GW de capacidade instalada acumulada de energia eólica com capacidade de geração anual de 190 bilhões de kWh em 2015;
					  • Capacidade instalada de 200GW e geração anual de 380 bilhões de kWh até 2020, quando o equipamento eólico chinês atinge competitividade internacional, bem como a capacidade de inovação tecnológica;
					  • Estabelecimento de sistema de cotas de geração;
					  • Escalonamento de comercialização da produção de equipamentos de eólica *offshore;*
					  • Levar a produção de equipamentos eólicos ao padrão internacional;
					  • Foco em inovação tecnológica;
					  • Estabelecer operação eficiente da rede e do sistema de gestão aplicável ao desenvolvimento da energia eólica;
					• Solar:
					  • Capacidade instalada de 21 GW e área instalada de utilização de energia solar térmica de 400 milhões de m^2 até 2015;
					  • Capacidade instalada de 50 GW e área instalada de utilização de energia solar térmica de 800 milhões de m^2 até 2020. Neste ano, a tecnologia de fabricação de painéis FV atingiu nívl avançado internacional e a geração solar térmica alcançou industrialização e escalonamento;
					  • Prevê construção de usinas FV de larga escala e de uma cidade de demonstração solar.
					  • Fortalecer a construção de redes elétricas e sistemas operacionais adequados ao desenvolvimento da geração de energia FV;
					  • Popularizar a utilização de energia solar;
					  • Estabelecer mecanismo de operação de rede adequado à geração distribuída e melhoria do sistema de formação de preços de eletricidade FV;
					• Biomassa:
					  • Capacidade instalada de 13GW, utilização anual de 30 bilhões de m^3 de biogás, de biocombustíveis sólidos de 10 milhões de toneladas, de

					biocombustíveis líquidos de 5 milhões de toneladas e avanços na tecnologia de 2ª geração de etanol até 2015. • Capacidade instalada de 30GW, utilização anual de 50 bilhões de m^3 de biogás, de biocombustíveis sólidos de 20 milhões de toneladas, de biocombustíveis líquidos de 12 milhões de toneladas e alcance da etapa de comercialização da tecnologia de 2ª geração de etanol até 2020.

Planejamento estratégio, instrumento regulatório	Solar FV	2012	12º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento da Indústria Solar FV	MCT, MITI, ANE	• Prioriza projetos independentes, em áreas remotas e de difícil integração à rede elétrica, subsidiando-os;
					• Prevê a redução gradativa dos subsídios de acordo com a competição do mercado;
					• Investimentos em estações FV e sistemas de geração FV distribuída totalizam 250 bilhões de *yuan;*
					• Metas:
					  • reduzir custo de geração solar para 0,8 *yuan*/kWh até 2015 e 0,6 *yuan*/kWh até 2020, estimular competitividade econômica e realizar paridade com rede elétrica para ganhar escala o quanto antes;
					  • estabelecer capacidade de 10GW no norte e oeste da China, ligadas à rede;
					  • atingir capacidade solar FV de 21GW e geração anual de 250 TWh em 2015;
					  • construir 100 cidades de demonstração de nova energia e 1000 parques industriais de demonstração de nova energia;
					  • atingir capacidade instalada de geração solar térmica de 1GW em 2015.
					  • produtores de polissilício devem atingir produção anual de 50.000 toneladas até 2015;
					  • fabricantes de painéis FV devem atingir capacidade de produção anual de 5GW até 2015;
					  • aumentar a eficiência de conversão de c-Si para 21%, de p-Si para 19% e de a-Si para 12% até 2015;
					  • aumentar a eficiência de células CdTe e CIGS a nível de aplicação comercial.

Planejamento estratégio, instrumento regulatório	Eólica	2012	12º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia Eólica	MCT, MITI, ANE	• Prevê construção de 6 bases de geração eólica *onshore* e 2 *offshore* até 2015;
					• Meta para adição de protótipos de eólica *offshore* é de 10MW;
					• Foco no desenvolvimento da fabricação de componentes e industrialização de eólica *offshore*:
					  • turbinas eólicas de gerador síncrono de acionamento direto a ímã permanente de turbina eólica de 3 a 5MW;
					  • turbina eólica de 7MW;

Planejamento estratégico	NEV	2012	12º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Tecnologia de Veículos Elétricos	MCT	• Define meta de 400.000 pontos de recarga e 2000 estações de recarga em 20 cidades de demonstração para corresponder à demanda da comercialização de veículos elétricos até 2015; • Prevê que, até 2015, o número de cidades de demonstração de veículos elétricos cresceria de 13 para 25, focando em elétricos puros; • Entre 2015 e 2020, continuar a promoção da industrialização de veículos elétricos puros, especialmente os pequenos.
Planejamento estratégico	Amplo escopo	2012	Energy Policy White Paper	CE	• Reconhece o papel continuado do carvão na matriz energética chinesa, embora foque no desenvolvimento de projetos limpos e eficientes para sustentar desenvolvimento social e econômico sustentáveis, o que inclui o desenvolvimento de ER, centralizada e distruibuida; • Define aumento de combustíveis não-fósseis na matriz de consumo de energia primária para 11,4% até o fim de 2015; • Define aumento da capacidade instalada de geração a partir de combustíveis não-fósseis para 30% até o fim de 2015.
Subsídios	Amplo escopo	2012	Catálogo de Financiamento Suplementar de Energia Elétrica de Energia Renovável	MF, CNDR, ANE	• Lista mais de 200 projetos de energia renovável alocados em 10 provícias que receberiam subsídios em 2012.
Demonstração	Amplo escopo	2012	Nota sobre Parque Industrial e Cidade de Demonstração de Novas Energias	ANE	• Cria fundo governamental para facilitar o financiamento de cidades de demonstração de energia renovável; • Para candidatarem-se aos benefícios do fundo, os projetos devem ter consumo de, no mínimo, 3% da demanda total de energia da cidade.

Benefício fiscal	NEV	2012	Anúncio de catálogo de modelos de veículos de nova energia com redução de impostos	MF, MITI, AEI[210]	• Reduz impostos de veículos poupadores de energia e que utilizem energia nova.
Planejamento Estratégico	NEV	2012	Plano para Desenvolvimento de Indústria de Automóveis de Nova Energia e Poupadores de Energia (2012-2020)	CE	• Prevê que produção acumulada e vendas de veículos elétricos puros e híbridos *plug-in* alcançarão 500.000 unidades em 2015; para 2020, prevê produção acumulada de 5 milhões de unidades e de mais de 5 milhões de unidades para vendas; • Determina que desenvolvimento de veículos a células combustível e a hidrogênio deverão acompanhar nível internacional.
Intrumento regulatório	Solar FV	2012	Nota sobre o Estabelecimento de Áreas de Demonstração para Geração Solar FV Distribuída de Larga Escala	ANE	• Obriga províncias a estabelecer áreas de demonstração para instalações FV distribuídas de larga escala para aprimorar o escalonamento da geração e utilização solar na China.
Planejamento estratégico	Geotérmica	2013	Nota sobre desenvolvimento e utilização de energia geotérmica	ANE, MF, MTR, MHDUR	• Prevê instalação de 100MW de geração geotérmica até 2015; • Estimula desenvolvimento de capacidade de fabricação de equipamentos e de sistema industrial completo.
Planejamento estratégico	Solar FV	2013	Opiniões sobre Promoção de Desenvolvimento	CE	• Com o objetivo de alcançar os 35 GW de capacidade instalada de solar FV até 2015, novos projetos de fabricação de painéis FV devem ter taxa de conversão de 20% ou acima para mc-Si e 18% ou maior para pc-Si.

[210] AEI refere-se à Adinistração Estatal de Impostos.

			de Indústrla Solar FV		
Política tarifária	Solar FV	2013	Aviso de Utilização de Alavancagem de Preços para Promover o Desenvolvimento Saudável da Indústria FV	CNDR	• Define 3 tipos de tarifas para geração solar FV de acordo com recursos solares e custos de construção de cada região (0,9, 0,95 e 1 *yuan*/kWh); • Projetos de geração FV distribuída recebem um subsídio padrão de 0,42 *yuan*/kWh; • A FIT é garantida por um período de 20 anos; • Tarifas das novas instalações FV seriam gradualmente reduzidas para promover desenvolvimento tecnológico, eficiência e competitividade do setor.
Planejamento estratégico	Eólica	2013	Nota sobre Integração e Acomodação de Energia Eólica	ANE	• Dado que a geração não aproveitada por contingenciamento chegou a 20TWh pelo país até 2012, devido à falta de conexão à rede, a nota aponta para melhoria da taxa de utilização e acomodação de eneriga eólica, para a análise das causas de contingenciamento e para a pesquisa de métodos de utilização de regiões com recursos abundantes.
Subsídios	NEV	2013	Nota sobre Desenvolvimento Contínuo da Promoção de Veículos de Nova Energia	MF, MITI	• Aumenta subsídios a veículos elétricos puros, reduz os para veículos híbridos; • Protecionismo local é destruído relativamente.
FIT	Amplo escopo	2013	Bônus de Geração de Eletricidade Renovável	ANE, CNDR	• Aumenta a o bônus da geração renovável de 0,008 *yuan*/kWh para 0,015 *yuan*/kWh.
Alívio fiscal	Solar FV	2013	Aviso sobre a Política de Imposto sobre Valor Agregado (IVA) de Energia FV	MF	• Define que, entre 10/2013 e 12/2015, 50% do IVA seria reembolsado para usuários de energia solar FV auto-utilizada.

Política Multi-setorial	Amplo escopo	2014	Plano de Ação Estratégico para o Desenvolvimento Energético (2014–20)	CE	• Define meta de 15% de fontes não-fósseis na matriz energética primária até 2020; • Estipula que a capacidade instalada de geração hídrica, eólica e solar deve alcançar 350, 200, e 100 GW até 2020, respectivamente; • Em relação à energia geotérmica, de biomassa devem corresponder a 50 milhões de tce, 40 milhões de toe até 2020, respectivamente; • Consumo de carvão anual a ser limitado a até 4,2 bilhões de toneladas até 2020, sendo responsável por, no máximo 62% do consumo de energia primária; • Preço da energia eólica em 2020 será equivalente ao da eletricidade via térmicas a carvão.
Planejamento estratégico	Amplo escopo, Clima	2014	Políticas e Ações da China sobre Mudanças Climáticas	CNDR	• Especifica os princípios norteadores da estratégia de adaptação às mudanças climáticas;
Planejamento estratégico	Amplo escopo, Clima	2014	Anúncio Conjunto EUA–China sobre Mudanças Climáticas	CNDR	• Define aumento da parcela de fontes não-fósseis na matriz de consumo de energia primária para 20% em 2030; • Pico de emissões de gases de efeito estufa em 2030 ou antes.
Planejamento estratégico	Eólica *Offshore*	2014	Plano de Desenvolvimento de Energia Eólica *Offshore*	ANE, CNDR	• Propõe meta de construção de 44 parques eólicos *offshore* com capacidade total de 10,53 GW até o final de 2016.
Política tarifária	Eólica *offshore*	2014	Anúncio sobre Política de Preços para Energia Eólica *Offshore*	CNDR	• Projetos de eólica *offshore* em operação antes de 2017 teriam tarifa de 0,85 *yuan*/kWh
Instrumento regulatório	Bioenergia	2014	Nota sobre Fortalecimento da Gestão de Estações de	CNDR	• Estimula o desenvolvimento da construção de estações de cogeração a partir de biomassa nas províncias, enfatizando a importância da eficiência energética da planta; • Proibe o uso de resíduo de biomassa de agricultura e floresta na coqueima com combustíveis fósseis.

			Cogeração de Biomassa		
Padronização	Solar FV	2014	Nota sobre o Fortalecimento do Teste e Certificação de Produtos FV	ANE, CNDR	• Detalha a regulação sobre teste e certificação de produtos FV.
Planejamento estratégico	Solar FV	2014	Nota sobre Nova Capacidade Instalada Adicionada a partir de 2014	ANE, CNDR	• Determina que a escala da capacidade instalada solar FV a partir de 2014 estará sob controle da ANE; • Define meta de adicionar 14GW de nova capacidade instalada solar FV em 2014, dos quais 8 GW são distribuídos. A meta nacional é distribuída por províncias, que não deverão superar suas metas particulares para receber subsídios a mais.
Demonstração	Amplo escopo	2014	Iniciativa para Criação de Cidades de Demonstração de Nova Energia	ANE, CNDR	• Anuncia 81 cidades e 8 parques industriais para criação de primeiro lote de novo modelo energético para cidades e parques industriais, promovendo desenvolvimento urbano sustentável combinado à urbanização e uso inteso de fontes de ER.
Demonstração	Solar FV	2014	Nota Promovendo Construção de Projetos de Demonstração de Energia Solar FV Distribuída	ANE, CNDR	• Aumenta o número de zonas de demonstração para energia solar FV distribuída para 30 zonas.
Incentivo fiscal	Solar FV	2014	Projeto de Alívio de Pobreza através da Instalação de Painéis Solares FV em Moradias Pobres	ANE, CNDR	• Com o objetivo de aumentar a renda de famílias pobres, esta medida pretendia instalar painéis FV em moradias de baixa renda por um período de 6 anos a partir de 2014.

Padronização	Eólica	2014	Nota sobre regulação de Qualidade de Geradores Eólicos e Padronização de Equipamento Eólico	ANE, CNDR	• Obriga as províncias a fortalecerem a qualidade de equipamentos e geradores eólicos pela padronização de processos de checagem de qualidade.

Fontes: (BOGAERT, 2010; CHINA, 2007; CHINESE ACADEMY OF SCIENCES et al., 2010; HOPKINS; LI, 2016; ISOAHO; GORITZ; SCHULZ, 2016; LEWIS, 2016; NDRC, 2007; SCHUMAN; LIN, 2012; SHEN, J.; LUO, 2015; JIAQUAN, 2017)

Tabela II-3 - Principais Políticas de Energias Renováveis na China (2015-2018).

Categoria	Setor(es) prioritário(s)	Ano	Política, Lei ou Medida	Órgão responsável	Descrição
Programa	Multi-setorial	2015	Visão e Ações para Construção Conjunta do Cinturão Econômico da Rota da Seda e a Rota da Seda Marítima do Século XXI	CNDR	• No âmbito de ER, o documento enfatiza que a Nova Rota da Seda deve fortalecer a cooperação na interconetividade das infra-estruturas de energias, promover a construção das linhas elétricas e do transporte transfronteiriço de energia elétrica e desenvolver ativamente a cooperação regional em matéria de atualização e transformação das redes de electricidade. Além disso, deve impulsionar a cooperação nas indústrias emergentes, estimular os países participantes a reforçar a cooperação profunda nos novos setores das indústrias emergentes, tais como, a tecnologia de informática da nova geração, biotecnologia, novas energias e novos materiais, de acordo com os princípios de complementaridade de vantagens e de benefício mútuo e ganhos compartilhados, e promover o estabelecimento de mecanismos de cooperação de investimento e empreendimento.
Demonstração	Amplo escopo	2015	Guia sobre promoção de projeto de demonstração de micro grid de nova energia	ANE, CNDR	• Orienta províncias a explorar tecnologia e gestão de operação de micro-redes, colocar requisitos para sua construção e criar planejamento preciso para garantia de boa qualidade de instalação.
Instrumento regulatório	Solar	2015	Orientação sobre a Promoção de Aplicações Avançadas de Tecnologia FV e Modernização Industrial	ANE, MITI	• Para promoção da aplicação de tecnologia FV avançada, modernização industrial e melhoria da qualidade dos produtos FV, define implementação de projetos "líderes", que devem utilizar tecnologia avançada e produtos FV.
Instrumento regulatório	Amplo escopo	2015	Orientação para Melhoria da Operação da Energia Elétrica e Facilitação do	ANE, CNDR	• Solicita que províncias planejem expansão adicional da rede elétrica e o balanço energético com um ano de antecedência.

			Desenvolvimento de Energia Limpa		
Demonstração	Amplo escopo	2015	Aviso sobre Programas Piloto para Energia Renovável Consumida Localmente	CNDR	• Lança projetos piloto apoiano consumo de ER local na província de Gansu e Mongólia Interior, regiões com alta capacidade instalada mas um alto percentual contingente.
Demonstração	CSP	2015	Nota sobre Construção de Projeto de Demonstração de Geração Elétrica Solar Térmica	ANE, CNDR	• Promove uma série de projetos de demonstração de CSP com o objetivo de, estimular a formação da cadeia da indústria de fabricação e no futuro, atingir escala industrial.
Alívio fiscal	Eólica	2015	Aviso sobre Política de Imposto de Valor Acrescentado da Energia Eólica	ANE, CNDR	• Determina que contribuintes que venderam sua energa eólica teriam direito à política de devolução de 50% do IVA.
Plaejamento estratégico	NEV	2015	Nota sobre Recompensa por Construção de Estações de Abastecimento de NEVs	MF, MCT, MITI, CNDR	• Prevê construção de mais de 12000 estações centralizadas de abastecimento, e mais de 4,8 milhões de pontos descentralizados até 2020, para a demanda de aproximadamente 5 milhões de veículos no país.
Padronização	NEV	2015	Especificações para a Indústria de Bateriais para NEVs	MITI	• Padroniza e certifica qualidade das baterias para NEVs fabricadas na China.

Demonstração e Subsídios	NEV	2015	Nota sobre a Promoção e Aplicação de Políticas de Financismento para NEVs (2016-2020)	MF, MCT, MITI, CNDR	• Prevê subsídios para consumidores, que serão gradualmente reduzidos entre 2017 e 2020; • Define princípios gerais para desenvolvimento da indústria a nível nacional.
Alívio fiscal	NEV	2015	Nota sobre Isenção de Imposto de Viagem para NEVs	MF, MITI, CNDR	• Para os NEVs que cumprirem 38 regulações tecnológicas serão elegíveis à isenção do imposto de viagem.
Planejamento estratégico	Solar FV	2015	Nota sobre o Aumento das Instalações FV em 2015	ANE, CNDR	• Define nova capacidade instalada de 17,8 GW em 2015 de solar FV para estabilizar o mercado; • Determina que a meta deve ser dividida entre províncias, que não devem exceder a escala estipulada pela ANE ou ficariam sem subsídios da FIT; • Para projetos de teto solar, não há restrições de escala; • Encoraja a priorização de projetos abaixo de 35kV (66kV para o nordeste da China), e capacidade de cada projeto não deve exceder 20 MW • A nota foi divulgada em março mas teve uma emenda em setembro, que adicionava mais 5,3 GW de capacidade instalada para 2015, devido a grande escala de instalação em algumas províncias no primeiro semestre.
Planejamento estratégico	Amplo escopo	2015	Made in China 2025	CE	• Plano de modernização da indústria chinesa, que enfatiza qualidade sobre quantidade, tornando-a mais eficiente e integrada; • Sinaliza apoio às instituições de mercado e fortalece direitos de propriedade intelectual para pequenas e médias empresas; • 10 áreas prioritárias: tecnologia da informação avançada, robótica e automação, equipamentos aeroespaciais e aeronáuticos, equipamento marítico e transporte de alta tecnologia, equipamento ferroviário de alta tecnologia, veículos de nova energia, equipamentos elétricos, equipamentos agrícolas, novos materiais, biofármacos e produtos médicos avançados; • Metas:

					• conteúdo nacional de componentes e materiais chave de 40% em 2020 e 70% em 2025; • criação de 15 centros de inovação de fabricação até 2010 e 40 até 2025; • tornar a China na maior potência produtiva até 2025; • 1000 fábricas verdes de demonstração e 100 parques industriais verdes de demonstração até 2020; • intensidade de emissões de contaminantes reduzirá em 20% em grandes indústrias até 2020;
Planejamento estratégico	Amplo escopo	2015	Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC)	CE	• Define aumento da parcela de fontes não-fósseis na matriz de consumo de energia primária para 20% em 2030. • Determina pico de emissões EE até 2030; • Coloca meta de reduzir intensidade de emissões de carbono em 60-65% até 2030, abaixo dos níveis de 2005; • Prevê aumento do volume de estoque florestal de aproximadamente 4,5 bilhões de m^3 para além dos níveis de 2005.
FIT	CSP	2016	Nota sobre Tarifa *Feed-In* para CSP	CNDR	• Adota o sistema FIT para CSP (1,15 *yuan*/kWh garantido por 20 anos) para fortalecer a instalação e a indústria de CSP.

Planejamento estratégico	Energia	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia	ANE, CNDR	• Propõe que em 2020 o consumo de energia esteja controlado em até 5 bilhões de tce, que o consumo de energia total cresça anualmente a uma taxa de mais de 2,5%, e que a relação PIB/unidade de energia utilizada caia em 15%;
					• Determina que até 2020 o consumo de energia não-fóssil deve aumentar em mais de 15% e a proporção de consumo de carvão deve cair para menos de 58%;
					• Admite como objetivos:
					  • reforma da produção e consumo de energia;
					  • otimizar o sistema energético;
					  • construir sistema energético moderno eficiente, seguro, descarbonizado e limpo.

Planejamento estratégico, política multissetorial	Amplo escopo	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia Renovável	ANE, CNDR	• Pretende liderar a inovação de TER, reduzindo a dependência de países estrangeiros e fortalecendo indústria nacional;
					• Busca resolução dos problemas de contingenciamento;
					• Cita construção de linhas de longa distância HVDC;
					• Busca promover o desenvolvimento da energia eólica *offshore* e das marés;
					• Metas:
					  • atingir 15% de consumo de renováveis em termos de energia primária até 2020; 20% até 2030;
					  • reduzir o contingenciamento para 5% em 2020;
					  • utilização de 730 milhões de tce de ER até 2020, dos quais 580 milhões seriam comercializáveis;
					  • capacidade instalada renovável chegaram a 680 GW em 2020, gerando 1,9 trilhões de kWh, representando 27% da capacidade de geração;
					  • até 2020, novos investimentos em energia hídrica deve ser de 500 bilhões de *yuan*, em energia eólica de 700 bilhões, em energia solar de 1 trilhão, e o total para ER será de 2,5 trilhões durante o 13º PQ.

Planejamento estratégico	Eólica	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia Eólica	ANE, CNDR	• Define que a capacidade instalada de 2020 será equivalente a economias anuais de 150 milhões de tce;
					• Prevê utilização de energia eólica como meio para promver transmissão, conservação de energia e redução de emissões nas regiões sul e leste, assim como promover desenvolvimento local social e econômico;
					• Prioriza a resolução do problema de contingenciamento até 2020 e a aceleração e desenvolvimento de projetos *offshore* na costa;
					• Metas para até 2020:
					  • atingir capacidade instalada concectada à rede de mais de 210 GW de energia eólica, sendo 5 GW provenientes de eólica *offshore*;
					  • geração anual de 420 bilhões de kWh, correspondendo a 6% da geração total;
					  • novas capacidades instaladas *onshore* no sul e leste equivalerão a mais de 42 GW e a capacidade instalada total será de 70 GW, nestas regiões;

					• nova energia eólica integrada à rede equivalerá a 35GW e a acumulada a 135 GW; • a escala de fabricação nacional de energia eólica *offshore* chegará a 10GW; • FIT para energia eólica será equivalente ao preço da eletricidade à carvão; • Prevê a aceleração da exploração de recursos eólicos no interior e sul da China; • Cita a oportunidade de cooperação em ER possibilidada pela iniciativa da Nova Rota da Seda (OBOR, na sigla anglo-saxã, referente a *One Belt, One Road*), integrada à acordos bi e multilaterais para promoção da internacionalização da indústria eólica; • Encoraja a indústria nacional a cumprir padrões internacionais e a cooperar com outras empresas e instituições estrangeiras por melhorias tecnológicas; • Mantém política industrial forte, melhorando a capacidade de fabricação e de inovação, e promovendo a indústria de serviços de O&M, transações de eletricidade e etc.
Planejamento estratégico	Solar FV	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia Solar	ANE, CNDR	• Foca na modernização industrial, redução de custos e expansão de aplicações (para além da FV); • Busca promover o projeto de alívio de pobreza FV, garantindo o aumento de renda de 3000 *yuan* por domicílio por ano para 2,8 milhões de pessoas de baixa renda sem capacidade laboral; • Em termos de infraestrutura, onde a perda de energia solar é alta, prioriza o controle da construção de estações solares FV centralizadas de maneira a acelerar a resolução do problema. Prevê aumento da taxa de utilização local e expansão da distribuição; • Prevê a construção de micro-redes onde a taxa de penetração de ER distruibuída é maior ou onde as condições de complementariedade são boas; • Visa, em diferentes áreas, promover a integração de geração de energia fotovoltaica a outras indústrias e explorar novas formas de uso da terra; • Metas para até 2020: • atingir capacidade instalada de 110 GW de energia solar, sendo 105 GW de solar FV e os 5 GW restantes de solar térmica (CSP), que deverá atingir área de 800 milhões de m^2;

					• consumo anual de mais de 140 milhões de tce; • redução de custo da geração solar FV em contínuo declínio, reduzindo em 50% comparado aos preços de 2015 (menos de 0,8 *yuan*/kWh); • construir 100 zonas de demonstração de aplicações FV distribuídas; • garantir que 80% de novas edificações em parques industriais e 50% dos existentes instalem tetos solares; • Encoraja o modelo de Parcerias Público-Privadas, definindo que governos locais deves cooperar com empresas para investir e construir projeto de agricultura + solar, estabelecendo fundo de investimento da indústria nacional fotovoltaica, para fornecer à indústria fotovoltaica uma plataforma de tecnologia pública e apoio financeiro para os projetos da Nova Rota da Seda (OBOR, na sigla anglo-saxã, de "One Belt One Road"), ajudando-os a reduzir custos; • Visa estabelecer um mecanismo de intercâmbio entre instituições financeiras e indústrias solares, e promover o desenvolvimento coordenado entre indústria e finanças; • Pretende fortalecer a pesquisa de mercado da indústria solar internacional em áreas-chave como a OBOR, o Corredor Econômico da China-Paquistão, o corredor econômico Bangladesh-China-Índia-Mianmar, liderar o desenvolvimento de projetos internacionais de construção, reforçar o mercado de investimento na Europa, América do Norte e partes da Ásia, focando no desenvolvimento do Sudeste da Ásia, Oeste da Ásia, América Latina, África e outros mercados emergentes, a fim de continuamente melhorar a competitividade da indústria no mercado internacional; • Encoraja a indústria nacional a cumprir padrões internacionais e a pretende estabelecer mercanismos de mercado de competição para promover qualidade; • Procura assegurar escalonamento da produção de célula FV c-Si com eficiência de conversão de mais de 23%; também prevê melhora na eficiência da célula de filme fino e conseguir escala para novas células FV; • Prevê a melhoria da eficiência de sistemas FV e manutenção inteligente; • Busca explorar toda a cadeira de valor da geração térmica por eneriga solar.

Planejamento estratégico	Amplo escopo	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento do Grande Oeste	CNDR	• Busca desenvolver a região ocidental chinesa, acentuando os conceitos de desenvolvimento de inovação, coordenação, verde, aberto e compartilhado, de acordo com suas vantagens comparativas, enfatizando o desenvolvimento de infraestrutura e proteção ambiental; • Promove nova industrialização e nova urbanização, tecnologia da informação, modernização agrícola e desenvolvimento coordenado, com o objetivo de reduzir as desigualdades regionais internas; • Determina que a exploração de ER será acelerada; • Assegura a redução da sobrecapacidade de produção de aço e carvão, bem como a melhoria da eficiência destas indústrias.

Planejamento estratégico	Bioenergia	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Bioenergia	ANE, CNDR	• Foca em melhorar os projetos de biodiesel e na qualidade do combustível;
					• Estabelece sistema de padronização de biodiesel para aplicação no transporte;
					• Metas para até 2020:
					  • utilização de biomassa de 58 milhões de tce;
					  • capacidade instalada total de 15 GW;
					  • geração anual de 90 bilhões de kWh;
					  • novos investimentos na indústria da bioenergia de 19,6 bilhões de *yuan*.

Planejamento estratégico	Amplo escopo	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Indústrias Estratégicas Emergentes	CE	• Prevê que SEIs ocupem posição mais proeminente no desenvolvimento econômico e social para construção de novo sistema de indústria moderna e encoraja consumo de produtos "verdes"; • Prioriza a aceleração do desenvolvimento de geração nuclear avançada, energia solar eficiente, energia eólica de larga escala, armazenamento eficiente, geração distribuída, ou seja, da revolução de produção e consumo de energia; • Pretende fortalecer P&D, desenvolvimento de redes inteligentes, capacidade de *peak shaving*; capacidade eólica conectada à rede, desenvolvimento de turbinas eólicas de 5 MW; • Busca promover a industrialização de biocombustíveis líquidos e NEVs; • Visa promover a aplicação de Internet das Coisas, computação em nuvem, e outras tecnologias no campo da energia; • Metas para até 2020:

					• valor das cadeias produtivas da indústria de eficiência energética atingirá 3 trilhões de *yuan*; • *output* de SEIs equivalente a mais de 10 trilhões de *yuan*.

Planejamento estratégico	Geotérmica	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia Geotérmica	ANE, CNDR	• Prevê a avaliação de recursos geotérmicos, as condições geológicas e potencial de geração de energia;
					• Busca fortalecer P&D na área;
					• Metas para até 2020:
					  • área de 1,1 bilhões de m^2;
					  • nova capacidade instalada de 500MW;
					  • uso anual de 70 milhões de tce.

Planejamento estratégico	Oceânica[211]	2016	13º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento de Energia Oceânica	ANE, CNDR	• Tem por objetivo desenvolver a energia oceânica e sua utilização até 2020 por meio de P&D, inovação tecnológica, desenvolvimento e produção de equipamentos seguros e eficientes;
					• Desenvolvimento gradual da indústria oceânica na China;
					• Metas para até 2020:
					  • capacidade instalada de mais de 50 MW;
					  • desenvolver instalações integradas com solar FV formando micro-rede para sistema de abastecimento de ilhas;
					  • desenvolver rede de ilhas conectadas e supridas por energia oceânica;
					  • marés: 1 unidade de 0,5MW com fator de capacidade de pelo menos 41%;
					  • ondas: 1 unidade de 0,1 MW com fator de capacidade maior que 25%;
					  • gradiente de temperatura: 50 kW, eficiência de ciclo de 3,3% a 20ºC, fator de capacidade da turbina de 85%;
					• Encoraja cooperação internacional com IEA, IRENA e outras plataformas oceânicas relevantes.

[211] Entende-se por energia oceânica, a energia das ondas, das marés, das correntes e do gradiente de temperatura.

Planejamento estratégico	Amplo escopo	2016	13º Plano Quinquenal para Inovação de Tecnologias de Energia	ANE, CNDR	• Apresenta as tendências do desenvolvimento de tecnologias de energia, esclarece as prioridades focando em tecnologias fósseis mais limpas e eficiência energética, bem como sistemas de energias renováveis e limpas, energia nuclear, tecnologias de energia estratégicas, armazenamento de energia e materiais; • Mostra ambição chinesa emm tornar-se líder nos avanços tecnológicos em todas as tecnologias de energia, bem como em mini-redes, super-redes e redes inteligentes, de maneira a tornar o país competitivo internacionalmente.
Planejamento estratégico	Amplo escopo	2016	Plano de Ação de Revolução da Inovação de Tecnologia da Energia	ANE, CNDR	• Plano de ação que cobre 15 anos (2016-2030), horizonte de tempo trêz vezes maior que os planos quinquenais; • Afirma que a China deve abordar sua revolução energética baseando-se em suas necessidades estratégicas, incluindo o suporte tecnológico à segurança energética, desenvolvimento socioeconômico, transformação estrutural, mudanças climáticas e qualidade ambiental; • Define que até 2020 a China deve ter melhorado sua capacidade de inovação, realizado importantes avanços em tecnologias-chave, reduzido dependência externa sobre materiais e equipamentos, alcançado aumento de competitividade na indústria de energia; • Define que até 2030, a China deve ter desenvolvido um sistema de inovação tecnológica de energia apropriada a seu contexto, com avanços maiores na capacidade de inovação. Além disso, prevê que a tecnologia de energia chinesa alcançará, em 2030, o nível máximo internacional; • Define metas de pesquisa, desenvolvimento e demonstração para diferentes tecnologias de armazenamento de energia, com claro planejamento de desenvolver cadeia produtiva, de padronizar a produção e ganhar competitividade internacionalmente.
Demonstração	CSP	2016	Programa de Demonstração de CSP	ANE, CNDR	• Prevê projetos de demonstração de CSP para que objetivos de capacidade instalada de 27,6 GW em 2030 sejam atingidos.
Instrumento regulatório	Solar, eólica	2016	Medidas para a Administração da Compra Garantida de	CNDR	• Define que companhias de rede devem comprar uma quantidade mandatória de ER, e de priorizá-las na implementação, nos contratos de negociação de energia e no despacho;

			Eletricidade Gerada por Recursos de Energia Renovável		• Encoraja usuários a realizar *peak shaving* para melhorar a flexibilidade do sistema, a integração de ER e a capacidade de consumo.
Instrumento regulatório	Eólica *offshore*	2016	Nota sobre Medidas Administrativas para o Desenvolvimento e Construção de Eólica *Offshore*	ANE, CNDR	• Regula cada aspecto do desenvolvimento de projetos eólicos *offshore*, desde o planejamento, à aprovação de projeto, ao acompanhamento de requisitos ambientais para construção e operação; • Regula o desenvolvimento de projetos eólicos *offshore* próximos a ilhas.
Subsídios	NEV	2016	Nota sobre Suporte Financeiro para NEVs	CNDR, MITI, MF, MCT	• Define ações específicas para apoio financeiro a NEVs; • Define subsídios a consumidores de NEVs, a serem reduzidos anualmente até 2020.
Planejamento estratégico	Redes inteligentes	2016	Orientação para Promoção da Internet e Desenvolvimento de Energia Inteligente	ANE, CNDR	• Busca integração da internet à indústria de energia e exploração da complementariedade entre armazenamento de energia, redes inteligentes e ER,
Instrumento regulatório	Solar FV	2016	Nota sobre Gestão de Instalação de Energia Solar FV e Introdução de Leilão Competitivo	ANE, CNDR	• Determina novo mecanismo de leilão para solar FV, no qual é dado direito de construir uma planta solar FV ao licitante que oferecer o menor preço.
Infraestrutura	NEV	2016	Nota sobre a Política de Recompensa para Infraestrutura de Abastecimento de	MF, MCT, MITI, ANE, CNDR	• Delimita as orientações e critériso para recompensa na construção de infraestrutura de abastecimento, principalmente com foco em redução de poluição local.

			NEVs durante o 13º PQ		
Subsídios	NEV	2016	Nota sobre o Ajuste da Política de Subsídios para a Promoção e Aplicação de NEVs	MF, MCT, MITI, CNDR	• Atualiza os critérios para subsidiamento de NEVs.
FIT	Eólica	2017	Emenda à FIT para eólica *onshore* e *offshore*	CNDR	• Redução das FITs estabelecidas em 2009 para as 4 zonas; • Inicia a FIT para eólica *offshore*.
Informação	Eólica	2017	Monitoramento e Aviso de Resultados de Investimentos em Energia Eólica em 2017	ANE, CNDR	• Sinaliza que províncias e regiões autônomas que se encontram na zona vermelha de alerta (Mongólia Interior, Heilongjiang, Jilin, Ningxia, Gansu, Xinjiang), não podem ser aprovadas para a construção de novos projetos eólicos. • Determina que empresas de rede não podem aceitar conexões em rede nessa zona.
Planejamento estratégico	NEVs	2017	Plano de Médio e Longo Prazo para para Automóveis	CNDR	• Tem como objetivo tornar a indústria automobilística uma forte indústria em 10 anos, pautada no desenvolvimento de NEVs e carros conectados; • Tem diretivas específicas para motores NEV, PHEV, sistemas de célula combustível, pilares de abastecimento, fabricação de bateriais e teste de equipamentos; • Enfatiza a expansão global pela exportação.
Certificados verdes	Amplo escopo	2017	Nota sobre a Certificação e Inscrição Voluntária a Certificados de Eletricidade de	CNDR, ANE, MF	• Encoraja órgãos, empresas e instituições governamentais, bem como instituições sociais a voluntariamente inscreverem-se à certificação nacional de eletricidade de ER como prova de consumo de “eletricidade verde”, neste período de teste; • A medida é o início de planejamento de redução de subsídios ao setores eólico e solar (os produtores que vendem certificados já não são mais elegíveis a subsídios estatais);

			Energias Renováveis		• Planeja iniciar a examinação de cotas de eletricidade de ER e implementação de certificados verdes mandatória a partir de 2018.
Planejamento estratégico	NEV	2017	Programa para Promoção do Desenvolvimento da Indústria de Baterias	MITI, CNDR, MCT, MF	• Encoraja o desenvolvimento e industrialização da indústria de baterias íon-lítio, o estabelecimento de centros deP&D, e suporte adicional para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva; • Encoraja o estabelecimento de centros de P&D de empresas estrangeiras na China; • Elabora lista de fabricantes de baterias chinesas, que serve de orientação para as montadoras domésticas (ainda que não mandatória, a compra de fabricantes de baterias chineses é incentivada).

Fontes: (BOGAERT, 2010; CHINA, 2007; CHINESE ACADEMY OF SCIENCES et al., 2010; HOPKINS; LI, 2016; ISOAHO; GORITZ; SCHULZ, 2016; LEWIS, 2016; NDRC, 2007; SCHUMAN; LIN, 2012; SHEN, J.; LUO, 2015).