

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA E
DESENVOLVIMENTO**

Dienifer Regina Fortes Storti

**TECNOLOGIAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS:
UMA ANÁLISE DE ALGUNS INDICADORES PARA PAÍSES
SELECIONADOS NO PERÍODO 1992-2018**

Santa Maria, RS
2020

Dienifer Regina Fortes Storti

**TECNOLOGIAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS:
UMA ANÁLISE DE ALGUNS INDICADORES PARA PAÍSES SELECIONADOS
NO PERÍODO 1992-2018**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Economia e Desenvolvimento**.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Martinelli Júnior

Santa Maria, RS
2020

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Storti, Dienifer Regina Fortes
TECNOLOGIAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA ANÁLISE DE
ALGUNS INDICADORES PARA PAÍSES SELECIONADOS NO PERÍODO
1992-2018 / Dienifer Regina Fortes Storti.- 2020.
138 p.; 30 cm

Orientador: Orlando Martinelli Junior
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Sociais e Humanas, Programa de
Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, RS, 2020

1. Economia da Inovação 2. Economia Institucional 3.
Energias renováveis 4. Patentes 5. China I. Martinelli
Junior, Orlando II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, DIENIFER REGINA FORTES STORTI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Dienifer Regina Fortes Storti

TECNOLOGIAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS:
UMA ANÁLISE DE ALGUNS INDICADORES PARA PAÍSES SELECIONADOS
NO PERÍODO 1992-2018

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Economia e Desenvolvimento**.

Aprovado em 18 de fevereiro de 2020:



Orlando Martinelli Júnior, Dr. (UFSM)
Presidente/Orientador



Júlio Eduardo Rohenkohl, Dr. (UFSM)



Antônio Carlos Diegues, Dr. (UNICAMP) – Parecer

Santa Maria, RS
2020

AGRADECIMENTOS

À minha família por todos os valores, amor e suporte que me fizeram ser a pessoa que sou hoje.

Aos meus amigos e aos colegas de mestrado pelos momentos compartilhados e por terem tornado essa jornada mais leve e tranquila.

Aos professores do PPGE&D por todos os ensinamentos transmitidos, a imensa paciência e disponibilidade para responder minhas dúvidas e todas as palavras de incentivo. Especialmente o Prof. Dr. Orlando Martinelli Júnior por ter aceitado com entusiasmo orientar este trabalho, estando sempre de prontidão para me auxiliar no que fosse preciso. Seus ensinamentos e exemplos são pilares fundamentais na minha caminhada dentro das ciências econômicas.

Aos professores da banca por terem disponibilizado tempo e energia para lerem e contribuírem com o estudo.

Ao Brasil e à toda sociedade brasileira por fornecerem as estruturas que permitiram que eu tivesse acesso à educação de qualidade. Mais do que grata, estou comprometida a utilizar todo conhecimento recebido por mim em prol do meu país.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, bem como a todos seus servidores e funcionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa.

RESUMO

TECNOLOGIAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA ANÁLISE DE ALGUNS INDICADORES PARA PAÍSES SELECIONADOS NO PERÍODO 1992-2018

AUTORA: Dienifer Regina Fortes Storti
ORIENTADOR: Orlando Martinelli Júnior

O presente estudo teve como objetivo verificar, através de indicadores de patentes em energia renovável, quais os esforços científicos e tecnológicos realizados pelos vinte países maiores consumidores de energia no mundo no período 1992-2018, bem como realizar uma breve análise organizacional e institucional dessa temática para a China, o país que mais se destacou nessa temática. Os resultados demonstraram que os Estados Unidos estiveram à frente da maioria dos setores durante todo o período, mas que a evolução mais acentuada foi realizada pelos países asiáticos Japão, Coreia do Sul e China, enquanto países europeus como Reino Unido e Alemanha perderam espaço em termos de patenteamento na área de energias renováveis. O desempenho chinês foi o que mais se destacou, e o avanço se deu tanto em termos de inovações, quanto em termos de produção e comércio. A análise institucional demonstrou o crescimento da importância dada pelo governo chinês às energias renováveis e a intenção da China de caminhar rumo a uma mudança de paradigma energético.

Palavras-chave: Energias renováveis. Patentes. China.

ABSTRACT

RENEWABLE ENERGIES TECHNOLOGIES: AN ANALYSIS OF SOME INDICATORS FOR SELECTED COUNTRIES IN THE PERIOD 1992-2018

AUTHOR: Dienifer Regina Fortes Storti
ADVISOR: Orlando Martinelli Júnior

The present study aimed to verify, through patent indicators on renewable energy, which scientific and technological efforts made by the twenty largest energy consuming countries in the world in the period 1992-2018. In addition, this study carried out a brief organizational and institutional analysis of this theme for China, the country that stood out the most in this theme. The results showed that the United States was ahead of most sectors throughout the period, although the most marked evolution was obtained by Asians countries, Japan, South Korea and China. European countries such as the United Kingdom and Germany lost space in terms of patenting in the area of renewable energies. The Chinese performance was the one that stood out the most. It was achieved both in terms of innovations and in terms of production and trade. The institutional analysis demonstrated the growing importance given by the Chinese government to renewable energies and China's intention to move towards an energy paradigm shift.

Keywords: Renewable energy. Patents. China.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Criação de uma inovação radical a partir da combinação de inovações incrementais.....	20
Figura 2 – Níveis de análise para sistemas tecnológicos.	30
Figura 3 – Dinâmica proposta por Geels.	34
Figura 4 – Regime sociotécnico.	35
Figura 5 – Fontes de energia renováveis e suas aplicações.	53
Figura 6: Investimento chinês em energias renováveis no período 2008-2018 em bilhões de dólares.	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os três pilares institucionais de Scott.	23
Quadro 2 – Subclasses de Produção de Energia Alternativa e seus respectivos códigos pela classificação <i>IPC Green Inventory</i>	54
Quadro 3 – Indicadores tecnológicos utilizados no estudo.	71
Quadro 4 – Classificação segundo o nível de oportunidade tecnológica em ordem decrecente para os dois períodos analisados.....	77
Quadro 6 – Metas estabelecidas para a China e para Taipei de acordo com o tipo de tecnologia.	100
Quadro 7 – Principais regiões chinesas segundo a disponibilidade de recursos naturais.	101
Quadro 8 – Metas estabelecidas pelo governo chinês nos planos quinquenais a respeito de energia e poluição do ar.	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de oportunidade tecnológica e grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica das subclasses.	76
Tabela 2 – Participação dos países no número de patentes de energias renováveis totais do grupo.	80
Tabela 3 – Índice de persistência, coeficiente de correlação entre a variação na participação no total de patentes do país e o VTR inicial e coeficiente entre a variação na participação no total de patentes do país e o VTR final.	85
Tabela 4 – Análise <i>shift-share</i>	88

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	CONHECIMENTO, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES	18
2.2	O SURGIMENTO, MANUTENÇÃO E MUDANÇA DE PARADIGMAS	36
3	AS POLÍTICAS GLOBAIS SOBRE O MEIO AMBIENTE E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	48
3.1	POLÍTICAS GLOBAIS SOBRE O MEIO AMBIENTE.....	48
3.2	ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CENÁRIO INTERNACIONAL	52
3.2.1	Biocombustíveis	56
3.2.2	Ciclo combinado de gaseificação integrada (igcc)	57
3.2.3	Células de combustível.....	58
3.2.4	Pirólise ou gaseificação de biomassa	58
3.2.5	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas 59	
3.2.6	Energia hidráulica	60
3.2.7	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC).....	61
3.2.8	Energia eólica.....	61
3.2.9	Energia solar	62
3.2.10	Energia geotérmica	63
3.2.11	Outros tipos de produção ou utilização de calor	64
3.2.12	Utilização de calor residual.....	65
3.2.13	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular 65	
4	METODOLOGIA.....	66
4.1	VARIÁVEIS, BASE DE DADOS E PERÍODO DE TEMPO	67
4.2	INDICADORES TECNOLÓGICOS E ANÁLISE <i>SHIFT-SHARE</i>	69
4.3	ANÁLISE INSTITUCIONAL.....	74
5	RESULTADOS	75
5.1	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS INDICADORES PARA OS VINTE PAÍSES QUE MAIS CONSOMEM ENERGIA NO MUNDO.....	75
5.2	O AMBIENTE INSTITUCIONAL DA CHINA	94
5.2.1	A lei de energia renovável de 2005.....	98
5.2.2	Os planos quinquenais chineses	108
6	CONCLUSÕES	116

REFERÊNCIAS	123
APÊNDICE A – VANTAGEM TECNOLÓGICA REVELADA NO 1º PERÍODO.	130
APÊNDICE B – VANTAGEM TECNOLÓGICA REVELADA NO 2º PERÍODO	131
APÊNDICE C – TAXA DE VARIAÇÃO DA VANTAGEM TECNOLÓGICA REVELADA	132
APÊNDICE D - ÍNDICE DE SEMELHANÇA NO 1º PERÍODO	133
APÊNDICE E – ÍNDICE DE SEMELHANÇA NO 2º PERÍODO	134
APÊNDICE F - PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE PATENTES DO PAÍS NO 1º PERÍODO	135
APÊNDICE G – PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE PATENTES DO PAÍS NO 2º PERÍODO	136
APÊNDICE H - PARTICIPAÇÃO DO PAÍS NO TOTAL DE PATENTES DA SUBCLASSE NO 1º PERÍODO.....	137
APÊNDICE I – PARTICIPAÇÃO DO PAÍS NO TOTAL DE PATENTES DA SUBCLASSE NO 2º PERÍODO.....	138

1 INTRODUÇÃO

A utilização de fontes energéticas renováveis não é novidade, sendo inclusive anterior à utilização de fontes energéticas fósseis. É possível encontrar indícios de que os primeiros usos de moinhos de vento (energia eólica) e moinhos de água (energia hidráulica) ocorreram há mais de mil anos, enquanto que os registros de uso de combustíveis fósseis são muito mais recentes, a partir da substituição da madeira pelo carvão mineral. Entretanto, alguns fatores levaram a intensificação do uso de fontes energéticas fósseis, em detrimento das fontes renováveis. Dentre eles, cabe destacar o papel fundamental de duas inovações na intensificação do uso de combustíveis fósseis: o motor a vapor (movido a carvão mineral) e o motor de combustão (movido a derivados de petróleo).

Ainda que tenha havido pesquisas e desenvolvimento de tecnologias que se direcionavam para trajetórias tecnológicas alternativas, através da utilização de fontes energéticas renováveis, os combustíveis fósseis foram os escolhidos. E o que fica das divergentes opiniões sobre os motivos que levaram à opção por fontes energéticas não renováveis é o fato, ressaltado por Goldemberg e Lucon (2007), de que, na época em que a trajetória tecnológica foi determinada, tais fontes eram abundantes, baratas e geravam combustíveis de fáceis armazenagem e transporte. Entretanto, os mesmos elementos que constituíram incentivos à utilização dos combustíveis fósseis se transformaram rapidamente em desvantagens. As disponibilidades e preços do carvão mineral, gás natural e, principalmente, do petróleo, configuram motivos para, se não preocupação, pelo menos cautela, por parte dos tomadores de decisão.

Embora o carvão mineral tenha um horizonte relativamente largo de tempo, o mesmo não ocorre com o petróleo e o gás natural. Com base em dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), estima-se que, mantidos constantes os padrões de extração e consumo, as reservas de petróleo atualmente conhecidas têm um tempo de duração previsto de cerca de 47 anos, enquanto o tempo de duração previsto para as reservas de gás natural é de 52 anos¹. Mesmo que novas tecnologias de extração e processamento possam adiar o fim das reservas, elas não apresentam soluções para outro ponto que precisa ser considerado em um cenário de

¹ As estimativas foram feitas a partir dos dados de reservas mundiais provadas e consumo mundial, referentes ao ano de 2017, extraídos do Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de 2018.

escassez de combustíveis fósseis: a localização das reservas. Segundo ANP (2018), cerca de 40,89% das reservas de gás natural e 47,51% das reservas de petróleo mundiais estão localizadas em países do Oriente Médio, região com um vasto histórico de conflitos políticos.

Além disso, os processos de extração e consumo de combustíveis fósseis ocasionam a emissão de poluentes que geram uma série de impactos prejudiciais tanto ao meio ambiente, quanto à saúde pública, que podem atingir escalas local, regional e global. Segundo Patrick et al. (2015), em relação ao meio-ambiente, os principais efeitos causados pela poluição do ar são alterações climáticas globais, incidência de chuvas ácidas e danos às culturas, florestas e vida selvagem, ao se tratar de saúde pública, os principais efeitos são o agravamento dos problemas respiratórios e cardiovasculares. A *World Health Organization* (WHO) publicou um relatório intitulado “*How air pollution is destroying our health*” em 2018, no qual enfatiza a estreita relação entre a poluição do ar e as mudanças climáticas, e indica a combustão de combustíveis fósseis como principal responsável pelo fenômeno. Além disso, o relatório informa que nove a cada dez pessoas do mundo respiram ar poluído e que os danos causados pela inalação desse ar já são comparáveis aos provocados pelo consumo de tabaco.

Os problemas decorrentes do caráter escasso e poluidor dos combustíveis fósseis se tornam ainda mais preocupantes quando são considerados dois elementos: sua alta participação nas matrizes energéticas da maior parte dos países e o acelerado crescimento do consumo de energia no mundo. Segundo o *Tracking CDG7: The energy progress report*² de 2018, apenas 17,46% do consumo de energia mundial foi proveniente de fontes energéticas renováveis no ano de 2015. E de acordo com dados da International Energy Agency (IEA), o consumo mundial de energia mais do que dobrou no intervalo de tempo de 1971 a 2015.

A sociedade cresceu demograficamente, e junto com ela, cresceu o consumo de energia. Mas mais do que isso, houve uma alteração significativa no padrão de consumo energético, elevando-o de forma sem precedentes. Essa mudança se deu em decorrência das alterações no rol de necessidades humanas através dos tempos.

² O *Tracking CDG7: The energy progress report* é um relatório realizado em parceria pela *International Energy Agency* (IEA), *International Renewable Energy Agency* (IRENA), *United Nations Statistics Division* (UNSD), *World Bank Group* (WBG) e *World Health Organization* (WHO) e tem por finalidade fornecer informações dos progressos obtidos ao redor do mundo referentes ao objetivo número 7 do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas: energia acessível e limpa.

Para se ter uma ideia, o estudo de Goldemberg e Lucon (2007)³ demonstra que um humano primitivo utilizava cerca de 2 mil calorias diárias, ou seja, o bastante para suprir suas necessidades alimentares a fim de manter sua estrutura física, enquanto que um humano tecnológico do século XX já utilizava, em média, 230 mil calorias diárias para o provimento de suas necessidades de alimentação, moradia, comércio, indústria, agricultura e transportes.

Com base nas informações apresentadas anteriormente, entende-se que a principal razão pela qual as energias renováveis têm figurado nos debates internacionais das últimas décadas é a percepção de que as trajetórias tecnológicas adotadas anteriormente levaram ao estabelecimento de um paradigma que é ambiental e economicamente insustentável. Tal percepção propiciou o surgimento de estudos, políticas e esforços inovativos em busca de trajetórias tecnológicas que propiciem a criação e consolidação de um sistema energético mais sustentável.

A transição energética é um processo difícil em detrimento da quantidade de tecnologias, instalações, instituições e estruturas sociais ligadas à exploração de fontes energéticas não renováveis. Em outras palavras, a transição é dificultada pelo fato de que o estabelecimento de um novo paradigma energético exige mudanças radicais em toda a estrutura (UNRUH, 2000). Nesse aspecto, Unruh (2002) defende que é necessário que ocorra um processo de coevolução tecnológica, organizacional, social e institucional para que a mudança de paradigma seja realizada. Skea, Ekins e Winskel (2011) atentam para o papel fundamental que as inovações exercem no processo de transição energética, propiciando o surgimento de trajetórias tecnológicas que permitam a redução de custos, o aumento da diversidade da oferta e uma menor dependência de reduções na demanda.

O fato é que diante dos problemas ambientais e da escassez dos combustíveis fósseis, uma transição energética é inevitável e inadiável, e as inovações aparecem como meios necessários para que o processo ocorra. Nesse aspecto, entender os caminhos trilhados pelos países mais representativos no consumo de energia no mundo, em termos de inovações, organizações e instituições ligadas ao campo das energias renováveis, mostra-se fundamental para fornecer indícios do rumo e das configurações do próprio processo de mudança do paradigma energético. Sendo

³ Goldemberg e Lucon (2007) definem como “homem primitivo” um humano do leste da África, há aproximadamente um milhão de anos, que ainda não utilizava o fogo; e como “homem tecnológico”, um humano dos Estados Unidos no ano de 1970.

assim, o objetivo do presente estudo é verificar – por meio de alguns indicadores selecionados de patentes – e pela realização de uma análise *shift-share* – os esforços científicos e tecnológicos realizados pelos vinte países que mais consomem energia no mundo. Adicionalmente, irá se realizar uma análise panorâmica do ambiente organizacional e institucional na China, uma vez que este país tem se destacado nos aspectos econômicos e de tecnologias ambientais no período mais recente.

Segundo Bueno et al. (2018), a área de energias alternativas é de grande interesse para a Economia da Inovação devido principalmente a duas características. A primeira está relacionada a grande capacidade que a área em questão apresenta de gerar inovações combinando diferentes campos científicos e tecnológicos. E a segunda se refere à possibilidade que as inovações ambientais energéticas oferecem para a redução dos impactos ambientais. Os autores ainda chamam atenção para uma tendência existente de um aumento da criação e utilização de tecnologias relacionadas às energias alternativas, utilizando o termo Paradigma Bioenergético.

A escolha inicial dos países segue o padrão do *Tracking CDG7: The energy progress report* que prioriza a análise dos países que mais consomem energia no mundo, que no ano de 2015 eram: China, Estados Unidos, Índia, Rússia, Japão, Brasil, Alemanha, Canadá, Irã, Indonésia, França, Coreia do Sul, Nigéria, Reino Unido, México, Arábia Saudita, Itália, Turquia, Austrália e Espanha, nessa ordem. A escolha se justifica tanto pelo elevado impacto gerado pelo consumo dessas nações no mundo, quanto pelos crescentes investimentos que algumas delas têm realizado em energias renováveis nos últimos tempos. O *Global Trends in Renewable Energy Investment* divulgou uma lista dos países que mais investiram em energias renováveis no ano de 2017, sendo que os nove primeiros nomes da lista são de grandes consumidores de energia (China, Estados Unidos, Japão, Índia, Alemanha, Austrália, Reino Unido, Brasil e México, nessa ordem). Além disso, França, Espanha e Itália também são países que figuram frequentemente no rol de grandes investidores na área. Avaliar as trajetórias inovativas desses países fornece importantes indícios dos rumos que o campo das energias renováveis vem trilhando para o estabelecimento de um possível novo paradigma.

Se por um lado, Skea, Ekins e Winskel (2011) e Bueno et al. (2018) defendem que a análise das energias renováveis seja realizada sob uma perspectiva inovacional, Unruh (2002) atenta para a importância de aliar aspectos institucionais a essa ótica. Sendo assim, para compreender amplamente as trajetórias percorridas

pelos países no campo das energias renováveis é preciso utilizar conceitos tanto da economia da inovação, quanto da economia institucional, e adotar uma metodologia que se adeque a ambas.

Uma metodologia que contemple fatores inovativos e institucionais e que possua elementos quantitativos e qualitativos permite, não apenas mensurar e indicar as trajetórias inovativas que vem sendo percorridas pelos países, em termos de energias renováveis, mas também compreender como elas têm se dado. Em razão disso, a mensuração e indicação das trajetórias inovativas percorridas se darão por meio do cálculo e análise de indicadores tecnológicos, bem como através da realização de uma análise *shift-share*. Enquanto que a análise da evolução das organizações e instituições da China permitirá melhor compreender como tem se dado a trajetória do país que tem se revelou como destaque em termos de inovações em energias renováveis.

Dito isso, o presente trabalho está estruturado em um total de cinco capítulos, além desta introdução. O segundo capítulo fornece todo o arcabouço teórico em termos de inovações, instituições e paradigmas que embasam o estudo. O terceiro capítulo apresenta as definições e perspectivas atuais no que tange a área de energias renováveis no cenário internacional. O quarto capítulo apresenta a metodologia utilizada para o cálculo dos indicadores, análise *shift-share* e análise institucional. No quinto capítulo são apresentados e analisados os resultados da parte quantitativa e realizada uma explanação qualitativa do ambiente institucional da China. Por fim, o sexto capítulo traz as conclusões do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo fornecer as bases teóricas nas quais se sustenta o presente trabalho e está dividido em duas seções. A primeira seção define e relaciona os conceitos de conhecimento, tecnologia, inovações e instituições à luz da economia evolucionária. Enquanto, a segunda seção fornece um debate teórico sobre os processos de surgimento, manutenção e mudança de paradigmas e apresenta uma breve revisão bibliográfica.

2.1 CONHECIMENTO, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

Foray (2007) afirma que o conhecimento vai além da informação, tendo em vista que apresenta a capacidade de empoderar seus detentores com capacidades intelectuais e/ou físicas. O autor argumenta que enquanto a reprodução de informação pode ser feita por uma máquina copiadora, a reprodução de conhecimento exige recursos cognitivos. Similarmente ao formulado por Foray (2007), Zawislak (1995) defende que o conhecimento é característico da espécie humana e pode ser definido através de seu processo de construção e disseminação. Para explicar a ideia, o autor utiliza o exemplo dos animais que embora detenham habilidade para construir estruturas complexas, não concebem previamente a ideia do que construirão e, tampouco, são capazes de articular as etapas do processo em algum tipo de linguagem.

O conhecimento pode ser dividido em diferentes tipos. Dosi e Nelson (2010) afirmam que a classificação pode ocorrer tanto com base nas características do conhecimento (se ele é mais ou menos tácito, por exemplo), quanto de acordo com sua fonte (se vem de universidades ou laboratórios internos às firmas, etc.) Foray (2007) concentra seu estudo nas características do conhecimento e então o classifica em duas categorias: conhecimento codificado e conhecimento tácito. O conhecimento tácito é caracterizado pela impossibilidade de ser plenamente expresso fora da ação de quem o possui. Assim, o agente possui o conhecimento, mas é incapaz de expressá-lo por meio de códigos. Para esclarecer, o autor utiliza o exemplo de um jogador de rúgbi que se vê incapaz de passar a totalidade do conhecimento de uma determinada jogada por meio de códigos, mas que garante que se a pessoa fizer essa mesma jogada pelo menos uma vez, seu corpo e mente aprenderão, sendo capazes de repetir a ação.

O exemplo de Foray (2007) pode ser sintetizado na frase de Dosi e Nelson (2010, p.7) *"We know more than we can tell"*. De acordo com os autores, o conhecimento tácito é reconhecido a partir da incapacidade, tanto do agente proprietário do conhecimento, quanto do observador, por mais sofisticadas que sejam suas capacidades cognitivas, de articular explicitamente a sequência pela qual as etapas são realizadas, os comportamentos são formados, os problemas resolvidos, etc. Zawislak (1995) define tal tipo de conhecimento, adquirido e acumulado através das experiências e que não é documentado, sob o título de conhecimento empírico.

Já dentro do que que Foray (2007) denomina conhecimento codificado, Zawislak (1995) destaca o conhecimento científico, definindo-o como todo o conhecimento formalmente documentado e logicamente estruturado.

Posto isso, a principal diferença entre técnica e tecnologia é a imprescindibilidade de conhecimento científico. A técnica compreende o conjunto de processos e ferramentas que são utilizados. Trata-se basicamente de como as ações são realizadas. Cabendo à ciência investigar e explicar as razões pelas quais as ações são realizadas de determinada forma. Nesse aspecto, a tecnologia pode ser entendida como a ciência da técnica. Determinada ferramenta ou processo pode ser entendido como tecnologia sempre que tiver um respaldo científico. Em síntese, as técnicas estão intimamente ligadas ao conhecimento empírico, relacionado à habilidade de fazer determinada ação, enquanto as tecnologias são imprescindivelmente apoiadas no conhecimento científico, embora possam surgir do conhecimento empírico (ZAWISLAK, 1995).

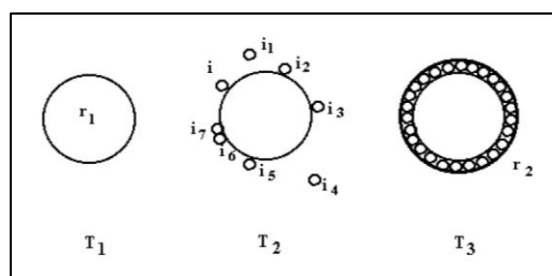
Dosi e Nelson (2010) propõe que a tecnologia pode ser enxergada basicamente de três formas: como receita, como rotina e como artefato. A tecnologia pode ser enxergada como receita sempre que for entendida como programas codificados, sendo assim definidas com base no conhecimento codificado, na sequência descrita de atividades, o que como visto anteriormente, exclui o conhecimento tácito. A tecnologia como rotina se manifesta através da maneira pela qual as organizações realizam suas atividades e consistem em memórias de resolução de problemas, podendo ser caracterizadas, utilizando os conceitos vistos anteriormente, como instituições internas à firma. Por fim, a tecnologia pode ser entendida como artefato, quando estiver representada por um novo design, ou novo produto, por exemplo.

A inovação representa uma combinação de conhecimentos para gerar um conhecimento novo capaz de fornecer respostas aos problemas ou obstáculos enfrentados pela sociedade, e pode ser tanto técnica, quanto tecnológica. Mas para que essa nova combinação de conhecimentos possa ser considerada uma inovação é preciso que apresente, além de valor de uso, valor de troca. Caso contrário, conforme Schumpeter (1985), ela não pode ser caracterizada como inovação, mas sim, invenção. Nas palavras de Zawislak (1995, p. 13) “A invenção é a solução tecnicamente viável de um problema, enquanto a inovação é a solução técnica economicamente viável do problema”.

Sendo assim, a inovação tem um caráter essencialmente prático e econômico. Enquanto a invenção consiste na formulação da ideia de um novo produto ou processo, a inovação advém do esforço para pô-la em prática. Em alguns casos, invenção e inovação estão ligadas de forma que se torna difícil distingui-las, em outros casos, porém, elas estão separadas por décadas. O distanciamento entre invenção e inovação são oriundos dos diferentes requisitos necessários a cada um dos processos. Para que uma invenção chegue ao patamar de inovação é necessária a combinação de uma série de conhecimentos, habilidades e recursos, além de uma gama de condições de comercialização. Alguns dos entraves comuns são o elevado custo de produção, a insuficiência de demanda, a inexistência de insumos e/ou tecnologias complementares necessárias à produção e a ausência de regulamentações mercadológicas (FAGERBERG, 2004).

As inovações são o meio pelo qual o progresso técnico/tecnológico ocorre e podem ser classificadas em duas categorias de acordo com o seu impacto nas tecnologias existentes: inovações incrementais e inovações radicais. As inovações incrementais geram impactos menores, consistindo em adaptações e melhoramentos de tecnologias já existentes, representa uma evolução tecnológica gradual. As inovações radicais, por outro lado, geram grandes impactos, consistindo em uma mudança completa da tecnologia já existente, representa um salto tecnológico e configura os fenômenos de revolução tecnológica (FAGERBERG, 2004; ZAWISLAK, 1995). Embora represente um salto tecnológico, uma inovação radical não é necessariamente oriunda de um único processo inovativo, podendo ser constituída pela combinação de diversas inovações incrementais, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Criação de uma inovação radical a partir da combinação de inovações incrementais.



As inovações radicais são responsáveis pelo fenômeno definido por Schumpeter (1985) como “destruição criadora”. A destruição criadora é o processo pelo qual antigas combinações produtivas de matérias e forças são extintas e substituídas por novas combinações produtivas. Segundo o autor, as inovações se manifestam de cinco diferentes formas: novos produtos, novos processos, novas fontes de insumo, exploração de novos mercados e novas formas de organizações.

O processo de destruição criadora, que ocorre através de inovações radicais, entendidas no sentido de Schumpeter (1985), tem a capacidade de romper com o fluxo circular econômico causando significativas mudanças no sistema econômico, político e social. E isso só é possível se considerarmos dois importantes aspectos: as inovações têm natureza social e o processo inovativo é essencialmente sistêmico.

Rosenberg (2006) afirma que a necessidade de considerar o processo inovativo dentro do contexto histórico e geográfico no qual ele está inserido não é uma questão recente dentro da economia. Segundo o autor, Marx já atentava para a impossibilidade de compreender os processos de mudança tecnológica através da análise de inovações tomadas isoladamente, argumentando que as mudanças tecnológicas compreendem processos contínuos de acumulação de conhecimento e, mesmo que as inovações sejam atribuídas a indivíduos ou firmas específicas, elas só puderam surgir em decorrência do amplo contexto no qual estavam inseridas.

A relevância do caráter cumulativo e contextual da geração e difusão inovativa também foi documentada na origem da economia institucional. Pessali e Fernandez (2006), ao resgatar os trabalhos de Veblen, afirmam que o pensador americano entendia a tecnologia como uma aplicação sistemática do conhecimento acumulado organizado, incapaz de evoluir separadamente dos costumes, hábitos, tradições, valores e pensamentos comuns de uma sociedade, definidos pelo autor como instituições. Nesse aspecto, os autores admitem que as instituições podem atuar tanto dificultando o progresso tecnológico, como no caso da existência de instituições inadequadas e extremamente rígidas, quanto podem também facilitar o processo.

Nessa perspectiva deve se ressaltar o aspecto importante no processo inovativo que diz respeito ao papel das instituições não apenas como modeladoras de comportamento, tais como regras, crenças e leis (que podem ser internas ou externas), mas também como a instância que possibilita a organização e coordenação

de interações entre os agentes, que mesmo no caso da existência mais fraca de incerteza (informações imperfeitas), não detêm conhecimento pleno da realidade e dos resultados de suas ações, operando em um ambiente onde tais interações geram resultados não intencionais (DOSI e ORSENIGO, 1988).

Entretanto, não existe um conceito único para instituições. Há sim diversas definições que, embora apresentem elementos semelhantes, não são a mesma coisa. As ideias mais utilizadas são: as originadas em Veblen, que entende instituições por padrões esperados de comportamento em situações específicas; aquelas formuladas por Oliver Williamson, que abarcam organizações e estruturas de governança; e as que utilizam como base as “regras do jogo” de Douglass North (NELSON, 2006).

O caminho aqui adotado segue a linha de Geels (2004) e Edquist (2006), iniciando por traçar uma diferenciação conceitual entre organizações e instituições. Segundo Edquist (2006), as organizações consistem em estruturas formais conscientemente criadas e que apresentam propósitos explícitos, e podem ser entendidas como atores. Enquanto as instituições consistem em regras que podem se apresentar na forma de leis, hábitos comuns, rotinas, etc. Geels (2004) parte de um entendimento sociológico geral de instituições como sendo regras, e utiliza os pilares de Scott (1995) com forma de classifica-las.

A ideia contida em Scott (1995) e, por conseguinte em Geels (2004), aproxima-se teórica e conceitualmente às ideias formuladas por Veblen (2005), na medida em que compreendem as instituições como hábitos de pensamento compartilhados. Segundo Veblen (2005), as instituições representam hábitos predominantes de pensamento que surgem através de processos de seleção. Nas palavras do autor:

A situação de hoje molda as instituições de amanhã através de um processo seletivo e coercitivo, agindo segundo a visão habitual que se tem das coisas, e alterando ou fortalecendo um ponto de vista ou uma atitude mental transmitida do passado (VEBLEN, 2005, p.126, tradução nossa).

Nesse sentido, o autor argumenta que a sociedade como um todo se desenvolve através de mudanças nos hábitos de pensamento das diferentes classes dessa sociedade. Veblen (2005) considera que as instituições apresentam um fator conservador, uma espécie de inércia cognitiva e social, de forma que uma mudança nesses hábitos de pensamento será provocada quando tais hábitos forem confrontados com situações que não os admitem mais. Nesse aspecto, o desenvolvimento de uma sociedade por meio de mudanças institucionais estará ligada

ao grau de liberdade que seus indivíduos apresentam do que seriam “forças restritivas do ambiente”. Em outras palavras, quanto mais protegido um grupo de indivíduos está dessas forças restritivas ambientais, mais lenta será a modificação de seus hábitos de pensamento. De acordo com Veblen (2005), em uma sociedade industrial moderna as forças econômicas constituem as principais forças restritivas ambientais.

Para Scott (1995, p. 33, tradução nossa) “instituições consistem em estruturas e atividades cognitivas, normativas e reguladoras que proporcionam estabilidade e significado ao comportamento social”. Em seu trabalho, o autor divide analiticamente esses aspectos em três pilares: pilar cognitivo, pilar normativo e pilar regulativo. O Quadro 1 apresenta uma síntese a respeito do assunto.

Segundo Scott (1995), o pilar regulativo é mais amplamente abordado em estudos econômicos sobre instituições e está relacionado ao estabelecimento de regras explícitas que regulam os comportamentos e interações dos agentes. O processo regulativo abrange a criação de regras, supervisão de seu cumprimento e aplicação de sanções, que tem por finalidade influenciar o comportamento futuro. O processo pode se dar tanto através do uso de mecanismos formais e através de atores específicos, como polícias e tribunais, quanto por meios informais e difusos, como mecanismos ligados à pressão social.

Quadro 1 – Os três pilares institucionais de Scott.

(continua)

	Regulativo	Normativo	Cognitivo
Exemplos	Regras, leis, sanções, estruturas de incentivo, sistemas de poder, protocolos.	Valores, normas, expectativas, sistemas de autoridade, códigos de conduta.	Paradigmas, modelos de realidade, modelos mentais, categorias, classificações, pesquisa heurística.
Base de observância	Conveniência	Obrigação social	<i>Taken for granted</i>

Quadro 1 – Os três pilares institucionais de Scott.

	(continuação)		
Mecanismos	Coercitivo (força, punições)	Normativo (pressão social)	Mimético (aprendizagem, imitação)
Lógica	Instrumentalidade (regras do jogo)	Adequação (tornar-se parte do grupo)	Ortodoxia (ideias compartilhadas, conceitos)
Base de legitimação	Sancionado legalmente	Dirigido moralmente	Culturalmente apoiado, conceitualmente correto

Fonte: Adaptado de Gells (2004).

Embora os elementos de coerção e força sejam mais intimamente ligados ao pilar regulativo, é comum que atores (por exemplo, o governo) realizem esforços para desenvolver crenças que legitimem tais regras. Entretanto, como a base de observância se dá pela conveniência e a base de legitimação, pela sanção legal, os atores podem reconhecer as regras sem, necessariamente, concordar com elas. A atenção dos economistas destinada ao pilar regulatório destacou a importância de estudos sobre ações do Estado como o criador de regras, árbitro e executor (SCOTT, 1995).

Scott (1995) afirma que o pilar normativo é o mais utilizado em estudos sociológicos e está ligado às normas e aos valores. Os valores fornecem concepções do que se é, ou não, desejável, enquanto as normas definem como as coisas devem ser feitas. Dessa forma, o processo normativo abrange tanto objetivos estabelecidos, quanto os meios legítimos de alcançá-los⁴. Os valores e normas podem se aplicar tanto à sociedade em geral, quanto a grupos específicos.

⁴ Scott (1995) apresenta como exemplo de objetivo “lucrar” e como exemplo de meio apropriado para alcançar tal objetivo “através de práticas comerciais justas”.

Valores e normas aplicados a grupos específicos se manifestam por meio do estabelecimento de papéis e da criação de expectativas. Em casos assim, o comportamento do agente é avaliado de acordo com o papel que ele representa e com o que é esperado dele pelos outros agentes. Sob essa perspectiva, entende-se que os valores e normas são internalizados pelos agentes em diferentes graus, e que isso afeta a forma como eles se comportam. De tal forma que, por exemplo, o processo de escolha de um agente não pode ser compreendido de forma isolada do contexto social no qual ele está inserido. O sistema de valores e normas atuam de forma a estabilizar padrões de comportamento (SCOTT, 1995).

O pilar cognitivo, segundo Scott (1995), é mais utilizado em estudos de antropologia e psicologia social, e compreende o processo pelo qual os agentes assimilam a realidade e significam as coisas através da criação de representações simbólicas. Os significados têm a função de dar sentido ao fluxo de acontecimentos, e são originados, mantidos e transformados a partir da interação do agente com o mundo externo e com os demais agentes. O pilar cognitivo é o responsável pela criação de identidades, categorias e tipificações. Nas palavras do autor:

Enquanto a ênfase dos teóricos normativos está no poder do papel das expectativas normativas orientadoras, a estrutura cognitiva enfatiza a importância das identidades sociais: nossas concepções de quem somos e que modos de ação fazem sentido para nós em uma dada situação. E, em vez de se concentrar na força restritiva das normas, os teóricos cognitivos apontam para a importância dos scripts: diretrizes para definir o que faz sentido e para a escolha de ações significativas (SCOTT, 1995, p.44, tradução nossa).

Sob essa perspectiva, os próprios agentes (individuais e coletivos) são vistos como criações sociais, de forma que mais do que entender por que determinados hospitais e escolas são melhores que outras, é preciso entender por que algumas organizações são denominadas escolas e outras, hospitais. O pilar cognitivo pode ser observado, por exemplo, em processos de imitação, considerando a importância do *status*. Os agentes tendem a imitar aqueles agentes que consideram superiores e/ou melhor sucedidos (SCOTT, 1995).

A compreensão do processo inovativo através de uma abordagem interdisciplinar que reconheça a importância do papel das instituições e do contexto no qual as inovações estão inseridas vem sendo trabalhadas através de duas perspectivas principais: a abordagem dos sistemas inovativos e a abordagem das estruturas multiníveis. Enquanto a primeira tratou de explicar os processos de

geração, difusão e utilização de tecnologia por meio de sistemas caracterizados pela existência de componentes que se relacionam uns com os outros, a segunda focou nos fenômenos de transição tecnológica utilizando conceitos como nichos, regimes e cenários (MARKARD e TRUFFER, 2008).

Os principais componentes de um sistema de inovação (SI) são as organizações e as instituições, que interagem por meio de processos complexos e não lineares (EDQUIST, 2006). Segundo Carlsson et al. (2002), a função de um SI é gerar, difundir e utilizar tecnologias, e as capacidades que os componentes do sistema detêm para cumprir tal função consistem nas principais características de um SI e representam as competências econômicas dele.

As competências econômicas estão relacionadas às habilidades para identificar e explorar oportunidades e podem ser divididas em quatro tipos de capacidades: capacidade seletiva (capacidade de realizar escolhas inovativas quanto a mercados, produtos, tecnologias e estruturas organizacionais); habilidade organizacional (habilidade de organizar e coordenar recursos e atividades econômicas); habilidade funcional (habilidade de implementar e utilizar tecnologias de modo eficiente); e habilidade de aprendizagem (habilidade de aprender com sucessos e fracassos e se adaptar às mudanças) (CARLSSON et al., 2002).

As dimensões de um sistema de inovação podem estar ou não atreladas a limites geográficos, no caso de estarem, as abordagens mais comuns são: sistemas nacionais de inovação, sistemas regionais de inovação e sistemas locais de inovação. Quando não estão, são normalmente trabalhadas através das noções de sistemas setoriais de inovação e sistemas tecnológicos.

A abordagem dos sistemas de inovação foi utilizada inicialmente para tratar da dimensão nacional. Segundo Watkins (2015), o conceito de sistema nacional de inovação (SNI) foi proposto primeiramente por Christopher Freeman, inspirado nas ideias de Friedrich List. A ideia de SNI considerava que as inovações não deveriam ser entendidas como um trabalho individual das firmas, mas como um esforço coletivo que necessita de uma gama de conhecimentos, recursos e habilidades. Além disso, reconhecia a importância das ações governamentais nos processos inovativos e defendia que os diferentes países possuíam diferentes capacidades institucionais para geração e difusão de inovações.

Niosi et al. (1993) define sistema nacional de inovação como um sistema de interação entre firmas, universidade e agências governamentais com o objetivo de

produzir ciência e tecnologia dentro dos limites nacionais. E essas interações podem assumir diferentes caracteres como interações técnicas, comerciais, financeiras, dentre outros. Para os autores, o elemento mais importante de um SNI é o Estado, pois cabe a ele o financiamento de parte significativa dos gastos em P&D, além da formulação de políticas e leis ligadas a aspectos como direitos de propriedade e por políticas visando a formação de pesquisadores e trabalhadores através de investimentos em educação superior e atividades de informação.

Niosi et al. (1993) defendem a utilização da abordagem dos SNIs em decorrência de quatro pontos fundamentais. O primeiro está relacionado à existência de similaridades nas preferências e renda dos consumidores, bem como na base de recursos produtivos no âmbito nacional. O segundo está relacionado à maior existência de interações informais entre fornecedores e usuários de um mesmo país do que de países diferentes. O terceiro está ligado às interdependências baseadas em tecnologias, o surgimento de uma determinada tecnologia em um dado país, por exemplo, tecnologias ligadas à microeletrônica, faz com que haja uma tendência para que outras inovações ligadas a microeletrônica surjam nesse país. O quarto ponto refere-se ao fato de que as políticas relacionadas à ciência e tecnologia são ligadas basicamente ao âmbito nacional.

O conceito de SNI é frequentemente utilizado em estudos que tratam de fenômenos de catching-up tecnológico e de crescimento econômico via inovações. Através da compreensão dos SNIs busca-se entender os fatores que levam determinados países a aproveitarem oportunidades tecnológicas e realizarem o catching-up, enquanto outros não conseguem (WATKINS, 2015). Disparidades inovativas regionais dentro de um mesmo país e externalidades positivas advindas de fenômenos de aglomeração deram origem aos trabalhos que consideram as dimensões regionais e locais para análise, ou seja, os sistemas regionais e locais de inovação.

A utilização de abordagens que levem em consideração fatores de proximidade também são defendidas pelos teóricos da geografia da inovação. Segundo Garcia (2017), o ponto central da geografia da inovação é a percepção de que o conhecimento tácito, advindo das experiências dos agentes econômicos, pode ser transferido unicamente através do contato entre os agentes. Sendo assim, a proximidade desses agentes atuaria como facilitador no processo de criação e transmissão de conhecimento. Entretanto, a proximidade retratada pela geografia da

inovação não se limita ao âmbito espacial, podendo ser entendida através de cinco dimensões: geográfica, social, organizacional, institucional e cognitiva.

Uma visão não limitada às fronteiras geográficas, e a consideração de diferentes dimensões de proximidade se mostraram benéficas quando se considera um cenário de globalização, onde ocorrem processos de expansão das fronteiras produtivas e estreitamento dos vínculos entre países e regiões. Segundo Da Silva e Egler (2004), nesse cenário, existe a possibilidade de países se conectarem por meio de redes, ocasionando o surgimento de novos espaços de inovação, caracterizados por novas modalidades de acumulação e regulamentação. Como destacado por Garcia (2017), a globalização também fez surgir a ideia de “proximidade geográfica temporária”, em que a proximidade entre os agentes pode ocorrer em caráter temporário através do contato via viagens e tecnologias de informação.

Como exposto anteriormente, uma das principais abordagens de sistemas de inovação, não atrelada aos limites geográficos, é a de sistema tecnológico. O conceito de sistema tecnológico (ST) foi desenvolvido inicialmente por Carlsson e Stankiewicz (1991), e pode ser definido como uma rede de interação entre agentes que geram, difundem e utilizam tecnologias em uma determinada área industrial específica sob uma infraestrutura institucional particular ou sob um conjunto de infraestruturas.

Os ST são definidos a partir de seus fluxos de competências e conhecimentos e, portanto, consistem em redes dinâmicas de conhecimentos e competências. Tais redes, por sua vez, com a presença da figura do empreendedor (responsável por identificar as oportunidades e as escolhas a serem tomadas de modo a aproveitá-las) e de uma massa crítica de recursos (desde ideias e pessoal até recursos materiais e de infraestrutura) podem originar blocos de desenvolvimento, que consistem em uma rede de tecnologias complementares ligadas a uma tecnologia de base que pode ser entendida como um paradigma tecnológico (CARLSSON e STANKIEWITZ, 1991).

Carlsson e Stankiewicz (1991) diferenciam o conceito de ST do conceito de SNI afirmando que enquanto o primeiro é delimitado por uma área industrial, o segundo é delimitado a uma nação. Dessa forma, os limites de um sistema tecnológico podem não ser coincidentes aos limites geográficos nacionais, já que a diferenciação é feita de acordo com as áreas industriais-tecnológicas e não de acordo com as demarcações geográficas, embora os autores afirmem que é comum que os elementos que constituem o ST estejam espacialmente correlacionados. Além disso, o ST enfatiza aspectos microeconômicos, focando nas redes de conhecimento e

blocos de desenvolvimento, em vez dos aspectos da infraestrutura institucional, evidenciando o problema dos contrastes existentes entre a geração e difusão de tecnologias e a geração e difusão de conhecimento.

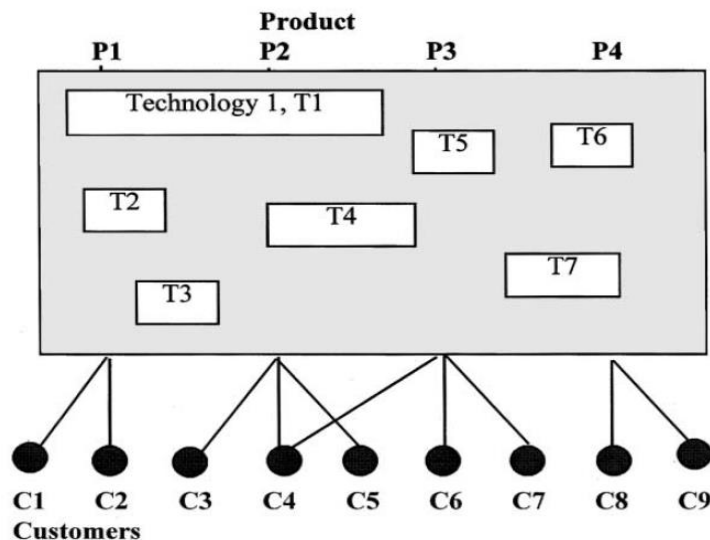
Carlsson e Stankiewicz (1991) atentam para o crescimento da importância do conhecimento, principalmente devido ao aumento dos níveis de complexidade tecnológica e por um fenômeno que os autores chamaram de “scientification”, com o aumento do embasamento científico utilizado nas tecnologias. Esse fenômeno gera uma série de consequências como a criação de novas possibilidades de integração entre diferentes tecnologias, aumento da instabilidade dos paradigmas tecnológicos e mudanças nas próprias fronteiras do ST com uma crescente internacionalização.

Embora Carlsson e Stankiewicz (1991) salientem o aumento da importância da dimensão internacional nos STs, atentam para o fato de que os aspectos de proximidade geográfica, cultural e política continuam tendo importância na organização das atividades econômicas. Entretanto, semelhantemente ao postulado pela geografia da inovação, os autores afirmam que a possibilidade de um aumento dos canais organizacionais internacionais e de uma redução nos custos de articulação desses componentes podem alterar a própria geografia dos ST.

No processo de crescente internacionalização dos STs, as empresas tendem a se localizar em países onde existam ambientes de maior densidade e diversidade tecnológica. Tais ambientes são gerados pela aglomeração de atividades produtivas, tecnológicas e científicas e, portanto, são regiões e não países inteiros. Então, cabe às políticas nacionais promover essas aglomerações tecnológicas locais, ao mesmo tempo em que promove a integração aos ST internacionais. Mas vale ressaltar que em um cenário de expansão das fronteiras dos STs, a efetividade da atuação das políticas nacionais é limitada (CARLSSON e STANKIEWITZ, 1991).

Segundo Carlsson et al. (2002), no que tange estudos empíricos, os STs podem ser delimitados através de três diferentes níveis de análise de modo satisfatório: análise centrada na tecnologia, análise centrada no produto e análise centrada no bloco de competência. Os três níveis são ilustrados na Figura 2, em que as colunas representam produtos, os retângulos representam tecnologias e os círculos, consumidores.

Figura 2 – Níveis de análise para sistemas tecnológicos.



Fonte: Carlsson et al. (2002).

O primeiro nível de análise é centrado na tecnologia, estudos que utilizem tal nível delimitarão o ST de acordo com uma tecnologia específica que pode estar associada a mais de um produto e destinada a mais de um grupo de consumidores. Na Figura 2, por exemplo, a tecnologia T1 é utilizada nos produtos P1, P2 e P3, um exemplo real é a tecnologia de processamento de sinal digital que é utilizada por uma série de produtos como sistemas de controle e celulares (CARLSON et al., 2002).

O segundo nível de análise é centrado no produto, estudos que utilizem tal nível delimitarão o ST de acordo com um produto específico que pode estar associado a mais de uma tecnologia e também destinado a mais de um grupo de consumidores. Observando novamente a Figura 2, nota-se que o produto P1 utiliza as tecnologias T1, T2 e T3. Um exemplo real é um robô industrial que utiliza uma gama de tecnologias de sensores, controles e acionamento (CARLSON et al., 2002).

Por fim, o terceiro nível de análise é centrado em um grupo de produtos, que podem ser complementares ou substitutos, que utilizam uma série de tecnologias e podem estar direcionados a diferentes grupos de consumidores, mas fazem parte de um mesmo mercado. Estudos que utilizam esse nível de análise trabalham com a ideia de bloco de competência, que engloba todos os produtos, consumidores e tecnologias do mercado analisado, bem como as relações entre eles. A Figura 2 inteira poderia

representar um bloco de competência, um exemplo real seria o mercado de serviços de saúde (CARLSSON et al., 2002).

A outra abordagem principal de sistemas de inovação não atrelada a limites geográficos é a de sistema setorial de inovação (SSI). Segundo Malerba (2002), essa abordagem se embasa na ideia de que aspectos como capacidades, aprendizagem e comportamento dos agentes são limitados de acordo com tecnologias, bases de conhecimento e configurações institucionais e esses, por sua vez, tendem a ser semelhantes para os agentes pertencentes a um mesmo setor, mas consideravelmente diversos quando analisados os diferentes setores.

Os elementos básicos de um sistema setorial são produtos; agentes (firmas e organizações não-firma); conhecimento e processos de aprendizagem; tecnologias base, insumos, demanda e suas conexões e complementariedades; mecanismos de interação dentro e fora das firmas; processos de competição e seleção; e instituições. E como um sistema setorial considera tanto os processos de inovação quanto os de produção, a análise pode ser dividida em sistemas setoriais de inovação, sistemas setoriais de produção e sistemas setoriais de distribuição (MALERBA, 2002).

No que tange inovação, o conhecimento exerce papel central, e ele pode variar em termos de oportunidade, acessibilidade e cumulatividade entre os diferentes setores. Isso ocorre porque os setores se embasam em distintos regimes tecnológicos. Os regimes tecnológicos são constituídos por condições de oportunidade e apropriabilidade, graus de cumulatividade do conhecimento tecnológico e características da base de conhecimento relevante (MALERBA, 2002).

As condições de oportunidade estão relacionadas à probabilidade de se ter inovação, dado o investimento de certa quantia monetária. Quanto maior for essa probabilidade e, portanto, melhores forem as condições de oportunidade, maior é o incentivo para que se invista em atividades inovadoras em determinada tecnologia ou setor. As condições de apropriabilidade se referem as possibilidades de proteger uma determinada inovação e, portanto, obter vantagens através dela. Quanto melhores forem as condições de apropriabilidade, mais eficientes são os mecanismos de proteção e, portanto, maiores são os incentivos para que se invista em atividades inovadoras em determinada tecnologia ou setor (MALERBA, 2002). Urraca-Ruiz (2008) enfatiza que a dinâmica das condições de oportunidade está comumente atrelada às mudanças de paradigma tecnocientífico, enquanto que as condições de

apropriabilidade estão fortemente relacionadas ao conhecimento-base do setor e sua dinâmica está comumente atrelada às mudanças institucionais.

A demanda é outro fator importante para entender a dinâmica inovativa nos SSI. Segundo Malerba (2002), o ambiente tecnológico e a demanda definirão a natureza dos problemas que precisam ser solucionados por meio de processos inovativos, bem como os incentivos e as restrições a determinados comportamentos e organizações. Vale ressaltar que a demanda aqui não é vista como um simples agregado de consumidores, mas como uma composição heterogênea de agentes com conhecimentos e competências específicas. Essa mesma observação deve ser considerada ao analisar as relações estabelecidas entre as organizações (sejam elas firmas ou não-firmas) de um SSI.

Mecanismos de criação e seleção, que também variam de acordo com o setor, são utilizados para a solução dos problemas e, eventualmente, mudanças na base de conhecimento podem conduzir tanto para um padrão dominante, quanto para uma mudança drástica do que se tinha até então. De uma forma ou de outra, as complementariedades dinâmicas entre os produtos e atividades constituirão relevante fonte de transformação e expansão dos próprios SSI, podendo dar origem a ciclos virtuosos de inovação. Nesse ponto, assim como Carlsson e Stankiewicz (1991), Malerba (2002) se utiliza do termo bloco de desenvolvimento para ilustrar o importante papel das complementariedades na dinâmica inovativa.

A respeito das instituições, Malerba (2002) enfatiza a relação entre instituições nacionais e os SSI e atenta para o fato de que o impacto das instituições difere de setor para setor. Segundo o autor, essa é uma relação de mão-dupla, onde tanto os aspectos nacionais podem influenciar os setoriais, quanto os setoriais podem influenciar os nacionais. No primeiro caso, determinado SSI pode se tornar predominante em um dado país em decorrência das instituições nacionais terem se mostrado mais favoráveis a um determinado setor em detrimento dos demais. Já no segundo, um setor importante ao país em termos de emprego e competitividade e/ou que apresente relevância estratégica pode levar a mudanças institucionais a nível nacional.

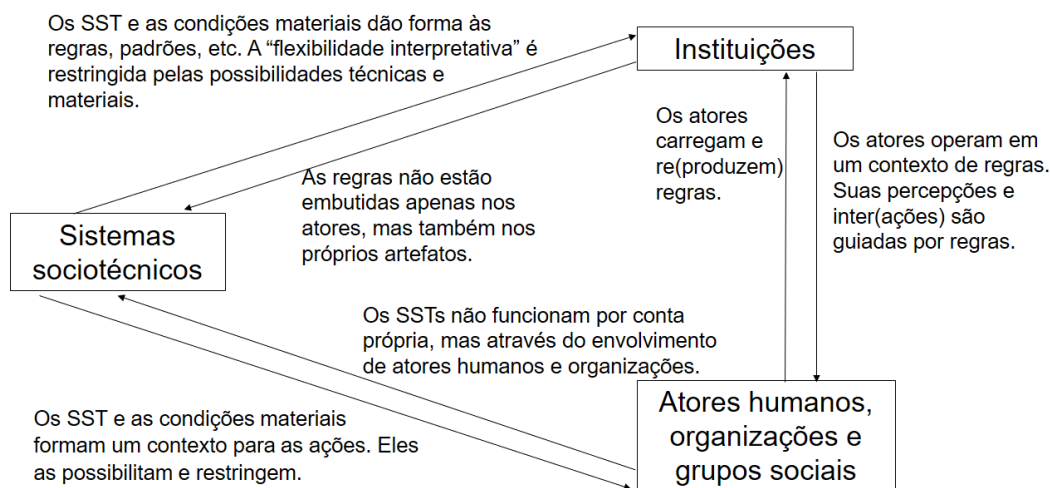
Sejam os SIs delimitados geograficamente, como o caso dos SNI, ou não, como os casos do ST e do SSI, segundo Geels (2004), os estudiosos que utilizaram a abordagem de SIs concentraram suas análises no lado da produção. Para entender o lado do consumo e utilização das inovações era necessária a ocorrência de uma

ampliação do foco analítico, atentando para a relevância de atores negligenciados até então, como os usuários e os grupos sociais. E é então que surge a abordagem da estrutura multinível, cuja análise é dividida em três níveis: cenários, regimes sociotécnicos e nichos.

O argumento inicial de Geels (2004) concentra-se na existência de um processo coevolutivo entre sociedade e tecnologia. Segundo o autor, a sociedade é formada por grupos sociais que apresentam características próprias e estão estruturados em redes sociais. Ao longo dos anos, com o distanciamento entre produção e consumo, houve um alongamento dessas redes que, por sua vez, causou o aumento do número de grupos sociais (por exemplo, comerciantes, varejistas e atacadistas a partir do alongamento das redes de distribuição). Paralelamente a isso, o próprio conhecimento técnico-científico se ampliou e contou com um número crescente de atores como universidades, institutos de pesquisa e unidades de P&D. E a evolução dos meios de comunicação propiciaram a evolução da própria produção de significados culturais e simbólicos.

O ponto chave é perceber a evolução da produção de tecnologia é acompanhada por uma evolução dos usuários de tecnologia. Similarmente ao anteriormente proposto por Veblen (2005), aqui o processo de mudança de pensamento é fundamental para o desenvolvimento do sistema como um todo, trazendo a esfera cognitiva para a luz da análise. Segundo Geels (2004), as novas tecnologias precisam ser incorporadas às rotinas dos usuários e isso envolve trabalho simbólico e prático, além do próprio processo cognitivo de aprendizagem para que esses usuários sejam capazes de utilizar a tecnologia. Essa evolução dos usuários, por sua vez, é guiada por instituições, entendidas em Geels (2004) no sentido proposto por Scott (1995). Uma ilustração dessa dinâmica pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 – Dinâmica proposta por Geels.

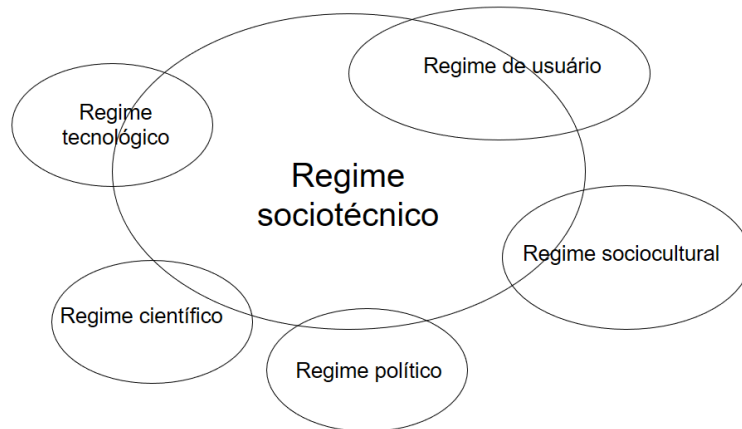


Fonte: Adaptado de Geels (2004).

Segundo Geels (2004), sistemas sociotécnicos (SSTs) consistem em artefatos, conhecimento, capital, trabalho, significado cultural, etc. Como pode ser observado através da Figura 3, a tecnologia não pode ser entendida como instrumentos neutros, tendo em vista que ela própria também influencia nas percepções, comportamentos e atividades dos agentes, além de possuir regras incorporadas a si.

Os diferentes grupos sociais reproduzem e são guiados por diferentes conjuntos de regras. As regras que constituem cada um desses conjuntos mantêm uma relação de interdependência, de modo que é difícil alterar uma regra sem que as demais sofram alterações. Esses conjuntos de regras podem ser entendidos como regimes, exemplos desses regimes são: regimes tecnológicos, regimes políticos, regimes científicos, regimes financeiros, etc. Mas assim como os diferentes grupos se relacionam uns com os outros, os regimes também o fazem, de forma que os diferentes regimes não funcionam de forma isolada. As regras que norteiam as interações entre os diferentes regimes constituem o regime sociotécnico, ilustrado na Figura 4 (GEELS, 2004).

Figura 4 – Regime sociotécnico.



Fonte: Adaptado de Geels (2004).

Os nichos e os cenários sociotécnicos se diferenciam dos regimes sociotécnicos principalmente em termos de rigidez. Os cenários representam estruturas mais rígidas do que os regimes e, portanto, mais difíceis de serem alteradas. São exemplos de elementos do cenário sociotécnico: arranjos materiais e espaciais das cidades, infraestrutura de eletricidade e crenças culturais compartilhadas. Por outro lado, os nichos representam estruturas mais flexíveis do que os regimes e, portanto, mais fáceis de serem alteradas. Nos nichos, as regras ainda não estão cristalizadas, o que ocasiona um ambiente de maior incerteza, mas também propicia uma maior possibilidade para a realização de projetos experimentais. Tanto os regimes, quanto os nichos, são influenciados pelo cenário sociotécnico (GEELS, 2004).

Segundo Markard e Truffer (2008), a abordagem de estrutura multinível apresenta vantagens para explicar os fenômenos de transição tecnológica já que ao considerar uma divisão analítica em três níveis (cenário, regimes e nichos), consegue trazer para análise desde o impacto de inovações radicais originadas nos nichos até impactos provindos de mudanças abrupta no cenário sociotécnico como, por exemplo, a ocorrência de crises econômicas. Nesse aspecto, a abordagem de sistemas de inovação se mostra falha, pois negligencia, em boa parte, o ambiente externo ao SI,

e interpreta o sucesso ou fracasso das inovações, em grande parte, como consequência do sucesso ou fracasso do próprio SI.

Por outro lado, a abordagem de estrutura multinível apresenta dificuldades para explicar as estratégias dos atores, além disso, os conceitos e ferramentas disponíveis para tratar do processo de geração de inovação são inferiores àqueles utilizados pela abordagem dos sistemas de inovação. Dessa forma, os SIs apresentam vantagens em análises estruturais e funcionais, e ao considerar o nível meso, permitem uma análise do processo inovativo que vai para além dos nichos (MARKARD e TRUFFER, 2008).

Após realizarem uma comparação entre as duas perspectivas, Markard e Truffer (2008) afirmam que os pontos fortes de uma abordagem, são os pontos fracos da outra, e vice-versa. De modo que elas não devem ser vistas como concorrentes, mas sim como complementares. Sendo assim, para compreender de forma mais ampla o processo inovativo, o ideal é que os estudos na área sejam realizados através de uma abordagem que conecte as duas perspectivas.

2.2O SURGIMENTO, MANUTENÇÃO E MUDANÇA DE PARADIGMAS

O conceito de paradigma tecnológico foi formulado inicialmente por Dosi, com base na ideia de paradigma científico formulada por Thomas Kuhn. Kuhn define paradigma científico como uma espécie de delimitação dentro da qual o conhecimento científico se desenvolve, consistindo basicamente em um padrão estabelecido com base em problemas considerados relevantes. Similarmente, o paradigma tecnológico de Dosi (2006) pode ser entendido com um modelo para resolução de problemas tecnoeconômicos selecionados com base em princípios selecionados.

Segundo Dosi e Nelson (2010), um paradigma tecnológico, envolve uma definição dos problemas relevantes a serem abordados, bem como padrões de investigação para resolvê-los. Para tanto, deve-se levar em conta tanto as supostas necessidades dos usuários, quanto os princípios científicos e técnicos relevantes. La Rovere (2010) argumenta que um paradigma tecnológico pode estar expresso tanto por um objeto (por exemplo, um circuito integrado), quanto por um “conjunto heurístico” para a resolução de problemas. Analisando sob à teoria de Dosi e Nelson (2010), essa afirmação seria o mesmo que dizer que um paradigma tecnológico pode estar ancorado tanto em tecnologias como artefato, quanto em tecnologias como

rotinas. Para os autores, o paradigma implica em ambas as coisas, podendo ser visto como uma família específica de receitas e rotinas.

Para Dosi e Nelson (2010), paradigmas tecnológicos são quadros cognitivos compartilhados por profissionais tecnológicos em um campo que orienta e delimita o que eles acreditam ser possível, ou não, fazer para avançar uma tecnologia. Sendo assim, os paradigmas tecnológicos identificam as restrições operacionais e as heurísticas de solução de problemas. Embora, Veblen (2005) não tenha falado propriamente em paradigmas, a ideia de paradigma como um quadro cognitivo compartilhado de um padrão de pensamento dominante é bastante próxima às ideias formuladas pelo autor e está em concordância com a teoria institucional de Scott (1995), que utiliza a ideia de paradigma justamente como exemplo da manifestação do pilar cognitivo institucional. Os pilares normativo e regulativo também são contemplados por Dosi e Nelson (2010) que afirmam que os paradigmas tecnológicos serão envolvidos por aspectos normativos e reguladores relacionados, por exemplo, a critérios de avaliação de desempenho.

O paradigma define o ambiente e os limites no qual as trajetórias tecnológicas surgem. Dosi (2006) define as trajetórias tecnológicas como atividades “normais” para resolução de problemas dentro de determinado paradigma tecnológico. Segundo Dosi e Nelson (2010), as trajetórias tecnológicas podem ser entendidas em termos de aprimoramento progressivo e melhoria nas respostas da oferta aos requisitos de demanda potencial definidos pelo paradigma. Sendo assim, as trajetórias tecnológicas podem ser inúmeras e continuar surgindo ao decorrer do tempo. Entende-se assim, que embora paradigmas tecnológicos sejam excludentes, trajetórias não são, podendo-se ter diversas trajetórias tecnológicas simultâneas, mas apenas um paradigma tecnológico. O exemplo utilizado pelos autores para ilustrar a questão é o estabelecimento do paradigma das aeronaves, e as aeronaves civis e militares como duas trajetórias tecnológicas simultâneas dentro do mesmo paradigma.

Embora não seja uma regra, é comum que paradigmas tecnológicos estejam associados ao surgimento de um design dominante como, por exemplo, a aeronave citada no parágrafo anterior. É justamente a ideia de design compartilhado que faz com que haja semelhança entre produtos específicos produzidos em um determinado momento. Em outras palavras, o conhecimento tecnológico tem natureza paradigmática e cumulativa (DOSI E NELSON, 2010). Quanto as trajetórias tecnológicas, La Rovere (2006), afirma que elas são traçadas com base no paradigma

tecnológico e associadas ao caminho percorrido pelas firmas com base em suas escolhas passadas. Pode-se dizer, então, que as atuais escolhas das firmas estão intimamente ligadas às suas escolhas passadas e a trajetória tecnológica pode ser entendida, portanto, através de um processo de *path-dependence*.

Heller (2006) define *path-dependence* como sendo o processo pelo qual as escolhas econômicas em um dado momento t são condicionadas pelas escolhas feitas no momento $t-1$, havendo uma situação de dependência da trajetória percorrida que tende a se reforçar cada vez mais. Vale salientar, entretanto, que a despeito da natureza paradigmática e cumulativa do conhecimento tecnológico, da existência de designs compartilhados e *path-dependence*, as trajetórias tecnológicas, como afirma Dosi e Nelson (2010), não são capazes de transformar incertezas em riscos probabilizáveis.

A incerteza continua sempre presente, por razões mercadológicas, concorrenciais, etc., mas um dos principais causadores de incerteza é o próprio avanço tecnológico. Avanços tecnológicos através de inovações radicais representam uma descontinuidade do que vinha sido feito até então, podendo estar associado a uma mudança do paradigma tecnológico em si. Uma mudança de paradigma geralmente implica mudança nas bases de conhecimento, design dos produtos, dimensões tecnoeconômicas e na própria percepção de cientistas e engenheiros sobre o que se esperar de futuros avanços tecnológicos (DOSI e NELSON, 2010). Segundo Dosi (2006), uma mudança do paradigma tecnológico consiste na mudança do escopo no qual as trajetórias tecnológicas estão situadas, de forma que se faz necessário repensar as atividades de resolução de problemas praticamente do zero.

O avanço tecnológico, então, pode ser didaticamente dividido em dois processos distintos. Enquanto o estabelecimento de um paradigma tecnológico compreende a definição das bases e da direção do avanço, as trajetórias tecnológicas representam o processo de seleção de caminhos a serem percorridos (DOSI, 2006). Segundo Dosi e Nelson (2010), na fase inicial de estabelecimento de um novo paradigma, há uma série de concorrentes, como no surgimento do automóvel, eram as tecnologias de motores à combustão, elétricos, a vapor, dentre outros. Ainda segundo os autores, os paradigmas tecnológicos diferem ao longo do tempo quanto à natureza do conhecimento, às oportunidades de avanço tecnológico e ao nível de cumulatividade. Entretanto, um fator historicamente dos avanços tecnológicos é que, embora o conhecimento científico tenha sido importante, raramente se mostrou

suficiente. Ainda de acordo com os autores, os esforços em termos da utilização de conhecimentos científicos são fortemente influenciados pelas percepções do que os usuários necessitam ou valorizam de tal forma que o progresso de um regime tecnológico é moldado por sua comunidade de usuários.

Dosi e Nelson (2010) argumentam que a demanda pode influenciar as mudanças na orientação de novas tecnologias de diferentes maneiras. Uma dessas maneiras se refere à forma como a demanda pode afetar as heurísticas de pesquisa através do chamado “efeito de indução”, para ilustrar a questão os autores propõem um exemplo. Considerando o ramo de equipamentos de corte, a pressão dos usuários por máquinas que realizassem os cortes de forma mais rápida levou à realização de pesquisas na área e à invenção de tais equipamentos, entretanto, para que pudessem ser fisicamente viáveis foram necessárias descobertas em termos de materiais para criar lâminas mais resistentes e de melhores métodos de resfriamento, ocorrendo assim um efeito de indução. Outra maneira pela qual a demanda influencia as atividades inovativas é através de mudanças que afetam a alocação de recursos. Segundo Dosi e Nelson (2010), quando isso ocorre, as diferentes taxas de inovação (medida em patentes) podem ser explicadas pelas diferenças nas taxas relativas de crescimento da demanda.

Nesse sentido, Nelson e Winter (2005) afirmam que o tamanho antecipado do mercado é um dos principais fatores de influência no esforço em P&D das firmas. Segundo os autores, um aumento no tamanho antecipado do mercado atua aumentando a economia de custo total proporcionada pela nova tecnologia, o que faz com que o tomador de decisão esteja disposto a gastar mais para o desenvolvimento da mesma. Enquanto que um aumento na base do conhecimento faz com que os gastos de P&D sejam realizados com menos desperdícios, quanto mais se conhece, maiores são as chances de apostar nas tecnologias certas e não desperdiçar tempo e recursos. Resumindo, há uma conexão mais direta entre o aumento no tamanho do mercado e o dispêndio com P&D, mas a eficácia do insumo de P&D está diretamente relacionada à base de conhecimento da qual se dispõem.

Quando um paradigma tecnológico é caracterizado pelo surgimento de um design dominante, como o próprio caso do automóvel, a escolha e consolidação de uma determinada tecnologia pode ter uma série de razões que podem envolver fatores de cumulatividade, *path-dependence* e externalidades de rede. Seguindo ainda o caso dos veículos, Dosi e Nelson (2010) afirmam que a cumulatividade poderia ser

percebida se, por exemplo, um maior número de pessoas estivesse realizando pesquisas sobre motores a combustão do que sobre outros tipos de motores e que justamente por isso houvesse tido maiores avanços nessa tecnologia. As externalidades de rede estariam ligadas ao processo de difusão da tecnologia, às vantagens advindas do fato de vários usuários utilizarem a mesma tecnologia. O *path-dependence*, nesse caso, seria o aumento de investimentos e inovações na área de petróleo pelo fato do motor à combustão ter se destacado perante os outros. Os três fatores estão relacionados ao surgimento de tecnologias complementares que solidificam ainda mais o paradigma tecnológico ou trajetória tecnológica adotado.

O fato é que independentemente das razões que levam uma determinada tecnologia a ser adotada e um novo paradigma tecnológico a se estabelecer, fatores de cumulatividade, externalidades de rede e *path-dependence* são forças que atuam de modo a solidificá-lo até que ocorra uma nova descontinuidade no sistema que leve ao estabelecimento de um novo paradigma tecnológico. (DOSI e NELSON, 2010). De acordo com Heller (2006), o processo de *path-dependence* pode ser forte o bastante para colocar a economia em uma situação de *lock-in*, onde a produção se vê presa a escolhas anteriores que não eram necessariamente as mais eficientes, mas que em decorrência do forte *path-dependence*, as escolhas atuais permanecem sendo tomadas com base nas anteriores, sem que haja modificação da trajetória atual para uma trajetória mais eficiente.

Na esfera microeconômica, é preciso estar claro que as firmas detêm suas próprias políticas e instituições. As rotinas dinâmicas das firmas estão relacionadas a sua capacidade de reagir a mudanças e repensar e modificar suas próprias rotinas. Rotinas dinâmicas e rotinas de aprendizado são fundamentais em momentos de mudança. Em momentos como esse, os ativos da firma, bem como o conhecimento que ela já tem acumulado podem limitar sua flexibilidade. Isso porque existe um custo em modificar as rotinas, desenvolver novos conhecimentos e habilidades, além do risco de possíveis perdas de valor dos ativos da empresa (Baptista, 2000).

Quando os potenciais efeitos de uma mudança de paradigma tecnológico são vastos o suficiente para ultrapassar os limites da própria indústria, atingindo os demais setores e a economia como um todo, caracteriza-se o fenômeno denominado por Perez (2010) de revolução tecnológica. Nas palavras da autora uma revolução tecnológica consiste em “um conjunto de inovações radicais inter-relacionadas,

formando uma grande constelação de tecnologias interdependentes; um cluster de clusters ou um sistema de sistema” (PEREZ, 2010, p.189).

Revoluções tecnológicas estão relacionadas ao conceito de paradigmas tecnoeconômicos formulado pela autora. O paradigma tecnoeconômico representa um modelo de melhores práticas para utilizar as novas tecnologias dentro e fora da indústria, o que engloba tanto aspectos organizacionais, quanto estruturas sócio-institucionais. A ideia central é que, em uma revolução tecnológica, as novas práticas que emergem através das tecnologias acabam se transformando em princípios implícitos, rotinas e heurísticas que são aos poucos absorvidas e carregadas pelos diferentes agentes da sociedade como engenheiros, investidores e consumidores. É dessa forma que o novo paradigma tecnoeconômico se manifesta através do estabelecimento de uma nova lógica compartilhada (PEREZ, 2010).

Os conceitos de revolução tecnológica e paradigma tecnoeconômico de Perez (2010) são relevantes ao presente estudo em detrimento do natural efeito de transbordamento de quaisquer modificações significativas na área de energia para o restante da economia. Conforme destacado por Unruh (2000), o acentuado número de instalações, instituições e estruturas sociais ligadas à produção e utilização de energia não renovável atuam como fatores favoráveis a um fenômeno de *lock-in*, resultando na necessidade de mudanças radicais em toda a estrutura para o estabelecimento de um novo paradigma energético. Nesse sentido, a abrangência de um processo de mudança de paradigma energético estaria de acordo com a ideia de revolução tecnológica, já que segundo Perez (2010), um processo de mudança tecnológica só pode receber o caráter de revolução se provocar uma transformação generalizada.

Trazendo a questão para a esfera macroeconômica, não é difícil traçar um paralelo entre o que foi dito por Baptista (2000) na esfera microeconômica e aquilo que foi formulado por Perez (2010) a respeito do processo de *path-dependence* e do fenômeno de *lock-in*. Segundo Perez (2001), em períodos de troca de paradigma tecnoeconômico, o conhecimento acumulado pelas nações no paradigma anterior tem seu valor reduzido, e pode atuar inclusive como empecilho diante do novo paradigma que se estabelece. A questão dos ativos e investimentos irrecuperáveis trabalhadas por Baptista (2000) na esfera microeconômica pode ser expandida para o âmbito macroeconômico, considerando que países que detêm importantes ativos em energias não renováveis como, por exemplo, estruturas de exploração de petróleo,

deparam-se com uma situação em que os próprios ativos atuam como empecilho a uma mudança de paradigma.

Conforme visto anteriormente, Geels (2004) trabalhou com a ideia de uma estrutura multinível para analisar esse tipo de mudança, considerando três níveis analíticos: nichos, regimes sociotécnicos e cenários sociotécnicos. A ideia de transição sociotécnica proposta por pelo autor, que consiste em mudanças nas tecnologias, mercados, políticas, práticas do usuário, e nos próprios significados culturais, se aproxima, em termos de abrangência, das ideias de revolução tecnológica e paradigma tecnoeconômico formulados por Perez (2010). Entretanto, há uma importante distinção entre as duas teorias.

A abordagem proposta por Geels (2010) se embasa em uma ideia de co-evolução e interdependência entre os diferentes regimes (tecnológico, institucional, político, etc.) e entende que a pressão para a mudança do sistema sociotécnico se desenvolvem tanto de inovações radicais originadas nos nichos, quanto a partir das pressões exercidas por mudanças no cenário sociotécnico que podem se manifestar através de tensões ou surgimento de janelas de oportunidade. Em contrapartida, a teoria de Perez (2010) sofre críticas por apresentar um caráter de determinismo tecnológico, já que a autora alega que uma mudança de paradigma tecnocientífico se inicia com uma série de inovações radicais e que essas inovações, por sua vez, causam modificações no restante do sistema, nas palavras da autora:

É o paradigma tecnoeconômico (TEP), sendo articulado através do uso do novas tecnologias à medida que se difundem, que multiplicam seu impacto na economia e, eventualmente, também modificam a organização das estruturas sócio-institucionais (PEREZ, 2010, p. 194).

Essa diferença entre os dois arcabouços teóricos é fundamental quando se trabalha com a possível mudança para um paradigma baseado em energias renováveis. Isso porque, conforme destacado por Cecere et al. (2014), inovações ambientais costumam ter características próprias que se diferem das demais inovações. Em primeiro lugar, inovações ambientais geram benefícios para a sociedade que podem não estar sendo valorizados pelo mercado, constituindo-se em externalidades. Em casos assim, o papel de organizações e instituições macroeconômicas, como regulações e políticas públicas, é fundamental para garantir um valor de mercado aos benefícios ambientais de forma a fomentar as atividades em P&D nas firmas. A segunda característica destacada pelos autores é que o

desenvolvimento de inovações ambientais costuma estar fortemente ligado ao conhecimento e sensibilidade dos agentes econômicos, sejam organizações ou indivíduos, às questões ambientais. Por último, é comum que os agentes comprometidos com inovações ambientais se deparem com trade-offs entre desempenho ambiental e fatores de custo, preço e qualidade.

A influência exercida por forças econômicas, institucionais, políticas e sociais no estabelecimento de paradigmas e trajetórias é significativo em qualquer campo. De acordo com Dosi (2006), a acentuada presença de incertezas sobre o possível estabelecimento de um novo paradigma dificulta a comparação ex-ante das trajetórias a serem adotadas e de seus possíveis benefícios. Em detrimento disso, frequentemente a direção do desenvolvimento tecnológico acaba sendo inicialmente traçada pelo próprio poder público. De acordo com Cimoli et al. (2007). O poder público atua principalmente através de políticas públicas e instituições reguladoras. Alguns exemplos da atuação governamental são mecanismos de geração e acumulação de conhecimento através de incentivo a atividades de pesquisa, leis sobre propriedade intelectual, políticas voltadas a estreitar os laços entre diferentes organizações e regulamentos mercadológicos e concorrenciais

Se segundo Cimoli et al. (2007), o papel das políticas públicas e das instituições reguladoras pode ser tão relevante ao ponto de que a posição em que determinada nação se coloca durante e após um processo de mudança de paradigma esteja intimamente ligada à sua aptidão em combinar diferentes mixes de instituições e políticas, de acordo com Fabrizi, Guarini e Meliciani (2018), no que tange as questões ambientais, esse papel pode ser ainda mais essencial. Ainda de acordo com os autores isso se deve, além das razões já apresentadas por Cecere et al. (2014), ao fato de que o desenvolvimento e implementação de inovações ambientais exige uma série de habilidades multidisciplinares incluindo habilidades técnicas, científicas, legislativas, além de competências econômicas e organizacionais.

Como o conhecimento necessário para desenvolver e implementar inovações ambientais costuma ser mais complexo e codificado do que aquele exigido para outras inovações, organizações como universidades e centros públicos de pesquisa acabam ganhando lugar de destaque. As universidades e centros públicos de pesquisa atuam produzindo e transferindo conhecimentos complexos às empresas, sendo impossível inclusive que essas organizações apresentem contribuição maior ao desenvolvimento de novos conhecimentos do que esta. O governo, por sua vez, atua por meio da

utilização de incentivos econômicos e criação de regulamentação ambiental de forma que fomente o espírito empreendedor dos gerentes em direção à realização de inovações ambientais. Além disso, considerando a importância da atuação e interação as diferentes organizações (universidades, empresas, centros de pesquisa, etc.) e instituições (políticas, regulamentações, etc.), o poder público tem a importante função de coordenar o sistema (FABRIZI, GUARINI E MELICIANI, 2018).

De modo similar, Geels (2010) argumenta que as autoridades públicas e a sociedade civil são pontos importantes a serem considerados quando se analisa transições relacionadas a questões ambientais. Isso porque, segundo o autor, essas transições envolvem uma série de debates sobre a relevância de problemas ambientais e essas discussões, por sua vez, envolvem estruturas de valores e crenças da sociedade. Além disso, o autor ratifica a questão já assinalada em outros estudos de que os agentes privados não detêm incentivo imediato para buscar soluções para problemas ligados ao meio-ambiente e, portanto, o poder público exerce importante papel criando condições que incentivem os agentes privados a direcionar suas atividades inovativas e comerciais no caminho de possíveis transições relacionadas a questões ambientais.

A intenção de Geels (2010) não é de forma alguma tirar o foco das inovações em um processo de mudança de sistema sociotécnico envolvendo questões ambientais, pelo contrário, o autor defende que a principal base para sua análise dessas transições é justamente o arcabouço evolucionário a partir da visão de que inovações ambientais são a chave para uma transição rumo à sustentabilidade. O que Geels (2010) chama atenção é para o fato de que mesmo que essa transição seja encarada como um desafio tecnológico, a legitimidade e o apoio da sociedade se mostrarão importantes no que tange os investimentos e políticas públicas, em detrimento da possível necessidade de impostos mais altos e/ou regulamentos mais rígidos. Nas palavras do autor “Narrativas e discursos, portanto, deverão acompanhar investimentos, inovações e políticas” (GEELS, 2010, p. 508).

O debate sobre qual é a melhor combinação de teorias para fornecer um quadro analítico capaz de facilitar a compreensão de transições energéticas é extenso, e foi, em parte, abordado pelo próprio estudo de Geels (2010). Cherp et al. (2017) sugerem trabalhar conjuntamente com as ideias de sistemas tecnoeconômicos, sistemas sociotécnicos e sistemas políticos.

Cherp et al. (2017) trabalham com a ideia de transição energética em nível nacional e consideram que esse processo envolve questões como fluxos e mercados de energia, políticas energéticas e tecnologias energéticas. De acordo com os autores, os diferentes sistemas podem evoluir, em certa medida, de forma autônoma. Isso porque o aumento da demanda por energia não implicaria necessariamente mudanças tecnológicas ou políticas públicas, da mesma forma que mudanças tecnológicas não precisam estar associadas a alterações na demanda por energia, e que políticas públicas em prol de uma transição energética não estão necessariamente atreladas a questões de inovação ou demanda por energia. Sendo assim, os autores argumentam ser mais adequado considerar três sistemas distintos para analisar transições energéticas, em vez de apenas um.

Entretanto, o foco do presente estudo são as inovações em energias renováveis, e não as transições energéticas em si. Assim sendo, possíveis casos de países que possam estar passando por processos de transição energética utilizando tecnologias importadas não são o foco do presente estudo, que objetiva justamente verificar os países que têm se destacado em termos de inovações energéticas e como o ambiente socioinstitucional no qual estão inseridos possa ter contribuído para tais avanços. É nesse sentido que, por exemplo, o desenvolvimento de inovações que possam atuar de forma complementar, como destacado no estudo de Geels, Berkhout e Vuuren (2016), às inovações energéticas, como tecnologias de bombas de calor, células de combustível, entre outros, demonstram maior relevância, do que a importação de tecnologias de Energia solar. Portanto, considerando as razões previamente expostas, o arcabouço fornecido por Geels (2010) e pelos teóricos de sistemas de inovação é suficiente, na medida em que as alterações na demanda de energia e nas políticas energéticas de interesse desse estudo são justamente aquelas capazes de exercer influência na geração e difusão de inovações.

No que tange as regulamentações públicas, o estudo de Porter e Linde (1995) levantou a hipótese de que regulamentações ambientais rigorosas podem incentivar o desenvolvimento de inovações na firma e aumentar sua competitividade. Segundo os autores, as regulamentações podem influenciar de modo positivo desde através da atuação de modo a aumentar a conscientização das firmas, até o fornecimento de mecanismos que reduzam as incertezas e forneçam garantias de que empresas concorrentes não sejam capazes de ascender através de ganhos oportunistas provocados por práticas que vão contra a regulamentação ambiental.

Fabrizi, Guarini e Meliciani (2018) realizaram um estudo que utilizava uma abordagem restrita da hipótese de Porter e Linde (1995). A hipótese considerada pelos autores é que políticas regulatórias mais flexíveis atuam de forma mais eficiente do que políticas regulatórias prescritivas no que tange fornecer incentivos para que as firmas inovem. E que, portanto, instrumentos que atuam via mercado, e que costumam ser mais flexíveis, como impostos e *feed-in tariff*, seriam mais eficazes no incentivo à inovação do que instrumentos “não-mercado” como metas de consumo. O argumento central é que metas de redução afetariam principalmente o lado do consumo e que, depois de atingida a meta, não haveria motivação para realizar inovações, enquanto mecanismos de mercado, principalmente via preços, forneceriam incentivos constantes à inovação por parte da firma.

O esforço para entender quais mecanismos são capazes de exercer maior influência no incentivo à pesquisa e inovação na área de energias renováveis é significativo quando se considera o papel fundamental das inovações para uma mudança de paradigma energético. E é válido atentar para o fato já salientado por Geels (2010) de que os agentes que detêm maior interesse na preservação do paradigma atual, nesse caso poderiam ser as empresas e países maiores exploradores de petróleo, também podem atuar gerando tecnologias e discursos legitimadores que reforcem o estado de *lock-in*. É nesse sentido que Unruh e Carrillo-Hermosilla (2006) falam da existência de uma inércia à mudança que no campo das energias fósseis se manifesta, por exemplo, através de políticas e tecnologias voltadas para a captura de carbono. Segundo os autores, inovações nessa área permitem que os países diminuam o nível de poluição sem ter que deixar de utilizar fontes fósseis de energia, apresentando-se assim como tecnologias vantajosas para firmas e países que desejam preservar seus ativos, conhecimento acumulado na área, reforçando o fenômeno de *lock-in*. Traçando um paralelo com a teoria de Veblen (2005), esses mecanismos consistiriam em uma forma de proteção frente às forças restritivas do ambiente que permite que esse grupo de agentes retarde o processo de mudança de seus hábitos compartilhados de pensamento.

Há uma série de estudos envolvendo a temática das energias renováveis com foco nos processos inovativos e no aparato institucional. O presente estudo não se propõe a realizar uma revisão bibliográfica extensa e minuciosa. Entretanto, alguns trabalhos podem ser citados de forma a fornecer uma breve visão sobre como o tema vem sendo trabalhado, contextualizando o atual estado da arte.

Há uma série de estudos qualitativos, a exemplo daquele realizado por Raiser, Naims e Bruhn (2017) que faz uma revisão de literatura para entender a importância dos direitos de propriedade e dos registros de patente para soluções de mitigação das mudanças climáticas. Dentre os trabalhos quantitativos, alguns utilizam ferramentas matemáticas, enquanto outros apresentam metodologias centradas em modelos econométricos.

Os trabalhos de Feitosa (2015) e Bueno et al. (2018) utilizam dados de patentes, mas detêm objetivos e metodologias distintas. Enquanto o primeiro utiliza o cálculo de indicadores para caracterizar a estrutura tecnológica brasileira com base nas classes do *IPC Green Inventory*, o segundo utiliza mineração de dados e construção de redes para *clusters* de fronteira tecnológica no setor de Bioenergia. Os resultados de Feitosa (2015) indicaram que o avanço do patenteamento no Brasil se devia principalmente à uma evolução geral das atividades parenteadoras. O estudo de Bueno et al. (2018) identificou três *clusters* tecnológicos em Bioenergia, o primeiro ligado a tecnologias do etanol, o segundo relacionado a tecnologias de subprodutos e um terceiro envolvendo tecnologias de materiais celulósicos.

Dentre os estudos que utilizam modelos econométricos, o trabalho de Fu et al. (2018) investiga a influência das políticas públicas no patenteamento de energia eólica nos 48 estados dos Estados Unidos. Os autores avaliam tanto a influência de políticas adotadas dentro do estado, quanto fora, os resultados indicaram que as políticas adotadas fora dos estados influenciaram mais o patenteamento do que aquelas adotadas dentro do próprio estado, o que segundo os autores se justificava pelas baixas barreiras à transferência tecnológica entre os estados americanos. Johnstone Hašič, e Popp (2010) analisam, em seu trabalho, 25 países no período de 1978 a 2003 a fim de verificar a influência das políticas públicas nas inovações tecnológicas em energias renováveis. Os resultados indicaram que subsídios direcionados como *feed-in tariffs* apresentam maior influência em inovações em energias renováveis que exigem tecnologias mais caras como, por exemplo, energia solar. No estudo de Bayer, Dolan e Urpelainen (2013), por sua vez, é feita uma análise de um total de 74 países no período 1990-2009 a fim de identificar quais fatores econômicos e políticos exercem maior influências nas inovações em energias renováveis. Os resultados demonstraram que os preços do petróleo e a capacidade doméstica de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis influenciam positivamente o surgimento de inovações na área.

3 AS POLÍTICAS GLOBAIS SOBRE O MEIO AMBIENTE E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

O presente capítulo está dividido em duas seções. A primeira delas apresenta um quadro sintético das principais políticas globais sobre o meio ambiente e como o debate sobre questões energéticas se encontra atrelado a elas. Enquanto a segunda seção define as diferentes tecnologias da área de energias renováveis e resume os últimos avanços dos setores no cenário internacional.

3.1 POLÍTICAS GLOBAIS SOBRE O MEIO AMBIENTE

O entendimento e atrelamento de questões ambientais a questões políticas e sociais, assim como a formulação e desenvolvimento de um Direito Ambiental Internacional, é relativamente recente. Segundo Dauvergne (2012), as questões ambientais só passaram a figurar nas agendas globais a partir das décadas de 60 e 70. Nesse período foi realizada uma série de estudos sobre o tema que continuam sendo referência até os dias atuais, como o artigo “*The Tragedy of the Commons*” de Garrett Hardin e os livros “*Silent Spring*” de Rachel Carson e “*Limits to Growth*” de Donella Meadows et al., tendo sido o último realizado a pedido do Clube de Roma.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, também conhecida como Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, tem papel pioneiro na política ambiental global, tendo sido a primeira conferência internacional reunindo chefes de Estado para discutir questões ambientais. O evento contou com a participação de um total de 113 países e 250 organizações não governamentais, e teve como objetivo definir padrões de conduta ambientalmente adequados (PASSOS, 2009).

Os principais resultados da Conferência de Estocolmo foram a Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano, o Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA) e o Plano de Vigilância. A declaração contava com um total de 26 princípios que forneciam diretrizes à comunidade internacional no que tange assuntos ambientais. O PNUMA foi criado como organismo institucional da ONU responsável por coordenar atividades referentes ao meio ambiente e a execução do Plano de Vigilância que, por sua vez, consistia em um plano de ação visando conciliar

teoria e prática. Além disso, na ocasião, foi criado um fundo voluntário visando financiar programas de pesquisa sobre a temática (ROCHA, 2003).

Segundo Tilio Neto (2010), na década de 80, houve um aumento acentuado no número de ONG'S e de estudos voltados ao meio ambiente, destacando-se o Relatório Brundtland, que tinha por base a Conferência de Estocolmo, e inovava ao propor uma ideia que conciliava meio ambiente e desenvolvimento em uma única política de desenvolvimento durável, ou ainda, desenvolvimento sustentável.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada em 1992, conhecida como Conferência Rio-92, ratificou a ideia do Relatório Brundtland, conciliando meio ambiente e desenvolvimento, e responsabilizando todos os países, entretanto, de forma diferenciada. Essa proposta atuava diretamente em uma das principais críticas em relação à Conferência de Estocolmo, que seria justamente a ideia de que naquela conferência a preservação do meio ambiente foi pensada de forma desatrelada do crescimento econômico.

Antes da Conferência Rio-92, foi realizado um total de quatro reuniões de Comitê Preparatório de Conferência (PREPCOM). O primeiro PREPCOM ocorreu em 1990, em Nairobi, e tinha como objetivo definir procedimentos e objetivos que deveriam constar na conferência. Nesse PREPCOM os países em desenvolvimento puderam expressar sua preocupação de que suas metas de crescimento fossem excluídas dos acordos ambientais. O PREPCOM que se encarregou das questões institucionais e legais que deveriam constar na conferência foi o segundo, ocorrido em Geneve, em 1991 (GRUBB et al., 2019).

A Conferência Rio-92 reuniu um total de 175 países e tinha como objetivo justamente propor diretrizes para um desenvolvimento econômico alinhado com a preservação ambiental. Seu principal resultado foi a agenda 21 que consistia em uma série de políticas direcionadas à ideia de responsabilidade ambiental, incluindo mudanças no padrão de consumo e tecnologias voltadas à gestão ambiental por parte dos países. Entre os documentos, destaca-se também a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que continha um total de 27 princípios ligados à ideia de desenvolvimento sustentável. Na ocasião foram assinados acordos como a Convenção sobre Desertificação e a Convenção da Biodiversidade, que por terem sido assinados separados contaram com números diferentes de signatários (BARRETO, 2009).

A Conferência Rio-92 possibilitou que os princípios estabelecidos previamente na Conferência de Estocolmo assumissem um caráter muito mais concreto através de uma estrutura formal mais precisa e detalhada. Segundo Le Prestre, a Conferência Rio-92 representou um marco no âmbito institucional, nas palavras do autor “A institucionalização do ambientalismo é talvez agora suficiente para que todo progresso na cooperação não seja mais totalmente dependente das flutuações do interesse público e dos governos” (LE PRESTRE, 2000, p. 199 apud TILIO NETO, 2010).

A Conferência Rio-92 também teve caráter fundamental quando analisadas as instituições em nível nacional, principalmente no que tange a esfera normativa. De acordo com Passos (2009), foi através dessa conferência que os Estados perceberam a necessidade de oferecer uma resposta à demanda social de preservação do meio ambiente através de seus ordenamentos jurídicos. Nas palavras da autora “assim nasceu o direito ao meio ambiente como direito humano, ainda que sem a qualificação expressa de direito fundamental em algumas das Cartas Constitucionais em que foi positivado” (PASSOS, 2009, p. 13).

A discussão em nível internacional também abriu espaço para uma maior troca de informações e conhecimento, o que propiciava melhores perspectivas para criação e difusão de tecnologias voltadas à preservação do meio ambiente. Outra questão importante foi o aumento da participação das organizações não governamentais, que passaram a atuar de forma muito mais presente e incisiva fiscalizando e cobrando decisões e posturas por parte dos Estados (BARRETO, 2009).

A Conferência Rio-92 foi também uma referência para os protocolos e metas nacionais e internacionais que seriam estabelecidos posteriormente. Esse fato é ainda mais relevante quando se consideram as metas de redução de emissão de gases poluentes e sua estreita relação com os incentivos a utilização de fontes de energia menos poluidoras. Nesse aspecto, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) aparece como marco inicial da questão.

Seguindo o modelo da própria Conferência Rio-92, a UNFCCC foi embasada no “princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas”, que em colocava maiores responsabilidades sobre os países desenvolvidos que incluíam desde a disponibilidade para desde a elaboração de planos nacionais até a transferência de recursos tecnológicos e financeiros para países em desenvolvimento. Ao assinar a convenção, os signatários se comprometiam a elaborar uma estratégia global para

proteger o sistema climático para as futuras gerações (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

É válido ressaltar que a UNFCCC não se preocupou em determinar metas ou a forma como os objetivos deveriam ser alcançados, mas sim estabelecer mecanismos que facilitasse as negociações nas discussões futuras sobre quais instrumentos deveriam ser adotados. As metas, que também se guiaram pelo “princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas”, bem como os mecanismos para sua concretização foram traçados no Protocolo de Quioto em 1997 (MOREIRA e GIOMETTI, 2008).

O Protocolo de Quioto foi aprovado durante terceira Conferência das Partes (COP), em meio a intensas discussões, e não contou com a ratificação dos Estados Unidos que exigia metas de redução de emissão de poluentes por parte dos países em desenvolvimento. As negociações sobre a ratificação e a implementação do protocolo seguiram nos anos seguintes na COP 4 em Buenos Aires (1998), COP 5 em Bonn (1999) e COP 6 em Haia (2000).

Os países se dividiram em grupos. A União Europeia se mostrava favorável à implementação do protocolo, enquanto outros países desenvolvidos com alta intensidade de carbono por habitante mostravam dificuldade em reduzir suas emissões, como foi o caso dos Estados Unidos, Canadá e Austrália. Ainda havia aqueles países que demonstravam dificuldade em reduzir suas emissões porque já haviam as reduzido previamente como era o caso do Japão, Nova Zelândia e Noruega. Os países industrializados ex-comunistas se encontravam em situação semelhante devido as reduções nas emissões causadas pelas quedas de suas economias. Entre os países em desenvolvimento, havia um grupo que se mostrava receptivo à criação de metas de redução da taxa de crescimento futuro das emissões, como Coreia do Sul, Singapura, Argentina, Uruguai, Chile e Costa Rica; enquanto outros países como o Brasil, China, Índia, Indonésia e África do Sul se mostravam avessos. Por fim, havia os integrantes da Organização de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) que se mostravam contrários ao protocolo e à ideia de substituição da matriz energética, em decorrências das perdas que sofreriam (MOREIRA e GIOMETTI, 2008).

Após os Estados Unidos se afastar em 2001, a União Europeia tomou a frente e concluiu as negociações. Para que isso fosse possível, houve uma série de concessões que iam desde o reconhecimento de créditos por sequestro de carbono

através do manejo de florestas até a promessa de financiamento aos países emergentes para o desenvolvimento de capacidades institucionais e transferências de tecnologias limpas. Os países que se comprometeram com o financiamento foram Canadá, Noruega, Suíça, Nova Zelândia e Islândia, e ele deveria ser realizado a partir de 2005 (VIOLA, 2002).

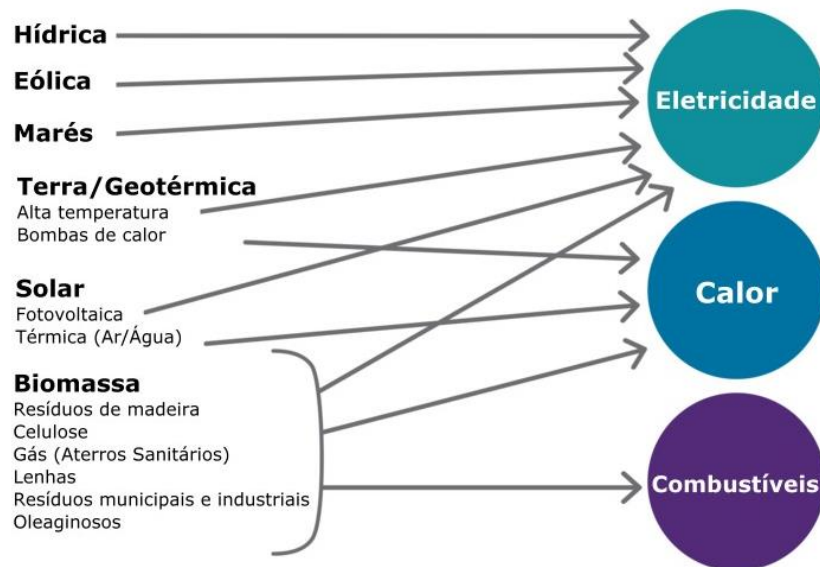
O Protocolo de Quioto que teria validade até 2012, acabou sendo prorrogado até o ano de 2015, sendo substituído pelo Acordo de Paris, que contou com a aprovação de um total de 195 países. O acordo entrou em vigor já no ano seguinte, o que significa que em apenas um ano foi aprovado nos congressos nacionais de mais de 55% das partes. Entretanto, o otimismo inicial foi reduzido com a retirada dos Estados Unidos do acordo em 2017. No âmbito normativo, o Acordo de Paris apresenta evolução em relação ao Protocolo de Quioto e segue sendo debatido na esfera global (DINIZ, 2018).

3.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CENÁRIO INTERNACIONAL

A primeira distinção a ser feita no que tange energia é aquela entre energia renovável e não renovável. São ditas energias renováveis aquelas obtidas a partir de fontes renováveis, alguns exemplos são energia solar, energia eólica, energia geotérmica e energia hidráulica. Enquanto que os principais exemplos de energias não renováveis são a energia nuclear e as advindas de fontes fósseis como o carvão mineral e o petróleo.

Atualmente, a energia produzida é utilizada para basicamente três finalidades: eletricidade, aquecimento e combustíveis. As diferentes fontes de energia se prestam mais ou menos eficientemente para cada uma dessas três finalidades, o que ressalta a importância da diversidade de uma matriz energética renovável. A Figura 5 ilustra a relação entre fontes de energia renováveis e suas aplicações.

Figura 5 – Fontes de energia renováveis e suas aplicações.



Fonte: Portal Energia (2019).

Segundo o *Renewables Global Status Report* de 2019 formulado pelo REN21 (2019), no ano de 2018 o investimento global em energias renováveis ultrapassou o investimento em fontes fósseis e energia nuclear combinados pelo quarto ano seguido. No mesmo ano, cerca de 26% da energia elétrica consumida no mundo provinha de fontes renováveis, assim como 10% da energia utilizada para aquecimento e 3,3% da energia utilizada para transportes. O maior aumento de capacidade instalada ocorreu no setor de energia solar, seguido por energia eólica e energia hidráulica. Em termos de políticas públicas, no ano de 2018, 169 países do mundo contavam com metas nacionais e/ou estaduais ligadas à produção e utilização de energia renovável.

O *IPC Green Inventory* considera todas as patentes de tecnologias consideradas ambientalmente saudáveis com base em diretrizes estabelecidas pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). A classe Energia Alternativa contém as patentes de todas as tecnologias ambientalmente saudáveis relacionadas à energia, e elas podem tanto ser tecnologias voltadas à geração de energia através de fontes renováveis, quanto tecnologias que visam aumentar a eficiência de processos de geração e transmissão de energia visando evitar desperdícios e reduzir os danos ao meio-ambiente. A classe Energia

Alternativa se divide em treze subclasses, e cada uma delas possui códigos definidos pelo IPC a fim de facilitar a busca por patentes ambientalmente saudáveis. O Quadro 2 apresenta as 13 subclasses, bem como os códigos correspondentes a cada uma delas.

Quadro 2 – Subclasses de Produção de Energia Alternativa e seus respectivos códigos pela classificação *IPC Green Inventory*.

(continua)

Subclasses de Produção de Energia Alternativa	Códigos IPC
Biocombustíveis	A01H; C02F 3/28; C02F 11/04; C07C 67/00; C07C 69/00; C10B 53/02; C10G; C10L 1/00; C10L 1/02; C10L 1/14; C10L 1/19; C10L 1/182; C10L 3/00; C10L 5/00; C10L 5/40 – 5/48; C10L 9/00; C11C 3/10; C12M 1/107; C12N 1/13; C12N 1/15; C12N 1/21; C12N 5/10; C12N 9/24; C12N 15/00; C12P 5/02; C12P 7/06 – 7/14; C12P 7/64.
Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	C10L 3/00; F02C 2/28.
Células de combustível	H01M 2/00 – 2/04; H01M 4/86 – 4/98; H01M 8/00 – 8/24; H01M 12/00 – 12/08.
Pirólise ou gaseificação de biomassa	C10B 53/00; C10J.
Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	A62D 3/02; B01D 53/02; B01D 53/04; B01D 53/047; B01D 53/14; B01D 53/22; B01D 53/24; B09B 3/00; C02F 11/04; C02F 11/14; C10J 3/02; C10J 3/46; C10L 5/00; C10L 5/42; C10L 5/44; C10L 5/46 C10L 5/48; D21C 11/00; F23B 90/00; F23G 5/00; F23G 5/027; F23G 7/00; F23G 7/10.

Quadro 2 – Subclasses de Produção de Energia Alternativa e seus respectivos códigos pela classificação *IPC Green Inventory*.

(continuação)

Energia hidráulica	B63H 19/02; B63H 19/04; E02B 9/00 – 9/06; F03B 13/12 – 13/26; F03B 15/00-15/22.
Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	F03G 7/05.
Energia eólica	B60K 16/00; B60L 8/00; B63B 35/00; B63H 13/00; E04H 12/00; F03D 13/00; F03G 7/05.
Energia solar	B60K 16/00; B60L 8/00; C01B 33/02; C02F 1/14; C23C 14/14; C23C 16/24; E04D 13/00; E04D 13/18; C30B 29/06; F02C 1/05; F03D 1/04; F03D 9/00; F03D 13/20; F03G 6/00 – 6/06; F21L 4/00; F21S 9/03; F22B 1/00; F24D 3/00; F24D 5/00; F24D 11/00; F24D 17/00; F24D 19/00; F24S 10/10; F24S 23/00; F24S 90/00; F24V 30/00; F25B 27/00; F26B 3/00; F26B 3/28; G02B 7/183; H01G 09/20; H01L 25/00; H01L 25/03; H01L 25/16; H01L 25/18; H01L 27/30; H01L 27/142; H01L 31/00; H01L 31/078; H01L 31/042; H01L 31/0525; H01L 51/42 – 51/48; H01M 14/00; H02J 7/35; H02S 10/00; H02S 40/44.
Energia geotérmica	H02N 10/00; F01K; F03G 4/00 – 4/06; F03G 7/04; F24F 5/00; F24T 10/00 – 50/00; F25B 30/06.
Outros tipos de produção ou utilização de calor	F24D 11/02; F24D 15/04; F24D 17/02; F24H 4/00; F24T 10/00 -50/00; F24V 30/00 – 50/00; F25B 30/00.

Quadro 2 – Subclasses de Produção de Energia Alternativa e seus respectivos códigos pela classificação *IPC Green Inventory*.

(conclusão)

Utilização de calor residual	C02F 1/16; C10J 3/86; D21F 5/20; F01K 17/00; F01K 23/04; F01K 23/06 – 23/10; F01K 27/00; F01N 5/00; F02C 6/18; F02G 5/00 – 5/04; F03G 5/00 – 5/08; F22B 1/02; F23G 5/46; F24F 12/00; F25B 27/02; F27D 17/00; F28D 17/00 – 20/00.
Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular	F03G 5/00 – 5/08.

Obs: Os valores separados por traço indicam o intervalo de códigos que está sendo considerado.
 Fonte: Elaboração própria com base no *IPC Green Inventory*.

É válido ressaltar que tais tecnologias não são necessariamente excludentes, podendo atuar de forma complementar no processo de geração e transmissão de energia, considerando as diferentes etapas desses processos. Esse fato ficará mais claro com a explanação subsequente a respeito das treze subclasses.

3.2.1 Biocombustíveis

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) conceitua biocombustíveis como “derivados de biomassa renovável”. Esses biocombustíveis podem ser sólidos, líquidos ou gasosos. Os principais exemplos são o etanol (produzido através do milho ou da cana-de-açúcar) e o biogás. Cabe aqui um adendo em relação à utilização de madeira como fonte de energia renovável, embora renovável, a utilização tradicional de madeira de desflorestamento não é considerada ambientalmente saudável.

Segundo o *Renewables Global Status Report* de 2018 do REN21 (2018), os biocombustíveis são atualmente os maiores representantes em termos de energias renováveis no mundo, sendo responsáveis pelo fornecimento de energia para cerca de 13% da demanda global. Entretanto, 8% dessa demanda global é referente ao uso tradicional de biomassa por países em desenvolvimento para cozinhar e aquecer,

enquanto os outros 5% são referentes ao uso moderno de biocombustíveis. No que tange o uso moderno de biocombustíveis, ela cobre cerca de 4% da calefação de edifícios, 6% da demanda industrial, 2% da geração de eletricidade e 3% da demanda de energia para transportes.

Ainda segundo o relatório, a utilização de biocombustíveis para finalidade de aquecimento e transportes tem apresentado baixo crescimento, cerca de 2% e 2,5% ao ano, respectivamente, enquanto que a utilização para eletricidade apresentou crescimento de 11% ao ano. Em termos de transportes, os Estados Unidos e o Brasil seguem como os maiores produtores de biocombustíveis (etanol e biodiesel) tendo sido responsáveis por 69% da produção de biocombustíveis no ano de 2018 (de acordo com o relatório de 2019, que não apresentou grandes alterações em relação ao anterior). Os avanços tecnológicos têm sido feitos a fim de desenvolver biocombustíveis mais avançados visando, por exemplo, o setor de aviação. Quanto à eletricidade, em 2017, a China ultrapassou os Estados Unidos, assumindo a posição de maior produtor de bioeletricidade do mundo e segue na liderança.

No âmbito microeconômico, o relatório salienta, em primeiro lugar, o fato de que a cadeia de suprimentos ligada à produção de biocombustível é mais complexa do que das demais energias renováveis. Isso porque existem inúmeras matérias-primas e processos potenciais a serem utilizados. A respeito de empresas, o relatório cita exemplos particulares em diferentes países como a produtora de amendoim argentina *Prodeman* que utiliza casca de amendoim para gerar biocombustível sólido, ou as americanas *POET* e *Archer Daniel Midland* que atuam na produção de biocombustível líquido.

3.2.2 Ciclo combinado de gaseificação integrada (igcc)

Segundo Rodrigues (2012), o IGCC compreende uma associação de processos que permite gerar vapor d'água, eletricidade e hidrogênio. Nas palavras de Fonseca Filho (2013):

A gaseificação de biomassa possibilita o uso de turbinas a gás para geração de energia elétrica, permitindo também significativa melhoria na eficiência térmica através da recuperação do calor dos gases de exaustão em uma caldeira de recuperação (HRSG, heat recovery steam generator) conectada a um ciclo a vapor, resultando um ciclo combinado. Daí surge a denominação

de Ciclo Combinado com Gaseificação Integrada (IGCC) (FONSECA FILHO, 2013, p.47).

As vantagens ambientais advêm principalmente do fato de que a geração de energia através de ciclo combinado é muito mais eficiente do que aquela obtida em termoelétricas convencionais através de ciclos simples. O ideal é que sejam utilizados insumos renováveis e seja associado a tecnologias de captura de carbono a fim de potencializar a redução de impacto ambiental.

3.2.3 Células de combustível

As células de combustível, também chamadas de células a combustível, consistem em dispositivos que transformam energia química em energia elétrica, com a vantagem de não incorrer em perdas de energia recorrentes nos processos de conversão de combustíveis fósseis. Segundo o Portal Biosistemas Brasil da Universidade de São Paulo (2012), os maiores avanços práticos em termos de células de combustíveis ocorreram através da utilização de hidrogênio como combustível. O principal aspecto das células de combustível é a grande eficiência que elas apresentam na transformação de energia química em energia elétrica e seu baixo impacto ambiental. Há tecnologias envolvendo células combustível cujos processos não envolvem emissão de gases estufa.

Em termos de indústria, há um crescente mercado de veículos de célula a combustível, que era liderado pelos Estados Unidos em 2017. Em relação a capacidade instalada e postos de abastecimento de hidrogênio, destacam-se além dos Estados Unidos, o Japão, a Coreia do Sul e a Alemanha. A China tem realizado investimentos no setor e há a expectativa de que cresça sua participação na indústria nos próximos anos (STAFFELL et al., 2019).

3.2.4 Pirólise ou gaseificação de biomassa

Para entender os processos de pirólise e gaseificação, vale a pena retroceder um pouco e conceituar primeiramente a combustão. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2019), a combustão direta é um processo de transformação de energia química dos combustíveis em calor com a presença de oxigênio. Embora

prático, o processo de combustão direta é bastante ineficiente e os insumos utilizados costumam ter baixa densidade energética.

A gaseificação é o processo pelo qual ocorre a conversão de combustíveis sólidos em gasosos na presença de vapor d'água e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão). Os gases produzidos podem ser utilizados como fonte de energia térmica e elétrica, bem como para a produção de combustíveis líquidos. Já a pirólise é o processo pelo qual um combustível é transformado em outro de melhor qualidade e maior densidade energética através do aquecimento do material na presença de baixa quantidade de ar (ANEEL, 2019). Os processos de pirólise e gaseificação podem ser utilizados de forma complementar, com a pirólise precedendo a gaseificação.

A gaseificação de biomassa ganhou força a partir da década de 90 devido ao aumento da preocupação com a questão das mudanças climáticas. Desde então, os Estados Unidos têm se mostrado tecnologicamente relevante no setor, assim como alguns países da Europa tais como Alemanha e Suécia. Outros países têm se especializado na implementação das tecnologias, como é o caso de Holanda, Itália e Reino Unido (KIRKELS e VERBONG, 2011).

3.2.5 Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas

Consiste no aproveitamento de resíduos de atividades humanas como insumos para a geração de energia. As tecnologias podem envolver a utilização de resíduos de atividades agrícolas, industriais, químicas e até mesmo hospitalares.

Em termos globais, a Europa representa o maior mercado de aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas, ou *Waste-to-Energy* (WTE) e há uma expectativa de aumento do número de plantas de WTE em território europeu nos próximos anos em decorrência da adoção de metas que incentivam a utilização de resíduos para produção de energia elétrica e para aquecimento. Em termos de adição de capacidade instalada, a China tem se destacado, com suas plantas de WTE tendo passado do período de 2007 a 2016 de uma capacidade de processamento de 14 milhões de toneladas de resíduos para 75 milhões de toneladas (ROGOFF e SCREVE, 2019).

3.2.6 Energia hidráulica

A energia hidráulica também pode ser chamada de energia hídrica ou energia hidrelétrica e refere-se à energia cuja fonte utilizada consiste no potencial hidráulico, ou seja, a força das águas. Embora comumente considere-se energia hidráulica aquela provinda dos rios, enquanto tratam da energia das ondas e marés em uma categoria separada, o *IPC Green Inventory* une as duas formas sob o nome de Energia Hidráulica.

O *Renewables Global Status Report* considera energia hidráulica aquela provinda dos rios e analisa as energias das marés em separado. Quanto à energia provinda dos rios, o relatório de 2019 mostrou que a taxa de crescimento de capacidade instalada foi positiva. A China continuou na liderança em termos de crescimento de capacidade instalada, sendo responsável por 35% das novas instalações mundiais no ano de 2018. Atrás de China, estavam Brasil, Paquistão e Turquia. Na esfera microeconômica, as empresas líderes no provimento de tecnologias no setor eram a americana GE, a alemã *Voith Hydro* e a austríaca *Andritz Hydro*.

Em termos de tecnologia, o relatório de 2018 alertava sobre os desafios referentes ao desenvolvimento de projetos mais sustentáveis para o aproveitamento dos recursos hídricos e o aumento da resiliência frente às mudanças climáticas. O relatório de 2019, por sua vez indicou a tendência do aumento do reconhecimento da relevância das hidrelétricas para a combinação de diferentes fontes de energia como a solar e a eólica, propiciando estudos para implementação de sistemas integrados com grande potencial de sinergia.

No que tange a energia das marés, os relatórios de 2018 e 2019 foram bastante similares ao ratificar a importância governamental no desenvolvimento tecnológico do setor, atuando por meio de financiamento direto, coordenação de atividades de pesquisa e instalação de infraestrutura, devido aos altos custos envolvidos no mesmo. Apesar das dificuldades, os relatórios fornecem um parecer otimista, afirmando que o setor em questão começou a construir suas primeiras fábricas em 2017, o que possibilitará uma produção em maior escala e redução dos custos. A exploração das energias das marés tem se dado principalmente na Europa.

Na esfera microeconômica o setor de energia das marés apresentou de um lado indicativo de sucesso tecnológico e progresso em direção a comercialização por

parte dos fabricantes de turbinas, e por outro lado a líder Naval Energy (França) declarou ter encerrado suas atividades relacionadas à energia das marés em julho de 2018 e alegou que focaria nos setores de energia eólica e conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC). Entre as empresas que produziram e instalaram tecnologias de energia das marés ao redor do mundo estavam a Sustainable Marine Energy (Reino Unido), a Schottel Hydro (Alemanha), a Nova Innovation (Reino Unido) e a Orbital Marine Power.

3.2.7 Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)

A geração de energia a partir da conversão térmica oceânica baseia-se na diferença de temperatura na superfície das águas oceânicas em relação às suas profundezas, sendo que quanto maior for essa diferença, maior o potencial gerador de energia. A tecnologia OTEC é uma maneira de aproveitar a energia solar para produzir energia elétrica 24 horas do dia.

Entretanto como o diferencial de temperatura não costuma ser muito alto, ainda é uma tecnologia cara em relação ao seu potencial energético, dificultando sua utilização comercial com base nas tecnologias até então existentes. Outra questão importante é o fator geográfico, como a OTEC é uma forma indireta de utilização da energia solar, a tecnologia é melhor utilizada em lugares com maior incidência de sol, ou seja, regiões tropicais. Tendo em vista que boa parte das tecnologias relacionadas à OTEC estão em fase de desenvolvimento, espera-se que no futuro elas possam ser utilizadas de forma mais ampla e comercial (MELIKOGLU, 2018).

3.2.8 Energia eólica

A energia eólica é aquela obtida através da força dos ventos. Inovações quanto à utilização de energia eólica envolvem desde estruturas para geração de energia elétrica até tecnologias para propulsão de veículos e barcos através da energia eólica.

Segundo o *Renewables Global Status Report* de 2019, a energia eólica tem se caracterizado por apresentar instalações e um mercado estáveis. O aumento da concorrência na produção e o desenvolvimento de mecanismos mais competitivos de compra e venda tem proporcionado queda nos preços. De acordo com o relatório, pelo menos doze países já possuem um mínimo de 10% de seu consumo de energia

elétrica proveniente de energia eólica. No ano de 2018, a China liderou em termos de aumento de número de instalações voltadas à energia eólica, seguida por Estados Unidos, Alemanha, Índia e Espanha.

Em matéria de inovações, o foco tem se dado na projeção de turbinas maiores e mais eficazes que permitam a redução do custo de produção de energia elétrica através da energia eólica. O relatório expõe a importância das metas estabelecidas relacionadas às energias renováveis e à redução da emissão de carbono para o desenvolvimento de tecnologias e instalações voltadas à energia eólica.

Na esfera microeconômica, em 2018, o setor passou por um intenso processo de concentração, com um total de sete empresas deixando a indústria e com dois terços das vendas globais de turbinas tendo sido realizadas por um total de cinco firmas. Na liderança estava a dinamarquesa *Vestas*, com cerca de um quinto do mercado mundial, seguido pela chinesa *Goldwind*, a espanhola *Siemens Gamesa*, a americana GE, e a também chinesa *Envision*.

3.2.9 Energia solar

A maior parte das energias renováveis consistem indiretamente em energia solar. Desse modo, nessa categoria consideram-se apenas as tecnologias ligadas diretamente à energia advinda da radiação solar (luz e calor). As principais tecnologias envolvendo energia solar são as fotovoltaicas (conversão de energia solar em energia elétrica) e as térmicas (aquecimento através da energia solar).

O *Renewables Global Status Report* apresenta um breve relatório para a energia solar fotovoltaica e outro para a energia solar térmica. Segundo o documento de 2018, a energia solar fotovoltaica foi a fonte de energia renovável que apresentou maior instalação de capacidade adicional em 2017, destacando-se a China, país no qual a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica nesse ano se mostrou superior à capacidade adicional instalada globalmente de combustíveis fósseis e energia nuclear somados. Exemplos de países com grande utilização de energia fotovoltaica são: Honduras, Itália, Grécia, Alemanha e Japão. De acordo com o relatório, o setor cresceu significativamente nos últimos anos, tornando-se cada vez mais competitivo e atraindo inclusive empresas de petróleo e gás. Quanto às inovações, os esforços tecnológicos permanecem centrados no aumento da eficiência

e na diminuição dos custos. Cabe ressaltar, entretanto, que a maior parte da demanda continua sendo impulsionada por políticas de governo.

Na esfera microeconômica, as companhias chinesas dominam o mercado, no ano de 2018 sete das dez líderes na produção de tecnologia do setor de energia solar fotovoltaica eram chinesas. A líder de mercado é a empresa *JinkoSolar*, seguida pela *JA Solar* e pela *Trina Solar* (todas chinesas). Dentre as empresas líderes não chinesas, destacam-se a sul coreana *Hanwha Q-CELLS* e americana *First Solar*.

No que tange a energia solar térmica, os avanços tecnológicos obtidos proporcionaram uma redução nos custos que possibilitou torna-la uma concorrente para usinas térmicas de combustíveis fósseis. Em termos de aumento da capacidade instalada, a China liderou, seguida por Turquia, Brasil e Estados Unidos. Além disso, as primeiras plantas de larga escala para utilização de energia solar para aquecimento foram recentemente instaladas na Austrália, França, Quirguistão e Sérvia.

Na esfera microeconômica, a situação em 2018 era similar à do setor de energia solar fotovoltaica, com expressivo domínio de companhias chinesas, tendo a *Sunrise East Group* na liderança, seguida pela *Haier*, a *Jinheng Solar*, a *Five Star* e a *Linuo Paradigma*. Entre as empresas não chinesas líderes, destacam-se as alemãs *Bosch*, *Viessmann* e *Vaillant*, a grega *Dimas*, a polonesa *Hewalex*, e as espanholas *BDR Thermea*, *Delpaso Solar* e *Termicol*.

3.2.10 Energia geotérmica

A energia geotérmica utiliza o calor proveniente do interior da Terra. Há grande potencial para geração de energia geotérmica em zonas de intrusões magmáticas onde a temperatura é muito maior. As principais tecnologias no que tange energia geotérmica estão relacionadas à utilização do calor geotérmico e à produção de energia mecânica através de energia geotérmica.

Segundo o *Renewables Global Status Report*, a Indonésia e a Turquia foram responsáveis por três quartos da nova capacidade instalada de energia geotérmica no mundo no ano de 2017 e dois terços da nova capacidade instalada em 2018. Houve o surgimento de uma série de projetos principalmente na Europa e na China, e como exemplos de países que utilizam energia geotérmica podem ser citados Chile, Islândia, Honduras, México, Estados Unidos, Japão, Portugal e Hungria.

Em termos de inovações, o relatório afirma que o alto risco dos projetos ligados à exploração de energia geotérmica continua atuando como barreira a sua instalação, de tal forma que os esforços inovativos estão centrados em desenvolver tecnologias que permitam reduzir os riscos e os custos da instalação e operacionalização das plantas de exploração desse tipo de energia. Foi constatada insuficiência de apoio governamental para o setor, o que tem levado a busca de financiamento em agências internacionais e bancos de desenvolvimento.

Essa necessidade de financiamento também causou o surgimento de organizações voltadas especificamente para a realização de investimentos no setor de energia geotérmica, como é o caso da *Geothermal Development Facility for Latin America* (GDF) fundada em 2016. A tecnologia geotérmica de ciclo binário tem se mostrado dominante em parte significativa do mercado, o relatório aponta como principais fornecedores dessa tecnologia as empresas *Ormat Technologies* (Estados Unidos), *Exergy* (Itália) e *Turboden* (Itália).

3.2.11 Outros tipos de produção ou utilização de calor

Esta subclasse compreende basicamente tecnologias relacionadas a bombas de calor. As bombas de calor têm a função de transferir energia térmica de um local com menor temperatura para um lugar de maior temperatura (atuando na direção oposta do que seria o fluxo natural do calor), proporcionando, assim, o resfriamento ou aquecimento de ambientes.

Segundo o *Renewables Global Status Report*, a bomba de calor atua de forma 100% renovável desde que seja acionada por eletricidade renovável e utilize fonte renovável de calor para o seu funcionamento. Tendo em vista que, atualmente, o aquecimento é gerado predominantemente via fontes fósseis, as bombas de calor representam um importante conjunto de tecnologias capaz de substituir energia não renovável por energia renovável.

No mercado global, há um predomínio das bombas de calor que utilizam fonte de ar, seguida pelas bombas de calor que utilizam fonte de calor subterrâneo. Em termos de países, o maior mercado de bomba de calor é a China, seguida por Estados Unidos e a Europa como um todo, onde destacam-se França, Itália e Espanha.

No âmbito microeconômico, o setor é dominado por grandes empresas como *Carrier* (Estados Unidos), *Daikin* (Japão), *Johnson Controls*, *Mitsubishi* (Japão), *Nibe*

e *Stiebel-Eltron* (Alemanha), que tem demonstrado uma tendência de expansão de suas linhas de produtos. No ano de 2018, ocorreram importantes fusões e aquisições no setor, como o caso da *Stiebel-Eltron* que adquiriu a sueca *Thermia Heat Pumps*, e a *Daikin* que adquiriu o grupo australiano *AHT*. A indústria ainda conta com inúmeras pequenas e média empresas que atuam na fabricação, instalação e manutenção das bombas de calor.

3.2.12 Utilização de calor residual

Os processos de produção implicam perda de energia térmica, causando a redução da eficiência desses processos. Tecnologias voltadas à utilização desse calor residual visam aumentar a eficiência, aproveitando a energia que seria perdida no processo e transferindo-a e/ou transformando-a para que seja utilizada em outros dispositivos.

Diferentes indústrias apresentam diferentes níveis de calor residual, um estudo feito por *JOUHARA et al. (2018)* para o Reino Unido revelou que os setores com maior quantidade de calor residual eram os de cimento, cerâmica, ferro e aço, refinarias, fabricação de vidro, produtos químicos, papel e celulose e indústrias de alimentos e bebidas. Alguns exemplos de grandes firmas atuando na indústria de sistemas de utilização de calor residual são a dinamarquesa *Exodraft*, a sueca *Alfa Laval*, a japonesa *Toshiba*, as alemãs *Siemens* e *Bosch*, a italiana *Turboden* e as americanas *GE* e *Gulf Coast Environmental Systems*.

3.2.13 Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular

Essa subclasse envolve tecnologias ligadas à geração de energia através do movimento muscular humano ou animal. Muitas dessas tecnologias estão ligadas a dispositivos de condicionamento físico. O setor em si está em fase de desenvolvimento e suas tecnologias são extremamente diversificadas.

Segundo o estudo de *Choi, Lee e Jeon (2017)*, espera-se que no futuro a indústria se desenvolva em duas direções principais, uma ligada a dispositivos mais leves e de baixa potência, e outra ligada a dispositivos de alta potência para carregar dispositivos móveis como laptops e celulares. Os autores ainda argumentam que tais

tecnologias serão de grande importância em atividades das forças armadas, mas que para o desenvolvimento de apetrechos que sejam confortáveis e eficientes é preciso o desenvolvimento e aperfeiçoamento de uma série de tecnologias que vão desde a criação de materiais mais leves e resistentes até a miniaturização de circuitos de conversão.

4 METODOLOGIA

A pesquisa apresenta elementos quantitativos e qualitativos, considerando, como exposto por Apolinário (2012), que a natureza da pesquisa consiste mais em uma dimensão contínua com duas polaridades extremas do que duas categorias isoladas, sendo raras pesquisas exclusivamente quantitativas ou qualitativas. Entretanto, em decorrência da complexidade intrínseca ao processo inovativo, a metodologia adotada encontrar-se mais próxima ao polo qualitativo do espectro, considerando a elevada importância do contexto histórico na análise das trajetórias inovativas.

A primeira parte do estudo tem caráter empírico e utilizou dados secundários para a elaboração dos indicadores tecnológicos e realização da análise *shift-share*, comparando os resultados encontrados para os vinte países que mais consomem energia no mundo. Após a realização do debate acerca dos resultados encontrados nessa primeira parte, foi selecionado o país cuja trajetória inovativa na área de energias renováveis se destacou dos demais, para a realização de um estudo de caso. Esse estudo de caso foi apresentado na segunda parte do trabalho e foi construído com base em pesquisas anteriores, relatórios e fontes estatísticas nacionais e internacionais, além de outros documentos e sites oficiais. A finalidade do estudo de caso é compilar e analisar informações para buscar compreender o papel das instituições nacionais na trajetória inovativa traçada pelo país de destaque.

As seções subsequentes contêm maiores informações a respeito da metodologia adotada para o estudo tanto quantitativo e qualitativo. A primeira seção trata de variáveis, base de dados e período de tempo utilizados. A segunda descreve os indicadores tecnológicos que serão calculados e apresenta o método de análise *shift-share*. Enquanto a terceira detalha os procedimentos utilizados para o estudo qualitativo.

4.1 VARIÁVEIS, BASE DE DADOS E PERÍODO DE TEMPO

A variável utilizada tanto para o cálculo dos indicadores quanto para a análise *shift-share* foi *número de patentes registradas*. Segundo Archibugi e Pianta (1996), a utilização de patentes para mensurar mudança tecnológica tem uma série de vantagens como, por exemplo, a disponibilidade dos dados. Dados referentes a patentes são de acesso público e estão disponíveis em quantidade considerável e para um longo período de tempo. Além disso, as patentes são resultado direto do processo inovativo com fim comercial, e já que a adoção de patente implica em gasto de tempo e custos, espera-se que os agentes econômicos que as solicitam irão, de fato, utilizar as tecnologias protegidas em processos produtivos. Como os dados referentes a patentes são disponibilizados em categorias, isso permite não apenas mensurar as atividades inovativas, mas também analisar a direção que elas estão percorrendo, indicando quais setores estão apresentando maior progresso técnico.

As desvantagens intrínsecas à utilização de dados de patentes estão principalmente associadas ao fato de que o número de patentes pode não captar todas as inovações. Isso ocorre em razão de que algumas inovações não são patenteáveis, como, por exemplo, os softwares, e também porque os agentes podem optar por proteger suas inovações através de outras ferramentas, como a utilização de segredos industriais (ARCHIBUGI e PIANTA, 1996). Zucoloto (2010) soma a isso a ideia de que, para determinados setores, a inovação pode ocorrer majoritariamente através da aquisição de tecnologias, sendo menos comum a criação e proteção delas.

As inovações em energias renováveis costumam ser tecnicamente patenteáveis e centradas em áreas que têm uma maior tradição em patenteamento, como a química, citada no próprio estudo de Zucoloto (2010) como exemplo de campo com alto grau de utilização de patenteamento como forma de proteção das inovações. Esse fator diminui os possíveis problemas advindos da utilização de patentes para mensuração de mudança tecnológica.

A respeito das inovações por meio da aquisição de tecnologias, cabe a percepção de que mesmo que essa forma de inovação possa representar vantagens para os processos evolutivo e concorrencial das firmas, isso não garante vantagens quando os agentes econômicos analisados são países. Uma trajetória inovativa nacional no campo das energias renováveis que fosse caracterizada pela aquisição de

tecnologias poderia estar facilmente associada a uma dependência tecnológica externa. Sendo assim, em decorrência do caráter estratégico do setor de energia e da peculiaridade de que a análise será feita no âmbito internacional, o foco do estudo está nas inovações que são criadas e protegidas pelas nações, e não naquelas que são adquiridas.

De qualquer forma, faz-se necessário observar as limitações do uso de dados de patentes para trabalhar trajetórias inovativas e reconhecer o caráter imperfeito dos indicadores tecnológicos construídos utilizando esse tipo de informação. Tendo isso claro, os dados foram coletados da plataforma livre PATENTSCOPE do *World Intellectual Property Organization* (WIPO) que contém registros de patentes de escritórios do mundo inteiro. A plataforma permite a pesquisa por termos de busca e códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC). Para montar a base de dados foi utilizada a classificação *IPC Green Inventory*, a classe utilizada foi a de Produção de Energia Alternativa e o grau de detalhamento será o das 13 subclasses contidas em Produção de Energia Alternativa.

Os dados foram coletados para o período 1992-2018, sendo dividido em dois intervalos de treze anos e meio, para os vinte países que mais consomem energia no mundo, que no ano de 2015 eram: China, Estados Unidos, Índia, Rússia, Japão, Brasil, Alemanha, Canadá, Irã, Indonésia, França, Coreia do Sul, Nigéria, Reino Unido, México, Arábia Saudita, Itália, Turquia, Austrália e Espanha, nessa ordem. A escolha se justifica tanto pelo elevado impacto gerado pelo consumo dessas nações no mundo, quanto pelos crescentes investimentos que algumas delas têm realizado em energias renováveis nos últimos tempos.

Os indicadores tecnológicos foram calculados para ambos os intervalos de tempo e a análise *shift-share* também utilizou tais períodos. A escolha do período tem como fator prioritário o fornecimento de indicadores e de uma análise atual das trajetórias inovativas em energias renováveis. Para tanto, tomou-se como ponto de partida o ano no qual foi realizada a Conferência Rio-92, que conforme visto anteriormente, representou um marco no debate global sobre mudanças climáticas e conseqüentemente sobre uso de fontes de energia renováveis.

4.2 ANÁLISE EMPÍRICA: OS INDICADORES TECNOLÓGICOS E MÉTODO *SHIFT-SHARE*

Segundo Urraca-Ruiz (2008), o indicador de vantagem tecnológica revelada (VTR) é utilizado para mensurar a especialização tecnológica de determinada região j em um dado setor i . Através do VTR é possível detectar fortalezas tecnológicas, verificando os setores nos quais o país apresenta vantagem tecnológica relativa. O VTR pode ser representado algebricamente através da Equação (1).

$$VTR_{ij} = \frac{\frac{P_{ij}}{\sum_i P_{ij}}}{\frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}}} \quad (1)$$

O subscrito j indica o país, enquanto o subscrito i indica a subclasse do *IPC Green Inventory*. Sendo assim, P_{ij} é o número de patentes do país j na subclasse i ; $\sum_i P_{ij}$ corresponde ao total de patentes do país j em energias renováveis; $\sum_j P_{ij}$ compreende a soma das patentes mundiais na subclasse i ; $\sum_i \sum_j P_{ij}$ representa o total de patentes mundiais em energias renováveis. Um VTR_{ij} superior a 1 indica que a participação das patentes da subclasse i no total de patentes do país j é superior à participação das patentes da subclasse i no total de patentes mundiais. Em outras palavras, uma VTR_{ij} superior a 1 indica especialização do país j na subclasse i . De acordo com Urraca-Ruiz (2008), a taxa de variação da VTR_{ij} entre os períodos consiste em um segundo indicador capaz de captar mudanças nas estruturas tecnológicas nacionais.

O nível de oportunidade tecnológica (OT), representado pela Equação (2) possibilita a identificação dos campos em que há maior apropriabilidade. Isso porque um maior nível de patenteamento indica uma maior possibilidade de exploração da área tecnológica (URRACA-RUIZ, 2008; FEITOSA, 2016).

$$OT_i = \frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}} \quad (2)$$

Tanto $\sum_j P_{ij}$, quanto $\sum_i \sum_j P_{ij}$, apresentam o mesmo significado exposto anteriormente. Urraca-Ruiz (2008) afirma que a taxa de variação da OT_i entre os

períodos representa um segundo indicador denominado grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica, que possibilita identificar setores que contaram com uma maior possibilidade de exploração de “janelas de oportunidades”. Dessa forma, consideram-se dinâmicas as subclasses cuja taxa de variação da OT_i entre os períodos for positiva, e estagnadas aquelas subclasses cuja taxa de variação da OT_i entre os períodos for negativa.

Para avaliar a dinâmica de especialização e “desespecialização” dos países entre os períodos, Urraca-Ruiz (2008) propõe a utilização de um índice de persistência (IP), apresentado em sua forma algébrica na Equação (3), e de um índice de mobilidade (IM), representado pela Equação (4).

$$IP = \frac{C_{if}}{C_t} \quad (3)$$

$$IM = 1 - IP \quad (4)$$

Na Equação (3), C_{if} representa o número de subclasses em que o país manteve a especialização nos dois períodos; e $C_t = C_i + C_{if} + C_f$, em que C_i corresponde ao número de subclasses nas quais o país era especializado no período inicial, e C_f compreende o número de subclasses nas quais o país era especializado no período final. Os índices IP e IM variam entre 0 e 1. Quando o IP assume valor 1, o IM é 0, indicando que a especialização se manteve a mesma nos dois períodos e, portanto, a persistência é máxima. Quando o IP assume valor 0, o IM é 1, indicando que a especialização mudou completamente entre os dois períodos e, portanto, a mobilidade é máxima.

A fim de melhor compreender os padrões de persistência e mobilidade encontrados através dos índices IP e IM, será calculado o coeficiente de correlação entre a VTR_{ij} inicial e a variação da participação do país j no total de patentes mundiais na subclasse i , bem como o coeficiente de correlação entre a VTR_{ij} final e a variação da participação do país j no total de patentes mundiais na subclasse i . De acordo com Urraca-Ruiz (2008), quando o primeiro assume valor positivo, indica que há determinismo na direção da mudança tecnológica, ou seja, há persistência e cumulatividade, enquanto que quando o segundo é positivo, indica que a trajetória da atividade inovadora determina o padrão de especialização.

O índice de semelhança (IS) é utilizado para mensurar o grau de similaridade das estruturas tecnológicas de dois países diferentes e pode ser representado algebricamente através da Equação (5).

$$IS_{jk} = \sum_i |s_{ij} - s_{ik}| \quad (5)$$

Em que, s_{ij} representa a participação da subclasse i no total de patentes do país j e s_{ik} corresponde à participação da subclasse i no total de patentes do país k . O índice assume valores entre 0 e 2. Quanto mais próximo de 2, maior o grau de diferença entre as estruturas tecnológicas e quanto mais próximo de 0, maior o grau de similaridade, sendo que $IS_{jk} = 0$ implica em estruturas tecnológicas idênticas.

O Quadro 3 apresenta de forma sintética os nomes de todos os indicadores tecnológicos que serão utilizados no estudo, bem como suas representações algébricas.

Quadro 3 – Indicadores tecnológicos utilizados no estudo.

(continua)

Indicador	Representação algébrica
Vantagem tecnológica revelada	$VTR_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_i P_{ij}} \bigg/ \frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}}$
Taxa de variação da vantagem tecnológica revelada	$\frac{\Delta VTR_{ij}}{VTR_{ij} \text{ inicial}} * 100$
Nível de oportunidade tecnológica	$OT_i = \frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}}$
Grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica	$\frac{\Delta OT_i}{OT_i \text{ inicial}} * 100$
Índice de persistência	$IP = \frac{C_{if}}{C_t}$
Índice de mobilidade	$IM = 1 - IP$

Quadro 3 – Indicadores tecnológicos utilizados no estudo.

(conclusão)

Coeficiente de correlação entre a VTR_{ij} inicial e a variação da participação do país j no total de patentes mundiais na subclasse i .	$\text{corr}(VTR_{ij}^{t-1}, \Delta p_{ij})$ $= \frac{\text{cov}(VTR_{ij}^{t-1}, \Delta p_{ij})}{dp(VTR_{ij}^{t-1}) * dp(\Delta p_{ij})} *$
Coeficiente de correlação entre a VTR_{ij} final e a variação da participação do país j no total de patentes mundiais na subclasse i .	$\text{corr}(VTR_{ij}^t, \Delta p_{ij}) = \frac{\text{cov}(VTR_{ij}^t, \Delta p_{ij})}{dp(VTR_{ij}^t) * dp(\Delta p_{ij})}$
Índice de semelhança	$IS_{jk} = \sum_i s_{ij} - s_{ik} $

*Em que $p_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_j P_{ij}}$; o sobrescrito $t - 1$ indica período inicial, o sobrescrito t indica período final, e Δ indica variação, cov indica covariância e dp indica desvio padrão.

Fonte: Elaboração própria com base em Urraca-Ruiz (2008) e Feitosa (2016).

A análise *shift-share*, também conhecida como análise de decomposição estrutural, é um método de análise de mudança estrutural normalmente utilizado em estudos de comércio internacional e/ou dinâmica tecnológica. Quando utilizado em estudos voltados à tecnologia, como os de Laursen (1999), Urraca-Ruiz (2008) e Feitosa (2016), permite que a variação na participação de um dado país no total de patentes mundiais seja analisada através de três efeitos: *technology share effect* (efeito quota tecnológica), *structural technology effect* (efeito tecnológico estrutural) e *technology adaptation effect* (efeito tecnológico de adaptação).

O efeito quota tecnológica permite verificar a parcela da variação na participação do país no total de patentes mundiais que se deve ao dinamismo geral de sua atividade patenteadora, assumindo que o peso de cada subclasse se mantenha constante entre os dois períodos. Ou seja, verifica-se o crescimento (ou decréscimo) da quota de patentes ao se considerar a estrutura idêntica em ambos os períodos.

O efeito tecnológico estrutural permite verificar a parcela da variação na participação do país no total de patentes mundiais que se deve ao dinamismo (ou

estagnação) das subclasses nas quais o país se encontrava especializado no período inicial. Assim, verifica-se o crescimento (ou decréscimo) da quota de patentes originado pela “adequada” (ou “inadequada”) estrutura de especialização tecnológica do país.

O efeito tecnológico de adaptação permite verificar a parcela da variação na participação do país no total de patentes mundiais decorrente de seus movimentos de entrada e saída de subclasses dinâmicas e estagnadas, e pode ser dividido em dois efeitos: *technology growth adaptation effect* (efeito adaptação de crescimento tecnológico) e *technology stagnation adaptation effect* (efeito adaptação de estagnação tecnológica). O primeiro mensura a parcela de crescimento (ou decréscimo) da quota tecnológica advinda da entrada (ou saída) do país em subclasses dinâmicas. O segundo quantifica a parcela de crescimento (ou decréscimo) da quota tecnológica decorrente da saída (ou entrada) do país de subclasses estagnadas.

A Equação (6) apresenta o modelo matemático com os três efeitos, sendo que: (i) efeito quota tecnológica; (ii) efeito tecnológico estrutural; (iii) efeito tecnológico de adaptação:

$$\Delta p_j = \underbrace{\sum_i (\Delta p_{ij} o_i^{t-1})}_{(i)} + \underbrace{\sum_i (p_{ij}^{t-1} \Delta o_i)}_{(ii)} + \underbrace{\sum_i [\Delta p_{ij} \Delta o_i]}_{(iii)} \quad (6)$$

Matematicamente, o efeito tecnológico de adaptação pode ser dividido da seguinte forma:

$$\sum_i [\Delta p_{ij} \Delta o_i] = \sum_i \left[\Delta p_{ij} \frac{(\Delta o_i + |\Delta o_i|)}{2} \right] + \sum_i \left[\Delta p_{ij} \frac{(\Delta o_i - |\Delta o_i|)}{2} \right] \quad (7)$$

De forma que se pode descrever matematicamente os efeitos de forma completa através da Equação (8):

$$\Delta p_j = \underbrace{\sum_i (\Delta p_{ij} o_i^{t-1})}_{(i)} + \underbrace{\sum_i (p_{ij}^{t-1} \Delta o_i)}_{(ii)} + \underbrace{\sum_i \left[\Delta p_{ij} \frac{(\Delta o_i + |\Delta o_i|)}{2} \right]}_{(iii)} + \underbrace{\sum_i \left[\Delta p_{ij} \frac{(\Delta o_i - |\Delta o_i|)}{2} \right]}_{(iv)} \quad (8)$$

$$p_j = \frac{\sum_i P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}} \quad (9)$$

$$p_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_j P_{ij}} \quad (10)$$

$$o_i = \frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}} \quad (11)$$

Em que, $t - 1$ indica período inicial e t , período final; Δ simboliza variação entre os dois períodos; p_j representa a participação do país j no total de patentes mundiais, Equação (9); p_{ij} corresponde à participação do país j no total de patentes mundiais na subclasse i , Equação (10); e o_i compreende a participação da subclasse i no total de patentes mundiais, Equação (11). Repare que a Equação (7) não passa de um artifício matemático para separar os efeitos, pois como Δo_i é positivo para as subclasses dinâmicas e negativo para as subclasses estagnadas, o primeiro termo da equação apresenta somente as subclasses dinâmicas, enquanto o segundo termo apresenta somente as subclasses estagnadas, a divisão por 2 é apenas para voltar ao valor original do efeito que se encontra somado por ele mesmo.

4.3 ANÁLISE INSTITUCIONAL: UMA BREVE DESCRIÇÃO DO PILAR REGULATIVO CHINÊS

Esta parte fará uma análise panorâmica do ambiente institucional na China, uma vez que este país tem se destacado nos aspectos comerciais e inovativos das tecnologias ambientais no período mais recente, com base no Capítulo 3 e na Seção 5.1 do presente estudo. O foco central da análise institucional será o pilar regulativo, através da análise de políticas públicas e legislação. A opção por centrar a análise no pilar regulativo se deu em detrimento da maior disponibilidade de dados e estudos ligados a esse pilar institucional e à possibilidade de através dele abordar os demais pilares que são metodologicamente mais complexos de serem analisados. Como a divisão institucional em pilares é uma divisão analítica, as modificações na esfera regulativa manifestam em certa medida as modificações nas esferas normativa e cognitiva.

Inicialmente é apresentada a maneira como se estruturam as tomadas de decisão pelo governo chinês, a hierarquia das políticas públicas e do aparato legislativo, bem como as regiões administrativas do país. Na sequência é realizada uma breve síntese sobre fatores iniciais que levaram a China a criar legislações e políticas públicas voltadas às energias renováveis.

A respeito da legislação, é realizada uma explanação e análise da Lei de energias renováveis de 2005, maior referência em termos regulativos para a área de energia renovável no país e um grande marco no aparato legislativo relacionado ao meio-ambiente. A análise da lei é mesclada com alguns estudos realizados para o país, a fim de perceber em que medida a norma tem sido aplicada e quais os possíveis entraves ou facilidades provocados por ela.

Quanto às políticas públicas, o trabalho analisa os três últimos planos quinquenais chineses (11^o, 12, 13^o), que compreendem o período de 2006 a 2020, e que são os que tratam explicitamente de questões referentes às energias renováveis. Os planos quinquenais apresentam o planejamento geral do governo para os anos seguintes e, portanto, mostram-se significativos tendo em vista que indicam os assuntos que têm se mostrado relevantes para a China e facilita a compreensão da trajetória que o país tem realizado.

5 RESULTADOS

Neste capítulo constam os resultados do estudo, e eles estão divididos em duas seções. A primeira seção apresenta e analisa os resultados para os indicadores e análise *shift-share* dos vinte países que mais consomem energia no mundo. Enquanto a segunda seção se trata de um estudo do ambiente institucional do caso de destaque, a China.

5.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS INDICADORES PARA OS VINTE PAÍSES QUE MAIS CONSOMEM ENERGIA NO MUNDO

No 1^o período (01/1992 a 06/2005) o número total de tecnologias registradas pelos 20 países maiores consumidores de energia no mundo foi de 784.764, enquanto no 2^o período (07/2005 a 12/2018) esse valor foi de 2.183.034, mais que o dobro do

número registrado no período inicial. No que tange à área de energias renováveis, os registros do mesmo grupo de países passaram de 46.952 no primeiro período para 140.677 no segundo, apresentando um crescimento superior daquele constatado para a atividade patenteadora geral dos países. Considerando que a quebra que separa o período total analisado corresponde ao ano de 2005, o maior crescimento na atividade patenteadora ligada ao campo de energias renováveis em relação ao crescimento geral do patenteamento pode estar relacionado com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto ocorrido no ano em questão.

Conforme visto anteriormente, o nível de oportunidade tecnológica representa um maior nível de patenteamento e está relacionado a uma maior possibilidade de apropriabilidade. A Tabela 1 apresenta o nível de oportunidade tecnológica de cada uma das subclasses nos dois períodos analisados e seus respectivos graus de dinamicidade, enquanto o Quadro 4 apresenta as 13 subclasses em ordem decrescente em termos de nível de oportunidade tecnológica.

Tabela 1 – Nível de oportunidade tecnológica e grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica das subclasses.

(continua)

Subclasse	Nível de oportunidade tecnológica		Grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica
	1º período	2º período	
Biocombustíveis	0.576	0.384	-33.38%
Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	0.006	0.008	27.32%
Células de combustível	0.126	0.172	36.72%
Pirólise ou gaseificação de biomassa	0.011	0.014	29.07%
Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	0.083	0.071	-13.98%
Energia hidráulica	0.012	0.024	93.30%
Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	0.0002	0.0004	110.27%
Energia eólica	0.022	0.023	3.37%
Energia solar	0.1150	0.237	105.76%

Tabela 1 – Nível de oportunidade tecnológica e grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica das subclasses.

			(conclusão)
Energia geotérmica	0.021	0.029	36.36%
Outros tipos de produção ou utilização de calor	0.004	0.006	68.98%
Utilização de calor residual	0.023	0.031	33.96%
Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular	0.0001	0.0004	176.54%

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4 – Classificação segundo o nível de oportunidade tecnológica em ordem decrescente para os dois períodos analisados.

1º Período	2º Período
Biocombustíveis	Bicombustíveis
Células de combustível	Energia solar
Energia solar	Células de combustível
Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas
Utilização de calor residual	Utilização de calor residual
Energia eólica	Energia geotérmica
Energia geotérmica	Energia hidráulica
Energia hidráulica	Energia eólica
Pirólise ou gaseificação de biomassa	Pirólise ou gaseificação de biomassa
Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)
Outros tipos de produção ou utilização de calor	Outros tipos de produção ou utilização de calor
Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)
Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado, em ambos os períodos a subclasse Bicombustíveis aparece como detentora do maior nível de oportunidade tecnológica, o que significa na prática, que essa subclasse foi a que apresentou maior percentual de patenteamento dentro dos registros totais da classe. A Energia solar subiu no ranking, aparecendo como a segunda maior área em termos de patentes no segundo período, evidenciando que o crescimento do setor não ocorreu somente em termos comerciais, mas também em termos tecnológicos. Em contrapartida, a Energia eólica que era a sexta colocada em termos de nível de oportunidade tecnológica foi ultrapassada pelas subclasses Energia geotérmica e Energia hidráulica.

As subclasses detentoras dos menores níveis de oportunidade tecnológica são justamente aquelas cujo desenvolvimento de tecnologias ainda se encontra em fase incipiente como é o caso da Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC) e do Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular, enquanto que aquelas que apresentaram melhores resultados detêm uma série de tecnologias já consolidadas. Os resultados demonstram que a consolidação de trajetórias específicas permite a geração de inovações que se beneficiam de fatores de cumulatividade. Considerando a natureza cumulativa do conhecimento, é de se esperar que áreas que apresentam um histórico maior de esforço inovativo apresentem uma maior base de conhecimento para inovar.

Além de questões referentes ao conhecimento base, Malerba (2002) chamou atenção para a importância dos aspectos institucionais nas condições de apropriabilidade. Aqui é possível considerar não somente a possibilidade de que áreas como Biocombustíveis e Energia solar detenham instituições reguladoras, incentivos e estruturadas de mercado melhor desenvolvidos do que setores como OTEC, mas também que a própria criação simbólica e legitimação normativa estejam mais desenvolvidas nessas áreas através principalmente de debates e discursos mais alinhados e recorrentes. A coevolução da base de conhecimento, das tecnológicas e das instituições, internas e externas às organizações, se autoreforçam através de processos de *path-dependence*, solidificando as trajetórias das subclasses.

Por outro lado, áreas nas quais o desenvolvimento ainda está em fase incipiente apresentam um leque de possíveis caminhos pelos quais se inovar. Nesse sentido, o grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica captura a possibilidade da exploração de “janelas de oportunidade”, setores em que o nível de oportunidade

cresceu de um período para o outro. Só duas subclasses apresentaram grau de dinamicidade negativo e, portanto, foram consideradas subclasses estagnadas, Biocombustíveis e Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas. É importante atentar para o fato de que uma subclasse considerada estagnada não implica no fato de que não haja mais avanços a serem realizados, como visto anteriormente há um grande esforço em pesquisas para desenvolver biocombustíveis para o setor aeronaves.

A subclasse que apresentou o maior grau de dinamicidade foi a de Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular, seguida por Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC), justamente os setores que tem se desenvolvido tecnologicamente mais recentemente e cujos produtos e processos começam agora a ser criados e patenteados. Para se ter uma ideia, o setor Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC) apresentou apenas 7 patentes registradas no primeiro período e um total de 58 registradas no segundo, enquanto os registros da OTEC foram de 10 patentes no primeiro período, contra 63 no segundo. É importante ressaltar que como havia poucas patentes registradas no primeiro período, o aumento no segundo período, embora não tenha sido tão amplo em termos absolutos, como foi alto em termos relativos acaba impulsionando o indicador de grau de dinamicidade para cima.

A subclasse Energia solar que havia se mostrado uma das principais em termos de nível de oportunidade tecnológica, aparece como a terceira mais relevante em termos de grau de dinamicidade. Em outras palavras, não apenas há uma grande expectativa de apropriabilidade das inovações realizadas, como também há grande possibilidade de realização de inovações, configurando a subclasse como uma “janela de oportunidade” com grandes expectativas de retorno. O acentuado aumento no nível de oportunidade de um período para o outro na área de Energia solar pode ser um indicativo de importantes avanços na base de conhecimento e/ou nas condições institucionais. E a redução nos custos de produção e implantação das tecnologias e a expansão do mercado, vistas nos relatórios anteriormente, comprovam que os avanços inovativos realizados e protegidos através de patentes têm se convertido em novos produtos e processos comercializáveis e lucrativos.

Em ordem decrescente em termos de grau de dinamicidade, na sequência de Energia solar, tem-se Energia Hidráulica, Outros tipos de produção ou utilização de calor, Células de combustível, Energia geotérmica, Utilização de calor residual,

Pirólise ou gaseificação de biomassa, Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC), Energia eólica, Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas e Biocombustíveis. Apesar de perder duas posições em termos de nível de oportunidade tecnológica de um período para o outro, o setor Energia eólica não apresentou um grau de dinamicidade negativo e, portanto, foi considerado um setor dinâmico, sendo a subclasse com menor grau de dinamicidade positiva. Mais uma vez, o resultado encontrado para Energia eólica pode indicar que não tenha ocorrido grandes avanços no conhecimento base e nas instituições ligadas à área.

Quando analisada a participação dos países no número de patentes de energias renováveis, como apresentado na Tabela 2, o domínio tecnológico americano sobre os demais é visível. No 1º período os Estados Unidos eram responsáveis por cerca de 48% de todos os registros de patentes dos países analisados pelo estudo. No segundo período, esse número caiu para 30,25%, principalmente em decorrência do aumento do nível de patenteamento registrado pelos países asiáticos. Enquanto o número de patentes americanas cresceu menos que o dobro de um período para o outro, as patentes japonesas se mostraram quase 7 vezes maiores, as sul coreanas mais de 12 vezes e as chinesas mais de 17 vezes superiores do que se comparadas com os próprios números registrados no 1º período. O Japão passou de uma participação de 12,32% no primeiro período para uma de 26,93% no segundo, aproximando-se dos Estados Unidos.

Tabela 2 – Participação dos países no número de patentes de energias renováveis totais do grupo.

(continua)

País	Participação dos países nas patentes do grupo	
	1º período	2º período
Alemanha	13.320%	11.214%
Arábia Saudita	0	0
Austrália	0.034%	0.219%
Brasil	0.211%	0.493%
Canadá	3.721%	2.788%
China	1.125%	6.595%
Coreia do sul	1.606%	6.507%
Espanha	0.835%	1.293%
Estados unidos	48.024%	30.247%
França	5.282%	4.869%
Índia	0.501%	0.874%

Tabela 2 – Participação dos países no número de patentes de energias renováveis totais do grupo.

(conclusão)

Indonésia	0.004%	0.031%
Irã	0.004%	0.013%
Itália	1.540%	1.695%
Japão	12.323%	26.933%
México	0.132%	0.159%
Nigéria	0.002%	0.001%
Reino unido	7.838%	3.938%
Rússia	0.920%	0.670%
Turquia	0.034%	0.219%

Fonte: Elaboração própria.

Como destaques negativos apareceram os países membros da OPEP, o que já se era esperado considerando a postura adotada por tais Estados diante de políticas globais relacionadas à mitigação de mudanças climáticas e mudanças na matriz energética. A Arábia Saudita não registrou nenhuma patente ligada a energias renováveis durante todo o período analisado, enquanto a Nigéria registrou 2 e o Irã 20. E mesmo outros grandes produtores de petróleo não integrantes da OPEP como Canadá e Rússia apresentaram queda na participação, que já não era expressiva, no número de patentes ligados a energias renováveis, enquanto o primeiro caiu de 3,7% para 2,8%, o segundo passou de 0,9% para 0,7%. Com trajetórias diferentes, apresentam-se Indonésia e Turquia que apresentavam baixo número de patentes no primeiro período demonstram significativo avanço, com o primeiro passando de 2 para 44 patentes registradas e o segundo passando de 16 para 308.

Conforme visto anteriormente, firmas e países que apresentam vantagem em um paradigma já estabelecido, como poderia ser encarado o caso desses países produtores de petróleo, tendem a apresentar um comportamento de inércia à mudança, em detrimento das grandes perdas que uma alteração de paradigma poderia causar. Nesse sentido, o resultado obtido para o Canadá, a despeito do histórico posicionamento favorável do país em relação às questões de preservação ambiental em debates interacionais, não é incoerente. Conforme visto anteriormente em Unruh e Carillo-Hermosilla (2006), firmas e países que detêm interesse na manutenção de um paradigma de energia fóssil, podem tentar conciliar seus

interesses às preocupações ambientais através de trajetórias alternativas como aquelas relacionadas a tecnologias de captura de carbono.

Ao desagregar os dados para as 13 subclasses é possível perceber que os Estados Unidos apresentam destaque nas mais diversas tecnologias ligadas a energias renováveis. No 1º período, o país aparecia como líder tecnológico em 12 das 13 subclasses, a única exceção era Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular, que era dominado pela Coreia do Sul. Na área de Biocombustíveis, subclasse mais participativa no total de patentes americanas, o país detinha mais da metade do total de registros de patentes dos países analisados. No setor de Energia hidráulica, no qual o país liderava com menor percentual de participação (27,54%), mesmo assim apresentava uma participação bastante superior à da segunda colocada Alemanha (14,48%).

Com exceção de Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC), subclasse na qual o Reino Unido aparecia como segundo país tecnologicamente mais relevante, nas demais subclasses a segunda posição era ocupada por Alemanha ou Japão. A Alemanha aparecia como segundo país mais relevante em um total de nove subclasses (Biocombustíveis, Ciclo combinado de gaseificação integrada, Pirólise ou gaseificação de biomassa, Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas, Energia hidráulica, Energia eólica, Energia solar, Energia geotérmica e Utilização de calor residual), enquanto o Japão aparecia nas outras três. A terceira maior participação em todas as subclasses no 1º período também sempre pertenceu a um desses três países.

No 2º período os Estados Unidos perderam a liderança tecnológica em três setores, tendo sido ultrapassado pelo Japão nas subclasses Células de combustível e Energia solar e pela Alemanha na subclasse Utilização de calor residual. A Coreia do Sul também perdeu a liderança da subclasse Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular, tendo sido ultrapassada pela China, que também desbancou o Japão da posição de segundo mais relevante em termos de patentes de Outros tipos de produção ou utilização de calor. A ascensão de China, Japão e Coreia do Sul no ranking de países mais representativos em termos de patentes em cada uma das subclasses é bastante notável e será melhor explicitada posteriormente na análise *shift-share*.

No 1º período a subclasse Biocombustíveis era a mais expressiva nas patentes de cada um dos países analisados no estudo, representando mais da metade das

patentes registradas pelo país em energias renováveis em doze dos países. Para se ter uma ideia, 64,28% das patentes americanas registradas em energias renováveis eram referentes a Biocombustíveis, na Índia esse percentual foi de 84,26%. Mesmo nos países que apresentaram uma distribuição mais equilibrada de patentes entre os setores, como Japão, Alemanha e Coreia do Sul, o percentual de patentes ligadas na área de Biocombustíveis foi elevada, 40,29%, 47,27% e 48,94% respectivamente.

No 2º período o quadro foi diferente, o setor de Biocombustíveis perdeu participação no total de patentes de cada um dos países e deixou de ser a subclasse mais representativa em quatro deles. Na Coreia do Sul, o setor de Células de combustível passou a ser a mais participativa nas patentes coreanas, compreendendo 27,95% de todas as patentes do país em energias renováveis. Nos casos de Japão, Itália Turquia foi o setor de Energia solar quem dominou as patentes, assumindo a primeira posição em termos de participação com 29,55%, 29,19% e 24,32% respectivamente. Em três desses países, a subclasse não apenas perdeu a liderança, mas caiu para terceira colocação. O segundo setor mais participativo nas patentes japonesas do 2º período foi Células de combustível, enquanto nas coreanas foi Energia solar, e nas turcas Energia hidráulica.

A subclasse Energia solar ganhou participação nas patentes de todos os países analisados do 1º para o 2º período, com exceção da Turquia. No caso turco, as patentes em energia solar cresceram e ultrapassaram as de Biocombustíveis como visto anteriormente, a perda de participação da subclasse de um período para o outro se deve unicamente à maior diversificação da atividade patenteadora turca em energias renováveis.

Como visto anteriormente, o VTR (Apêndices A e B) foi o indicador utilizado para encontrar as subclasses nas quais os países apresentavam especialização. É válido ressaltar que um VTR superior a 1 não indica necessariamente que o país seja tecnologicamente superior naquela subclasse em relação aos demais, mas sim que o percentual de participação da subclasse em questão nas patentes do país é superior do que a participação da subclasse nas patentes totais do grupo de países. É mais nítido visualizar isso quando se analisa, por exemplo, os resultados encontrados para os Estados Unidos, que apesar de liderarem 12 dos 13 setores no primeiro período, apresentavam VTR superior à unidade em apenas dois deles (Biocombustíveis e OTEC). Caso semelhante é o do Japão, que apesar da clara ascensão do 1º para o

2º período, teve uma queda do número de subclasses no qual era considerado especializado de 9 para 2 (Energia solar e Células de combustível).

Olhando os números de ambos os países, fica claro que o número menor de subclasses nos quais eles registraram VTR superior à unidade do que outros países como, por exemplo, Brasil (com 6 subclasses no primeiro período e 8 no segundo) não significa de forma alguma que Japão e Estados Unidos tenham desvantagens perante o Brasil, mas apenas que eles estão apresentando forte especialização em setores específicos. Japão e Coreia do Sul ficaram empatados como os dois países com maior número de subclasses nas quais se encontravam especializados no 1º período, e foram os únicos países que registraram queda no número de subclasses nas quais se encontravam especializados. Esses resultados indicam uma intensificação da especialização desses países, enquanto outros países como a Turquia, que registrava poucas patentes concentradas em poucos setores, viu seu número de subclasses nas quais detinha especialização aumentar de um período para outro, refletindo, na verdade, uma maior diversificação da atividade inovativa.

Quando analisada a taxa de variação do VTR (Apêndice C) alguns resultados interessantes são encontrados. Conforme visto anteriormente, houve um aumento da especialização japonesa em Energia solar, com a subclasse se tornando a mais representativa nas patentes japonesas no 2º período e o Japão assumiu a liderança tecnológica do setor, embora a liderança produtiva e comercial esteja com a China. Apesar disso, a taxa de variação do VTR para essa subclasse no Japão foi negativa, o que indica perda de vantagem tecnológica revelada de um período para o outro. Esse resultado é um reflexo do crescimento da participação da subclasse Energia solar nas patentes entre outros dos países e prova que o aumento da concorrência no setor não ocorreu apenas na esfera produtiva e comercial, mas também na esfera inovativa. Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular foi outro setor cujos países que se apresentavam especializados tiveram taxa de variação do VTR negativa, principalmente em razão do aumento da competitividade tecnológica no setor que ainda está se desenvolvendo.

O índice de persistência médio dos países analisados, excluindo Arábia Saudita, Nigéria e Indonésia, foi de 0,24, apresentando, portanto, um índice de mobilidade médio de 0,76. O resultado indica alta mobilidade, em outras palavras, os países apresentaram mudanças significativas em seus padrões de especialização tecnológica em energias renováveis de um período para o outro. O país com o maior

IP foi a Coreia do Sul, mas mesmo assim apresentou um índice de apenas 0,30. A Coreia do Sul foi seguida por Itália e Alemanha. No outro lado do espectro, encontra-se a Turquia com o menor IP (0,14), seguida pelo Japão com 0,15. Países como Estados Unidos e China tiveram resultados próximos à média geral, 0,25 e 0,26 respectivamente. Os resultados do IP e dos coeficientes de correlação entre a variação na participação no total de patentes do país e o VTR inicial e entre a variação na participação no total de patentes do país e o VTR final constam na Tabela 3.

Tabela 3 – Índice de persistência, coeficiente de correlação entre a variação na participação no total de patentes do país e o VTR inicial e coeficiente entre a variação na participação no total de patentes do país e o VTR final.

País	Coeficiente de correlação entre a variação na participação total de patentes e o		Índice de persistência
	VTR inicial	VTR final	
Alemanha	0.234	0.299	0.291666667
Arábia Saudita	-	-	-
Austrália	0.069	0.048	0.272727273
Brasil	-0.067	-0.057	0.277777778
Canadá	-0.494	0.168	0.210526316
China	-0.080	0.004	0.260869565
Coreia do sul	-0.001	0.416	0.304347826
Espanha	0.027	0.080	0.214285714
Estados unidos	-0.276	-0.333	0.25
França	-0.103	0.019	0.222222222
Índia	-0.047	-0.065	0.2
Indonésia	-0.928	-0.035	0
Irã	-0.884	0.061	0.166666667
Itália	0.117	0.412	0.291666667
Japão	0.337	0.405	0.153846154
México	-0.239	-0.023	0.266666667
Nigéria	-0.736	0.736	0
Reino unido	-0.056	0.110	0.210526316
Rússia	0.160	0.194	0.291666667
Turquia	-0.326	0.054	0.142857143

Fonte: elaboração própria.

A característica de baixa persistência é ratificada pelos resultados do coeficiente de correlação entre a variação na participação no total de patentes do país

e o VTR inicial, que se mostrou positivo para apenas seis países. Isso significa que a especialização tecnológica de apenas seis países entre todos os analisados se guiava por fatores de cumulatividade (Japão, Alemanha, Rússia, Itália, Austrália e Espanha, em ordem decrescente). A baixa persistência não surpreende ao considerar o fato de que o expressivo investimento em energias renováveis é algo relativamente recente, que o campo passou por mudanças estruturais como a ascensão da indústria de Energia solar e que diversos setores têm suas tecnologias ainda em fases iniciais de desenvolvimento como o de Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular e o de OTEC.

Como pode ser observado, apesar do Japão ter demonstrado o segundo menor índice de persistência, apresentou o mais elevado coeficiente de correlação entre o VTR inicial e a variação na participação no total de patentes do país, indicando presença de cumulatividade. O caso japonês é melhor compreendido ao analisar os coeficientes de correlação entre o VTR final e a variação na participação no total de patentes do país, que quando positivo indica que a trajetória da própria atividade inovadora determina o padrão de especialização. Este coeficiente para o Japão se mostrou positivo e superior ao coeficiente de correlação entre o VTR inicial e a variação na participação total de patentes do país, tendo sido o terceiro mais alto. Isso significa que o padrão de especialização tecnológica japonês se guia tanto por fatores de cumulatividade quanto por fatores relacionados à própria atividade inovadora, mas este último se sobressai. O ocorrido com o Japão se repete para os demais cinco países que apresentaram indícios de influência de fatores de cumulatividade na determinação de trajetórias tecnológicas.

Todos os demais países apresentaram apenas o coeficiente de correlação entre o VTR final e a variação na participação no total de patentes do país positivos, com exceção de México, Indonésia, Brasil, Índia e Estados Unidos. Para esses últimos países, ambos os coeficientes se mostraram negativos, não sendo possível, portanto, determinar nem que seus padrões de especialização tecnológica são guiados por fatores de cumulatividade, nem que eles são guiados pelo próprio rumo das atividades inovadoras.

A proximidade dos padrões de especialização tecnológica e das trajetórias tecnológicas de Japão e Coreia do Sul é ratificada pelo resultado do índice de semelhança. Em ambos os períodos, a Coreia do Sul apareceu como um dos cinco países com estrutura tecnológica mais similares à do Japão e vice-versa, sendo que

a proximidade de especialização tecnológica dos países aumentou entre os períodos. No 2º período, o Japão era o país com estrutura tecnológica mais similar à Coreia do Sul e vice-versa. Junto a esses dois países, junta-se a Alemanha que em ambos os períodos apresentou Coreia do Sul e Japão entre os cinco países com os quais mais se assemelhava.

Estados Unidos e China se aproximaram em termos de estruturas tecnológicas. Enquanto no 1º período, a China era o quinto país com maior similaridade em relação aos Estados Unidos, no 2º período, o país era o terceiro mais similar, atrás de Canadá e Reino Unido. Já no caso chinês, os Estados Unidos passaram de oitavo para quarto país com estrutura tecnológica mais próxima à chinesa, atrás de Reino Unido, França, Austrália e Espanha. Junta-se a esses dois países, o Reino Unido que em ambos os períodos se mostrou tecnologicamente similar a ambos.

Enquanto Estados Unidos, China e Reino Unido apresentaram uma alta participação dos Bicombustíveis nas patentes registradas no 1º período, para Alemanha, Coreia do Sul e Japão essa participação foi muito inferior, com os setores de Energia solar e de Células de combustível tendo um destaque maior no 1º período em comparação ao destaque que tinham nos demais países. Como visto anteriormente, o setor de Energia solar ganhou participação em todos os países, mas para Coreia do Sul e Japão essa variação foi bastante acentuada, só perdendo para a Espanha.

Após a análise dos indicadores, uma análise *shift-share* é capaz de analisar a variação da participação de um país no total de patentes do grupo através de diferentes efeitos. Essa análise é útil para melhor compreender as mudanças competitivas ocorridas na área como um todo, principalmente no que tange mudanças nas lideranças de setores e ganhos e perdas de espaço geral nas indústrias. A Tabela 4 apresenta os resultados da análise *shift-share*.

Tabela 4 – Análise *shift-share*.

País	Efeito quota tecnológica	Efeito tecnológico estrutural	Efeito adaptação de crescimento tecnológico	Efeito adaptação de estagnação tecnológica
Alemanha	-0.03179	0.01577	-0.01177	0.00673
Arábia Saudita	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Austrália	-0.01071	0.00173	-0.00379	0.00160
Brasil	0.00366	-0.00010	0.00018	-0.00092
Canada	-0.00606	-0.00054	-0.00256	-0.00017
China	0.05580	0.00060	0.01057	-0.01226
Coreia do sul	0.04258	0.00098	0.01192	-0.00647
Espanha	0.00447	-0.00029	0.00112	-0.00073
Estados unidos	-0.13998	-0.02968	-0.03207	0.02397
França	-0.00318	-0.00202	-0.00025	0.00133
Índia	0.00518	-0.00100	0.00072	-0.00117
Indonésia	0.00034	-0.00001	0.00003	-0.00009
Irã	0.00010	-0.00001	0.00002	-0.00002
Itália	0.00027	0.00135	-0.00011	0.00004
Japão	0.11776	0.01731	0.03219	-0.02116
México	0.00043	-0.00014	0.00007	-0.00010
Nigéria	-0.00002	-0.00001	0.00000	0.00001
Reino unido	-0.03773	-0.00542	-0.00536	0.00951
Rússia	-0.00251	0.00134	-0.00137	0.00005
Turquia	0.00140	0.00014	0.00044	-0.00013

Fonte: elaboração própria.

O efeito quota tecnológica, relacionado a mudanças referentes à atividade patenteadora geral do país na área, foi o maior responsável tanto pelas variações negativas quanto pelas variações positivas em todos os países analisados, com exceção da Itália. Como a área como um todo é relativamente recente, com diversos setores em fases iniciais de desenvolvimento, o efeito quota tecnológica ser o principal responsável pelas mudanças ocorridas não é uma surpresa. Os resultados fornecem também indícios de que os países que investiram no desenvolvimento de tecnologias ligadas ao campo de energias renováveis apresentaram considerável esforço inovativo em todos os setores, enquanto que aqueles que não priorizaram a área demonstraram igualmente fraco ou nulo esforço inovativo em todas as subclasses. Uma análise aprofundada dos países poderia relacionar esse desempenho a fatores

institucionais como adesão a tratados internacionais, pressão de grupos sociais de interesse, legislações internas e políticas públicas na área ambiental e energética como um todo.

Conforme dito anteriormente, a Itália foi o único país cujo efeito quota tecnológica não foi o maior responsável pela variação na sua participação no total de patentes. No caso do aumento de participação italiana, prevaleceu o efeito tecnológico estrutural, relacionado à uma adequada especialização inicial do país, em outras palavras, significa que a Itália se encontrava, no período inicial, especializada em subclasses que mostraram acentuado dinamismo. No período inicial a Itália era especializada em um total de seis subclasses dinâmicas, incluindo Energia solar e Energia hidráulica que apresentaram alguns dos mais altos graus de dinamicidade tecnológica.

A partir de um grupo de vinte países analisados, oito apresentaram perda de participação nas patentes totais entre os dois períodos: Nigéria, Rússia, França, Canadá, Austrália, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos. Em todos esses países o efeito quota tecnológica se mostrou negativo e mais expressivo que os demais efeitos, o que indica queda no dinamismo geral da atividade patentadora do país. A respeito disso, um importante aspecto a ser ressaltado é que a perda de participação de um dado país pode estar relacionada ao aumento da atividade patentadora dos demais, e não propriamente a um declínio da sua atividade patentadora interna. Os Estados Unidos exemplificam a questão, embora o país tenha sido aquele que registrou a maior variação negativa da participação no total de patentes, como visto anteriormente, ele permaneceu na liderança da maioria dos setores no 2º período.

Entretanto, nem todos os casos se assemelham ao americano, o Canadá e o Reino Unido, por exemplo, chegaram a registrar queda no número absoluto de patentes em Células de combustível e Biocombustíveis, respectivamente. No ranking de países mais participativos em termos de patentes de energias renováveis, o Canadá foi ultrapassado em um total de oito subclasses das treze, de um período para o outro. O caso britânico é ainda mais expressivo, o Reino Unido foi ultrapassado em doze subclasses (mesmo número da Rússia), sendo Energia hidráulica o único setor no qual manteve a mesma posição. Em Biocombustíveis e Energia eólica, o país chegou a perder quatro posições. Mesmo a competitiva Alemanha perdeu posições em um total de seis subclasses (mesmo número da França), sendo que em OTEC

despencou de terceiro para sexto colocado, e o país só teve ganho de posição em Utilização de calor residual.

Embora não tenha registrado perdas absolutas no número de patentes, o caso mais expressivo é o da Austrália. O país perdeu posições em todas as subclasses, sendo que a única em que o país perdeu apenas uma posição foi Pirólise ou gaseificação de biomassa. A queda mais acentuada foi na subclasse Energia eólica, na qual o país perdeu 7 posições, caindo de quarto para décimo primeiro colocado.

Dentre os países que apresentaram variação positiva na participação no total de patentes mundiais, os países asiáticos se destacaram mais uma vez. O Japão liderou, seguido por China e Coreia do Sul, tanto em termos de variação positiva na participação das patentes totais, quanto em termos de efeito quota tecnológica, demonstrando terem sido os países com maior dinamismo na atividade geral patenteadora em energias renováveis.

O Japão apresentou a maior variação positiva na participação no total de patentes em metade das subclasses, e no ranking de países mais representativos, o país ascendeu em oito das treze subclasses, tendo sido ultrapassado somente em Outros tipos de produção ou utilização de calor e Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular, pela China.

A China, por sua vez, apresentou a maior variação positiva na participação no total de patentes em cinco subclasses, e no ranking dos países mais representativos, ascendeu em todos os setores. Os números chineses são expressivos, entre os dois períodos analisados, o país ganhou sete posições em Energia hidráulica, seis posições em Biocombustíveis, Pirólise ou gaseificação de biomassa, Energia eólica e Energia solar, e cinco posições em Células de combustível e Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas. Além de ter assumido a liderança em Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular, subclasse na qual o país detinha 43,10% das patentes mundiais no segundo período.

A Coreia do Sul registrou a maior variação positiva na participação no total de patentes da subclasse Energia eólica, e no ranking dos países mais representativos, ascendeu em todos os setores, com exceção de Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular, no qual foi ultrapassado pela China. Entre os dois períodos analisados, a Coreia do Sul chegou a ganhar seis posições em Energia eólica, assumindo o terceiro lugar, e cinco posições em Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas e Energia solar.

Os resultados indicarem que países que são historicamente referências em questões ambientais apresentaram trajetórias tecnológicas que os fizeram perder espaço em relação aos países asiáticos é algo que merece atenção. O fato dos países europeus apresentarem legislações e políticas públicas amplamente consideradas referência em termos de questões ambientais, mas estarem perdendo espaço na esfera inovativa para China, Japão e Coreia do Sul fornece importantes indícios para levantar questões sobre como e quanto as instituições e políticas públicas tem sido capazes de impulsionar avanços na esfera tecnológica.

Na sequência dos países asiáticos, aparecem Espanha, Índia e Brasil, entretanto, com desempenhos bastante inferiores se comparados aos três asiáticos. A Espanha, por exemplo, apesar de ter ascendido em um total de nove subclasses, ganhou no máximo duas posições em relação ao que tinha. A Índia ascendeu em dez subclasses no ranking, com destaque para Energia hidráulica na qual ganhou quatro posições. Enquanto que o Brasil ganhou posição em quatro subclasses, mas perdeu posição em oito, sendo que tanto nas subclasses nas quais avançou, quanto nas quais recuou, a mudança de posição não foi tão acentuada, consistindo na maioria dos casos em apenas uma posição de diferença.

Os países que apresentaram efeito tecnológico estrutural negativo e, portanto, apresentaram uma especialização “inadequada” no período inicial foram todos países nos quais a subclasse estagnada Biocombustíveis representava mais do que 50% das patentes registradas pelo país. Eram eles: Espanha, Índia, Brasil, Indonésia, México, Irã, Nigéria, França, Canadá, Reino Unido e Estados Unidos. Nos demais países, esse efeito se mostrou positivo. Dentre os que apresentaram efeito tecnológico estrutural positivo, o Japão se destacou mais uma vez, seguido pela Alemanha.

A respeito do efeito tecnológico de adaptação, um fato chama a atenção, os países que apresentaram efeito adaptação de crescimento tecnológico positivo, apresentaram efeito adaptação de estagnação tecnológica negativos, e vice-versa. Como o primeiro mensura o aumento ou diminuição de participação em setores dinâmicos e o segundo mensura o aumento ou diminuição de participação em setores estagnados, esse resultado demonstra que os países que aumentaram sua participação no total de patentes internacionais fizeram isso tanto em setores dinâmicos quanto estagnados, assim como os que perderam participação. Em síntese, o resultado confirma o que outros indicadores já davam indícios, os países que cresceram competitivamente na área de energias renováveis apresentaram

crescimento geral em todas as subclasses, da mesma forma que os países que perderam espaço na área, perderam espaço nas subclasses em geral.

Os países que apresentaram efeito adaptação de crescimento tecnológico positivo, em ordem decrescente de amplitude, foram Japão, Coreia do Sul, China, Espanha, Índia, Turquia, Brasil, México, Indonésia, Irã e Nigéria. Para todos esses países, a combinação dos ganhos registrados em cada subclasse dinâmica com seus respectivos graus de dinamicidade foi de maior amplitude que as perdas registradas pelo país em subclasses dinâmicas. No outro lado do espectro, os países que apresentaram efeito adaptação de crescimento tecnológico negativo, em ordem decrescente de amplitude, foram Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido, Austrália, Canadá, Rússia, França e Itália.

Conforme dito anteriormente, os países que apresentaram efeito adaptação de crescimento tecnológico positivo, apresentaram efeito adaptação de estagnação tecnológica negativo, e vice-versa. Assim sendo, os Estados Unidos apresentaram o maior efeito adaptação de estagnação tecnológica positivo, sendo, portanto, o país que mais perdeu participação no total de patentes de subclasses estagnadas. Enquanto isso, o Japão apresentou o mais amplo efeito de adaptação de estagnação tecnológica negativo, caracterizando-se como o país que mais aumentou sua participação em subclasses estagnadas. Exceções são o Canadá que apresentou ambos os efeitos negativos, indicando aumento de participação em setores estagnados e diminuição de participação em setores dinâmicos, e a Nigéria que apresentou os dois efeitos positivos. No caso canadense, embora o país tenha perdido participação na subclasse estagnada Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas, não foi o suficiente para compensar o ganho de participação em Biocombustíveis. Já no caso nigeriano, o país registrou apenas uma patente em cada um dos períodos, sendo a do período inicial em Biocombustíveis e a do período final em Energia geotérmica, o que explica o resultado.

Somando os dois efeitos, o resultado representa o efeito tecnológico de adaptação, que quando positivo indica que considerando os aumentos e diminuições de participação nos setores dinâmicos e estagnados, o país apresentou uma adaptação favorável, enquanto um resultado negativo, indica que o país não se adaptou de forma a favorecer os setores dinâmicos em relação aos estagnados. Os países a apresentarem efeito tecnológico de adaptação positivo foram Japão, Coreia do Sul, Espanha, Turquia, Nigéria, França e Reino Unido. Desconsiderando a Nigéria,

em decorrência da quase nula atividade patenteadora do país, os demais países seriam os que teriam dirigido suas trajetórias tecnológicas de modo a melhor aproveitar as janelas de oportunidade.

Traçando um paralelo com (CARLSSON et al., 2002), pode-se dizer que esses países tenham demonstrado maior capacidade seletiva. Entretanto, cabe reforçar, que conforme visto anteriormente, que a característica marcante da área de energias renováveis constatada a partir da análise *shift-share* é que as diferentes subclasses tendem a evoluir em conjunto nos países. Em resumo, os países que apresentaram maior evolução, evoluíram na área de energias renováveis como um todo. Sendo assim, o caso da China se mostra mais relevante de ser analisado do que o da Turquia, por exemplo.

Um relatório publicado em 2014 pela *Pew Research Center*, intitulado *Who's Winning the Clean Energy Race?*, já apontava a China como líder mundial esperada do mercado de energias renováveis para os próximos anos. Os argumentos se baseavam tanto no crescimento do mercado doméstico chinês e ampliação das políticas de acesso à energia, quanto na capacidade produtiva do país e nas metas nacionais ligadas à área de energias renováveis, que no relatório eram definidas como inigualáveis. A China liderava em termos de investimentos em energias renováveis, com destaque para as áreas de Energia eólica e Energia solar que demonstravam números expressivos de investimento e um crescimento acelerado (PEW RESEARCH CENTER, 2014).

Os resultados aqui encontrados corroboram com as expectativas do relatório. Japão, Coreia do Sul e China demonstraram clara superioridade em termos de evolução de um período para o outro no que tange inovações em energias renováveis, e passaram a assumir posições de destaque, ultrapassando nações tidas tradicionalmente como referência na área, como a Alemanha. Conforme visto anteriormente, a China além de ter se destacado em termos de patenteamento, tem se destacado na comercialização de tecnologias de energias renováveis, principalmente ligadas à energia solar. Por essas razões, a China foi o país escolhido para a realização do estudo de caso.

5.2 O AMBIENTE INSTITUCIONAL DA CHINA

As decisões políticas chinesas são, no geral, centralizadas e a maioria de seus planos e metas traçados são em nível nacional. Segundo Yao, Li e Steemers (2005), as políticas de meio ambiente e energia chinesas podem ser hierarquizadas em três diferentes categorias de acordo com suas características e nível de impacto. No topo da hierarquia estariam as diretrizes e regras gerais formuladas pelo governo central, são essas regras que servem de base para as outras duas categorias. O mais importante plano dessa categoria são os chamados Planos Quinquenais que contêm todas as diretrizes e objetivos do país para os próximos cinco anos. A categoria intermediária também é de responsabilidade do governo central e está relacionada a objetivos e planos de desenvolvimento. Enquanto que a última categoria, estaria a cargo dos governos locais, as políticas formuladas nessa esfera teriam finalidade mais prática e específica.

Em termos legislativos, o governo chinês define o sistema empregado como unificado e multinível. A função de criar e modificar leis está a cargo do Congresso Nacional e do seu Comitê Permanente. O Comitê Permanente pode promulgar e alterar qualquer lei, exceto as chamadas leis básicas, que devem ser promulgadas pelo Congresso Nacional. Quando o Congresso Nacional não estiver em sessão, o Comitê Permanente também tem liberdade para revisar e complementar leis promulgadas pelo Congresso Nacional, contanto que não implique em alterações aos princípios básicos das leis. Quaisquer leis e regulamentações nacionais tem prioridade em relação às demais. Os governos locais chineses podem formular estatutos, regulamentos e leis de acordo com suas necessidades específicas, desde que não entrem em conflito com a constituição chinesa e sejam encaminhados ao Congresso Nacional para registro. Classificam-se como governos locais, os governos municipais, provinciais e de regiões autônomas que se encontrem diretamente atrelados ao governo central. Além dessas regiões, há duas regiões classificadas como regiões administrativas especiais. O Quadro 5 apresenta as regiões administrativas chinesas e suas respectivas classificações (CHINA, 2014).

Quadro 5 – Regiões administrativas chinesas, suas respectivas classificações e número de habitantes (10.000 pessoas).

(continua)

Região	Classificação	População	Região	Classificação	População
Beijing	Município	2173	Hebei	Província	7520
Mongólia Interior	Região Autônoma	2529	Jilin	Província	2717
Shanghai	Município	2418	Zhejiang	Província	5657
Fujian	Província	3911	Shandong	Província	10006
Hubei	Província	5902	Guangdong	Província	11169
Hainan	Província	926	Sichuan	Província	8302
Yunnan	Província	4801	Shaanxi	Província	3835
Qinghai	Província	598	Xinjiang	Região Autônoma	2445
Macao	Região Administrativa Especial	64,8	Shanxi	Província	3702
Tianjin	Município	1557	Heilongjiang	Província	3789
Liaoning	Província	4269	Anhui	Província	6255
Jiangsu	Província	8029	Henan	Província	9559
Jiangxi	Província	4622	Guangxi	Região Autônoma	4885
Hunan	Província	6860	Guizhou	Província	3580
Chongqing	Município	3075	Gansu	Província	2626
Tibet	Região Autônoma	337	Hong Kong	Região Administrativa Especial	739,2
Ningxia	Região Autônoma	682			

Fonte: China (2018a)

Segundo Yao, Li e Steemers (2005), até a década de 70, o foco das políticas chinesas era o combate à fome e às doenças, o meio-ambiente aparece oficialmente pela primeira vez no aparato institucional chinês quando é inserido na constituição do país de 1978. A constituição chinesa de 1982 manteve um artigo voltado ao meio-ambiente, que não foi alterado pela última modificação constitucional ocorrida no ano de 2018. O artigo que trata do meio-ambiente segue o modelo geral da constituição chinesa, sendo curto e pouco específico, como pode ser visto:

Article 26

(1) The state protects and improves the living environment and the ecological environment, and prevents and remedies pollution and other public hazards.

(2) The state organizes and encourages afforestation and the protection of forests (CHINA, 2018b).

Huang et al. (2016) realizaram um estudo para entender quais os principais fatores que levaram a China a se tornar líder no setor de Energia solar. De acordo com os autores, o primeiro incentivo não veio de mudanças institucionais internas, mas sim externas. O debate na década de 90 sobre questões ambientais fez com que países desenvolvidos iniciassem uma série de mudanças em seus regulamentos internos no que tange à energia, criando um mercado em potencial para tecnologias ligadas à exploração de fontes renováveis. No estudo, os autores realizaram entrevistas com representantes de empresas de tecnologia fotovoltaica chinesas, incluindo o empresário Jifan Gao da *Trina Solar*, umas das empresas pioneiras no ramo, fundada em 1997, que confirmaram que o incentivo inicial foi a percepção de que a energia renovável viria a substituir em grande parte as energias fósseis no mundo, e que os investimentos no setor vinham originalmente do capital acumulado pelas próprias firmas.

Em 1999, as energias renováveis apareceram como um dos campos-chave no Guia para a industrialização de alta tecnologia, formulado pelo governo chinês. A entrada oficial da China na Organização Mundial do Comércio (OMC) em 2001 teve importância fundamental para o desenvolvimento da produção de tecnologias fotovoltaicas chinesas, pois diminuiu as barreiras comerciais que o país enfrentava e possibilitou que as firmas do país tivessem acesso a um crescente mercado mundial no ramo. A partir desse ano a indústria de tecnologias relacionadas ao campo de

energia renovável passou a receber maior atenção das autoridades chinesas. A importância da produção e utilização de energia renovável em território chinês apareceu pela primeira vez no Décimo Plano Quinquenal (2001–2005). Nesse mesmo período, a tecnologia fotovoltaica foi incluída em três importantes programas nacionais de pesquisa: Programa Nacional de Pesquisa Básica da China, Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Alta Tecnologia da China, e Plano Nacional de Ciência e Tecnologia (HUANG et al., 2016).

Nos anos seguintes foi verificado um expressivo aumento nos gastos em P&D e no número de organizações que realizavam pesquisas no setor, bem como no número de patentes registradas, indicando ampliação da estrutura de conhecimento tecnológico. Países ocidentais começaram a realizar investimentos no mercado chinês de energia solar, tanto no que tange capital, quanto suporte tecnológico. Internamente, o governo lançou em 2002 o programa “Entregando eletricidade ao campo” que tinha como objetivo estender a rede de eletricidade para vilas rurais que ainda não tinham acesso ao serviço, o programa contava com usinas hidrelétricas de pequeno porte e utilização de energia solar e eólica, e foi implementado nas regiões de Tibete, Xinjiang, Qinghai, Gansu, Shaanxi, Mongólia Interior e Sichuan (HUANG et al., 2016).

Ainda no período que abrangia o Décimo Plano Quinquenal, outra modificação institucional externa exerceu acentuada influência no campo de energias renováveis da China, foi a Lei de Fontes de Energia Renovável que entrou em vigor no ano de 2004 na Alemanha. Essa lei oferecia incentivos ao uso de fontes renováveis para fornecimento de energia elétrica no país, e foi seguida por uma série de políticas semelhantes em outros países europeus. Essas mudanças provocaram um aumento acentuado da demanda por produtos ligados à implementação de estruturas para utilização de energia renovável. A correlação entre o crescimento da capacidade instalada no setor de Energia solar na Europa e o crescimento da produção de células fotovoltaicas chinesas deixa clara a influência do aumento da demanda europeia na expansão da indústria chinesa de produtos ligados à Energia solar (HUANG et al., 2016).

No plano político, as tomadas de decisão chinesas se hierarquizam na estrutura previamente citada, tendo como base os Planos Quinquenais. No plano legislativo, por sua vez, desde a constituição da China de 1982 até agora, já foram criadas mais de vinte leis nacionais chinesas versando a respeito de questões ambientais e

recursos naturais. Para os propósitos do presente estudo, não cabe fazer uma explanação a respeito de todos os Planos Quinquenais ou todo o aparato legislativo chinês sobre meio-ambiente, mas vale se ater a três planos e a uma lei em particular: 11º Plano Quinquenal (2006-2010), 12º Plano Quinquenal (2011-2015), 13º Plano Quinquenal (2016-2020) e a Lei de Energia Renovável de 2005 (CHINA, 2006, 2009, 2011, 2016).

5.2.1 A lei de energia renovável de 2005

A Lei de Energia Renovável foi promulgada em 2005, ainda sob o Décimo Plano Quinquenal, e sofreu suas últimas alterações em 2009, sendo constituída por um total de oito capítulos e trinta e três artigos. Ela é considerada um dos principais marcos da legislação ambiental chinesa e a principal referência legislativa para assuntos no campo das energias renováveis do país.

Além do já comentado ganho de relevância de alguns setores de energia renovável, com destaque para o setor de Energia solar, no cenário econômico e político chinês, impulsionados principalmente por modificações institucionais externas ao país, outras questões pesaram para a criação de uma legislação interna voltada ao assunto. Mu, Bu e Xue (2014) argumentam que a formulação de uma legislação própria para tratar da questão de energia renovável se deveu principalmente a ocorrência de dois fatores, um interno e um externo. O fator interno foi o acelerado crescimento econômico chinês que implicou num acentuado aumento da demanda de energia, fazendo com que o país necessitasse buscar fontes energéticas. O fator externo se deveu ao crescente debate internacional sobre questões climáticas com destaque à Conferência Rio-92 e ao Protocolo de Quioto, já citados anteriormente. Embora a China não tenha sido obrigada a reduzir a emissão de gases, sua posição como um dos países mais poluidores do mundo gerou intensa pressão internacional, principalmente por parte de países como Estados Unidos e Canadá.

Traduzindo para as ideias de Scott (1995), pode-se dizer que o principal responsável pelas mudanças institucionais regulativas chinesas foi a existência de um acelerado crescimento econômico que provocou uma crescente demanda por energia somado à existência de instituições normativas expressas através de expectativas e pressões exercidas por outros países e organizações com base em uma possível

iminência de uma crise ambiental; que por sua vez, constitui-se em uma mudança no cenário sociotécnico, seguindo à teoria de Geels (2004).

A Lei de Energia Renovável tratava, em primeiro lugar, de afirmar-se como responsável pela regulação a respeito da promoção e utilização de energias renováveis e de assegurar o desenvolvimento e utilização de energia renovável como prioridade do governo chinês para atender a demanda de energia do país. Tais preocupações já são expressas no primeiro capítulo do artigo, que também define energias renováveis como sendo àquelas provindas de fontes não fósseis, e complementa afirmando que não será considerada energia renovável qualquer energia proveniente da queima direta de palha, caule, madeira, etc., por corresponder a um processo ineficiente.

Desde sua formulação até agora, o primeiro capítulo da lei tem se confirmado na prática. Segundo o mais recente *Renewables Global Status Report*, no ano de 2018 a capacidade energética renovável chinesa era expressiva, o país liderava com vantagem sobre os demais. Para se ter uma ideia, somando todas as fontes de energia renovável, a China detinha uma capacidade energética de 727 GW contra 260 GW do segundo colocado Estados Unidos. Entretanto, em termos relativos, a utilização de fontes energéticas renováveis do país não é tão acentuada, compreendendo cerca de 8,4% de toda energia primária utilizada pelo país. As metas do país são de que o percentual de energia utilizada “não fóssil” seja de 15% em 2020 e 20% em 2030. Considerando os diferentes fins de utilização da energia, em termos de energia para aquecimento, o país continha cerca de 462.9 milhões de metros quadrados cobertos por fontes de energia renovável em 2016 e apresenta uma meta para chegar a 800 milhões de metros quadrados abastecidos por Energia solar no ano de 2020. No que tange energia elétrica, o percentual de utilização de energia renovável era mais acentuado, cerca de 26,4% da demanda era abastecida com fontes de energia renovável em 2018, tendo traçada uma meta nacional de 35% até o ano de 2030 (REN21, 2019).

O segundo capítulo da lei trata da busca de recursos e do desenvolvimento de planos, nesse capítulo fica claro o caráter centralizador do planejamento chinês. O artigo sexto define que cabe ao departamento de administração de energia do Estado, que nesse caso é a Administração Nacional de Energia (NEA), a coordenação de toda atividade de investigação sobre fontes de energia renovável em território chinês, bem como a formulação de planos e metas de desenvolvimento e utilização de energia

renovável tanto a nível nacional, quanto a nível regional. Considerando as metas e planos de desenvolvimento estabelecidos em nível nacional, cabe à NEA:

[...] fix and publish a long- and medium-term target for the development and utilization of renewable energies for each administrative region (CHINA, 2009).

O papel dos governos locais é definido pelos artigos oitavo e novo e consiste basicamente na criação de planos de ação para atingir os objetivos e metas traçados pela entidade nacional. Ainda conforme o que está estabelecido em lei, tais planos devem conter além das metas de desenvolvimento, as tarefas a serem realizadas, principais projetos, progressos realizados, detalhamento da construção e expansão da rede elétrica associada a exploração da fonte de energia e o sistema de serviços utilizado.

Como pode ser visto, a legislação estabelece a hierarquia relatada no estudo de Yao, Li e Steemers (2005) na formulação de políticas públicas na China. Enquanto a responsabilidade da criação de planos e metas gerais a respeito do desenvolvimento e utilização de energias renováveis fica a cargo do governo central, as atividades de planejamento de ações diretas para atingir os objetivos traçados ficam sob a responsabilidade dos governos locais, devendo ser encaminhados ao governo central de acordo com os requisitos expressos por lei.

A China tem uma série de metas específicas de acordo com a utilização da energia e de acordo com as fontes empregada. A título de exemplificação, o Quadro 6 apresenta algumas metas nacionais chinesas e metas da cidade de Taipei a respeito do campo de energias renováveis.

Quadro 6 – Metas estabelecidas para a China e para Taipei de acordo com o tipo de tecnologia.

(continua)

Região	Tecnologia	Meta
China	Energia hidráulica	340 GM em 2020
	Biocombustíveis	15 GW em 2020
	Energia solar	110 GW em 2020
	Energia eólica	210 GW em 2020

Quadro 6 – Metas estabelecidas para a China e para Taipei de acordo com o tipo de tecnologia.

(conclusão)

Taipei	Energia geotérmica	10,9 MW em 2020; 27,4 GM em 2025
	Energia solar	6,5 GW em 2020; 20 GW em 2025
	Energia eólica <i>onshore</i>	814 MW em 2020; 1,2 GW em 2025
	Energia eólica <i>offshore</i>	520 MW em 2020; 3-5,5 GW em 2025

Fonte: Adaptado de *Renewables Global Status*, 2019.

A centralidade das decisões de planejamento geral e estabelecimento de metas permitem, em tese, que o Estado tenha maior domínio sobre a trajetória do país na área, e a formulação de políticas de ação direta por parte dos governos locais possibilita que as peculiaridades de cada região sejam melhor contempladas. Em um país como a China, considerar as peculiaridades regionais é essencial em detrimento das significativas diferenças de uma localidade para outra que vão desde aspectos geográficos até aspectos de desenvolvimento tecnológico. O Quadro 7 apresenta algumas das regiões que mais se destacam em atividades de exploração.

Quadro 7 – Principais regiões chinesas segundo a disponibilidade de recursos naturais.

Petróleo	Carvão	Minério de ferro
Xinjiang	Shanxi	Liaoning
Heilongjiang	Mongólia Interior	Hebei
Shaanxi	Xinjiang	Sichuan
Shandong		Mongólia Interior
Hebei		
Gansu		

Fonte: Chen, Cheng e Dai (2017).

As regiões exploradoras desses recursos naturais são as que contam com os mais altos índices de poluição. Para se ter uma ideia, a província de Shanxi foi a que registrou a maior produção de lixo industrial, cerca de 341.620.000 toneladas de lixo industrial no ano de 2017, seguido por Hebei, Mongólia Interior, Liaoning e Shandong. No mesmo ano, Shandong liderou em termos de emissões de gás carbônico, 739.100 toneladas. A título de comparação, a província de Guangdong, por exemplo, que conta com o maior número de habitantes no país, teve um registro de emissões de 276.800 toneladas de gás carbônico e de uma produção de 63.400.000 toneladas de lixo industrial no mesmo ano (CHINA, 2018).

Ainda em relação à estruturação da elaboração e execução de políticas públicas, Liu (2019) argumenta que pelo fato das disposições encontradas na Lei de Energia Renováveis fornecerem basicamente diretrizes com baixa operacionalidade, ocorre que as operações propriamente ditas na área dependem da elaboração de políticas específicas. Essas políticas, por sua vez, além das vantagens descritas anteriormente, permitem uma promoção mais rápida e flexível das energias renováveis. Por outro lado, essa flexibilidade pode se transformar em um problema se as políticas não mantiverem certa coerência e estabilidade no longo prazo, podendo ocasionar inclusive o enfraquecimento da autoridade da lei.

Além disso, a existência de leis gerais e específicas, nacionais e locais tem o complicador de tornar o sistema complexo, o que pode ser acentuado pelo caráter vago das diretrizes e regulamentos fornecidos pelo governo central. Outro inconveniente é o fato de que nem todas as energias renováveis estão sob responsabilidade da mesma entidade pública. Enquanto a NEA se encarrega pelos assuntos referentes à maioria das energias renováveis, as energias hidráulica, geotérmica e oceânica estão sob responsabilidade de outros órgãos estatais. Assim sendo, um programa na área de energias renováveis pode ter que acabar necessitando da aprovação de uma série de entidades do Estado, dificultando o processo (LIU, 2019).

O terceiro capítulo da Lei de Energia Renovável fala de orientação industrial e suporte técnico, e também coloca a cargo da NEA a formulação e publicação de um catálogo de orientação para o desenvolvimento de uma indústria de energia renovável, bem como normas técnicas para quaisquer técnicas e produtos relacionados às energias renováveis, a fim de que haja uniformidade e sincronização

entre eles. Além disso, nesse capítulo, o governo se compromete a priorizar investimentos em ciência, tecnologia e atividades industriais ligadas ao campo de energias renováveis e a incorporar o conhecimento e tecnologia desenvolvidos na área nos institutos de educação através do departamento nacional de administração de educação

O quarto capítulo, por sua vez, trata da popularização e aplicação das energias renováveis. Esse capítulo basicamente ratifica a intenção do Estado de incentivar o desenvolvimento e utilização de energia renovável em indústrias, construção civil e áreas rurais. Nas áreas rurais, a legislação coloca a cargo dos governos locais o papel de financiar investimentos em energia renovável. O capítulo também afirma que empresas fornecedoras de energia elétrica e de combustíveis devem estar de acordo com os requisitos definidos pelo governo quanto ao percentual mínimo de utilização de energias renováveis, bem como as empresas de construção civil devem se ater às normas de eficiência energética e utilização de energia solar estabelecidas pelo governo.

Tanto a proposta de políticas que permitam uma uniformidade e sincronização entre as tecnologias, quanto a proposta de políticas de popularização merecem atenção devido ao papel que exercem diante de uma possível mudança de paradigma. Conforme visto anteriormente, o setor energético é abrangente e uma transição desse setor exige uma série de mudanças cujos limites se encontram além da própria indústria. Investir em tecnologias complementares e em instrumentos de popularização sinalizam uma intenção do governo chinês de realmente caminhar em direção à uma mudança de paradigma, através da articulação de políticas que possam atuar de forma a facilitar a expansão das trajetórias ligadas à produção e utilização de energia renovável e consolidar essas trajetórias.

Segundo o *Renewables Global Status Report de 2019*, o governo chinês tem realizado políticas de incentivo a setores que atuam como facilitadores da expansão do uso de fontes energéticas renováveis. Um exemplo disso são as políticas de incentivo à produção e à venda dos chamados “veículos de energia nova” (NEVs), que são veículos elétricos, híbridos ou que utilizam tecnologia de célula de combustível de hidrogênio. As políticas incluem metas de vendas e quotas de produção, e ainda no que tange transportes, a China expandiu sua promoção ao uso do etanol de 15 para 18 regiões no ano de 2018 e era um dos únicos cinco países no mundo a contar com regulamentações e padrões voltados à economia de combustível em caminhões. Além

disso, a China conta com regras obrigatórias de eficiência energética no setor de construção civil em todo território nacional (REN21, 2019).

O setor de NEVs tem sido destacado pelo governo chinês como chave para a transição para uma economia ambientalmente mais sustentável. Nesse sentido, o governo chinês tem realizado uma série de políticas públicas que abrangem desde atividades de pesquisa e desenvolvimento até atividades de industrialização, comércio e utilização dos veículos. Sucintamente, as políticas voltadas aos NEVs podem ser divididas em sete categorias: macroscópicas, de demonstração, de subsídio, de imposto preferencial, de suporte técnico, de gerenciamento da indústria e de infraestrutura (LI, LONG e CHEN, 2016).

As políticas macroscópicas se referem aquelas formuladas pelo governo central, consistem em um plano geral, fornecem as diretrizes e objetivos para o setor, seguindo o mesmo padrão anteriormente citado do restante das políticas e legislações chinesas. Os NEVs aparecem predominantemente em políticas macroscópicas chinesas sobre indústria automobilística, conservação de energia e proteção ambiental. As políticas de demonstração, por sua vez, visam justamente promover a popularização dos NEVs, nessas políticas são escolhidas “cidades de demonstração” e, então, o governo estabelece metas de adoção de NEVs para cada uma das cidades. Por exemplo, no período de 2009 a 2012 a meta estabelecida era de que pelo menos 1.000 NEVs fossem adotados em cada uma das cidades contempladas pelas políticas de demonstração, que na época eram apenas das regiões de Beijing, Tianjin e Hebei. Essa meta total foi aumentada em 300.000 veículos até o ano de 2015 (LI, LONG e CHEN, 2016). O governo também realiza tais políticas através de aquisições para o sistema de transportes públicos. Até setembro de 2019, o número de NEVs chineses era de 340.000 de um total de 670.000 ônibus e trólebus em todo o país, consolidando-se no primeiro lugar no ranking mundial (CHINA, 2019).

As políticas de subsídio e de imposto preferencial são voltadas ao mercado consumidor e visam aumentar a demanda por NEVs. Os consumidores que adquirem veículos de energia nova recebem um subsídio para a realização da compra que não pode ultrapassar 60% do preço de venda do veículo, e é oferecido pelos governos central ou local. Os possuidores de NEVs também contam com políticas tributárias preferenciais que consistem na redução ou isenção de impostos de compra e uso de veículos na China (LI, LONG e CHEN, 2016). O estudo de caso de Chen, Xu e Frey (2016) realizado com uma amostra de universitários chineses demonstrou a

importância de tecnologias complementares voltadas ao consumidor, como é o caso dos NEVs. De acordo com o estudo, a adoção de NEVs está fortemente ligada à ideia de conscientização ambiental, e por ser algo observável aos demais agentes implica em recompensas sociais para seus utilizadores. Ainda segundo os autores, tais fatores cognitivos-sociais influenciam mais na escolha de adquirir um NEV do que a preocupação com as políticas de energias renováveis do país.

As políticas de suporte técnico envolvem políticas de apoio a atividades de pesquisa, desenvolvimento e incentivo a inovações incrementais em três áreas relacionadas aos NEVs: tecnologia de veículos, tecnologia de energia, tecnologia de eletrônica, e foram consideradas de caráter estratégico pelo governo chinês. As políticas de gerenciamento de indústria são voltadas para as firmas, e visam incentivar a produção de NEVs e regulamentar o mercado. Elas envolvem tanto diretrizes, quanto padrões de produção e promoção dos produtos, e abrangem também as firmas produtoras de baterias. Por fim, as políticas de infraestrutura são voltadas para a ampliação da rede de abastecimento dos NEVs, essas políticas definem metas e detalham os padrões exigidos dos projetos locais de infraestrutura (LI, LONG e CHEN, 2016).

O quinto capítulo da Lei de Energia Renovável aborda controle de preços e compensação de custos. Segundo a lei, o preço da eletricidade será determinado pelo departamento nacional de administração de preços, e será definido de acordo com as características de cada área e com as características da utilização de fontes energéticas renováveis. O texto ainda garante que sempre que o custo da compra de energia proveniente de fontes renováveis por uma empresa de fornecimento de energia elétrica for superior ao custo obtido através da utilização de fontes energéticas tradicionais, a diferença de custos será coberta por encargos adicionais no preço da eletricidade. O mesmo sendo válido para o setor de combustíveis.

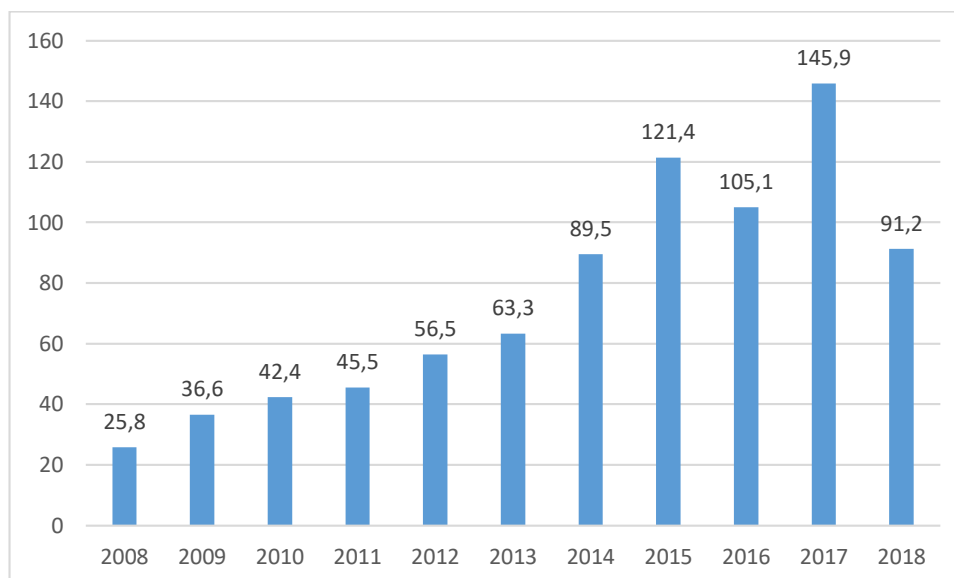
O sexto capítulo discorre a respeito de incentivos econômicos e medidas de supervisão. A lei regula a criação e o funcionamento de um fundo de desenvolvimento de energia renovável, que deve ser administrado conjuntamente pelo departamento nacional de despesas públicas, pelo departamento nacional de administração de preços e pela NEA. Além de compensar diferenças de custos citadas no quinto capítulo, o fundo pode ser utilizado, dentre outras coisas, para fomentar pesquisas científicas e tecnológicas em energias renováveis e para implementar projetos de utilização de energia renovável em áreas rurais. O capítulo também estabelece que

todas as empresas de fornecimento de energia devem ser inspecionadas por autoridades governamentais quanto a sua utilização de energia renovável. As punições às empresas fornecedoras de energia elétrica e combustíveis que não cumprirem com os percentuais mínimos de utilização de energia renovável ou qualquer outra norma expressa por lei são listadas no sétimo capítulo. O oitavo capítulo trata de disposições suplementares sobre conceitos de termos listados ao decorrer da lei.

A respeito dos últimos capítulos, duas questões merecem ser ressaltadas: a relutância das empresas de energia tradicional e a deficiência de recursos do fundo de desenvolvimento de energia renovável. As empresas de fornecimento de energia elétrica adotam medidas protecionistas e relutam em adotar fontes de energias renováveis, e a falta de clareza da legislação sobre como e por quem elas devem ser vistoriadas, bem como sobre as possíveis sanções, dificulta o processo de expansão do uso de energias renováveis no país. Além disso, o fundo de desenvolvimento de energia renovável não arrecada recursos suficientes para cobrir os diferenciais pagos pela utilização de energia renovável, fazendo com que o sistema funcione em déficit. Essas lacunas regulativas e organizacionais tem retardado o avanço da transição energética chinesa e, em algumas regiões, tem inclusive retrocedido avanços já realizados, com situações que incluem abandono de fontes energéticas renováveis. A flexibilidade das políticas que garantiu a rápida expansão no curto prazo pode estar começando a apresentar seus problemas de estabilidade no longo prazo (Liu, 2019).

Segundo o *Renewables Global Status Report* de 2019, em 2018 a China se manteve pelo sétimo ano seguido como líder mundial em investimento em energia renovável, o país foi responsável por cerca de 32% de todo financiamento em energias renováveis no mundo nesse ano. Embora o valor seja expressivo, é bastante inferior aos 45% registrados em 2017 (REN21, 2019). A Figura 6 ilustra a trajetória do investimento chinês em energias renováveis.

Figura 6: Investimento chinês em energias renováveis no período 2008-2018 em bilhões de dólares.



Fonte: Elaboração própria com base em *Renewables Global Status Report*, 2019.

A principal responsável por essa queda no investimento chinês em energias renováveis seria uma alteração de política pública realizada pelo país. A China contava com políticas de *feed-in tariff* e de subsídios para incentivar a utilização de fontes renováveis no fornecimento de eletricidade desde 2005, mas na metade do ano de 2018, o país modificou consideravelmente essa política, encerrando os incentivos no ramo de Energia eólica e reduzindo o investimento em Energia solar pela metade (REN21, 2019).

Através de um comunicado no site oficial, o governo chinês justificou o recuo nas políticas públicas argumentando que o setor de energia solar teria se beneficiado dos incentivos e crescido de forma acelerada levando a um excesso de capacidade produtiva e uma geração de produtos de baixa qualidade. A Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma, o Ministério das Finanças e a Administração Nacional de Energia agiram conjuntamente para modificar a política adotada até então. De acordo com a NEA, o corte nos incentivos tem como finalidade aumentar a eficiência do setor, a agência também argumentou que conjuntamente às medidas de corte, o governo aceleraria o desenvolvimento de um sistema de quotas que obrigaria as regiões a consumirem um maior percentual de energia renovável (CHINA, 2018c).

5.2.2 Os planos quinquenais chineses

Conforme visto anteriormente, os planos quinquenais chineses fornecem todas as bases nas quais as demais políticas do país serão traçadas nos próximos anos, bem como os objetivos a serem alcançados. Os planos quinquenais são divididos em partes, capítulos e, então, seções. A trajetória de evolução da importância dada pelo governo chinês às questões ambientais e energéticas pode ser claramente traçada através de uma análise dos planos, não apenas pelo espaço que o assunto tem ganhado ao decorrer dos anos, mas também pela ascensão do nível de detalhamento e sofisticação empregados. A título de exemplificação, o Quadro 8 contém as metas relacionadas ao tema presentes nos quatro últimos planos.

Quadro 8 – Metas estabelecidas pelo governo chinês nos planos quinquenais a respeito de energia e poluição do ar.

Meta/Plano		10°	11°	12°	13°
Redução do consumo de energia por unidade do PIB (%)			8	16	15
Crescimento do consumo de energia não fóssil (% do consumo de energia primária)				3	3
Redução da emissão dos principais poluentes (%)		10	10		
	Gás carbônico (CO₂)			17	18
	Demanda química de oxigênio (COD)			8	10
	Dióxido de enxofre (SO₂)			8	10
	Nitrogênio amoniacal			10	15
	Óxido nítrico			10	15

Fonte: Elaboração própria com base em China (2006, 2011, 2016).

Como pode ser observado, o 10º Plano Quinquenal (2001-2005) contava apenas com uma meta geral de redução de emissão dos principais gases poluentes, uma meta relacionada à eficiência energética só foi estabelecida a partir do 11º plano

(2006-2010), enquanto metas relacionadas ao consumo de energia não fóssil em si só foram surgir no 12º plano (2011-2015). A partir do 12º plano, o planejamento quanto à redução de emissões ganhou maior detalhamento, e passaram a ser definidas metas individuais para cada um dos principais poluentes. Todas as metas listadas no Quadro 8 foram classificadas como obrigatórias pelo governo, e os resultados apresentados no 13º plano (2016-2020) mostraram que as metas anteriores foram todas alcançadas e até ultrapassadas.

A primeira parte dos planos quinquenais se destina a resumir os principais objetivos a serem desenvolvidos pelo país nos próximos anos, indicando os rumos que o país espera percorrer. No 11º Plano Quinquenal, a questão energética não chega sequer a ser citada nessa parte do documento. A preocupação ambiental aparece através de um parágrafo vago que define o desenvolvimento sustentável e limpo e a construção de uma sociedade ambientalmente amigável como objetivos do governo. O 12º Plano Quinquenal apresenta uma evolução significativa no comprometimento do governo chinês com as questões ambientais e energéticas. Dentre os objetivos principais, aparecem a economia de energia, a redução da emissão de gases do efeito estufa, a tomada de uma postura ativa para o enfrentamento das mudanças climáticas globais e o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono. Ainda nessa parte do documento, no capítulo referente ao direcionamento político, o governo se propõe a melhorar as estruturas de mercado e mecanismos de incentivo e precificação de produtos ambientais e a fortalecer as legislações, regulamentos e padrões relacionados a essa indústria. No 13º Plano Quinquenal, a eficiência energética e a redução da poluição continuam presentes nos objetivos principais do governo chinês que detalham a questão no decorrer do documento.

De maneira geral, o conteúdo relacionado às energias renováveis no 11º Plano Quinquenal (2006-2010) é discreto, e mesmo as questões ambientais parecem vagas. O plano as insere mais como sinalização de que esses tópicos passariam a ser estudados e debatidos pelas autoridades chinesas. No capítulo voltado ao desenvolvimento de indústrias de alta tecnologia, as áreas de recursos energéticos, bioenergia e proteção ambiental chegam a ser citadas como campos a serem desenvolvidos, mas sequer são definidas ou atreladas a algum projeto do governo. Os NEVs aparecem na seção sobre promoção da indústria automobilística como um ramo que deve receber incentivado governamental para se desenvolver e expandir.

No capítulo que trata propriamente do setor energético, o carvão e o petróleo são as fontes que recebem maior atenção. O governo define o carvão como base do sistema energético do país, e a preocupação ambiental fica a cargo de políticas que preconizam o desenvolvimento e uso de tecnologias que permitam o aumento da eficiência e redução dos impactos ambientais envolvidos no processo, por exemplo, tecnologias de IGCC. No mesmo capítulo é manifestado o interesse do governo em acelerar a exploração dos recursos de petróleo e gás natural, envolvendo projetos que incluem o aprofundamento da exploração dos recursos e a construção de uma base de reserva nacional de petróleo. O incentivo à energia nuclear é explícito através de programas que envolvem desde a construção de novas usinas até a criação de instrumentos de incentivo à pesquisa e inovação na área.

No que tange as energias renováveis, as lacunas de políticas de incentivo e estruturas institucionais e mercadológicas adequadas fica clara com a intenção expressa pelo governo de criar políticas preferenciais de financiamento, tributação e investimento, assim como políticas obrigatórias de quota de utilização de energia renovável. Em termos de planejamento de ações práticas, a Energia hidráulica aparece em lugar de destaque no plano através de projetos para a construção de bases hidrelétricas em mais de cinco rios do país. O governo também se compromete a executar um total de 30 projetos de geração de Energia eólica em diferentes regiões e a investir em geração de energia através de biomassa. As Energias solar, geotérmica e oceânica são apenas citadas como setores a serem desenvolvidos.

O 11º Plano Quinquenal (2006-2010) conta com um capítulo intitulado “Desenvolvimento de uma Economia Reciclável” que trata da redução de consumo de recursos e da reutilização dos mesmos. A primeira seção trata de conservação de recursos energéticos e apresenta dez projetos relacionados ao tema, alguns envolvendo tecnologias de Utilização de calor residual. Três projetos em especial apresentam maior relevância ao se considerar um cenário mais amplo. O primeiro deles trata do desenvolvimento e utilização de combustíveis que venham a substituir o petróleo nos setores de energia e de transportes. O segundo está relacionado ao estabelecimento de padrões de eficiência e conservação energética em edifícios. E por último, a popularização de um sistema de iluminação de alta eficiência em estabelecimentos públicos, edifícios comerciais, hotéis e residências. Dentre os mecanismos para a execução desses projetos, estão compras governamentais, desenvolvimento de instrumentos de fiscalização em relação aos padrões de

eficiência energética, criação de um sistema de certificação de produtos que contam com tecnologia de economia de energia e a formulação de políticas que estabeleçam normas quanto aos tributos e precificação dos produtos substitutos do petróleo.

A postura do governo em relação à redução do consumo de energia é marcante e ele chega a se comprometer a adotar políticas para controlar a expansão de empresas de alto consumo de energia na 2ª seção do capítulo 24 do documento. Como pode ser observado, a preocupação em diminuir o gasto energético parecer ser mais acentuada que a preocupação com a expansão do uso de fontes de energias renováveis, o que se traduz claramente na criação de uma meta voltada à eficiência energética, mas não ao uso de fontes renováveis, conforme visto anteriormente no Quadro 8.

No capítulo referente a inovações tecnológicas e científicas, as energias renováveis sequer aparecem dentre os projetos listados, embora alguns contemplem os campos de petróleo, carvão e energia nuclear. As energias renováveis só voltam a aparecer no capítulo que visa tratar de melhoramentos na política econômica do país através de uma lista de campos que devem receber investimento do governo central. Dentre esses campos aparece o levantamento geológico de recursos energéticos (não estando especificados quais) e a infraestrutura voltada à utilização de energia renovável. No que tange estrutura de mercado, o governo se compromete a criar mecanismos para uma reforma nas indústrias monopolísticas, dentre as quais aparecem os setores de energia e de petróleo.

O 12º Plano Quinquenal (2011-2015) apresenta avanços significativos em relação ao plano anterior. O documento apresenta uma parte inteira para tratar de desenvolvimento verde, conservação de energia e diretrizes para uma sociedade ambientalmente amigável. No capítulo voltado às políticas ativas em relação às mudanças climáticas, o governo propõe o fortalecimento do aparato regulativo e de fiscalização sobre eficiência energética, já previstos pelo 11º plano e implementados por meio da Lei de Conservação de Energia promulgada em 2008. O governo mantém os padrões de economia de energia voltados aos setores de construção e transportes e propõe uma expansão para os demais setores. A ideia é implementar limites de consumo de energia por unidade produtiva em indústrias que apresentem uso intensivo de energia. A proteção ambiental é colocada como uma das nove áreas chave dos serviços públicos básicos da China para o período de tempo coberto pelo plano, e o governo se propõe a estabelecer um mercado de emissão de carbono nos

anos seguintes, e mexer na estrutura de preços de forma a incentivar a utilização de fontes energéticas alternativas.

Nos capítulos destinados a tratar das questões energéticas, o carvão, petróleo e gás natural seguem recebendo atenção do governo. Dentre os projetos listados, destacam-se a construção de bases de carvão em nove regiões do país (Shaanxi, Huanglong, Shendong, Mongólia Interior, Ningxia, Shanxi, Yunnan, Guizhou e Xinjiang) e a criação de cinco áreas de produção de petróleo e gás natural. A energia nuclear também aparece tanto nas bases do setor energético do país, quanto na lista de projetos. As energias renováveis ganham espaço no 12º Plano Quinquenal que inclui, dentre os projetos, a construção de hidrelétricas, de 8 bases de Energia eólica de grande escala e de usinas de Energia solar nas regiões de Tibete, Mongólia Interior, Gansu, Ningxia, Qinghai, Xinjiang e Yunnan. Além disso, as Energias eólica e hidráulica foram colocadas como base para a expansão da rede elétrica chinesa, ao lado do carvão.

Nos capítulos do documento voltados à indústria, as tecnologias de energia híbrida e conservação de energia são destacadas pelo governo chinês como áreas que devem receber atenção na indústria automobilística, que é colocada como uma das indústrias chave. Os projetos da indústria petrolífera, que segue na posição de indústria chave, estão mais voltados para o melhoramento da qualidade dos produtos. Nesse plano, também é inserida como setor chave a ser desenvolvido a indústria leve que compreende produtos ambientalmente amigáveis como novas baterias e novas fontes de energia.

Ainda nessa parte do documento há um capítulo específico sobre indústrias emergentes a serem desenvolvidas pela China nos próximos cinco anos. Nesse capítulo, há um predomínio de áreas ligadas ao meio-ambiente, e a energia e a conservação de energia são apresentadas como ramos separados a serem desenvolvidos. No setor de energia, destacam-se os projetos de Energia solar (tanto fotovoltaica, quanto fototérmica), Energia eólica e Bioenergia. Os NEVs são inseridos também como setor emergente chave, e os projetos envolvem investimento em P&D para avanço em tecnologias de célula de combustível e sistemas híbridos, políticas de demonstração e metas de vendas. Como visto anteriormente, essas políticas foram de fato implementadas nas regiões de Beijing, Tianjin e Hebei. Ainda nesse capítulo, o governo definiu uma meta geral a ser alcançada pelas indústrias emergentes de que no final do período de cinco anos, o produto agregado por essas indústrias

representasse 8% do PIB chinês. Além das indústrias de nova energia, conservação energética e NEVs, fazem parte das indústrias emergentes os setores de nova geração de TI, bioindústria, equipamentos de ponta e novos materiais.

Dentre o conjunto de medidas que o governo se compromete a adotar para alcançar as metas estabelecidas em relação às indústrias emergentes estão a utilização de políticas financeiras preferenciais e de compensação de risco, o fortalecimento do suporte ao crédito, incentivo a atividades de inovação, aumento do consumo governamental, estabelecimento de padrões industriais e normas técnicas de produto, além da construção de infraestrutura que facilite o desenvolvimento das indústrias emergentes e a expansão de seus mercados.

O 13º Plano Quinquenal (2016-2020) apresenta conteúdo mais robusto e rebuscado não apenas nas áreas de energia e preservação ambiental individualmente, mas também na coordenação delas com o restante dos pontos a serem desenvolvidos no período de cinco anos. Nesse plano, a questão ambiental ganha lugar de destaque, de forma que muitas das diretrizes e programas apresentados não representam um caminho de desenvolvimento que deve ser acompanhado de cuidados ambientais ou complementado com trajetórias ambientais, mas sim caminhos de desenvolvimento estruturados a partir de questões ambientais. A postura de pensar o desenvolvimento a partir da questão ambiental, e não apesar dela, é uma sinalização positiva em termos de planejamento para enfrentar uma possível mudança de paradigma.

Em termos de combate à poluição, o governo central propõe estabelecer metas obrigatórias de qualidade de ar para as cidades do país e garantir que os governos locais assumam suas responsabilidades quanto ao estabelecimento de programas e mecanismos de monitoramento, supervisão e aplicação de leis de modo a alcançar tais metas. De acordo com o documento, os órgãos ambientais dos governos locais devem estar subordinados aos órgãos ambientais do nível administrativo imediatamente superior e sujeitos à fiscalização pelos mesmos. O documento também prevê a criação de legislações inter-regionais, o estabelecimento de um mercado de nacional de carbono (projeto que já tinha aparecido no 12º plano) e a realização de auditorias para tratar de funcionários que estejam descumprindo suas responsabilidades relacionadas à proteção ambiental. O governo se compromete ainda a participar ativamente de debates internacionais sobre questões ambientais, a reformar o sistema de controle de emissões para que mais poluentes sejam cobertos

pelos programas governamentais e a publicar listas com os nomes de empresas que estejam descumprindo padrões de emissão expressos por lei, fornecendo um prazo para que essas firmas providenciem as modificações necessárias sob risco de terem suas atividades deslocadas ou encerradas.

A respeito da questão energética, o plano conta com um capítulo inteiro voltado à construção de um novo sistema de energia. De acordo como o documento, o capítulo compreende o planejamento para o avanço em direção a uma revolução energética que irá transformar a forma como a energia é produzida e utilizada no país. Ainda segundo o que consta no texto, o novo sistema deverá ser moderno, limpo, eficiente e garantir a segurança energética da China.

O carvão e o petróleo não foram excluídos do planejamento que coloca em destaque as energias renováveis e a energia nuclear, mas ocupam um espaço consideravelmente menor do que nos planos anteriores. A respeito do petróleo, o foco é a melhoria da qualidade dos produtos de petróleo refinado. Sobre o carvão, a ideia do governo é desenvolver tecnologias que permitam tornar a exploração menos prejudicial ao meio ambiente e otimizar as atividades de produção de energia a partir do carvão através da utilização de processos mais eficientes. Ao contrário dos documentos anteriores, nesse, o governo não demonstra interesse acentuado em expandir as atividades de exploração de carvão e chega a orientar a restrição de atividades de exploração do recurso em regiões do país e a se comprometer a substituir a energia advinda de pequenas e médias instalações de carvão em pequenos vilarejos urbanos e em localidades rurais por energia provinda de fontes renováveis.

Em termos de energia renovável o governo prevê a construção de novas usinas hidrelétricas, a expansão da utilização de Energia solar (tanto fotovoltaica, quanto térmica), a aceleração do desenvolvimento de Biocombustíveis, Energia geotérmica, e a explorar ativamente a Energia das marés nas regiões costeiras do país. No plano também está prevista a melhoria das políticas voltadas às Energias solar e eólica. Entretanto, conforme visto anteriormente, o governo demonstrou recuo, pelo menos no que tange a políticas de incentivo a essas duas áreas por meio de *feed-in tariffs*. Além das novas instalações voltadas para energias renováveis, o governo ainda prevê a construção de um cinturão de usinas nucleares costeiras.

A lista de projetos listados é extensa, mas a ideia central é que esse novo sistema seja baseado em um mix de fontes de energia capaz de suprir os diferentes

tipos de demanda. Esse sistema será estruturado através de uma rede que permita o desenvolvimento coordenado e integrado das diferentes fontes de energia, bem como a complementaridade da geração, transmissão, carregamento e armazenamento dela. O plano é ambicioso e preconiza um processo de integração que ultrapassa os limites do setor energético, compreendendo as demais indústrias como, por exemplo, indústria de transporte e de tecnologia da informação, exigindo significativas mudanças estruturais.

O 13º plano (2016-2020) manteve o capítulo voltado às indústrias emergentes, dentre as quais constavam: sistemas para armazenamento de energia de alta eficiência e energia distribuída, conservação eficiente de energia, proteção ambiental e NEVs. Dentre os projetos listados, destacam-se a aplicação industrial de tecnologias de energia solar fotovoltaica, energia eólica, biomassa, células de combustível e energia de hidrogênio e a inserção dos NEVs nas redes de transportes públicos e de taxis, o que conforme visto anteriormente tem se verificado na prática.

Além deste capítulo, o 13º plano conta com um capítulo voltado ao desenvolvimento de indústrias ambientalmente amigáveis. Nesse capítulo, o governo se compromete a melhorar o sistema de gerenciamento de credenciais ambientais para as firmas, de rotulagem e certificação verde e desenvolver um sistema de compras governamentais dessas indústrias. Os setores-chave a serem desenvolvidos são relacionados à área de conservação de energia e proteção ambiental. A intenção do governo é incentivar e desenvolver grandes firmas profissionais nas duas áreas que sejam capazes de competir internacionalmente.

Ainda nesse capítulo, o governo central planeja a aplicação de recursos nas áreas de engenharia, tecnologia e fabricação de equipamentos de economia de energia e de preservação ambiental. Há também o compromisso de investir em pesquisa e desenvolvimento em busca de inovações nessas áreas, e na promoção de tecnologias já maduras ligadas aos campos de recuperação de calor residual, entre outros. A promoção dessas tecnologias será aliada à aplicação de políticas na área de conservação de energia através de projetos para a atualização de caldeiras, fornos, equipamentos de iluminação, motores, etc., nos setores de construção, transporte, nas indústrias e em organizações públicas. Dentre os projetos, destaca-se a iniciativa “100, 1000, 10000” que coloca as 100 empresas que mais consomem energia na China sob regulamentação nacional, as empresas na sequência até a milésima maior

consumidora sob regulamentação dos governos em nível de província e as demais sob regulamentação dos governos de níveis inferiores.

O 13º Plano Quinquenal também adiciona dois capítulos inéditos que merecem destaque quando se considera um cenário de mudança de paradigma. O primeiro deles se refere à adoção de um novo modelo de cidade, a construção das chamadas “cidades verdes”. As cidades serão planejadas com base em padrões de construção ecológicos, assim como seus setores de transporte e energia. Essas cidades serão construídas de modo a se tornarem parques empresariais e berços de inovações.

O segundo capítulo importante de ser ressaltado é aquele referente à integração de Beijin, Tianjin e Hebei, que como visto anteriormente foram as regiões alvo das políticas de demonstração e popularização dos NEVs. O plano do governo chinês é transformar as três regiões em uma comunidade de inovação colaborativa. Enquanto Beijin se concentrará em economia do conhecimento, serviços e economia verde, o foco de Tianjin será o desenvolvimento de indústrias estratégicas emergentes e a realização de pesquisa e desenvolvimento de manufatura avançada, e sob a responsabilidade de Hebei estarão funções transferidas de Beijin e a aplicação de inovações científicas e tecnológicas realizadas por Beijin e Tianjin, caracterizando-se também como uma zona experimental de transformação industrial. Essas três regiões também aparecem em outros capítulos do documento como focos de metas de redução de emissões e de iniciativas de governança ambiental.

Em suma, o que pode ser constatado sobre a evolução dos últimos três planos quinquenais chineses é que enquanto o 11º Plano Quinquenal (2006-2010) foi um passo significativo na direção dos avanços obtidos pela China em termos de eficiência energética, e o 12º plano (2011-2015) representou uma clara evolução no trato da área de energias renováveis, mas foi apenas o 13º Plano Quinquenal (2016-2020) que colocou a questão ambiental no centro da discussão sobre o desenvolvimento e trouxe a criação de planos amplos e articulados o bastante para lidar com uma possível mudança de paradigma.

6 CONCLUSÕES

Diante da escassez de combustíveis fósseis e dos problemas ambientais ocasionados pelo seu uso, uma transição para uma matriz energética renovável

parece inevitável. Considerando a abrangência do setor energético e a forma como ele está intrinsecamente atrelado ao restante da economia e estruturado como um pilar base da sociedade, uma transição dessa magnitude representaria uma mudança de paradigma. Nesse contexto, as inovações aparecem como chave essencial para o fornecimento de meios para que a mudança de paradigma ocorra, e aspectos institucionais atuam facilitando ou dificultando o processo.

Nesse sentido, compreender os caminhos trilhados pelos países mais representativos no consumo de energia no mundo, em termos de inovações, organizações e instituições ligadas ao campo das energias renováveis, fornece indícios do rumo e das configurações do próprio processo de mudança do paradigma energético. Por essa razão, o objetivo do presente estudo foi verificar por meio de alguns indicadores de selecionados de patentes – e pela realização de uma análise *shift-share* – os esforços científicos e tecnológicos realizados pelos vinte países que mais consomem energia no mundo. Adicionalmente, realizou-se uma análise panorâmica do ambiente organizacional e institucional na China, uma vez que este país tem se destacado nos aspectos econômicos e de tecnologias ambientais no período mais recente.

Os resultados demonstraram que áreas como Conversão da energia térmica dos oceanos e Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular estão em fases iniciais de desenvolvimento e, portanto, ainda não apresentam trajetórias tecnológicas fortemente consolidadas. O campo de Biocombustíveis seguiu sendo aquele a contar com o maior número de patenteamento dentre os países selecionados durante todo o período analisado, mas do primeiro para o segundo período apresentou redução no percentual de participação em todos os países, em detrimento do desenvolvimento das demais subclasses, chegando a perder a posição de primeiro lugar em países como Japão e Coreia do Sul.

No período analisado, a área de Energia solar foi a que apresentou a trajetória inovativa que mais evoluiu. A subclasse não apenas assumiu a segunda posição em termos de nível de oportunidade, como foi uma das que mais se destacou em termos de grau de oportunidade, revelando o acelerado crescimento da área. A evolução inovativa da Energia solar permitiu avanços importantes no setor e diminuição dos custos de produção que se traduziram em expressivo crescimento do mercado, especialmente dos produtos fotovoltaicos. A trajetória da Energia solar nos últimos anos ratifica a importância das inovações no processo de transição energética.

Em relação aos países, a análise *shift-share* confirmou o que os indicadores calculados já davam indícios. Os países que apresentaram crescimento em determinada subclasse, apresentaram crescimento em todas as subclasses, assim como os que perderam espaço em uma subclasse, perderam espaço de forma geral. Isso indica forte conexão entre os diferentes campos ligados às energias renováveis e fornece indícios de que os esforços inovativos realizados e as instituições estabelecidas em prol do desenvolvimento de energias renováveis estão ligados à forma como o país enfrenta a questão energética como um todo, e não a uma determinada subclasse em específico.

Ainda nesse sentido, os grandes produtores de petróleo demonstraram, de forma geral, fraca atividade patenteadora. A Arábia Saudita não registrou sequer uma patente na área durante todo o período analisado, e mesmo países desenvolvidos como o Canadá, cujo governo assume historicamente uma posição favorável às questões ambientais em debates internacionais, tiveram um desempenho inovador abaixo a outros países em nível semelhante de desenvolvimento e apresentaram declínio no ranking internacional de um período para outro.

Os Estados Unidos estiveram à frente na maioria das subclasses durante todo o período analisado. Países europeus que tradicionalmente se destacam na área revelaram perda de participação internacional e queda no ranking geral de países em termos de patentes em energias renováveis. O Reino Unido registrou perda de posições no ranking internacional em doze das treze categorias analisadas, e a Alemanha em um total de seis categorias.

Os asiáticos Japão, Coreia do Sul e China registraram evolução muito acima dos demais países. Os países não apenas melhoraram suas atividades patenteadoras internas, como também ganharam espaço no cenário internacional. O Japão assumiu a liderança inovativa no setor que mais se destacou no período, Energia solar, mesmo setor em que a China assumiu a liderança do mercado mundial. No período analisado, o Japão ascendeu no ranking internacional, em termos de patenteamento, em oito subclasses, a Coreia do Sul em onze, e a China em todas as treze. A ascensão chinesa é a mais expressiva, o país chegou a ganhar sete posições em Energia hidráulica, e seis posições em Biocombustíveis, Pirólise ou gaseificação de biomassa.

Através do estudo de caso da China foi possível notar que as mudanças institucionais que repercutiram os primeiros efeitos nas atividades ligadas às energias renováveis no país não foram internas, mas externas. Mudanças nas políticas públicas

e legislações europeias em prol de questões ambientais provocaram um aumento da demanda por equipamentos ligados à exploração e utilização de energia renovável, principalmente Energia solar. Motivadas pelo crescimento do mercado europeu, surgiram uma série de empresas chinesas dedicadas à área. O crescimento da produção e comercialização de equipamentos chineses fotovoltaicos coincide com o aumento da demanda europeia, mostrando uma clara correlação. Ademais, os debates e acordos ambientais internacionais, embora não tenham aplicado metas obrigatórias à China, exerceram pressão sobre o governo do país.

Na China, o governo central realiza o planejamento, fornece diretrizes e define metas, além da realização de projetos de maior magnitude. Os projetos de menor magnitude com a finalidade de atingir os propósitos traçados pelo governo central, ficam a cargo dos governos locais. No âmbito legislativo, o funcionamento é bastante semelhante, de forma que as leis nacionais parecem pouco precisas e operacionalizáveis, precisando ser complementadas com leis locais e específicas.

A Lei de energia renovável de 2005 representou um marco na legislação chinesa sobre questões ambientais e segue sendo a principal referência para o assunto no país. O foco da legislação é fornecer diretrizes base para a criação de políticas públicas voltadas ao assunto. O caráter pouco preciso da legislação forneceu uma flexibilidade que permitiu um avanço mais rápido dos setores ligados à energia renovável no país, mas ao mesmo tempo ocasionou entraves que tem se verificado no longo prazo, como a falta de clareza quanto a quais são os órgãos responsáveis por cada atividade de fiscalização, como ela deve ser feita e quais as possíveis sanções para as firmas que estejam descumprindo a lei. O fundo de desenvolvimento de energia renovável, criado a partir dessa lei, permanece estruturado em um sistema falho de arrecadação que impossibilita que o valor arrecadado seja suficiente para financiar as políticas do governo.

No âmbito de planejamento público, a evolução é visível. O 11º Plano Quinquenal (2006-2010) foi o primeiro a representar uma mudança real no pensamento quanto à questão energética. Embora o papel ocupado pelas energias renováveis nesse plano tenha sido discreto, ele representou um grande avanço ao inserir a eficiência energética como uma de suas questões prioritárias. A criação de projetos visando a redução do consumo de energia e o estabelecimento de padrões de eficiência e conservação energética em edifícios foi um passo importante que se concretizou principalmente através da Lei de conservação de energia de 2008. O 11º

Plano Quinquenal também foi o primeiro a inserir uma meta relacionada à eficiência energética e a sinalizar a importância da criação de políticas e mecanismos de financiamento, tributação e investimento na área de energias renováveis, bem como o estabelecimento de estruturas institucionais e mercadológicas adequadas. As últimas modificações realizadas, de modo a incrementar a Lei de energias renováveis, foram realizadas sob as diretrizes desse plano no ano de 2009.

O 12º Plano Quinquenal (2011-2015) propôs o fortalecimento do aparato institucional de eficiência energética criado a partir do 11º plano e sua expansão para além dos setores de transportes e construções, passando a abarcar a indústria como um todo. O governo propôs a implementação de limites de consumo de energia por unidade produtiva e inseriu a proteção ambiental como uma das nove áreas de serviços públicos básicos a serem desenvolvidos pelo governo.

Esse plano foi o primeiro a estabelecer metas específicas de redução de emissões por tipo de poluente e metas de aumento da utilização de energia renovável. Uma série de projetos de construção de instalações de exploração de energia renovável foi listada, principalmente referentes às Energias hidráulica, solar e eólica. Em termos de indústria, os veículos de nova energia, que já haviam sido inseridos no 11º Plano Quinquenal, seguiram como ramo a ser incentivado na indústria automobilística e foi inserido como uma das indústrias emergentes a serem desenvolvidas pelo país, juntamente com as indústrias de nova energia e conservação energética.

O 13º Plano Quinquenal foi além, ao propor mudanças estruturais que ultrapassam os limites do setor energético, através de políticas de integração que visam a construção de um novo sistema, a partir de uma reforma completa do modo como se produz, distribui e utiliza energia no país. Ao contrário dos dois planos anteriores, esse não colocou o desenvolvimento do país ao lado do desenvolvimento ambiental, mas o desenvolvimento do país a partir do desenvolvimento ambiental.

Através dele, foram planejadas “cidades verdes” que seguirão padrões ecológicos e funcionarão como berço inovativo. As regiões de Beijin, Tianjin e Hebei receberam o foco da atenção do governo que planejou transformá-las em uma comunidade inovativa complementar na qual se dará o desenvolvimento e a aplicação de inovações ambientais, e também foram colocadas como foco de políticas de demonstração.

Os setores de NEVs, nova energia e conservação de energia apareceram mais uma vez dentre as indústrias emergentes, e somaram-se a eles os setores de distribuição de energia e proteção ambiental. No documento foi inserido de forma inédita um capítulo voltado ao desenvolvimento de indústrias ambientalmente amigáveis, no qual o governo demonstrou a intenção de incentivar a criação de grandes empresas, principalmente nas áreas de conservação de energia e proteção ambiental, para concorrerem no mercado internacional.

A ideia é que a base do novo sistema planejado deve ser limpa e garantir segurança energética da China, sendo composto por um mix de fontes de energia que compreendem as Energias das marés, solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biocombustíveis, além da energia nuclear. Para impulsionar o novo sistema e o desenvolvimento das indústrias emergentes e ambientalmente amigáveis, o governo previu o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de credenciais ambientais para as firmas, rotulagem e certificação verde e um sistema de compras governamentais, além do fortalecimento da regulamentação e fiscalização de firmas consumidoras de energia. Alguns dos projetos incluíram a inserção de NEVs em redes de transporte público e táxi, a substituição da energia advinda de pequenas e médias usinas de carvão por energia renovável em vilarejos urbanos e cidades rurais e a atualização de caldeiras, fornos, equipamentos de iluminação, motores, etc., nos setores de construção, transporte, nas indústrias e em organizações públicas.

O planejado novo sistema energético chinês baseado em um mix de fontes de energias alternativas e o fato dos países que mais se destacaram em termos de inovações em energias renováveis terem apresentado destaque em diversas subclasses carregam a ideia de que não se há, pelo menos até então, uma única fonte ou tecnologia capaz de substituir sozinha a utilização de combustíveis fósseis. A China tem se posicionado na liderança frente a esse desafio. Os planos chineses são audaciosos e visam claramente uma mudança de paradigma com a adoção de projetos e mecanismos em diversos setores e a preocupação com a coordenação dos mesmos.

Os projetos têm sido implementados, até setembro de 2019, o número de NEVs já representava mais da metade dos veículos da rede pública de

transporte da China. E o recuo dos investimentos públicos em Energia eólica e Energia solar foi justificado pelo governo como uma medida tomada em prol da competitividade dos setores. Seja como for, a redução das políticas de incentivo aos dois setores tem gerado discussão e dúvidas sobre o que se esperar do 14º Plano Quinquenal que ainda será lançado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Biomassa: tecnologias de aproveitamento, 2019. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/biomassa/5_3.htm>. Acesso em: 6 de dezembro de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Bicomcombustíveis**. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Biocombustíveis**, 2019. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis>>. Acesso em: 6 de dezembro de 2019.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2ª Edição. São Paulo. Cengage Learning, 2012.

ARCHIBUGI, D.; PIANTA, M. Measuring technological change through patents and innovation surveys. **Technovation**, v. 16, n.9, p. 451-519, 1996.

BAPTISTA, M. **Política Industrial**, Ed. da Unicamp, Campinas, 2000.

BARRETO, P. Rio 92: mundo desperta para o meio ambiente. Desafios do desenvolvimento. IPEA. V. 7, n. 56, p. 82-83, 2009.

BAYER, P.; DOLAN, L.; URPELAINEN, J. Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 3, p. 288-295, 2013.

BUENO, C. S. et al. "Applying an IPC network to identify the bioenergy technological frontier." **Revista Brasileira de Inovação**, v. 17, n. 2, p. 259-286, 2018.

CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of evolutionary economics**, v. 1, n. 2, p. 93-118, 1991.

CARLSSON, B. et al. Innovation systems: analytical and methodological issues. **Research policy**, v. 31, n. 2, p. 233-245, 2002.

CECERE, G. et al. Technological pervasiveness and variety of innovators in Green ICT: A patent-based analysis. **Research Policy**, v. 43, n. 10, p. 1827-1839, 2014.

CHEN, J.; CHENG, J.; DAI, S. Regional eco-innovation in China: An analysis of eco-innovation levels and influencing factors. **Journal of cleaner production**, v. 153, p. 1-14, 2017.

CHEN, C.; XU, X.; FREY, S. Who wants solar water heaters and alternative fuel vehicles? Assessing social–psychological predictors of adoption intention and policy support in China. **Energy Research & Social Science**, v. 15, p. 1-11, 2016.

CHERP, A. et al. Integrating techno-economic, socio-technical and political perspectives on national energy transitions: A meta-theoretical framework. **Energy Research & Social Science**, n.37, p. 175-190, 2018.

CHINA. **China's Legislative System**. 2014. Disponível em <http://english.www.gov.cn/archive/china_abc/2014/08/23/content_281474982987230.htm>. Acesso em: 28 de dezembro de 2019.

CHINA. **China Statistical Yearbook 2018**. 2018a. Disponível em <<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2018/indexeh.htm>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2020.

CHINA. **Chinese make 300m daily trips through green transport**. 2019. Disponível em <http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/201909/17/content_WS5d808ae3c6d0bcf8c4c1382e.html>. Acesso em 10 de janeiro de 2020.

CHINA. **Constitution of People's Republic of China**. 2018b. Disponível em <http://www.gov.cn/guoqing/2018-03/22/content_5276318.htm>. Acesso em: 05 de janeiro de 2020.

CHINA. **Policy change to strengthen solar sector**. 2018c. Disponível em <http://english.www.gov.cn/policies/policy_watch/2018/08/09/content_281476254826970.htm>. Acesso em: 05 de janeiro de 2020.

CHINA. **Renewable Energy Law of the People's Republic of China**. 2009. Disponível em <http://english.www.gov.cn/archive/laws_regulations/2014/08/23/content_281474983043598.htm>. Acesso em: 5 de janeiro de 2020.

CHINA. **The 11º Five-Year Plan**. 2006. Disponível em <<http://fgw.sh.gov.cn/wcm.files/upload/CMSshfgw/201701/201701121103026.pdf>>. Acesso em 8 de janeiro de 2020.

CHINA. **The 12º Five-Year Plan**. 2011.

CHINA. **The 13º Five-Year Plan**. 2016. Disponível em <https://en.ndrc.gov.cn/policyrelease_8233/201612/P020191101482242850325.pdf>. Acesso em 8 de janeiro de 2020.

CHOI, Y.M.; LEE, M.G.; JEON, Y., 2017. Wearable biomechanical energy harvesting technologies. **Energies**, v. 10. N. 10, p.1-17.

CIMOLI, M. et al. Instituições e políticas moldando o desenvolvimento industrial: uma nota introdutória. **Revista brasileira de inovação**, v. 6, n. 1, p. 55-85, 2007.

COLLABORATING CENTRE FOR CLIMATE & SUSTAINABLE ENERGY FINANCE. **Global Trends in Renewable Energy Investment**. Frankfurt School, 2018.

DA SILVA, V. P.; EGLER, A. C. A inovação em tempos de globalização: uma aproximação. **Scripta Nova**: revista electrónica de geografía y ciencias sociales, v. 8, n. 33, p. 170, 2004.

DAUVERGNE, P. **Handbook of global environmental politics**. Edward Elgar Publishing, 2012.

DINIZ, M. R. Direito ambiental internacional: de um extremo ao outro. Monografia. UniCEUB, 2018.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial**: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores. Editora Unicamp, 2006.

DOSI, G.; ORSENIGO, L. Coordination and transformation: an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments. In: **Technical change and economic theory**, p. 13-37, 1988.

DOSI, G.; NELSON, R. R. Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. In: **Handbook of the Economics of Innovation**. Vol. 1. North-Holland. p. 51-127, 2010.

EDQUIST, C. Systems of innovation perspectives and challenges. In: **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford University Press, 2006.

FABRIZI, A.; GUARINI, G.; MELICIANI, V. Green patents, regulatory policies and research network policies. **Research Policy**, v. 47, n. 6, p. 1018-1031, 2018.

FAGERBERG, J. **Innovation: a guide to the literature**. Georgia Institute of Technology, 2004.

FEITOSA, P. H. A. Estrutura tecnológica e mudanças climáticas no Brasil: um estudo exploratório a partir de estatísticas de patentes. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 15, n. 1, p. 61-86, 2016.

FONSECA FILHO, V. S. **Ciclo combinado com gaseificação integrada de biomassa** : análise de penalidade energética de emissão de CO₂. Dissertação de Mestrado, UNESP, 2013

FORAY, D. **Tacit and Codified Knowledge**. Edward Elgar Publishing, 2007.

FU, W. et al. Technological spillover effects of state renewable energy policy: Evidence from patent counts. **National Bureau of Economic Research**, n. w25390. 2018.

GARCIA, R. **Geografia da Inovação**. In: Rapini, M.S; Silva, L.A.. Albuquerque, E.A. (org). Economia da Ciência, Tecnologia e Inovação - Fundamentos Teóricos e a Economia Global. Rio de Janeiro: E-papers, 2017.

GEELS, F. W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. **Research policy**, v. 33, n.6, p. 897-920, 2004.

GEELS, F. W. Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. **Research policy**, v. 39, n. 4, p. 495-510, 2010.

GEELS, F. W., BERKHOUT, F.; VUUREN, D. P. Bridging analytical approaches for low-carbon transitions. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 6, p. 576-683, 2016.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. "Energias renováveis: um futuro sustentável." **Revista USP**, v. 72, p. 6-15, 2007.

GRUBB, M. et al. **The Earth Summit Agreements: A Guide and Assessment: An Analysis of the Rio'92 UN Conference on Environment and Development. Vol. 9.** Routledge, 2019.

HELLER, C. Path-dependence, lock-in e inércia. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, p. 260-284, 2006

HUANG et al. How China became a leader in solar PV: An innovation system analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 64, p. 777-789, 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key world energy statistics**. Paris: International Energy Agency, 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) et al. **Tracking CDG7: The energy progress report**, 2018.

JOHNSTONE, N.; HAŠČIČ, I.; POPP, D. Renewable energy policies and technological innovation: evidence based on patent counts. **Environmental and resource economics**, v. 45, n. 1, p.133-155, 2010.

JOUHARA, H. et al. Waste heat recovery technologies and applications. **Thermal Science and Engineering Progress**, v. 6, p. 268-289, 2018.

KIRKELS, A. F.; VERBONG, G. P. Biomass gasification: Still promising? A 30-year global overview. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 1, p. 471-481, 2011.

LA ROVERE, R. L. Paradigmas e trajetórias tecnológicas. **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, 2006.

LAURSEN, K. The impact of technological opportunity on the dynamics of trade performance. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 10, n. 3, p. 341-357, 1999.

LI, W.; LONG, R.; HONG CHEN, H. Consumers' evaluation of national new energy vehicle policy in China: An analysis based on a four paradigm model. **Energy Policy**, v. 99, p. 33-41, 2016.

LIU, J. China's renewable energy law and policy: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 99, p. 212-219, 2019.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research policy**, v. 31, n. 2, p. 247-264, 2002.

MARKARD, J.; TRUFFER, B. Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. **Research policy**, v. 37, n. 4, p. 596-615, 2008.

MELIKOGLU, M. Current status and future of ocean energy sources: A global review. **Ocean Engineering**, n. 148, p. 563-573, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Compromissos Estabelecidos na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)**. Disponível em < <https://www.mma.gov.br/component/k2/item/15142-contribui%C3%A7%C3%B5es-para-o-documento-base.html> >. Acesso em: 12 de dezembro de 2019.

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. R. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto internacional**, p. 9-47, 2008.

MU, Z.; BU, S.; XUE, B. Environmental legislation in China: Achievements, challenges and trends. **Sustainability**, v. 6, n. 12, p. 8967-8979, 2014.

NELSON, R. **What makes an economy productive and progressive? What are the needed institutions?**. LEM Working Paper Series, 2006.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Editora Unicamp, 2005.

NIOSI, J. et al. National systems of innovation: in search of a workable concept. **Technology in society**, v. 15, n. 2, p. 207-227, 1993.

PASSOS, P. N. C. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 6, n. 6, 2009.

PATRICK, D. L., et al. **Health & environmental effects of air pollution**, 2015.

PEREZ, C. **Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil**. 2001.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge journal of economics**, v. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.

PESSALI, H.; FERNÁNDEZ, R. A tecnologia na perspectiva da economia institucional. In: **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: HUCITEC, p. 87-111, 2006.

PEW RESEARCH CENTER. **Who's Winning the Clean Energy Race?**. 2014.

PORTAL BIOSSISTEMAS BRASIL. **O que é célula a combustível?** Universidade Federal de São Paulo (USP), 2012. Disponível em <http://www.usp.br/portaliobiossistemas/?p=4316>. Acesso em: 6 de dezembro de 2019.

PORTAL ENERGIA. Fontes de energia 2019 – Tudo sobre energias renováveis, 2019. Disponível em <<https://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>>. Acesso em 5 de dezembro de 2019.

PORTER, M. E.; LINDE, C. V. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. **Journal of economic perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995.

RAISER, K.; NAIMS, H; BRUHN, T. Corporatization of the climate? Innovation, intellectual property rights, and patents for climate change mitigation. **Energy research & social science**, v. 27, p. 1-8, 2017

REN21. **Renewables global status report 2018**, 2018.

REN21. **Renewables global status report 2019**, 2019.

ROCHA, J. M. Política internacional para o meio ambiente: avanços e entraves pós conferência de Estocolmo. **Revista Ciências Administrativas**, v. 9, n. 2, 2003.

RODRIGUES, C.A., **Gaseificação integrada ao ciclo combinado como alternativa para a produção de eletricidade e hidrogênio em refinarias de petróleo**. Dissertação de Mestrado, UFPR, 2012.

ROGOFF, M. J.; SCREVE, F. **Waste-to-energy: technologies and project implementation**. Academic Press, 2019.

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Unicamp, 2006.

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Tradução de Maria Sílvia Possas. 2. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985.

SCOTT, W. R. **Institutions and organizations: ideas and interests**. London: Sage Publications, 1995.

SKEA, J.; EKINS P.; WINSKEL M. **Energy 2050: Making the transition to a secure low carbon energy system**. Routledge, 2011.

STAFFELL, I. et al. 2019. The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system. **Energy & Environmental Science**, v. 12, n. 2, p.463-491, 2019.

TILIO NETO, P. **Soberania e ingerência na Amazônia brasileira**. SciELO-Centro Edelstein, 2010.

UNRUH, G. C. Understanding carbon lock-in. **Energy policy**, v. 28, n. 12, p. 817-830, 2000.

UNRUH, G. C. Escaping carbon lock-in. **Energy policy**, v. 30, n. 4, p. 317-325, 2002.

UNRUH, Gregory C.; CARRILLO-HERMOSILLA, J. Globalizing carbon lock-in. **Energy Policy**, v. 34, n. 10, p. 1185-1197, 2006.

URRACA-RUIZ, A. Persistência versus mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil. **Economia e Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 403-427, 2008.

VEBLEN, T. **The theory of the leisure class: An economic study of institutions**. Aakar Books, 2005.

VIOLA, E. O regime internacional de mudança climática e o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 17, n. 50, p. 25-46, 2002.

WATKINS, A. et al. National innovation systems and the intermediary role of industry associations in building institutional capacities for innovation in developing countries: A critical review of the literature. **Research Policy**, v. 44, n. 8, p. 1407-1418, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **How air pollution is destroying our health**, 2018.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). **IPC Green Inventory**, 2019.

YAO, R.; LI, B.; STEEMERS, K. Energy policy and standard for built environment in China. **Renewable Energy**, v. 30, n. 13, p. 1973-1988, 2005.

ZAWISLAK, P. A. A relação entre conhecimento e desenvolvimento: essência do progresso técnico. **Análise**, v. 6, n. 1, p. 125-149, 1995.

ZUCOLOTO, G. F. **Propriedade intelectual, origem de capital e desenvolvimento tecnológico: a experiência brasileira**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), n. 1475, 2010.

APÊNDICE A – VANTAGEM TECNOLÓGICA REVELADA NO 1º PERÍODO.

País/Subclasse	Biocombustíveis	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Células de combustível	Pirólise ou gaseificação de biomassa	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Energia hidráulica	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Energia eólica	Energia solar	Energia geotérmica	Outros tipos de produção ou utilização de calor	Utilização de calor residual	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular
Alemanha	0.821	1.181	0.835	1.343	1.127	1.085	0.751	0.921	1.651	1.722	0.815	1.848	0.000
Arábia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Austrália	0.914	1.491	0.295	1.342	0.867	2.469	0.000	3.652	1.450	1.469	1.994	0.997	0.000
Brasil	1.158	0.000	0.080	0.912	0.366	5.714	0.000	4.061	0.527	1.419	2.710	0.436	67.752
Canadá	0.920	1.504	1.865	1.395	1.140	1.249	0.000	0.997	0.483	0.402	0.154	0.617	0.000
China	0.905	1.555	0.662	1.026	0.937	1.531	0.000	1.608	1.120	3.192	4.573	1.225	0.000
Coreia do Sul	0.850	0.218	1.128	0.599	1.312	1.715	0.000	1.185	1.072	2.049	1.423	1.258	17.792
Espanha	1.130	0.000	0.122	0.461	0.708	3.298	0.000	2.279	0.998	1.672	0.000	1.210	0.000
Estados Unidos	1.117	0.925	0.958	0.737	0.871	0.573	1.249	0.846	0.766	0.712	0.952	0.757	0.000
França	1.059	0.662	0.500	0.765	1.343	1.238	0.000	1.693	1.045	0.378	0.325	0.887	2.705
Índia	1.463	0.699	0.169	0.768	0.462	1.032	0.000	0.000	0.370	0.398	2.283	0.367	28.542
Indonésia	0.868	0.000	0.000	0.000	6.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Irã	1.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itália	0.822	0.681	0.923	1.873	1.586	1.900	0.000	1.359	1.455	1.101	1.855	0.119	0.000
Japão	0.700	1.192	1.882	1.389	1.208	0.824	0.000	0.401	1.321	1.383	1.159	1.401	1.159
México	1.093	0.000	0.000	7.282	1.946	5.214	0.000	0.721	0.280	0.755	0.000	0.000	0.000
Nigéria	1.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reino Unido	1.156	0.937	0.594	0.883	0.830	1.823	3.828	1.250	0.777	0.636	0.729	0.773	1.823
Rússia	0.688	1.520	0.552	3.344	1.564	2.993	0.000	1.758	1.429	3.251	4.347	1.397	0.000
Turquia	0.760	0.000	0.000	0.000	0.000	20.203	0.000	0.000	2.717	0.000	0.000	0.000	0.000

APÊNDICE B – VANTAGEM TECNOLÓGICA REVELADA NO 2º PERÍODO

País/Subclasse	Biocombustíveis	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Células de combustível	Pirólise ou gaseificação de biomassa	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Energia hidráulica	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Energia eólica	Energia solar	Energia geotérmica	Outros tipos de produção ou utilização de calor	Utilização de calor residual	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular
Alemanha	0.680	1.177	1.150	1.645	1.064	1.063	0.283	1.123	1.077	1.891	1.157	2.065	0.308
Arábia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Austrália	1.063	1.317	0.218	1.531	1.221	2.399	0.000	2.712	0.921	1.386	2.085	1.424	0.000
Brasil	1.396	0.372	0.092	1.413	1.356	3.137	0.000	4.116	0.372	1.090	0.458	1.115	3.500
Canadá	1.271	1.644	0.569	1.302	1.327	1.428	1.139	1.950	0.587	0.779	1.255	1.231	2.474
China	1.071	0.528	0.608	1.606	0.998	1.280	1.444	1.211	1.032	1.299	2.584	0.843	6.536
Coreia do Sul	0.684	0.423	1.625	0.535	1.039	1.233	0.732	1.364	1.109	0.679	1.526	0.622	1.590
Espanha	0.993	0.354	0.230	1.192	0.941	2.850	0.000	3.326	1.124	1.661	0.698	0.849	5.334
Estados Unidos	1.385	1.300	0.587	1.072	0.981	0.632	1.312	0.818	0.815	0.752	0.664	0.607	0.342
França	1.013	1.299	0.690	0.327	1.352	1.672	6.194	1.571	0.898	0.992	1.321	1.687	0.708
Índia	1.493	1.259	0.293	1.366	0.993	3.129	1.817	1.196	0.495	1.033	0.388	0.733	1.974
Indonésia	1.422	0.000	0.000	4.770	2.869	3.801	0.000	0.982	0.192	0.780	0.000	0.000	0.000
Irã	1.593	7.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.939	1.907	0.000	1.788	0.000
Itália	0.736	1.190	0.371	1.555	1.436	2.122	0.000	2.411	1.233	1.930	1.532	1.782	1.017
Japão	0.713	0.715	1.697	0.508	0.819	0.365	0.059	0.297	1.249	0.761	0.587	0.849	0.128
México	1.216	1.156	0.182	2.196	1.887	3.749	0.000	1.938	0.606	0.616	0.000	0.866	10.877
Nigéria	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.328	0.000	0.000	0.000
Reino Unido	1.081	1.047	0.587	1.338	1.053	2.898	1.209	1.771	0.792	1.109	1.404	1.371	0.438
Rússia	0.948	1.094	0.197	2.300	1.443	2.882	0.000	2.108	0.945	2.075	2.021	1.331	5.144
Turquia	0.372	1.256	0.472	2.498	1.048	6.515	7.250	2.666	1.070	3.455	1.031	2.403	0.000

APÊNDICE C – TAXA DE VARIAÇÃO DA VANTAGEM TECNOLÓGICA REVELADA

País/Subclasse	Biocombustíveis	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Células de combustível	Pirólise ou gaseificação de biomassa	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Energia hidráulica	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Energia eólica	Energia solar	Energia geotérmica	Outros tipos de produção ou utilização de calor	Utilização de calor residual	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular
Alemanha	-17.22%	-0.36%	37.74%	22.53%	-5.61%	-2.09%	-62.29%	21.90%	-34.80%	9.84%	42.01%	11.75%	-
Arábia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Austrália	16.31%	-11.68%	-26.29%	14.08%	40.89%	-2.82%	-	-25.75%	-36.51%	-5.66%	4.57%	42.90%	-
Brasil	20.54%	-	14.93%	54.95%	270.91%	-45.10%	-	1.35%	-29.41%	-23.18%	-83.09%	155.93%	-94.83%
Canadá	38.20%	9.33%	-69.49%	-6.70%	16.44%	14.36%	-	95.58%	21.63%	93.81%	717.18%	99.50%	-
China	18.38%	-66.03%	-8.24%	56.52%	6.50%	-16.39%	-	-24.66%	-7.83%	-59.31%	-43.49%	-31.18%	-
Coreia do Sul	-19.55%	94.09%	44.08%	-10.66%	-20.82%	-28.09%	-	15.15%	3.39%	-66.87%	7.24%	-50.53%	-91.06%
Espanha	-12.09%	-	89.14%	158.79%	32.89%	-13.60%	-	45.94%	12.65%	-0.66%	-	-29.80%	-
Estados Unidos	24.01%	40.59%	-38.75%	45.47%	12.68%	10.17%	5.01%	-3.35%	6.44%	5.59%	-30.22%	-19.89%	-
França	-4.32%	96.21%	38.00%	-57.26%	0.65%	35.05%	-	-7.22%	-14.03%	162.84%	307.09%	90.24%	-73.82%
Índia	2.05%	80.22%	73.42%	77.77%	114.89%	203.35%	-	-	33.82%	159.41%	-83.03%	99.83%	-93.09%
Indonésia	63.75%	-	-	-	-52.44%	-	-	-	-	-	-	-	-
Irã	-8.27%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itália	-10.42%	74.68%	-59.86%	-16.98%	-9.44%	11.67%	-	77.37%	-15.22%	75.30%	-17.44%	1394.14%	-
Japão	1.88%	-40.03%	-9.83%	-63.44%	-32.14%	-55.68%	-	-26.13%	-5.46%	-44.99%	-49.39%	-39.36%	-88.96%
México	11.29%	-	-	-69.84%	-3.03%	-28.09%	-	168.97%	116.19%	-18.45%	-	-	-
Nigéria	-100.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reino Unido	-6.56%	11.80%	-1.24%	51.53%	26.98%	58.98%	-68.41%	41.63%	1.95%	74.39%	92.62%	77.31%	-75.98%
Rússia	37.93%	-28.04%	-64.26%	-31.23%	-7.75%	-3.72%	-	19.92%	-33.83%	-36.17%	-53.52%	-4.74%	-
Turquia	-50.99%	-	-	-	-	-67.75%	-	-	-60.61%	-	-	-	-

APÊNDICE D - ÍNDICE DE SEMELHANÇA NO 1º PERÍODO

Países/Paises	China	Estados Unidos	Índia	Rússia	Japão	Brasil	Alemanha	Canadá	Irã	Indonésia	França	Coreia do Sul	Nigéria	Reino Unido	México	Arábia Saudita	Itália	Turquia	Austrália	Espanha
Alemanha	0.233	0.372	0.759	0.297	0.281	0.677	0.000	0.388	1.055	0.868	0.349	0.189	1.055	0.421	0.682	-	0.158	0.718	0.276	0.471
Arábia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Austrália	0.208	0.401	0.644	0.350	0.476	0.405	0.276	0.449	0.948	0.856	0.299	0.326	0.948	0.357	0.584	-	0.290	0.730	0.000	0.288
Brasil	0.525	0.386	0.399	0.732	0.845	0.000	0.677	0.615	0.667	0.939	0.416	0.614	0.667	0.292	0.403	-	0.657	0.862	0.405	0.222
Canadá	0.362	0.318	0.651	0.598	0.294	0.615	0.388	0.000	0.941	0.811	0.369	0.299	0.941	0.390	0.576	-	0.383	0.983	0.449	0.550
China	0.000	0.319	0.652	0.280	0.415	0.525	0.233	0.362	0.958	0.845	0.250	0.191	0.958	0.299	0.613	-	0.278	0.830	0.208	0.333
Coreia do Sul	0.191	0.319	0.726	0.337	0.283	0.614	0.189	0.299	1.021	0.804	0.277	0.000	1.021	0.375	0.619	-	0.183	0.836	0.326	0.410
Espanha	0.333	0.262	0.437	0.540	0.653	0.222	0.471	0.550	0.699	0.883	0.229	0.410	0.699	0.198	0.404	-	0.506	0.814	0.288	0.000
Estados Unidos	0.319	0.000	0.430	0.597	0.500	0.386	0.372	0.318	0.714	0.856	0.204	0.319	0.714	0.103	0.440	-	0.381	0.935	0.401	0.262
França	0.250	0.204	0.489	0.428	0.505	0.416	0.349	0.369	0.781	0.777	0.000	0.277	0.781	0.172	0.398	-	0.325	0.854	0.299	0.229
Índia	0.652	0.430	0.000	0.902	0.901	0.399	0.759	0.651	0.315	0.923	0.489	0.726	0.315	0.373	0.541	-	0.762	1.014	0.644	0.437
Indonésia	0.845	0.856	0.923	0.949	0.994	0.939	0.868	0.811	1.000	0.000	0.777	0.804	1.000	0.863	0.677	-	0.791	1.125	0.856	0.883
Irã	0.958	0.714	0.315	1.208	1.194	0.667	1.055	0.941	0.000	1.000	0.781	1.021	0.000	0.668	0.742	-	1.054	1.125	0.948	0.699
Itália	0.278	0.381	0.762	0.257	0.319	0.657	0.158	0.383	1.054	0.791	0.325	0.183	1.054	0.421	0.574	-	0.000	0.743	0.290	0.506
Japão	0.415	0.500	0.901	0.349	0.000	0.845	0.281	0.294	1.194	0.994	0.505	0.283	1.194	0.590	0.828	-	0.319	0.870	0.476	0.653
México	0.613	0.440	0.541	0.672	0.828	0.403	0.682	0.576	0.742	0.677	0.398	0.619	0.742	0.416	0.000	-	0.574	0.931	0.584	0.404
Nigéria	0.958	0.714	0.315	1.208	1.194	0.667	1.055	0.941	0.000	1.000	0.781	1.021	0.000	0.668	0.742	-	1.054	1.125	0.948	0.699
Reino Unido	0.299	0.103	0.373	0.553	0.590	0.292	0.421	0.390	0.668	0.863	0.172	0.375	0.668	0.000	0.416	-	0.421	0.901	0.357	0.198
Rússia	0.280	0.597	0.902	0.000	0.349	0.732	0.297	0.598	1.208	0.949	0.428	0.337	1.208	0.553	0.672	-	0.257	0.806	0.350	0.540
Turquia	0.830	0.935	1.014	0.806	0.870	0.862	0.718	0.983	1.125	1.125	0.854	0.836	1.125	0.901	0.931	-	0.743	0.000	0.730	0.814

APÊNDICE E – ÍNDICE DE SEMELHANÇA NO 2º PERÍODO

Países/Paises	China	Estados Unidos	Índia	Rússia	Japão	Brasil	Alemanha	Canadá	Irã	Indonésia	França	Coreia do Sul	Nigéria	Reino Unido	México	Arábia Saudita	Itália	Turquia	Austrália	Espanha
Alemanha	0.339	0.544	0.731	0.437	0.295	0.831	0.000	0.558	0.795	1.047	0.356	0.207	1.890	0.429	0.720	-	0.289	0.476	0.468	0.455
Arábia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Austrália	0.208	0.375	0.395	0.133	0.664	0.378	0.468	0.304	0.559	0.670	0.203	0.575	1.919	0.166	0.305	-	0.287	0.571	0.000	0.171
Brasil	0.540	0.398	0.218	0.448	0.974	0.000	0.831	0.304	0.615	0.364	0.521	0.891	1.937	0.410	0.288	-	0.636	0.899	0.378	0.441
Canadá	0.283	0.201	0.269	0.385	0.701	0.304	0.558	0.000	0.600	0.548	0.250	0.614	1.955	0.204	0.232	-	0.488	0.773	0.304	0.440
China	0.000	0.253	0.424	0.286	0.481	0.540	0.339	0.283	0.598	0.747	0.183	0.399	1.924	0.159	0.421	-	0.359	0.608	0.208	0.238
Coreia do Sul	0.399	0.571	0.777	0.569	0.137	0.891	0.207	0.614	0.946	1.077	0.431	0.000	1.960	0.509	0.758	-	0.433	0.661	0.575	0.506
Espanha	0.238	0.444	0.447	0.187	0.569	0.441	0.455	0.440	0.639	0.752	0.312	0.506	1.903	0.265	0.395	-	0.278	0.537	0.171	0.000
Estados Unidos	0.253	0.000	0.257	0.473	0.603	0.398	0.544	0.201	0.450	0.565	0.306	0.571	1.956	0.248	0.387	-	0.575	0.817	0.375	0.444
França	0.183	0.306	0.471	0.250	0.518	0.521	0.356	0.250	0.615	0.759	0.000	0.431	1.942	0.156	0.410	-	0.330	0.615	0.203	0.312
Índia	0.424	0.257	0.000	0.467	0.849	0.218	0.731	0.269	0.495	0.397	0.471	0.777	1.940	0.334	0.283	-	0.633	0.862	0.395	0.447
Indonésia	0.747	0.565	0.397	0.681	1.155	0.364	1.047	0.548	0.773	0.000	0.759	1.077	1.955	0.662	0.384	-	0.903	1.130	0.670	0.752
Irã	0.598	0.450	0.495	0.617	0.900	0.615	0.795	0.600	0.000	0.773	0.615	0.946	1.889	0.630	0.673	-	0.751	1.028	0.559	0.639
Itália	0.359	0.575	0.633	0.240	0.463	0.636	0.289	0.488	0.751	0.903	0.330	0.433	1.888	0.377	0.537	-	0.000	0.419	0.287	0.278
Japão	0.481	0.603	0.849	0.660	0.000	0.974	0.295	0.701	0.900	1.155	0.518	0.137	1.956	0.598	0.841	-	0.463	0.767	0.664	0.569
México	0.421	0.387	0.283	0.316	0.841	0.288	0.720	0.232	0.673	0.384	0.410	0.758	1.964	0.306	0.000	-	0.537	0.776	0.305	0.395
Nigéria	1.924	1.956	1.940	1.879	1.956	1.937	1.890	1.955	1.889	1.955	1.942	1.960	0.000	1.935	1.964	-	1.888	1.799	1.919	1.903
Reino Unido	0.159	0.248	0.334	0.240	0.598	0.410	0.429	0.204	0.630	0.662	0.156	0.509	1.935	0.000	0.306	-	0.377	0.589	0.166	0.265
Rússia	0.286	0.473	0.467	0.000	0.660	0.448	0.437	0.385	0.617	0.681	0.250	0.569	1.879	0.240	0.316	-	0.240	0.515	0.133	0.187
Turquia	0.608	0.817	0.862	0.515	0.767	0.899	0.476	0.773	1.028	1.130	0.615	0.661	1.799	0.589	0.776	-	0.419	0.000	0.571	0.537

APÊNDICE F - PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE PATENTES DO PAÍS NO 1º PERÍODO

País/Subclasse	Biocombustíveis	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Células de combustível	Pirólise ou gaseificação de biomassa	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Energia hidráulica	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Energia eólica	Energia solar	Energia geotérmica	Outros tipos de produção ou utilização de calor	Utilização de calor residual	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular
Alemanha	47.266%	0.720%	10.505%	1.487%	9.338%	1.343%	0.016%	2.063%	18.996%	3.678%	0.304%	4.285%	0.000%
Arábia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Austrália	52.601%	0.908%	3.716%	1.486%	7.184%	3.055%	0.000%	8.175%	16.680%	3.138%	0.743%	2.312%	0.000%
Brasil	66.667%	0.000%	1.010%	1.010%	3.030%	7.071%	0.000%	9.091%	6.061%	3.030%	1.010%	1.010%	1.010%
Canadá	52.948%	0.916%	23.469%	1.546%	9.445%	1.546%	0.000%	2.232%	5.552%	0.859%	0.057%	1.431%	0.000%
China	52.083%	0.947%	8.333%	1.136%	7.765%	1.894%	0.000%	3.598%	12.879%	6.818%	1.705%	2.841%	0.000%
Coreia do Sul	48.939%	0.133%	14.191%	0.663%	10.875%	2.122%	0.000%	2.653%	12.334%	4.377%	0.531%	2.918%	0.265%
Espanha	65.051%	0.000%	1.531%	0.510%	5.867%	4.082%	0.000%	5.102%	11.480%	3.571%	0.000%	2.806%	0.000%
Estados Unidos	64.281%	0.563%	12.050%	0.816%	7.216%	0.710%	0.027%	1.894%	8.812%	1.521%	0.355%	1.756%	0.000%
França	60.968%	0.403%	6.290%	0.847%	11.129%	1.532%	0.000%	3.790%	12.016%	0.806%	0.121%	2.056%	0.040%
Índia	84.255%	0.426%	2.128%	0.851%	3.830%	1.277%	0.000%	0.000%	4.255%	0.851%	0.851%	0.851%	0.426%
Indonésia	50.000%	0.000%	0.000%	0.000%	50.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Irã	100.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Itália	47.303%	0.415%	11.618%	2.075%	13.140%	2.351%	0.000%	3.043%	16.736%	2.351%	0.692%	0.277%	0.000%
Japão	40.287%	0.726%	23.678%	1.538%	10.007%	1.020%	0.000%	0.899%	15.192%	2.955%	0.432%	3.249%	0.017%
México	62.903%	0.000%	0.000%	8.065%	16.129%	6.452%	0.000%	1.613%	3.226%	1.613%	0.000%	0.000%	0.000%
Nigéria	100.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Reino Unido	66.576%	0.571%	7.473%	0.978%	6.875%	2.255%	0.082%	2.799%	8.940%	1.359%	0.272%	1.793%	0.027%
Rússia	39.583%	0.926%	6.944%	3.704%	12.963%	3.704%	0.000%	3.935%	16.435%	6.944%	1.620%	3.241%	0.000%
Turquia	43.750%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	25.000%	0.000%	0.000%	31.250%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

APÊNDICE G – PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE PATENTES DO PAÍS NO 2º PERÍODO

País/Subclasse	Biocombustíveis	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Células de combustível	Pirólise ou gaseificação de biomassa	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Energia hidráulica	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Energia eólica	Energia solar	Energia geotérmica	Outros tipos de produção ou utilização de calor	Utilização de calor residual	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular
Alemanha	26.067%	0.913%	19.784%	2.352%	7.582%	2.542%	0.013%	2.599%	25.483%	5.509%	0.729%	6.415%	0.013%
Arábia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Austrália	40.759%	1.021%	3.745%	2.189%	8.706%	5.739%	0.000%	6.274%	21.790%	4.037%	1.313%	4.426%	0.000%
Brasil	53.535%	0.289%	1.587%	2.020%	9.668%	7.504%	0.000%	9.524%	8.802%	3.175%	0.289%	3.463%	0.144%
Canadá	48.751%	1.275%	9.791%	1.861%	9.459%	3.417%	0.051%	4.513%	13.896%	2.269%	0.790%	3.825%	0.102%
China	41.076%	0.410%	10.455%	2.296%	7.114%	3.061%	0.065%	2.802%	24.423%	3.783%	1.628%	2.619%	0.269%
Coreia do Sul	26.229%	0.328%	27.955%	0.765%	7.407%	2.950%	0.033%	3.157%	26.240%	1.977%	0.961%	1.934%	0.066%
Espanha	38.098%	0.275%	3.958%	1.704%	6.707%	6.817%	0.000%	7.697%	26.608%	4.838%	0.440%	2.639%	0.220%
Estados Unidos	53.106%	1.008%	10.091%	1.532%	6.994%	1.511%	0.059%	1.892%	19.299%	2.190%	0.418%	1.885%	0.014%
França	38.861%	1.007%	11.869%	0.467%	9.635%	4.000%	0.277%	3.635%	21.255%	2.891%	0.832%	5.241%	0.029%
Índia	57.282%	0.976%	5.045%	1.953%	7.079%	7.486%	0.081%	2.766%	11.717%	3.011%	0.244%	2.278%	0.081%
Indonésia	54.545%	0.000%	0.000%	6.818%	20.455%	9.091%	0.000%	2.273%	4.545%	2.273%	0.000%	0.000%	0.000%
Irã	61.111%	5.556%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	22.222%	5.556%	0.000%	5.556%	0.000%
Itália	28.230%	0.923%	6.376%	2.223%	10.235%	5.076%	0.000%	5.579%	29.195%	5.621%	0.965%	5.537%	0.042%
Japão	27.343%	0.554%	29.191%	0.726%	5.841%	0.874%	0.003%	0.686%	29.552%	2.217%	0.370%	2.639%	0.005%
México	46.637%	0.897%	3.139%	3.139%	13.453%	8.969%	0.000%	4.484%	14.350%	1.794%	0.000%	2.691%	0.448%
Nigéria	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	100.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Reino Unido	41.444%	0.812%	10.090%	1.913%	7.509%	6.931%	0.054%	4.097%	18.755%	3.231%	0.884%	4.260%	0.018%
Rússia	36.373%	0.848%	3.393%	3.287%	10.286%	6.893%	0.000%	4.878%	22.375%	6.045%	1.273%	4.136%	0.212%
Turquia	14.286%	0.974%	8.117%	3.571%	7.468%	15.584%	0.325%	6.169%	25.325%	10.065%	0.649%	7.468%	0.000%

APÊNDICE H - PARTICIPAÇÃO DO PAÍS NO TOTAL DE PATENTES DA SUBCLASSE NO 1º PERÍODO

País/Subclasse	Biocombustíveis	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Células de combustível	Pirólise ou gaseificação de biomassa	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Energia hidráulica	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Energia eólica	Energia solar	Energia geotérmica	Outros tipos de produção ou utilização de calor	Utilização de calor residual	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular
Alemanha	10.936%	15.734%	11.122%	17.885%	15.009%	14.458%	10.000%	12.274%	21.996%	22.931%	10.857%	24.610%	0.000%
Arábia Saudita	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Austrália	2.357%	3.846%	0.762%	3.462%	2.236%	6.368%	0.000%	9.420%	3.740%	3.789%	5.143%	2.571%	0.000%
Brasil	0.244%	0.000%	0.017%	0.192%	0.077%	1.205%	0.000%	0.856%	0.111%	0.299%	0.571%	0.092%	14.286%
Canadá	3.422%	5.594%	6.941%	5.192%	4.241%	4.647%	0.000%	3.711%	1.796%	1.496%	0.571%	2.296%	0.000%
China	1.017%	1.748%	0.745%	1.154%	1.054%	1.721%	0.000%	1.808%	1.259%	3.589%	5.143%	1.377%	0.000%
Coreia do Sul	1.365%	0.350%	1.811%	0.962%	2.107%	2.754%	0.000%	1.903%	1.722%	3.290%	2.286%	2.020%	28.571%
Espanha	0.943%	0.000%	0.102%	0.385%	0.591%	2.754%	0.000%	1.903%	0.833%	1.396%	0.000%	1.010%	0.000%
Estados Unidos	53.620%	44.406%	45.996%	35.385%	41.814%	27.539%	60.000%	40.628%	36.789%	34.197%	45.714%	36.364%	0.000%
França	5.594%	3.497%	2.641%	4.038%	7.093%	6.540%	0.000%	8.944%	5.517%	1.994%	1.714%	4.683%	14.286%
Índia	0.732%	0.350%	0.085%	0.385%	0.231%	0.516%	0.000%	0.000%	0.185%	0.199%	1.143%	0.184%	14.286%
Indonésia	0.004%	0.000%	0.000%	0.000%	0.026%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Irã	0.007%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Itália	1.265%	1.049%	1.422%	2.885%	2.442%	2.926%	0.000%	2.093%	2.240%	1.695%	2.857%	0.184%	0.000%
Japão	8.623%	14.685%	23.193%	17.115%	14.880%	10.155%	0.000%	4.948%	16.275%	17.049%	14.286%	17.264%	14.286%
México	0.144%	0.000%	0.000%	0.962%	0.257%	0.688%	0.000%	0.095%	0.037%	0.100%	0.000%	0.000%	0.000%
Nigéria	0.004%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Reino Unido	9.064%	7.343%	4.655%	6.923%	6.502%	14.286%	30.000%	9.800%	6.091%	4.985%	5.714%	6.061%	14.286%
Rússia	0.633%	1.399%	0.508%	3.077%	1.439%	2.754%	0.000%	1.618%	1.315%	2.991%	4.000%	1.286%	0.000%
Turquia	0.026%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.688%	0.000%	0.000%	0.093%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

APÊNDICE I – PARTICIPAÇÃO DO PAÍS NO TOTAL DE PATENTES DA SUBCLASSE NO 2º PERÍODO

País/Subclasse	Biocombustíveis	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	Células de combustível	Pirólise ou gaseificação de biomassa	Aproveitamento de energia a partir de resíduos de atividades humanas	Energia hidráulica	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	Energia eólica	Energia solar	Energia geotérmica	Outros tipos de produção ou utilização de calor	Utilização de calor residual	Dispositivo para produção de energia mecânica a partir de energia muscular
Alemanha	7.621%	13.199%	12.898%	18.449%	11.927%	11.917%	3.175%	12.596%	12.073%	21.205%	12.980%	23.153%	3.448%
Arábia Saudita	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Austrália	1.553%	1.925%	0.318%	2.238%	1.785%	3.507%	0.000%	3.963%	1.345%	2.025%	3.047%	2.082%	0.000%
Brasil	0.688%	0.183%	0.045%	0.696%	0.668%	1.545%	0.000%	2.028%	0.183%	0.537%	0.226%	0.549%	1.724%
Canadá	3.544%	4.583%	1.587%	3.630%	3.700%	3.982%	3.175%	5.438%	1.637%	2.172%	3.499%	3.432%	6.897%
China	7.063%	3.483%	4.009%	10.592%	6.582%	8.440%	9.524%	7.988%	6.805%	8.565%	17.043%	5.559%	43.103%
Coreia do Sul	4.450%	2.750%	10.575%	3.481%	6.761%	8.024%	4.762%	8.879%	7.214%	4.417%	9.932%	4.049%	10.345%
Espanha	1.284%	0.458%	0.298%	1.542%	1.217%	3.685%	0.000%	4.301%	1.454%	2.147%	0.903%	1.098%	6.897%
Estados Unidos	41.880%	39.322%	17.745%	32.422%	29.677%	19.108%	39.683%	24.731%	24.663%	22.743%	20.090%	18.348%	10.345%
França	4.934%	6.324%	3.360%	1.591%	6.582%	8.143%	30.159%	7.650%	4.373%	4.832%	6.433%	8.213%	3.448%
Índia	1.305%	1.100%	0.256%	1.193%	0.868%	2.734%	1.587%	1.045%	0.432%	0.903%	0.339%	0.641%	1.724%
Indonésia	0.044%	0.000%	0.000%	0.149%	0.090%	0.119%	0.000%	0.031%	0.006%	0.024%	0.000%	0.000%	0.000%
Irã	0.020%	0.092%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.012%	0.024%	0.000%	0.023%	0.000%
Itália	1.247%	2.016%	0.628%	2.636%	2.433%	3.596%	0.000%	4.086%	2.090%	3.270%	2.596%	3.020%	1.724%
Japão	19.201%	19.248%	45.706%	13.675%	22.068%	9.837%	1.587%	7.988%	33.628%	20.498%	15.801%	22.878%	3.448%
México	0.193%	0.183%	0.029%	0.348%	0.299%	0.594%	0.000%	0.307%	0.096%	0.098%	0.000%	0.137%	1.724%
Nigéria	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.024%	0.000%	0.000%	0.000%
Reino Unido	4.255%	4.125%	2.310%	5.271%	4.148%	11.412%	4.762%	6.974%	3.120%	4.368%	5.530%	5.399%	1.724%
Rússia	0.636%	0.733%	0.132%	1.542%	0.967%	1.932%	0.000%	1.413%	0.634%	1.391%	1.354%	0.892%	3.448%
Turquia	0.082%	0.275%	0.103%	0.547%	0.229%	1.426%	1.587%	0.584%	0.234%	0.756%	0.226%	0.526%	0.000%