

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
DEPARTAMENTO ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Douglas Lamas Dias

Avaliação do desempenho dos principais países no comprometimento para com a redução de gases do efeito estufa a partir da renovação da matriz elétrica: considerando os Tratados Internacionais do clima

Araranguá

2022

Douglas Lamas Dias

Avaliação do desempenho dos principais países no comprometimento para com a redução de gases do efeito estufa a partir da renovação da matriz elétrica: considerando os Tratados Internacionais do clima

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia de Energia do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador(a): Prof. Leonardo Elizeire Bremermann. Doutor em Sistemas Sustentáveis de Energia.

Araranguá

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dias, Douglas Lamas

Avaliação do desempenho dos principais países no comprometimento para com a redução de gases do efeito estufa a partir da renovação da matriz elétrica: considerando os Tratados Internacionais do clima / Douglas Lamas Dias ; orientador, Leonardo Eliziere Bremermann, 2022.

135 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Graduação em Engenharia de Energia, Araranguá, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Energia. I. Bremermann, Leonardo Eliziere. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Energia. III. Título.

Douglas Lamas Dias

Avaliação do desempenho dos principais países no comprometimento para com a redução de gases do efeito estufa a partir da renovação da matriz elétrica: considerando os Tratados Internacionais do clima

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Energia, foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Leonardo Elizeire Bremermann, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Giuliano Arns Rampinelli, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Cássia Cruz Luiz, Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que essa é a versão original e final do trabalho que foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.

Prof(a). Katia Cilene Rodrigues Madruga

Coordenação do Curso

Prof.(a) Leonardo Elizeire Bremermann, Dr.(a)

Orientador(a)

Douglas Lamas Dias

Autor

Araranguá. 2022.

Este trabalho é dedicado a minha família, por me apoiarem para o estudo da Graduação. E ao meu professor Leonardo que me ajudou na conclusão do TCC

RESUMO

Desde o período do início da revolução industrial a energia foi se tornando cada vez mais importante, e o uso de combustíveis fósseis foi crescendo cada vez mais, mas esse crescimento gerou um elevado aumento de emissões de gases do efeito estufa, como CO₂ e CH₄, elevando a temperatura média global para mais de 1 °C na atualidade. Para evitar ainda mais o aumento de temperatura, foram elaborados tratados internacionais, cada vez mais rigorosos, com foco em energias renováveis e de baixa emissão de carbono. Esse trabalho tem como objetivo analisar as matrizes elétricas dos 15 principais países do PIB mundial, desde o estabelecimento desses tratados, por meio dos métodos da taxa média e suavização tripla exponencial, junto do método de mínimos quadrados. Para realizar essas análises foram coletados dados de combustíveis fósseis, nuclear, energia renovável, intensidade de CO₂ e investimento em renováveis, utilizando os principais bancos de dados mundiais: IEA, IRENA, OUR WORLD DATA, ENERDATA. Os resultados, a partir do método de taxas médias, indicam que em relação aos combustíveis fósseis, o Brasil teve o maior crescimento anual entre os países selecionados e o Reino Unido e a Espanha foram os que mais cresceram em porcentagem de renováveis em suas matrizes elétricas. Para o investimento em renováveis notou-se que houve um crescimento até o período pré-covid de 25 % e uma retração de 20 % no período posterior. Já para os dados de intensidade de emissão de CO₂ na matriz elétrica, percebeu-se elevado crescimento de emissão para o Brasil e a França, em mais de 1 %/ano, apesar de serem os menores emissores entre os países selecionados. Com o método de suavização tripla exponencial, foi possível fazer previsões para o ano de 2032. E essas previsões demonstraram que o Reino Unido em terá mais de 50 % em porcentagem de renovável. O Japão diminuirá em mais de 90 % o uso de nucleares em 2032 e a França em 2032 emitirá CO₂ em sua matriz elétrica apenas um pouco mais de 7 % em relação à Índia.

Palavras-chave: Gases do efeito estufa, Investimento, Crescimento.

ABSTRACT

Since the beginning of the industrial revolution, energy has become increasingly important, and the use of fuels has been growing more and more, but this growth has generated a high increase in greenhouse gas emissions, such as CO₂ and CH₄, increasing the average global temperature to more than 1°C today. To further prevent the rise in temperature, increasingly stringent international treaties were drawn up, focusing on renewable energy and low carbon emissions. This work aims to analyze the electrical matrices of the 15 main countries in world GDP, since the establishment of these treaties, through the methods of average rate and triple exponential smoothing, together with the least squares method. To carry out these analyses, data were collected on fossil fuels, nuclear, renewable energy, CO₂ intensity and investment in renewables, using the main world databases: IEA, IRENA, OUR WORLD DATA, ENERDATA. The results, from the average rates method, indicate that in relation to fossil fuels, Brazil had the highest annual growth among the selected countries and the United Kingdom and Spain were the ones that grew the most in percentage of renewables in their electrical matrices. For investment in renewables, it was noted that there was a 25% growth until the pre-covid period and a 20% retraction in the subsequent period. As for the CO₂ emission intensity data in the electrical matrix, a high emission growth was observed for Brazil and France, at more than 1%/year, despite being the lowest emitters among the selected countries. With the triple exponential smoothing method, it was possible to make predictions for the year 2032. And these predictions showed that the UK will have more than 50% in percentage of renewable. Japan will reduce by more than 90% the use of nuclear in 2032 and France in 2032 will emit CO₂ in its electric matrix just a little more than 7% in relation to India.

Keywords: greenhouse gas emissions, Investment, growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Emissões de CO ₂ do Protocolo de Kyoto.	15
Figura 2: Metas do acordo de Paris.....	15
Figura 3: Metas COP26.	17
Figura 4: Geração de Eletricidade (TWh) dos países- 1990-2021.....	37
Figura 5: Fontes renováveis em % na matriz elétrica dos países.....	37
Figura 6: Capacidade instalada de renováveis em MW-2020..	38
Figura 7: Geração de eletricidade (GWh)-2020.....	38
Figura 8: Geração de Eletricidade dos EUA em GWh-1990-2020.....	39
Figura 9: Geração de Eletricidade da China em GWh-1990-2020.	40
Figura 10: Geração de Eletricidade Brasil em GWh-1990-2020.....	40
Figura 11: Geração de Eletricidade França em GWh-1990-2020.....	41
Figura 12: Consumo de Eletricidade em 2021 (%).	42
Figura 13: Consumo de Eletricidade 2021 (TWh).....	43
Figura 14: Investimento de principais tecnologias entre 2000-2020.....	44
Figura 15: Intensidade de carbono da eletricidade de 2000-2021.....	45
Figura 16: Previsão de Renovável-Alemanha- 2022-2032..	71
Figura 17: Previsão de Renovável-Reino Unido- 2022-2032.....	72
Figura 18: Previsão de Renovável-Brasil- 2022-2032..	72
Figura 19: Previsão de Renovável-EUA- 2022-2032.....	73
Figura 20: Geração de Eletricidade (GWh)-China- 2021-2032.....	74
Figura 21: Geração de Eletricidade (GWh)-Índia- 2021-2032..	74
Figura 22: Geração de Eletricidade (GWh)-Canadá- 2021-2032.....	75
Figura 23: Geração de Eletricidade (GWh)-França- 2021-2032..	75
Figura 24: Eletricidade fontes fósseis-TWh-Itália- 2022-2032..	76
Figura 25: Eletricidade fontes nucleares-TWh-Japão- 2022-2032..	17
Figura 26: Eletricidade fontes fósseis-TWh-México- 2022-2032.....	17
Figura 27: Eletricidade fontes nucleares-TWh-Rússia- 2022-2032..	78
Figura 28: Intensidade de CO ₂ - gCO ₂ /kWh China- 2022-2032..	79
Figura 29: Intensidade de CO ₂ - gCO ₂ /kWh França- 2022-2032.....	79
Figura 30: Intensidade de CO ₂ - gCO ₂ /kWh Índia- 2022-2032.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais emissões de MtCO ₂ em 2021.....	13
Tabela 2: Países incluídos no Protocolo de Kyoto para o primeiro período de compromisso e suas metas de emissões.....	14
Tabela 3: Investimento anual em energia limpa 2017-2022.	18
Tabela 4: Investimento Mundial 2019-2022.....	20
Tabela 5: Adições médias anuais de capacidade renovável e capacidade instalada cumulativa, histórico, previsões e Cenário IEA Net Zero, 2009-2026.	21
Tabela 6: PIB mundial 2021.	22
Tabela 7: Crescimento de fontes renováveis e eletricidade em %/ano-1990-2021.	47
Tabela 8: Crescimento da Capacidade instalada e Geração de eletricidade em %/ano-2000-2020.....	49
Tabela 9: Geração de eletricidade-1985-2021.	50
Tabela 10: Geração de eletricidade protocolo de Kyoto.....	51
Tabela 11: Geração de Eletricidade-Acordo de Paris.....	52
Tabela 12: Eletricidade por fontes (GWh)-EUA.....	53
Tabela 13: Eletricidade por fontes (GWh)-China.....	54
Tabela 14: Eletricidade por fontes (GWh)-Japão.....	55
Tabela 15: Eletricidade por fontes (GWh)-Alemanha.....	56
Tabela 16: Eletricidade por fontes (GWh)-Reino Unido.....	57
Tabela 17: Eletricidade por fontes (GWh)-Índia.....	58
Tabela 18: Eletricidade por fontes (GWh)-França.....	59
Tabela 19: Eletricidade por fontes (GWh)-Itália.....	60
Tabela 20: Eletricidade por fontes (GWh)-Canadá.....	61
Tabela 21: Eletricidade por fontes (GWh)-Coréia do Sul.....	62
Tabela 22: Eletricidade por fontes (GWh)-Brasil.....	63
Tabela 23: Eletricidade por fontes (GWh)-Austrália.....	64
Tabela 24: Eletricidade por fontes (GWh)-Espanha.....	65
Tabela 25: Eletricidade por fontes (GWh)-México.....	66
Tabela 26: Eletricidade por fontes (GWh)-Rússia.....	67
Tabela 27: Investimento em Renováveis-2000-2020.....	68
Tabela 28: Intensidade de Carbono-gCO ₂ /kWh-2000-2021.....	70

Tabela 29: Dados de Geração de eletricidade em TWh – 1990-2021.....	90
Tabela 30: Dados de Porcentagem de Renováveis em % -1990-2021.....	92
Tabela 31: Dados de Capacidade Instalada em MW – 2000-2020.	93
Tabela 32: Dados de Geração de Eletricidade em GWh-2000-2020.....	95
Tabela 33: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-EUA-1990-2020.	96
Tabela 34: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-China-1990-2020.	97
Tabela 35: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Japão-1990-2020.	98
Tabela 36: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Alemanha-1990-2020.	98
Tabela 37: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Reino Unido-1990-2020.	99
Tabela 38: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Índia-1990-2020.	100
Tabela 39: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-França-1990-2020.	100
Tabela 40: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Itália-1990-2020.	101
Tabela 41: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Canadá-1990-2020.	102
Tabela 42: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Coréia do Sul-1990-2020.	102
Tabela 43: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Brasil-1990-2020.	103
Tabela 44: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Austrália-1990-2020.	104
Tabela 45: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Espanha-1990-2020.	104
Tabela 46: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-México-1990-2020.	105
Tabela 47: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Rússia-1990-2020.	106

Tabela 48: Dados Geração de eletricidade em TWh de diferentes fontes de energia.	106
Tabela 49: Dados Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh). ...	123
Tabela 50: Investimento em renováveis.	133
Tabela 51: Previsão de porcentagem de renováveis.	134
Tabela 52: Previsão de geração de eletricidade.	134
Tabela 53: Previsão de eletricidade por fonte.	135
Tabela 54: Previsão de intensidade de carbono.	135

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	TRATADOS INTERNACIONAIS	15
1.1.1	Protocolo de Kyoto	15
1.1.2	Acordo de Paris (2015)	15
1.1.3	CO26	17
1.1.4	CO27	18
1.2	OBJETIVO	21
1.2.1	Objetivo Geral	21
1.2.2	Objetivo Especifico	21
2	ESTADO DA ARTE	21
3.	METODOLOGIA	35
3.1.	SELEÇÃO DOS PRINCIPAIS PAÍSES	35
3.2.	COLETA DE DADOS DA MATRIZ ELÉTRICA DOS PAÍSES SELECIONADOS	35
3.3.	COLETA DE DADOS DE INVESTIMENTO EM TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS	43
3.4.	COLETA DE DADOS DE INTENSIDADE DE CARBONO DA ELETRICIDADE	44
3.5	MÉTODOS ANALÍTICOS PROPOSTOS	45
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1.	ELETRICIDADE	46
4.2.	INVESTIMENTO DE TECNOLOGIAS EM FONTES RENOVÁVEIS	67
4.3.	EMISSÃO DE CO ₂	68
4.3.	PREVISÃO DADOS PESQUISADOS	68
5.	CONCLUSÃO	79
	REFRÊNCIA	82
	ANEXO A	88

1. INTRODUÇÃO

A partir do final do século 18 (Revolução industrial) começou a geração de energia por meio de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, isso criou um frequente aumento de emissões de gases de efeito estufa (CO₂-dióxido de carbono, CH₄-metano, etc.) na atmosfera. Elevando a temperatura global média anual de no mínimo 1º C para o ano de 2021 (Organização Meteorológica Mundial, 2021).

Devido o constante desenvolvimento dos combustíveis fósseis, as emissões de CO₂ continuaram a crescer e a Tabela 1 evidencia a emissão dos principais países do mundo em 2021. Vale ressaltar que foram emitidos 37.124 MtCO₂ (Milhões de toneladas de CO₂) no mundo, com destaque para a China como maior emissor, duas vezes mais que os EUA e vinte vezes mais que o Brasil que ocupa a décima segunda posição, isso ocorre devido seus alto desenvolvimento econômico ao longo dos anos (Global Carbon Project, 2021).

Tabela 1: Principais emissões de MtCO₂ em 2021.

Rank	Country	MtCO ₂
1	China	11472
2	United States of	5007
3	India	2710
4	Russian	1756
5	Japan	1067
6	Iran	749
7	Germany	675
8	Saudi	672
9	Indonesia	619
10	South	616
11	Canada	546
12	Brazil	489
13	Turkey	446
14	South	436
15	Mexico	407
16	Australia	391
17	United	347
18	Italy	329

Fonte: Global Carbon Project, 2021.

Diante desses cenários, foram criados tratados internacionais, com o propósito de estabilizar essas mudanças climáticas.

1.1. TRATADOS INTERNACIONAIS

1.1.1 Protocolo de kyoto (1997)

As metas dos protocolos envolviam a redução de emissão de seis gases do efeito estufa, sendo eles, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆). Os países que se comprometeram a reduzir as emissões estão representados na Tabela 2 (Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period, 2021):

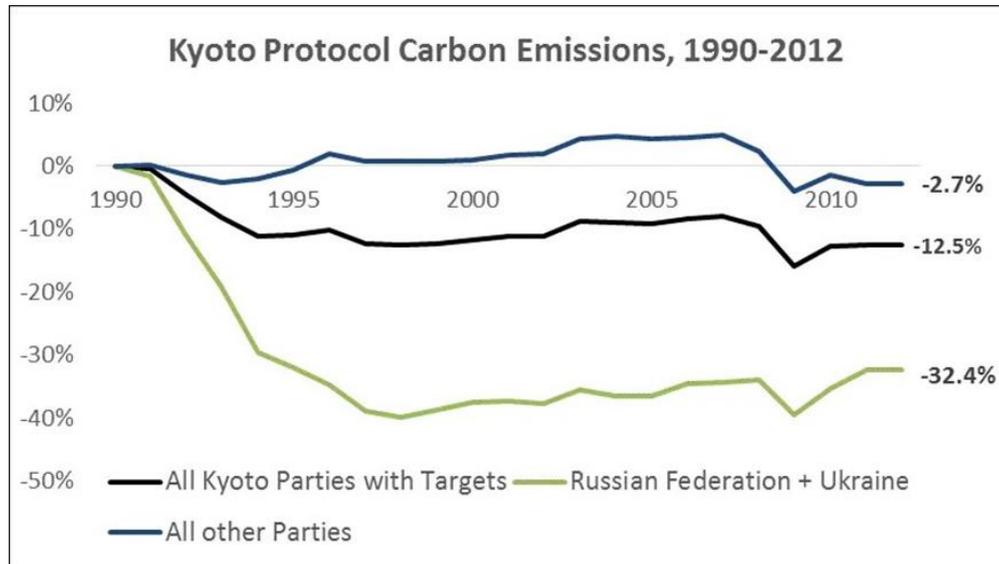
Tabela 2: Países incluídos no Protocolo de Kyoto para o primeiro período de compromisso e suas metas de emissões.

País	Meta (1990 - 2008/2012)
UE-15, Bulgária, República Checa, Estónia, Letónia, Liechtenstein, Lituânia, Mónaco, Roménia, Eslováquia, Eslovénia, Suíça	-8%
EUA	-7%
Canadá, Hungria, Japão, Polónia	-6%
Croácia	-5%
Nova Zelândia, Federação Russa, Ucrânia	0
Noruega	1%
Austrália	8%
Islândia	10%

Fonte: Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period, 2021.

O protocolo foi limitado, entre 1990 e 2012, de acordo com a Figura 1, mesmo que tenha ocorrido uma diminuição de 12,5 % da emissão de CO₂, ultrapassando a meta de 4,7 %. Essa diminuição ocorreu devido ao colapso da União Soviética (URSS), levando a uma falência industrial dos países separados e isso levou a diminuição do consumo de energia. Logo, houve uma redução de 32,4% de emissão de gases do efeito estufa, mas os outros países assinantes diminuíram em 2,7 %, não alcançando a meta proposta pelo protocolo (The Kyoto Protocol: Climate Change Success or Global Warming Failure?, 2015).

Figura 1: Emissões de CO₂ do Protocolo de Kyoto.



Fonte: The Kyoto Protocol: Climate Change Success or Global Warming Failure?, 2015.

1.1.2 Acordo de Paris (2015)

Entrou em vigor em 4 de novembro de 2016 e foi composto de 193 Partes (192 países mais a União Europeia), com metas de longo prazo indicado (The Paris Agreement. United Nations, 2021) na Figura 2, assim como nos níveis a seguir :

Figura 2: Metas do acordo de Paris.



Fonte: The Paris Agreement. United Nations, 2021.

- Reduzir substancialmente as emissões globais de gases de efeito estufa para limitar o aumento da temperatura global neste século a 2° C, enquanto tenta limitar ainda mais o aumento a 1,5 ° C.
- Rever os compromissos dos países a cada cinco anos, através de um plano nacional de ação climática– conhecido como Contribuição Nacionalmente Determinada, ou NDC, onde os países comunicam as ações de redução do efeito estufas.
- Fornecer financiamento aos países em desenvolvimento para mitigar as mudanças climáticas, fortalecer a resiliência e melhorar as habilidades de adaptação aos impactos climáticos.

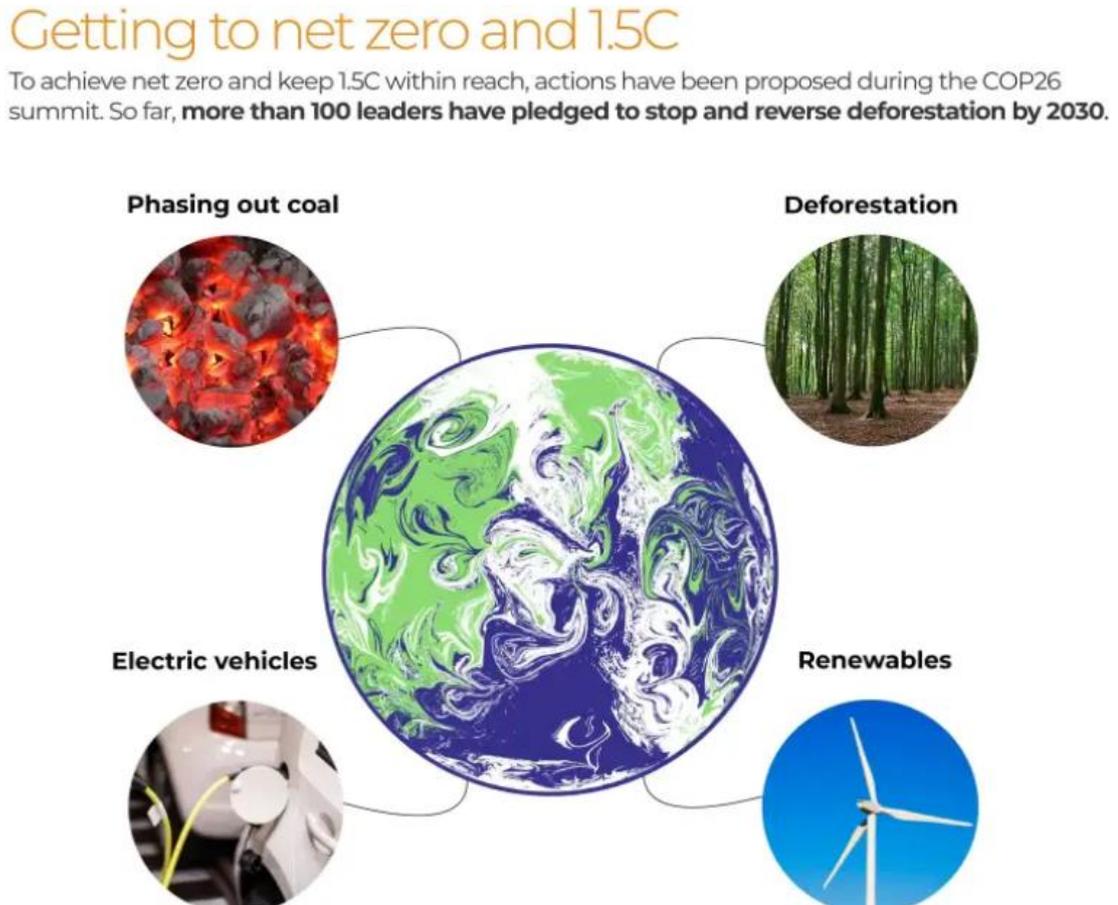
1.1.3 26ª Conferência Das Partes Da Convenção-Quadro Das Nações Unidas (2021)-COP26

O COP26 ocorreu em Glasgow, Escócia, onde líderes de diversos setores se encontraram para discutir sobre crise climática.

O objetivo do COP foi de manter o aquecimento global em 1,5° C acima dos níveis pré-industriais e garantir emissões líquidas zero (NET zero) até 2050. E para alcançar esse objetivo, foram propostas quatro metas que estão retratados na Figura 3, assim como nos níveis a seguir (COP26 goals explained in maps and charts, 2021; What do we need to achieve at COP26?. UN Ckimate Change Conference UK, 2021):

- NET zero até 2050: Eliminando uso de carvão na matriz energética, uso de veículos elétricos, desenvolvimento de fontes renováveis e redução de desmatamento.
- Proteção Comunidades e Habitats naturais: Através de proteção e restauração de ecossistemas, construção de defesas, sistemas de alerta.
- Financiamento: Países desenvolvidos mobilizem US\$ 100 bilhões em financiamento climático por ano.
- Colaboração: Finalizando o Livro de Regras de Paris e uma colaboração global de país a pessoas.

Figura 3: Metas COP26.



Fonte: COP26 goals explained in maps and charts, 2021.

1.1.4 27ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas (2022)-COP27

Já o COP27 que ocorreu na cidade costeira egípcia de Sharm el-Sheikh e reuniu representantes de diversas áreas.

Baseou-se nos resultados do COP26 e teve como foco a redução de emissão de gases do efeito estufa, construção de resiliência, adaptação de impacto das mudanças climáticas e cumprimento de compromisso de financiamento da ação climática em países em desenvolvimento (Delivering for people and the planet, 2022).

Diante desses tratados internacionais, são destacadas as matrizes elétricas dos países selecionados com foco em prevenir emissões de gases de efeito estufa, essas matrizes representam as fontes de energia elétrica do país. Para alcançar os

Tratados assinados, são necessários investimentos em fontes renováveis de energia, como solar e eólica, mas por serem fontes intermitentes e de incertezas, investir em tecnologias de armazenamento de energia, usinas térmicas de biomassa, tecnologias de captura de carbono, redes de alta tensão e energia nuclear, para que possa suprir a eletricidade quando as renováveis não produzirem. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2022)

A energia esta sendo vistas cada vez mais como uma fonte estratégica para o desenvolvimento de um país, em 2022 o investimento mundial em energia aumentou em 8 %, atingindo um total de US\$ 2,4 trilhões, bem acima dos níveis pré-Covid. Não obstante, devido à recuperação econômica e a guerra da Ucrânia, há muita dúvida em qual energia apoiar. Isso ocorre, pois o custo de energia está aumentando, devido múltiplas pressões na cadeia de suprimentos, mercados apertados para mão de obra e serviços especializados levando a um aumento nas tecnologias de energia limpa, aumentando entre 10 a 20% de placas solares e torres eólicas, esse aumento encaminha um maior investimento em combustíveis fósseis, buscando garantir e diversificar suas fontes de abastecimento (IEA (2022), World Energy Investment 2022, IEA, Paris).

Em relação à energia limpa, o investimento alcançará e superará US \$ 1,4 trilhão em 2022 e desde o tratado de Acordo de Paris em 2015 houve um aumento de 2 %/ano e depois de 2020 um aumento de 12 %/ano. Na Tabela 3, é salientado investimento em energia limpa de 2017-2022 (IEA (2022), World Energy Investment 2022, IEA, Paris):

Tabela 3: Investimento anual em energia limpa 2017-2022.

Unidades: Bilhão USD (2021)	Energia Renovável	Nuclear	Eficiência de Energia	Redes e armazenamento	Combustível de baixo carbono e CCUS	Veículos Elétricos
2017	326	37	376	322	11	5
2018	359	34	376	315	10	13
2019	393	35	390	296	10	19
2020	418	40	355	298	10	27
2021	446	44	430	317	16	55
2022e	472	49	470	337	19	93

Fonte: (IEA (2022), World Energy Investment 2022, IEA, Paris).

De acordo com a Tabela 3, redes, renováveis e armazenamento de energia representam 80 % do investimento. Para energias renováveis, solar representa quase metade do investimento, em relação à eólica, o foco está no offshore, com investimento de US\$ 472 bilhões. O armazenamento de energia chegará a um investimento de US\$ 20 bilhões em 2022, isso ocorre devido maior implantação de rede para suprir as instalações de fontes renováveis, sendo que em 2021, representou 70 % do gasto. Em relação à eficiência de energia houve um grande crescimento de investimento, isso ocorre devido alto dos combustíveis, então para evitar consumo excessivo, os países estão cada vez mais depositando ênfase no desempenho energético, sendo que em 2021 investiu US\$ 470 bilhões. Já combustíveis de baixo carbono, como hidrogênio têm um investimento anual em hidrogênio de baixo carbono é de cerca de US\$ 0,5 bilhão desde 2019. Por fim o CCUS (captura e armazenamento de carbono) em 2021 teve um investimento US\$ 1,8 bilhão, chegando a 130 projetos em 20 países (IEA (2022), World Energy Investment 2022, IEA, Paris).

Em relação aos combustíveis fósseis, houve um aumento de investimento, mas ainda estão quase 30 % abaixo do que estava quando o Acordo de Paris foi assinado. Para o setor do carvão foram investidos US\$ 105 bilhões em 2021 que foi um aumento de 10 % do ano anterior e a previsão para 2022 é a mesma. O petróleo é previsto um aumento de 30 % em 2022 para os principais detentores do recurso, como EUA, Rússia e companhias Nacionais de Petróleo do Oriente Médio (NOCs). Em relação com o gás natural, devido influência do gás russo o mercado de GNL (Gás natural liquefeito) surgiu como investimento em expansão, como exemplo de US\$ 11 bilhões de Plutão na Austrália e US\$ 13 bilhões no projeto Plaquemines em Louisiana em 2021, como exibido na Tabela 4 (IEA (2022), World Energy Investment 2022, IEA, Paris):

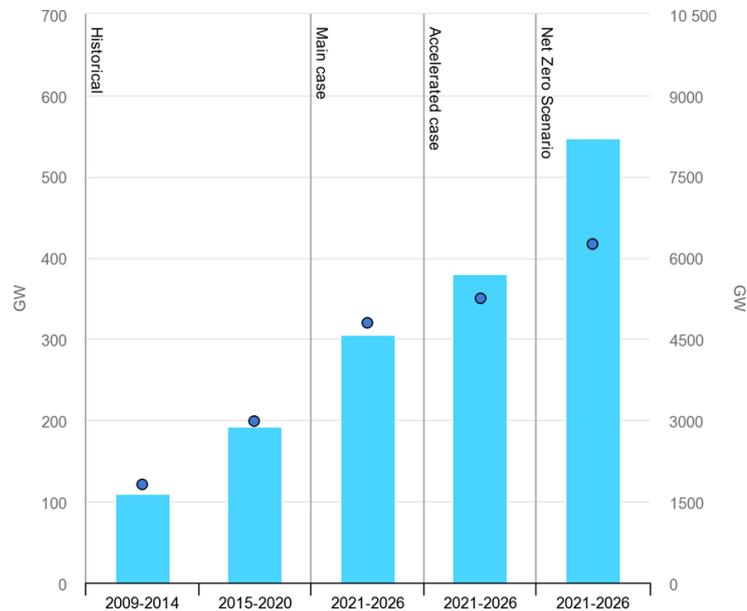
Tabela 4: Investimento Mundial 2019-2022.

Unidades: bilhão USD (2021)	Óleo a montante e Gás natural	Gás Natural Liquefeito	Suprimento de Carvão
2019	499	53	104
2020	353	37	95
2021	384	51	105
2022	417	74	116

Fonte: IEA (2022), World Energy Investment 2022, IEA, Paris.

Para os próximos anos é previsto um aumento de 8 % global de fontes renováveis por ano e 1 % de nuclear, assim como queda no uso de combustíveis fósseis, pois a demanda por eletricidade tende a diminuir. Não obstante, esse crescimento não chega nem perto de atingir a energia renovável necessária para impedir o crescimento da temperatura média global. A Tabela 5 demonstra que para o ano de 2021-2026 é necessário uma adição média anual de 548 GW para poder atingir o plano NET zero em 2050, mas é previsto 305 GW anual, seguindo os anos anteriores, considerando também um caso de possível aceleração de fontes renováveis, ocorreria uma capacidade instalada de 380GW por ano. (IEA (2021), Renewables 2021, IEA, Paris):

Tabela 5: Adições médias anuais de capacidade renovável e capacidade instalada cumulativa, histórico, previsões e Cenário IEA Net Zero, 2009-2026.



Fonte: IEA (2021), Renewables 2021, IEA, Paris

1.2. OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho dos principais países do mundo, frente ao desenvolvimento de sua matriz elétrica, para cumprimento da redução dos acordos dos gases de efeito estufa.

1.2.2 Objetivo específico

- Definir os países participantes desta análise, considerando o PIB mundial.
- Realizar a coleta de dados de matriz elétrica dos países selecionados nas principais instituições oficiais.
- Realizar análises determinísticas com os dados coletados.

2. ESTADO DA ARTE

Foram considerados os quinze principais países do mundo de acordo com o PIB mundial do (World Data. info, 2021) do ano de 2021, para a realização do estado da arte, como exibido na Tabela 6:

Tabela 6: PIB mundial 2021.

Classificação	País	PIB em bilhões de dólares
1	 Estados Unidos	22.996,1
2	 China	17.734,1
3	 Japão	4.937,4
4	 Alemanha	4.223,1
5	 Reino Unido	3.186,9
6	 Índia	3.173,4
7	 França	2.937,5
8	 Itália	2.099,9
9	 Canadá	1.990,8
10	 Coreia do Sul	1.798,5
11	 Rússia	1.775,8
12	 Brasil	1.609,0
13	 Austrália	1.542,7
14	 Espanha	1.425,3
15	 México	1.293,0

Fonte: (World Data. info, 2021).

Considerando a classificação do PIB mundial do mais baixo ao mais alto, a próxima seção apresentará um breve resumo de 29 artigos sobre as matrizes elétricas dos países e suas diferenças. Os nome seguidos de anos representam os autores dos artigos, e para ler na integra, esses artigos estão disponíveis nas referências:

- **México**

Lizette De La Peña (2022) cita o plano de contribuição nacional determinada (NDC's) onde explica que o país propôs redução em 50 % na sua emissão de gases do efeito estufa (GEE) em 2050 em relação aos anos 2000, mas esclarece que no ano de 2018 foi criado um plano de aumento de refinarias de petróleo que contradiz o NDC's. Nesse artigo foram analisados quatro cenários que poderiam contribuir para o cumprimento das reduções ou piora-las, mas será discutido apenas dois desses cenários, sendo a primeira a política de emissões líquidas zero até 2050 (NZE2050) que foca em um mix de energias renováveis, como eólica e solar e uma fração de combustível fóssil para segurança energética. O outro seria a Política declarada (ETAPAS) que foca em combustível fóssil e não utilização de renováveis, sendo que as emissões de carbono seriam de 87, 491 MtCO₂ respectivamente. Por

fim, esse artigo sugere melhoria da eficiência energética e foco em energias renováveis.

Já C.V. Diezmartínez (2021), foca em energias renováveis variáveis, mas engloba o assunto com armazenamento de energia para manter a estabilidade do sistema. Então é realizada uma comparação entre os EUA e Alemanha que são partidários do uso do sistema de armazenamento de energia onde em 2018 usava 24,4 GW e 6,7 GW respectivamente, mas o México apenas de 5 MW. Diante disso é proposta uma estrutura regulatória para o armazenamento de energia, foco em RD&D (research, development and demonstration), por meio de investimentos, descontos, empréstimos para que ocorra um rápido desenvolvimento.

- **Espanha**

J.J. Brey (2021) cita Plano Nacional Integrado de Energia e Clima 2021–2030, com foco, na redução de 21 % nas emissões de gases de efeito estufa em relação a 1990. Para que isso aconteça deverá ocorrer aumento de 39,6 % na eficiência energética, assim como acréscimo de mais de 74% de energia renovável em comparação com o valor correspondente de 34 % em 2015. Para que isso seja atingido será instalado 65 GW de energia renovável, com solar eólica e termo solar e redução de 100 % do carvão. A fim de que haja segurança energética é proposto armazenamento de hidrogênio misturado com gás natural (85,78 % gás natural e 14,22 % hidrogênio, volume) com intuito de guardar a energia elétrica excedente, aproveitando tubulações existentes e uso turbina de ciclo combinado para converter de volta a energia, esse processo evitaria emissão CO₂ a cada ano de 2,54 milhões de toneladas.

Já em Peña-Ramos (2021), é realizado um balanço dos anos de 2015 a 2019 nele é explicada a dependência na importação de eletricidade devido a elevado custo de energia do país. Ocorreu então, um aumento de energias renováveis variáveis, chegando a 37,5 % da matriz elétrica como eólica e energia hidrelétrica como sua principal fonte, mas ainda muito dependente de fontes convencionais, com 62,5 %, com nuclear e ciclo combinado como principais fontes, substitutos de carvão para fonte de backup de energia. A Espanha também importa gás natural de países como Argélia, EUA e Noruega, para a transição energética e

aumentou em 15 % nos últimos cinco anos e importa mais gás natural liquefeito do que gás natural.

- **Austrália**

Para uma transição energética renovável do país, Hong Xian Li (2022) comenta que até 2022, haverá fechamento de diversas usinas de carvão, diminuindo 5.589 MW da rede, que equivale a toda a sua geração atual de eletricidade a gás. Então as energias renováveis constituem apenas 15,1 % dos atuais requisitos totais de geração de eletricidade do país com energia hidrelétrica sendo a principal fonte correspondendo a 40 % da energia renovável seguido de eólica e solar em 2016-2017. Nesse artigo é feita uma análise das diversas fontes de energia potencial do país e mostra que possui o maior potencial de energia renovável oceânica do mundo, que pode contribuir em até 11 % das necessidades totais de energia em 2050, tem potencial para energia geotérmica e de bioenergia que estará presente na geração de eletricidade em torno de 20 % em 2030. Propõe a necessidade de incentivos para o mercado australiano, e também maior análise das capacidades das fontes do país.

. Edmund Ntom Udemba (2022), explica que meta para a Austrália em 2030 reduzir as emissões de carbono em 26-28 % abaixo dos níveis de 2005, e para buscar melhores ideias para o país, foi realizada uma análise por meio de dados do crescimento econômico, emissões de dióxido de carbono, energia renovável e investimento direto estrangeiro. Nessa análise foram descobertos que o crescimento econômico e investimento estrangeiro aumentam emissões de carbono e a energia renovável reduz a emissão de carbono no nível de 23 %. Ele oferece sugestões para resolver isso, por meio de políticas de transição energética para fontes alternativas de energia (renováveis). As políticas de subsídios governamentais ajudarão a atrair mais empresas para o setor, regulamentações rígidas sobre as atividades de investidores estrangeiros para equilibrar o desenvolvimento econômico e ambiental do país. Além disso, a tributação ambiental pode ser usada para conter os excessos das indústrias e empresas manufatureiras na economia.

- **Brasil**

Dutra, J., & Menezes, F. (2022) realiza uma revisão do setor elétrico brasileiro, cita a reforma de 1996, onde teve a privatização de empresas estatais, com separação vertical entre geração e transmissão e distribuição e o estabelecimento de contratos de concessão de 20 anos com operadoras existentes nos três segmentos, junto da criação da ANEEL. Diz que em resposta a crise energética de 2002 foi criado o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas (PROINFA) resultando em uma capacidade instalada de 3 GW, como exemplo, PCH, Eólica e Biomassa. Contou-se sobre a criação de leilões de energia de 2005 a 2021, as energias renováveis representaram 69 GW dos 91,8 GW de capacidade instalada adquirida nos leilões de eletricidade. Por fim, comentou sobre o Mercado Livre de energia e depois de explicar sobre isso, ofereceu dicas como o fim de leilões centralizados e migração para mercados de curto prazo para garantir que os consumidores se beneficiem de custos reduzidos de energia renovável e permitir a resposta da demanda e a necessidade de um ambiente regulatório estável.

Lisbona Romeiro, D., & Amorim, L. (2022), aborda sobre as três reformas de gás que aconteceu no Brasil ao longo dos anos, onde primeiro é a Lei de Petróleo em 1997 atraiu capital privado em setores produtivos e de infraestrutura, tratando o gás natural como subproduto do petróleo. Depois veio a Lei dos Gases em 2009 com entrada de novos players no setor, ampliando o transporte de forma competitiva e reforçou o papel do Estado no setor, ampliando as atribuições do Ministério de Minas e Energia (MME), da agência reguladora (ANP) e da agência de planejamento (Empresa de Pesquisa Energética – EPE) para coordenar o planejamento e expansão da rede de transportes. Por fim veio à nova lei do Gás em 2021 onde a ANP deve garantir o acesso de terceiros aos gasodutos, monitorar os congestionamentos contratuais, disciplinar a comercialização de capacidade e promover programas de liberação de capacidade sujeitos à sua regulamentação, diante dessas leis ele cita que guerra da Ucrânia aumentará muito o preço do gás natural importado e o Brasil precisa desse gás para garantir a segurança energética em caso de pouca energia hidrelétrica, sendo necessário uso dos recursos domésticos, para isso diz que necessita da expansão da rede de transportes de gás de forma eficiente e uma criação de um mercado de gás nacional.

- **Rússia**

Ephraim Bonah Agyekum (2021) mostra métodos de como alcançar a descarbonização do país, nele é comentado que por ser um país com uma quantidade abundante de combustíveis fósseis possui as maiores reservas de gás natural do mundo, sendo assim não há atenção para fontes renováveis, mesmo com a criação da Lei de Eletricidade da Federação Russa em 2007 que exigia estabelecimento de 4,5 % de matriz elétrica renovável em 2020, mas isso não foi alcançado. São citadas as oportunidades de energia renovável no país, como as metas que busca a descentralização por meio de fontes renováveis e mix de combustíveis. São apontados os desafios, como requisito de produtos locais, devido falta de tecnologia seria difícil instalação, alto custo de energia renovável devido transporte, custo de ambientes severos, como congelamento de placas solares. Logo, cita alguns caminhos para a transição como investimentos em P&D, a descentralização devida grande território, a conscientização pública de energias renováveis e criações de metas de energia renovável.

Liliana Proskuryakova (2021) analisa quatro cenários da energia elétrica russa pós COVID-19, nas análises de cenário foram consideradas a demanda de eletricidade, desenvolvimento da geração descentralizada e renovável, a inflação, o preço dos combustíveis para energia, etc. Foi considerado o cenário conservador onde continuará uso de combustíveis fósseis, sem inovação de eficiência energética e o cenário Smart Energy onde ocorrerá inovação tecnológica da rede elétrica, a descentralização e fontes de energia limpa, onde haverá maior demanda por eletricidade, com capacidade instalada de energia renováveis com 14,5 GW de energia renovável para 2030, diferente do conservador de 6,3 GW, cita uso de sistemas de armazenamento e monitoramento de mercado.

- **Coréia do Sul**

Lee, T (2021) e Ju-Hee Kim (2021), abordam a transição da energia nuclear como foco, para uma transição energética renovável. Lee, T (2021) explica que essa transição ocorreu devido uma comunidade epistêmica de política, onde se depende da relação entre conhecimento e poder, essa política está ligada ao poder como provedora da agenda política para a campanha eleitoral presidencial e ganhou poder por meio de cargos governamentais notáveis (etapa de conexão). Em seguida, eles

definem a agenda política para a transição energética (etapa de definição da agenda). Com base na definição de sua agenda, os planos nacionais de energia foram institucionalizados (etapa de institucionalização). Sendo que em 2017, a entrada de um governo a favor de fontes renováveis alterou todos os planos dos governos anteriores, e todos os ministros do governo foram alterados a favor dessa fonte. Já Ju-Hee Kim (2021), usa de dados mais técnicos, onde as proporções de energia renovável, gás natural, carvão e energia nuclear, nas instalações de geração de energia mudarão de 15,1 %, 32,3 %, 27,1 % e 19,2 % em 2020 para 40 %, 31,0 %, 14,9 % e 9,9 % em 2034, respectivamente. Esse artigo analisa e compara os vários efeitos econômicos dos setores de energia nuclear e energia renovável e por meio da análise intersetorial, foi descoberto que um dólar de produção ou investimento no setor de energia renovável induz mais produção, valor agregado e salários em toda a economia do que no setor de energia nuclear. Além disso, a falha de produção decorrente da escassez de oferta no setor energia renovável foi menor do que a do setor energia nuclear e os efeitos de penetração de preços do setor energia nuclear são maiores do que os do setor energia renovável.

- **Canadá**

Os artigos de Ankit Gupta (2021) e Evan J. Arbuckle (2021) se concentram em energia hidrelétrica, pois é maior fonte de energia do país, mas Evan J. Arbuckle (2021) analisa as energias hidrelétricas, primeiro mostrando que 61 % de sua eletricidade de 2017 foram de fontes hídricas e 80 % de eletricidade de fontes renováveis, ele aborda que ocorrem custos excessivos de energias hidrelétricas devido ao aumento da incerteza, custos trabalhistas e inflação. Através de análises de modelos a energia hidrelétrica como fonte de eletricidade outras fontes de energia renovável é vista como melhor instalação, visto que elevados custos impedem desenvolvimento sustentável. É proposto um cenário de mix de energia de renováveis e gás natural junto de mudança para geração distribuída para melhorar confiabilidade da rede e redução de emissão de CO₂. Já Ankit Gupta (2021), modelou um modelo integrado de geração de eletricidade e uso de água, onde se baseou nas políticas de Canadá para 2050, houve um crescimento de energia eólica de 19 GW em 2019 para 38 GW 2050, um aumento de 20 % de geração de

eletricidade, um aumento de 37 % de gás natural e uma redução de 49 % de emissões em relação a 2019, levando ao um aumento de 22 % do uso de água.

- **Itália**

Lorenzo Mario Pastore (2022) realizou um estudo de caso da redução de gás natural no consumo, devido ao aumento do mesmo pós-pandemia e continuo uso dele. Verifica-se que o país em 2019 utilizou 48 % da geração de eletricidade em gás natural, chegando a 292,8 TWh/ano, foi então criado um modelo de energia com dados do sistema energético da Itália em 2019. Avaliaram-se então três cenários, o primeiro 20 GW de energia fotovoltaica, o segundo sendo 20 GW de energia eólica e o ultimo sendo aumento de produção de biometano para mais 12 TWh/ano. Ao custo de 20 bilhões de euros, garante uma redução imediata de quase 40 TWh de consumo de gás natural com significativo impacto ambiental e econômico. Acréscimos de 300.000 empregos temporários e 12.400 empregos permanentes podem ser criados com um investimento modesto. A implementação máxima das estratégias propostas, leva a uma redução de 75 TWh/ano de consumo de gás natural por um custo médio de abatimento de cerca de 70 €/MWh. Menos de 80 bilhões em investimento total podem ter um impacto no emprego de 640.000 empregos temporários e 30.000 empregos permanentes. Além disso, essas medidas permitem reduzir as emissões totais anuais, para o sistema energético italiano, até 21,5 MtCO₂ dependendo do cenário considerado.

- **França**

Lebrouhi, B.E (2022), explica a transição energética do país, onde 67,1 % da eletricidade de 500,1 TWh em 2020 é de energia nuclear com idade média de 36 anos, 13% de hidrelétrica e 7,9 % de eólica e com 7,5 % de combustíveis fósseis, sendo considerado uma matriz sem muita emissão de gás de efeito estufa. Tem como foco em instalação 44 GW de energia renováveis, com 3 GW, conectados a rede a cada ano. EDF (Electricité de France) é o principal produtor de eletricidade do país domina a energia nuclear e de hidrelétrica, a eletricidade é muito centralizada, pois os fornecedores dependem da empresa. São citados os principais desafios da eletricidade da França, digitalização das redes elétricas (smart grids), uso de redes inteligentes, as interconexões elétricas que compensam a variabilidade das energias

renováveis intermitentes (eólica e fotovoltaica) combinando-as e reduzir os custos associados à sua integração, mutualizando as reservas e fontes de flexibilidade. Hoje, com uma capacidade média de interconexão de importação/exportação de 15 GW, a França tem 11,5 % de interconexão com seus vizinhos. Em 2030, deve ultrapassar 26 GW de interconexão para atingir pelo menos 16,5 %. Para armazenamento de energia está sendo analisados mecanismos de autoconsumo e armazenamento estacionário com baterias para ajuste de potência.

- **Índia**

Os artigos de Vaibhav Chaturvedi (2022) e Brototi Roy (2021) estão nos contextos de carvão como tema, mas um no meio social e o outro por meio de análise técnica. Para Brototi Roy (2021), o carvão respondeu por 72 % da geração de eletricidade da Índia e foi à fonte de 65 % de suas emissões de dióxido de carbono e em 2020 foi anunciado um investimento de US\$ 6,5 bilhões aprox. para o setor de carvão, colocando a Índia no caminho para extrair um bilhão de toneladas de carvão anualmente até 2023-24. Nesse artigo são evidenciados os maus tratos que as empresas de carvão fazem a população e mesmo com aumento de fontes renováveis haverá aumento de carvão, nele é indicado à interrupção do uso de usinas de carvão e foco em sistemas distribuídos de energias renováveis. Vaibhav Chaturvedi (2022) faz análises de cenários, NET-zero da Índia, por meio de quatro modelos, sendo analisados cenários com (CCS) captura e armazenamento de carbono e hidrogênio. Para o cenário menos ambicioso, o pico de emissão ocorrerá em 2050 e o NET-zero em 2080, e o mais ambicioso com baixas emissões em 5 % 2025 e 15 % 2030 do cenário de referência que tem geração total de eletricidade programada para aumentar de 1.333 TWh em 2015 para 5.758 TWh em 2050 e 10.480 TWh em 2100. A participação da energia solar no mix de geração aumentaria de insignificante em 2015 para 26 % em 2050 e 46 % em 2100 e participação do carvão no mix de geração de eletricidade da Índia, no entanto, atingiria 50 % em 2050 e 30 % em 2100. Foi analisado o cenário de 2070, NET-zero sem CCS e com hidrogênio, no setor de eletricidade a geração de energia à base de carvão deve atingir o pico até 2040 e reduzir em 99 % entre 2040 e 2060, a capacidade de geração de eletricidade baseada em energia solar deve aumentar para 1.689 GW até 2050 e para 5.630 GW até 2070, enquanto a capacidade de geração de

eletricidade baseada no vento aumentará muito para 557 GW até 2050 e 1.792 GW até 2070 e a capacidade de geração de eletricidade baseada em energia nuclear deve aumentar para 68 GW até 2050 e para 225 GW até 2070.

- **Reino Unido**

O artigo de Ari Ball-Burack (2022) analisa o setor de energia por meio de precificação de carbono, tarifas de alimentação (FiTs), subsídios de capital e regulação direta do contexto NET-zero em 2050 utilizando o modelo de simulação Transformações Tecnológica Futura para o Setor Elétrico (FTT:Power). O cenário proposto foi dividido de altas emissões para baixas emissões com CCS (Captura e armazenamento de carbono) e biomassa com CCS como principais fontes de energia, assim como nuclear e biogás e o preço de carbono sobe logisticamente de cerca de 37 US\$/tCO₂ em 2021 para 168 US\$/tCO₂ em 2050 (equivalente a cerca de 120 £/tCO₂). As tarifas de alimentação para eólica e solar valor inicial de 20 US\$/MWh para energia solar fotovoltaica e 40 US\$/MWh para energia eólica. Todos os FiTs são eliminados linearmente entre 2036 e 2045. Os subsídios de capital variam de 20 % a 60 % dos custos de capital, com os maiores subsídios em tecnologias de energia de biomassa e os próximos maiores subsídios em combustíveis fósseis com CCS. E a regulação de capacidade de uma eliminação progressiva da geração de energia a carvão até 2024. Os resultados obtidos são que a precificação de carbono leva a altas reduções marginais em quase toda a faixa de emissões, regulação direta também leva a reduções marginais de emissões em toda a gama de emissões. Os subsídios de capital levam a reduções marginais modestas de emissões em quase todos os cenários. Por fim, a biomassa é fundamental para o NET-zero para o Reino Unido, pois misturado com CCS, tem a existência das emissões negativas que auxiliariam nas reduções.

- **Alemanha**

Jonas van Ouwerkerk (2022), mostra uma meta de redução de emissões de gases de efeito estufa para 2030 é chegar a 65 %, mas para de acordo com o que se vê não parece possível, pois as energias renováveis para o setor elétrico em 2018 alcançou apenas 42 % e isso equivale a apenas 20,6 % da todo sistema de energia. Foi feito estudo das fontes de energia para 2030, com atenção para energia

solar fotovoltaica e eólica onshore, foi estabelecido um limite de eólica onshore de 50 GW, preço de 70 €/t CO₂ para todos os cenários de 2030, foram incluídas três linhas de transmissão de corrente contínua de alta tensão (HVDC) atualmente planejada e já parcialmente construída, com fechamento de nucleares em 2022, criando oito cenários. Os resultados dos diferentes cenários a energia renovável varia de 67,8 % a 80,5 %. Para alguns modelos foi melhor o uso de eólica offshore, outros a solar e alguns com armazenamento de hidrogênio, vale salientar que foi considerado o uso de sistema termelétrico de carvão.

- **Europa**

Os artigos de Jan Osička (2022) e Laurent A. Lambert (2022) fazem uma análise do uso de gás natural, pois a guerra da Ucrânia fez que os países fossem pegos desprevenidos. Jan Osička (2022) diz que corte do gás natural acelerou o caminho das fontes de energia renovável, pois gera uma independência energética. No caso de política social é indicado o uso de eficiência energética, no uso de gás residencial. Já Laurent A. Lambert (2022) entra em um cenário mais realista de como conseguir gás natural de outros países por meio do REPower EU que tem como objetivo reduzir a demanda da UE por gás russo em dois terços antes do final de 2022. Para isso, o plano tem três níveis: economia de energia (com maior eficiência energética e conservação comportamental), diversificação do fornecimento de energia e acelerando a transição para a energia limpa. Por questões de armazenamento, mesmo com gás natural liquefeito (GNL) dos EUA não seria suficiente, pois a demanda que poderia ser importada não alcançaria o requisito, mas com a dição do Catar poderia ajudar no reabastecimento, por ser o segundo maior exportador de GNL do mundo, todavia questões políticas são empecilhos.

- **Japão**

Diante disso, foram pegos os artigos de Lu Gao (2022) e Cheng Cheng (2022) do Japão, que é comentado sobre energia 100 % renovável e o mercado de energia elétrica do país. Lu Gao (2022) faz uma análise, na incorporação de energias renováveis no sistema elétrico. Foram divididas em 10 regiões as transmissões por interconexões, na transformação de eletricidade ao longo do ano de 2015-2050, foram considerados 14 tecnologias na análise, desde nuclear,

captura e armazenamento de carbono, fotovoltaica, eólica, e armazenamento de energia e foram considerados três cenários socioeconômicos, desde o cenário de sustentabilidade, ao cenário fragmentado. Os resultados demonstraram um aumento de geração anual de eletricidade 983,8 TWh em 2015 para cerca de 1.125,2 TWh em 2050, no cenário fragmentado as tecnologias depois de 2035 seriam de usinas a carvão que forneceriam a maior parte da geração total (~74 %), seguidas pela usina ciclo combinado (~16 %) e usina hidrelétrica (~6 %), com pequena participação de geração de energia renovável, por ser menos competitivo economicamente. Para o cenário de sustentabilidade, no ano de 2050, haveria um crescimento de 70 GW de capacidade instalada de fontes renováveis como solar e eólica que seria uma participação de 4,3-9,9 % da geração, com ciclo combinado de gás natural a principal fonte, pois é mais, barato, sendo necessário um maior mix de fontes renováveis. Já Cheng Cheng (2022) diz que o país gera 21 % de sua eletricidade a partir de energias renováveis, com o saldo composto por energia nuclear (7 %), combustíveis fósseis (70 %) e outros (2 %) e diz que as metas são de gerar 50 % a 60 % de sua eletricidade a partir de fontes renováveis até 2050, principalmente a partir de energia eólica offshore. O restante deverá ser suprido por hidrogênio (10 %) e usinas nucleares e de combustível fóssil com captura e armazenamento de carbono (CCS) (30 %-40 %). Foi então considerado um cenário de energia 100 % renovável, considerando energia solar fotovoltaica, eólica offshore fontes de geração despacháveis (hidrelétrica existente, bioenergia existente e novo hidrogênio) e armazenamento de energia hidrelétrica bombeada fornecem o equilíbrio. Através da análise seria necessário, capacidade fotovoltaica necessária varia de 122 GW a 1.199 GW, o que representa 3 % – 29 % do potencial identificado de acordo com vários cenários, uma capacidade eólica offshore necessária varia de 4 GW a 232 GW, correspondendo a 0,2 % – 11 % do potencial identificado e um armazenamento varia de 2,069 GWh a 20,376 GWh, correspondendo a aproximadamente 1 a 8 dias de consumo. Isso representa 4 % – 38 % do potencial armazenamento hídrico identificado. O custo de energia 100 % renovável varia na faixa de US\$/MWh 86–110, considerando que diverso cenários.

- **China**

É realizada uma análise de um cenário probabilístico de neutralidade de carbono no artigo de Zhang, S (2022) e é dito que a China é o maior consumidor e emissor do mundo, com 23 % e 29 % do consumo global de energia e emissões de CO₂ em 2019 e elabora a meta climática do país com foco em atingir o pico de CO₂ emissões até 2030 e trabalhar para a neutralidade de carbono até 2060 e foi feito análise de dados, com um modelo que delinea vários caminhos possíveis de descarbonização setorial. Foi considerado mais de 160 GW por ano de energia renovável variável, em média, até 2050, independentemente do orçamento cumulativo de carbono e uso de hidrogênio e bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS) deve ser implantada em larga escala após 2040, com mil modelos analisados. Os resultados foram os seguintes para o caso da meta climática da China, as emissões cumulativas dos casos viáveis estão todos acima de 259 GtCO₂, sugerindo que será difícil atingir a meta de 1,5 ° C sem tecnologias substanciais de emissão negativa (NETs) na segunda metade deste século. Foi então considerado, caminho com um pico de emissão de 10,3 GtCO₂ em 2025, estimamos uma redução de emissão de 18 % (em uma faixa de 13 a 23 %) entre 2025 e 2030 e a maioria dos casos atingirá emissões próximas de zero (-0,9 para 2,7 GtCO₂) em 2050. Para o cenário PEAK25 como exemplo, tanto o consumo de energia primária quanto o de carvão atingem o pico em 2025 e depois caem rapidamente. A participação de energia renovável no fornecimento de energia primária aumenta de 10 % em 2020 para quase 28 % (intervalo de 22 a 34 %) em 2035 e depois para 59 % (intervalo de 47 a 78 %) em 2050, com energia fotovoltaica (PV) e a energia eólica desempenhando papéis únicos, com investimento de armazenamento de energia em torno 83–220 bilhões de dólares, para regular as energias renováveis durante 2020–2050, é considerado uma capacidade instalada de energia nuclear costeira em 176 GW para 2040 e uso de biomassa com captura de carbono em crescimento a partir de 2035, podendo evitar 1,6 GtCO₂. No caso de Hao Chen (2022), foi feito uma análise da neutralidade de carbono, considerando um bem estar social, além de fatores econômicos. Através de avaliação de quatro cenários, onde foi considerado taxa de crescimento de PIB onde variou em um crescimento de 3,8 % para 2050 no cenário mais básico que terá sistema de comércio de emissões de carbono, o volume florestal aumentará em 4,5 bilhões de

m³ em comparação com 2005 e um controle de consumo total de carvão, com fortalecimento de utilização limpo de carvão, com aumento da proporção de geração de energia centralizada e eficiente a carvão. Já um crescimento de 2,7 % para o cenário de neutralidade de carbono onde foi considerado desenvolvimento econômico e social sustentável, segurança energética e desenvolvimento de baixo carbono, com grande uso de CCS e biomassa com CCS para o mesmo ano, e a taxa de declínio de intensidade de Carbono, onde variou 8,4 % a 14,4 % respectivamente. O resultado disso foi que para o cenário mais básico em 2050 haverá uma emissão de 316,4 bilhões de toneladas de CO₂ e para o cenário de Neutralidade de Carbono foi de 184,1 bilhões de toneladas de CO₂. O custo para o desenvolvimento de neutralidade de carbono foi mais caro que o cenário básico, mas houve um acréscimo de 9,31 % de bem estar social na população.

- **EUA**

Foram achados dois artigos Ryna Yiyun Cui (2022) e S. Motalebi (2022), onde é realizada uma comparação da redução de carvão da China para o alcance de 1,5 ° C na elevação de temperatura e uma abordagem de compartilhamento de energia com o Canadá, respectivamente. Para o caso Ryna Yiyun Cui (2022), é analisado que as usinas de carvão dos EUA são mais velhas que a da China, levando a geração de carvão ser descontinuada em 2030 em relação à China que será em 2045, para um cenário de neutralidade de carbono com redução de emissões gerais de CO₂ relacionadas à energia em cerca de 9 % em 2030 em relação a 2020. Acrescenta que com a liderança desses dois países na redução do carvão, poderia reduzir em 15% do total de CO₂ globalmente em 2030 em referência a 2020 e poderia chegar a uma diminuição de 95% de geração de carvão no mundo em 2050. Par o artigo de S. Motalebi (2022) foi considerado um sistema integrado de descarbonização entre o Canadá e os EUA, onde é explicado que as redes elétricas dos Estados Unidos e do Canadá já são altamente integradas e possuem uma capacidade total de aproximadamente 18 GW. Foi considerado um cenário sem limites de emissão, e outro cenário, redução de emissão de 50 % até 2030 em relação a 2019 para os dois países. O resultado disso é que para o cenário sem limitações, o gás natural de ciclo combinado é a maior geração de energia para 2050, por ser uma fonte despachável de baixo custo, com o cenário de emissão

zero, houve um elevado crescimento de energia eólica, solar e gás de ciclo combinado, para os EUA e pra o Canadá houve um crescimento de energia hidrelétrica. No cenário de zero líquido, as capacidades eólicas e solar são de aproximadamente 840 GW e 480 GW, respectivamente, para os EUA e Canadá. A limitação da capacidade hídrica instalada aumenta esses números para aproximadamente 2.275 GW e 585 GW. Por fim em relação a linhas de transmissão, para o cenário sem limitações de emissão entre 2019 e 2050, as exportações do Canadá para os EUA aumentaram em 471,37 PJ e para o cenário agressivo as exportações do Canadá para os EUA são maiores em cerca de 680 PJ em 2050 em comparação com cenários sem limites de emissão, enquanto as importações dos EUA para o Canadá são maiores em cerca de 450 PJ. Essa eletricidade é produzida principalmente por meio de investimentos hidrelétricos no Canadá e investimentos eólicos nos EUA.

3. METODOLOGIA

3.1. SELEÇÃO DOS PRINCIPAIS PAÍSES

O World Data é um banco de dados abrangente para dados geodésicos, climatológicos e demográficos e fornece análises abrangentes de dados mundiais. Este banco de dados foi utilizado para realizar a análise do PIB de forma a selecionar os países que fazem parte deste estudo.

Foram avaliados 212 países e considerou-se um critério para classificar as maiores economias do mundo. Sendo ela, o Produto Interno Bruto (PIB) que é a soma de todas as receitas geradas internamente em um ano (World Data.info, 2021).

3.2. COLETA DE DADOS DA MATRIZ ELÉTRICA DOS PAÍSES SELECIONADOS

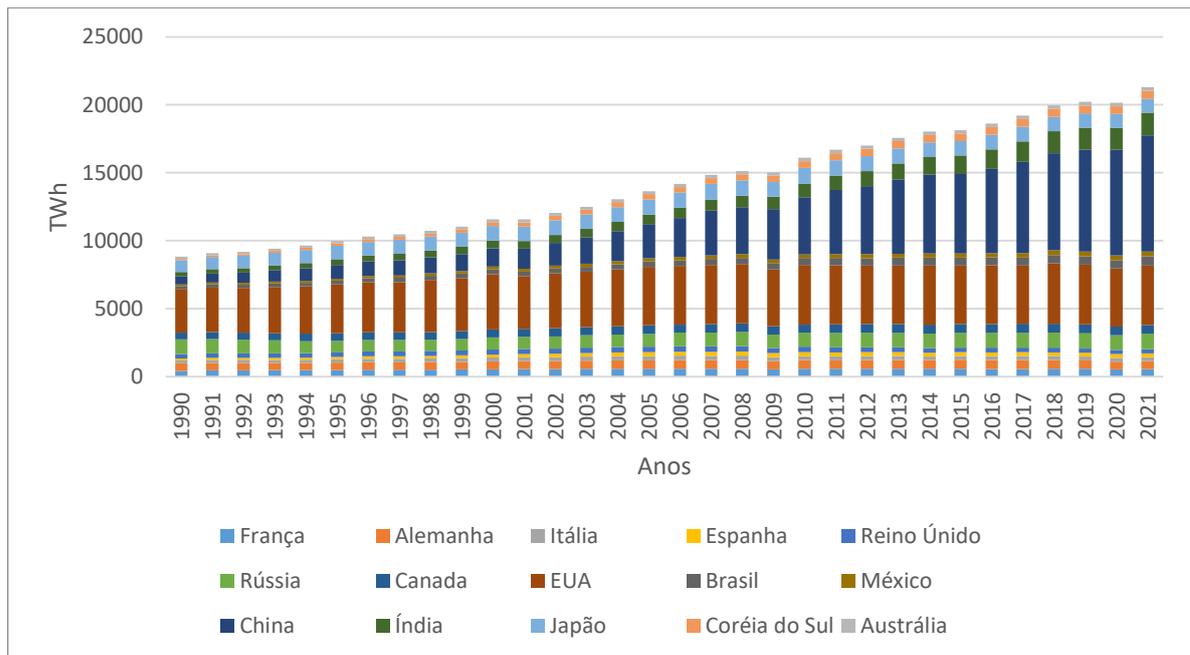
Serão abordados os dados das matrizes elétricas dos países, através de diversos bancos de dados mundiais:

- **ENERDATA**

É um banco de dados que engloba dados do setor de energia de vários países e suas emissões de gases do Efeito Estufa.

Foram selecionados os dados de produção de eletricidade (TWh) e o percentual de participação das fontes renováveis de energia na matriz elétrica ao longo de 1990-2021, onde estão apresentados nas Figuras 4 e 5. Os dados completos são apresentados no ANEXO A:

Figura 4: Geração de Eletricidade (TWh) dos países- 1990-2021.

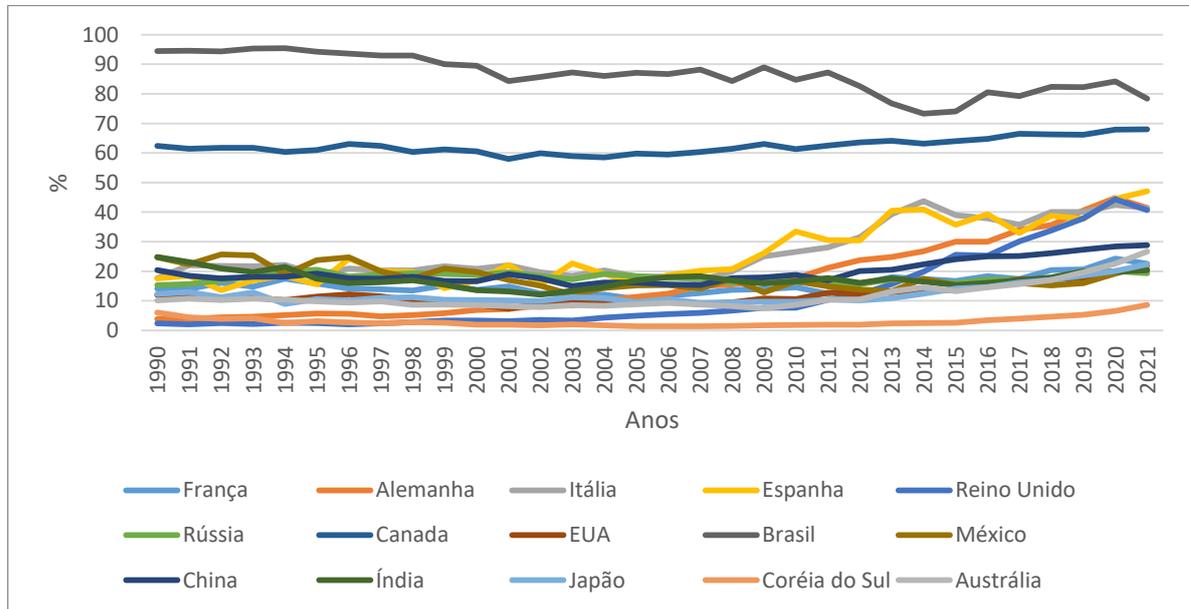


Fonte: Autor.

Em relação à produção de eletricidade, países como China, Índia e o Brasil, por serem potências emergentes, são os países com maiores crescimentos entre 2000-2021, chegando a aumentos de 9,2 %, 5,3 % e 3,2 % por ano, respectivamente.

Já os maiores geradores de eletricidade, é a China, seguida dos EUA, Rússia e Índia, sendo que em 2021, alcançaram valores de 8.537, 4.381, 1.157 e 1.669 em TWh, respectivamente.

Figura 5: Fontes renováveis em % na matriz elétrica dos países.



Fonte: Autor.

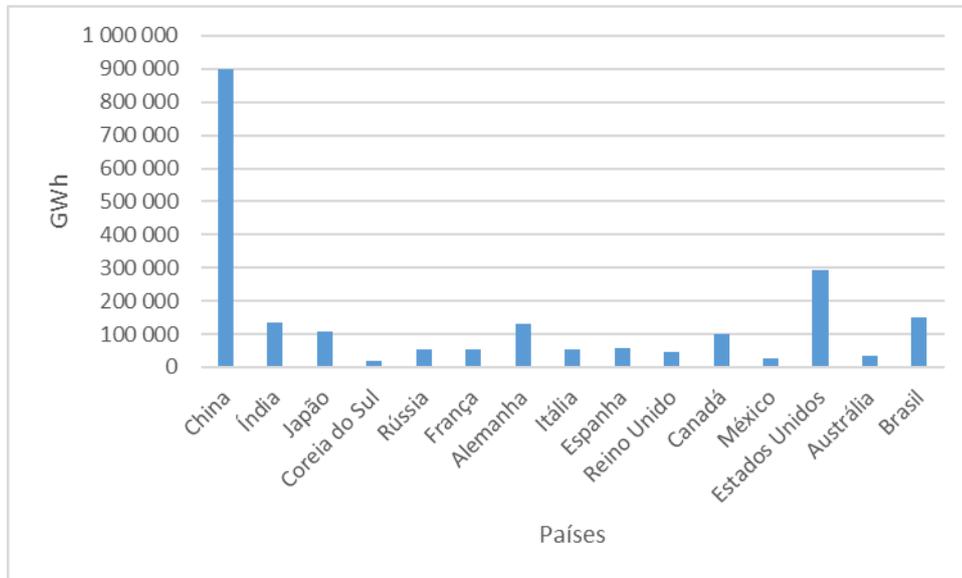
Para o ano de 2021, os países com mais fontes renováveis em suas matrizes elétricas, foram o Brasil, seguido de Canadá e Espanha, com 78,4 %, 68 % e 47,1 % e a menor porcentagem de renováveis foi à Coreia do Sul com 8,6 %, isso ocorre devido em sua ênfase em energia nuclear e fontes fósseis.

- **IRENA**

Já a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) é uma organização intergovernamental que apoia os países em sua transição para um futuro de energia sustentável, como bioenergia, geotérmica, energia hidrelétrica, oceânica, solar e eólica.

Como uma grande organização existe dados de diversos temas, considerando isso, foi pesquisado a capacidade instalada em MW e geração de eletricidade em GWh de fontes renováveis dos anos de 2000-2020. Nas Figuras 6 e 7, estão apresentadas a capacidade instalada e a geração de eletricidade dos anos de 2020. Por fim, os dados completos estão no ANEXO A.

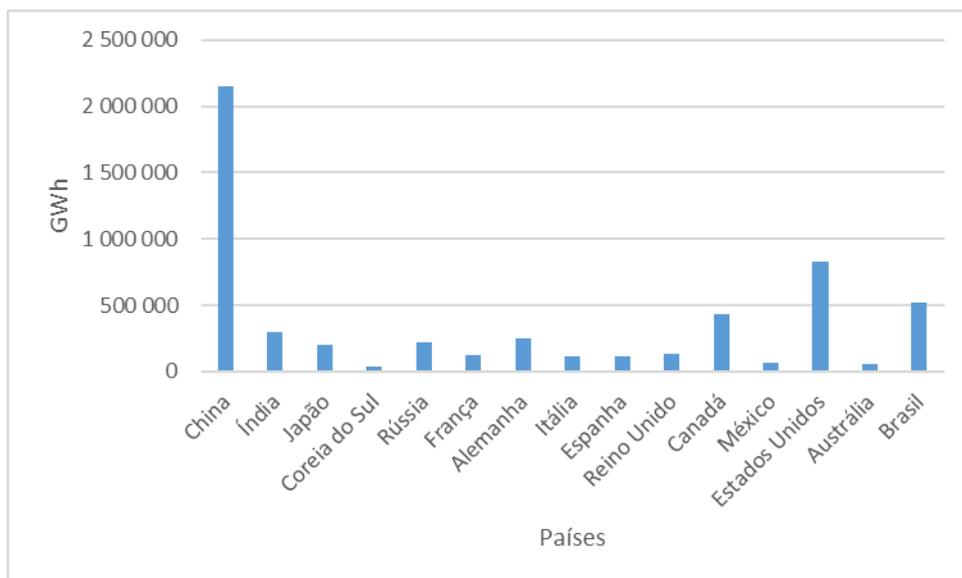
Figura 6: Capacidade instalada de renováveis em MW-2020.



Fonte: Autor.

A China possuiu uma capacidade instalada de 899.625 MW, seguido de EUA com 292.949 MW em 2020, em relação a fontes renováveis, e a Coreia do Sul com 4.907 MW de capacidade instalada.

Figura 7: Geração de eletricidade (GWh)-2020.



Fonte: Autor.

Em termos de geração de eletricidade em GWh, China, EUA e Brasil são os maiores países, chegando a 2.149.534, 827.387, 522.935, respectivamente e Coréia do Sul com apenas 12.854.

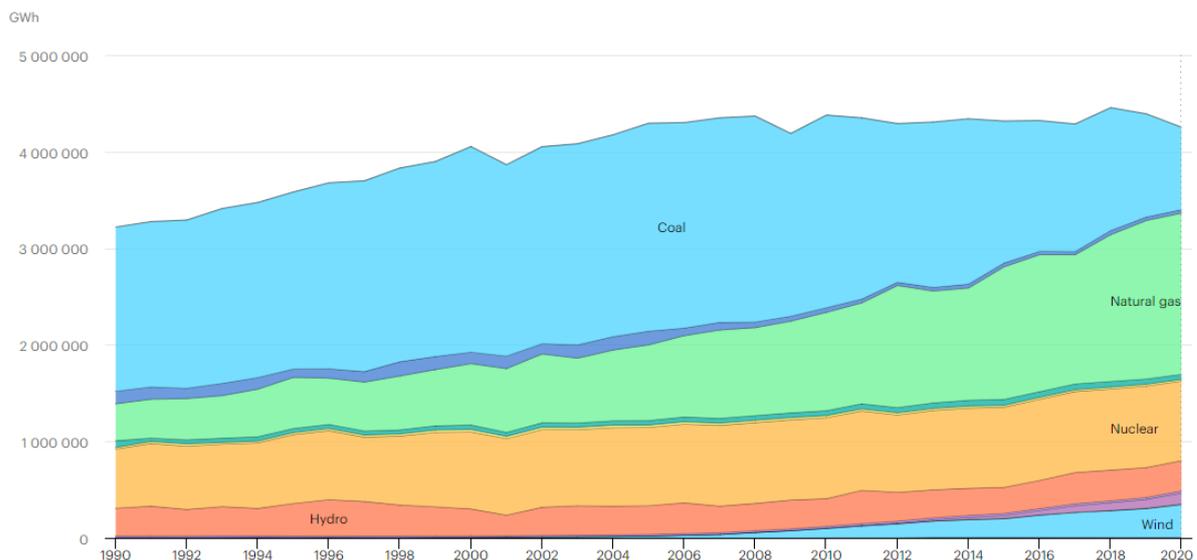
- **IEA**

A agência internacional de energia fornece análises confiáveis, dados, recomendações de políticas e soluções do mundo real para ajudar os países a fornecer energia segura e sustentável para todos.

Os dados anteriores seguiram mais de forma abrangente as fontes de eletricidade, sendo assim para esse banco de dados, buscaram-se as diferentes energias renováveis nas matrizes elétricas dos países de 1990-2020, com dados analisados a cada 5 anos.

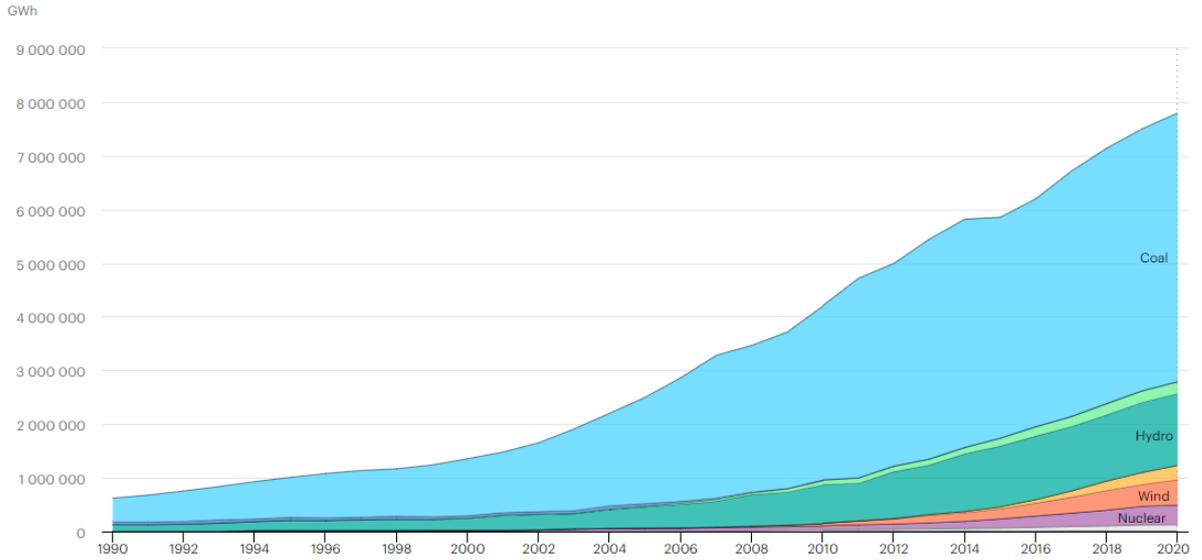
Nas Figuras 8, 9, 10 e 11 demonstram as matrizes elétricas de países de acordo com suas fontes renováveis. Os dados restantes estão inseridos no ANEXO A.

Figura 8: Geração de Eletricidade dos EUA em GWh-1990-2020.



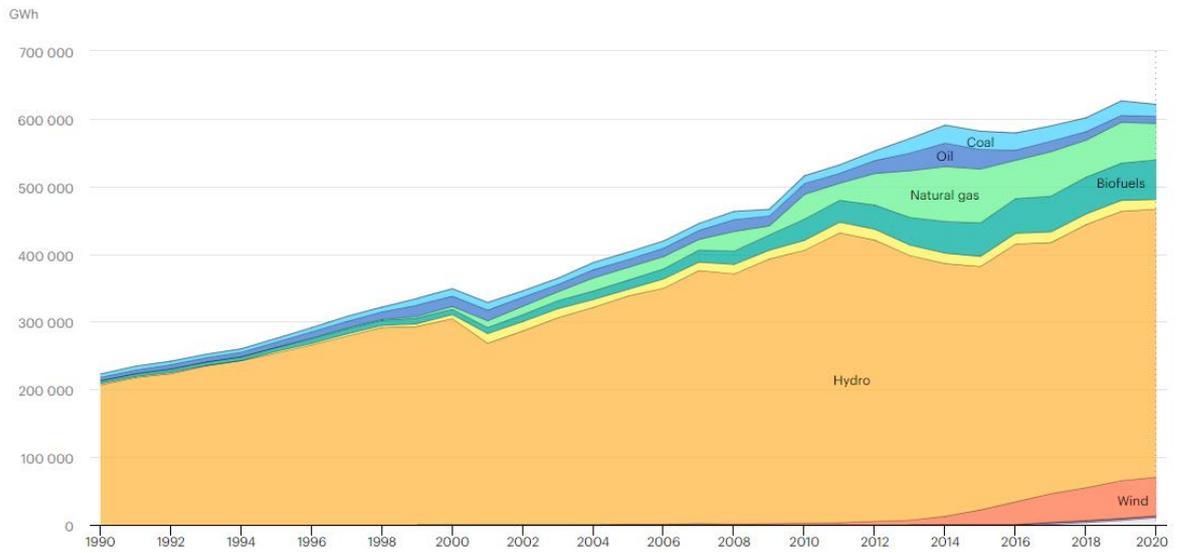
Fonte: Balanços Energéticos Mundiais 2022 | Documentação-IEA.

Figura 9: Geração de Eletricidade da China em GWh-1990-2020.



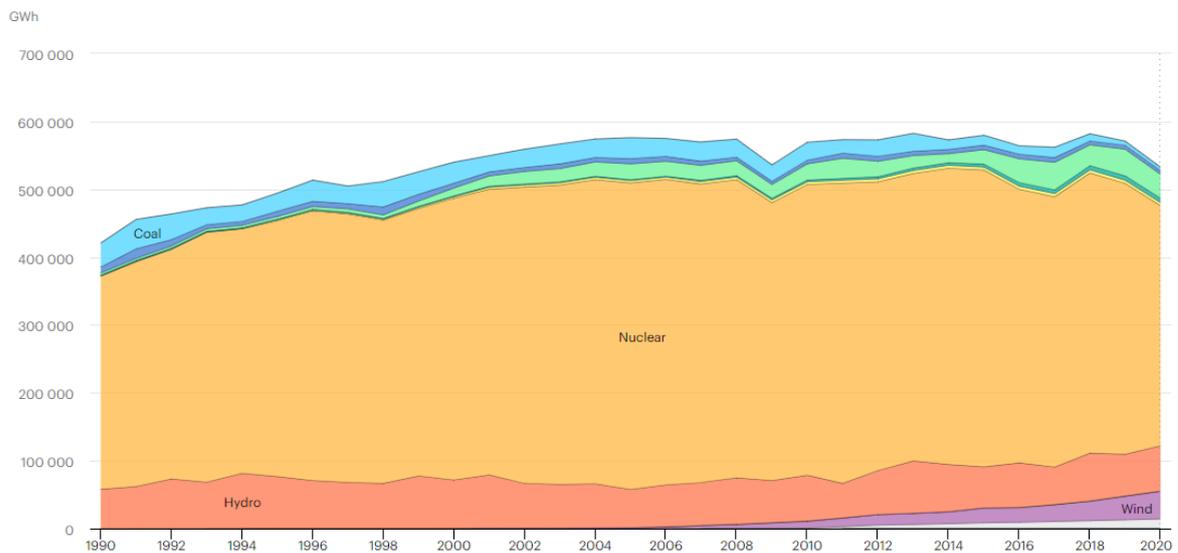
Fonte: Balanços Energéticos Mundiais 2022 | Documentação-IEA.

Figura 10: Geração de Eletricidade Brasil em GWh-1990-2020.



Fonte: Balanços Energéticos Mundiais 2022 | Documentação-IEA.

Figura 11: Geração de Eletricidade França em GWh-1990-2020.



Fonte: Balanços Energéticos Mundiais 2022 | Documentação-IEA.

Em relação às fontes de energias dos países analisados, percebe-se que a China para suprir sua alta demanda de energia, tem em sua matriz elétrica maior quantidade de carvão, muito por sua elevada eficiência energética. Já os EUA, por ser uma potência de gás natural, nos últimos anos vêm se tornando sua maior fonte de energia. Por fim, a França e o Brasil têm como foco matrizes elétricas de baixo carbono.

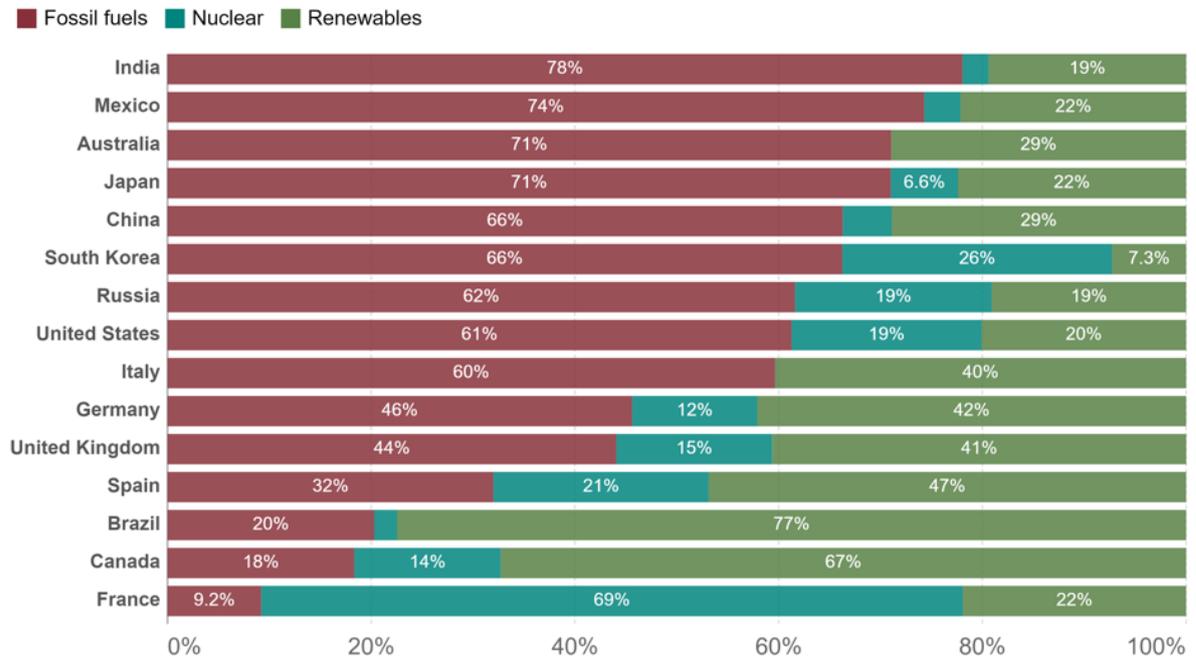
- **Our World in Data**

Um projeto realizado pela Global Change Data Lab, uma organização sem fins lucrativos com sede no Reino Unido. Os dados analisados foram de consumo de eletricidade de combustíveis fósseis, nuclear e renováveis de 1985-2021. Esses dados estão disponíveis no ANEXO A.

Em termos de comparação, as figuras 12 e 13 representam o consumo de eletricidade do ano de 2021 dos países.

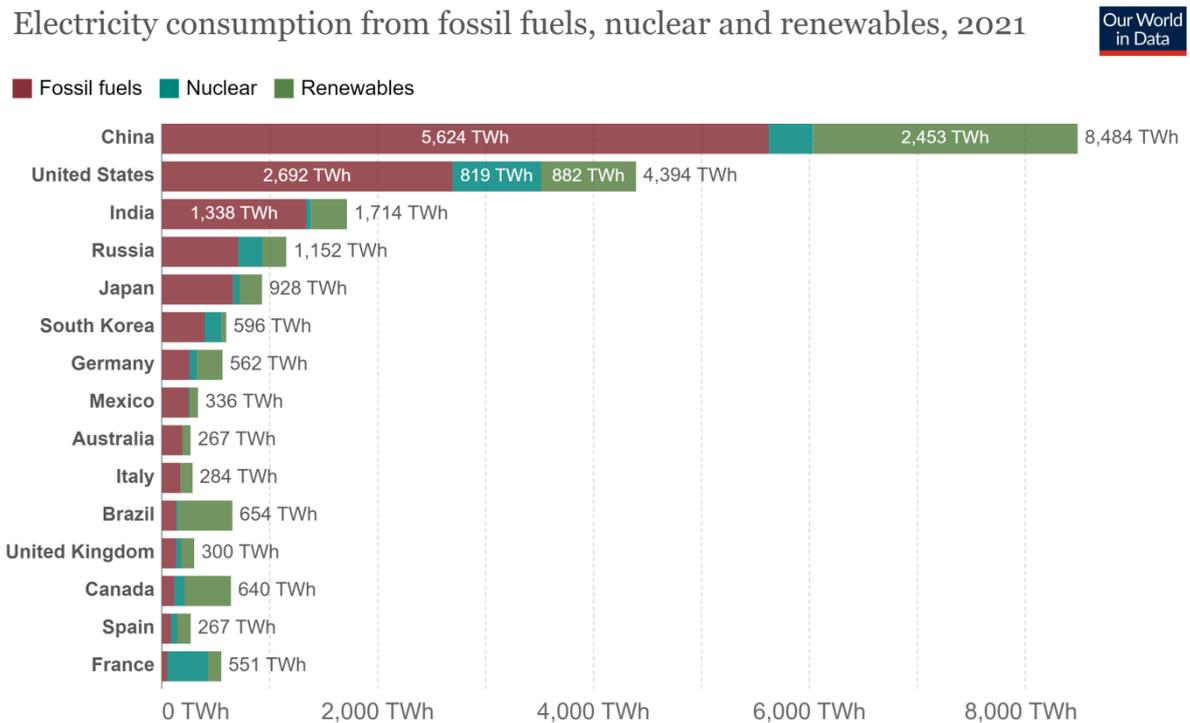
Figura 12: Consumo de Eletricidade em 2021 (%).

Electricity consumption from fossil fuels, nuclear and renewables, 2021

Our World
in Data

Fonte: Our World in Data com base na BP Statistical Review of World Energy (2022); Avaliações globais e europeias de eletricidade da Ember (2022).

Figura 13: Consumo de Eletricidade 2021 (TWh).



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy (2022); Our World in Data based on Ember's Global Electricity Review (2022); Our World in Data based on Ember's European Electricity Review (2022)
OurWorldInData.org/energy • CC BY

Fonte: Our World in Data com base na BP Statistical Review of World Energy (2022); Avaliações globais e europeias de eletricidade da Ember (2022).

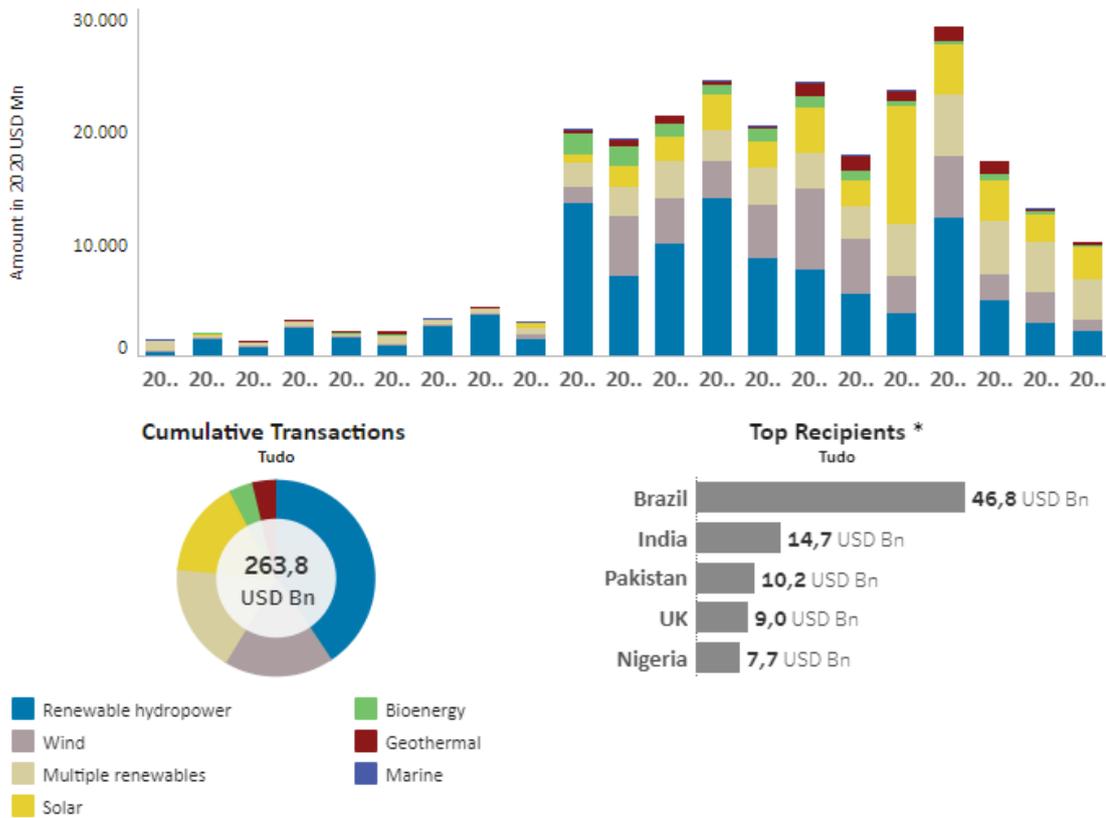
Através desses gráficos percebem-se em nove países, os combustíveis fósseis são a principal forma de consumo de eletricidade. E a China consome o dobro de eletricidade que os EUA, chegando a 8.474 TWh e em termos de fontes renováveis, mesmo que em sua matriz elétrica elas representam apenas 29 %, mas em TWh é quatro vezes maior que o Brasil e o Canadá.

3.3. COLETA DE DADOS DE INVESTIMENTO EM TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS

- **IRENA**

Por ser um banco de dados de fontes renováveis, foi considerado o investimento em tecnologias renováveis no período de 2000-2020. A Figura 14 demonstra o investimento no período, a quantidade de investimento e os principais países que receberam investimento. E esses dados estão no ANEXO A.

Figura 14: Investimento de principais tecnologias entre 2000-2020.



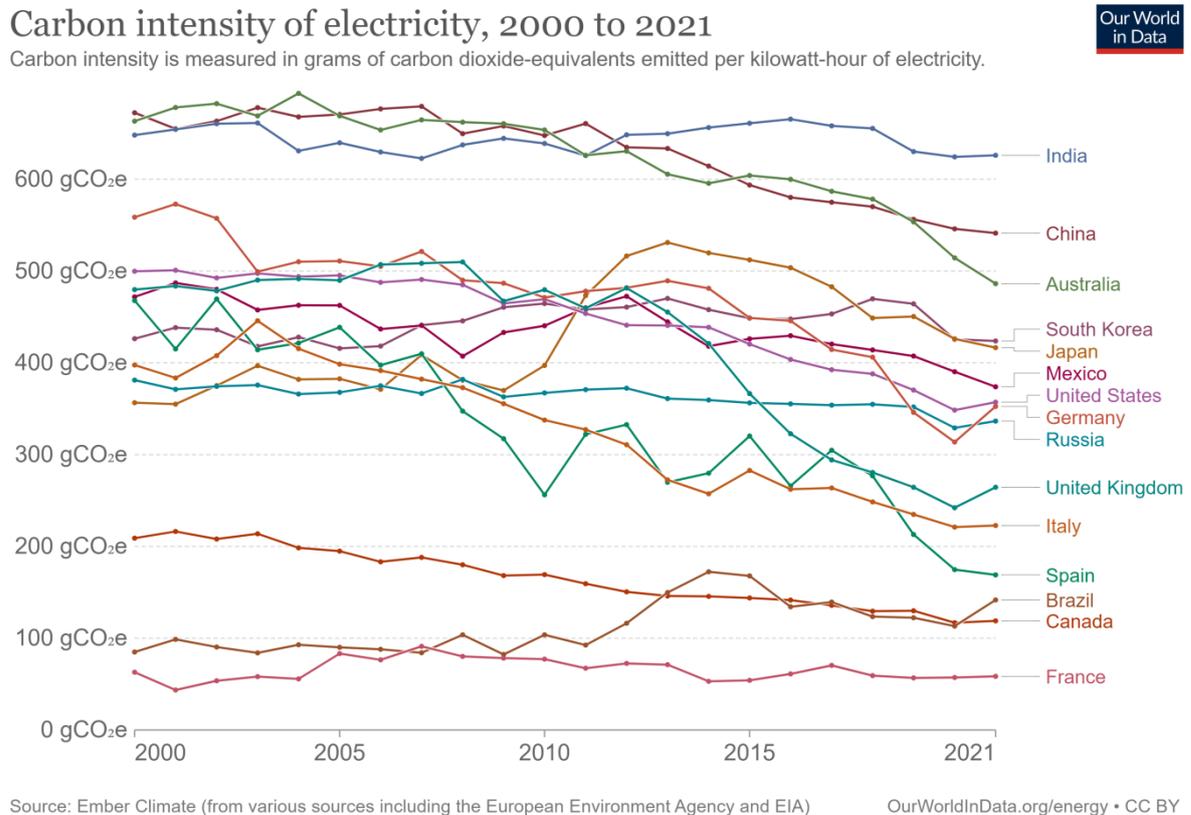
Fonte: IRENA database, 2022.

3.4. COLETA DE DADOS DE INTENSIDADE DE CARBONO DA ELETRICIDADE

- **Our Word Data**

A partir de dados dos anos de 2000-2021, a intensidade de carbono que foi produzida pela eletricidade, cresceu em alguns países como Índia e em outros países estão em constante queda. A Figura 15 apresenta essas quedas e crescimento. E os dados estão disponíveis no ANEXO A.

Figura 15: Intensidade de carbono da eletricidade de 2000-2021.



Fonte: Ember Climate (de várias fontes, incluindo a Agência Europeia do Ambiente e EIA).

OurWorldInData.org/energy • CC BY

3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS PROPOSTOS

Com os dados pesquisados, realizou-se primeiro o método de taxa média, que se obtém por meio de crescimento médio percentual através da sucessão cronológica que representa o histórico de crescimento de regiões ou cidades, aplicando-se ao último valor da sucessão cronológica, a taxa média encontrada.

E as Equações 1 e 2 demonstram os cálculos realizados.

$$\text{Taxa de crescimento anual} = \left[\left(\frac{\text{Demanda do ano } n}{\text{Demanda do ano } n-1} \right) - 1 \right] * 100 = i_{n-1} \% \quad (1)$$

$$i \% = I_{\text{Média}} \% = \frac{\sum_{i=1}^n i}{n} \quad (2)$$

Foi então calculado o método de mínimo quadrado por aproximação polinomial para a determinação do comportamento do perfil dos dados obtidos, conforme as equações 3, 4 e 5.

$$P_n(x) = a_n * x^n + a_{n-1} * x^{n-1} + \dots + a_1 * x + a_0 \quad (3)$$

$$\text{Minimizar: } E_2(a_0, a_1, \dots, A_n) = \sum_{i=1}^m (y_i - P_n(x))^2 \quad (4)$$

$$\frac{\partial E_2}{\partial a_j} = 0; j = 0, 1, \dots, n \quad (5)$$

Para a escolha do melhor polinômio, considera-se o coeficiente de determinação R^2 , que mede o melhor ajustamento de curva. A função obtida revela se o comportamento da curva de ajuste é linear ou não linear. E se utilizando a função obtida, consegue-se prever com maior grau de certeza.

Com relação à previsão, utilizou-se, após definir que o comportamento dos dados coletados é não linear, o método de previsão de suavização tripla exponencial. As equações 6, 7, 8 e 9 apresentam o modelo matemático do método.

$$l_x = \alpha * (y_x - s_{x-L}) + (1 - \alpha) * (l_{x-1} + b_{x-1}) \quad (6)$$

$$b_x = \beta * (l_x - l_{x-1}) + (1 - \beta) * b_{x-1} \quad (7)$$

$$s_x = \gamma * (y_x - l_x) + (1 - \gamma) * s_{x-L} \quad (8)$$

$$\hat{Y}_{x+m} = l_x + m * b_x + s_{x-L+1+(m-1)*modL} \quad (9)$$

Essa é uma função que prevê por uma média ponderada de muitos pontos, sendo composta pela equação 6 que representa o nível, a equação 7 que representa a tendência e a equação 8 como componente sazonal. Por fim, a equação 9 que combina as equações para descobrir o \hat{Y} esperado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresentará os resultados das análises realizadas com base nos dados coletados para os países selecionados.

4.1 ELETRICIDADE

- **ENERDATA**

Considerando os dados encontrados, na Tabela 7 é exibido a porcentagem de crescimento da geração de eletricidade TWh e o crescimento de fontes renováveis por ano, considerando os períodos de 1990-2021, 1990-2012 e 2015-2021.

Tabela 7: Crescimento de fontes renováveis e eletricidade em %/ano-1990-2021.

Países	Crescimento de geração de eletricidade (%/Ano)-1990-2021	Crescimento de Renováveis (%/ano)-1990-2021	Período do Protocolo de Kyoto (%/Ano)-1990-2012	Acordo de Paris (%/ano)-2015-2021
França	0.91%	2.05%	1.07%	4.25%
Alemanha	0.23%	7.97%	8.50%	6.71%
Itália	0.92%	3.19%	3.03%	-0.55%
Espanha	1.90%	5.19%	4.87%	2.86%
Reino Unido	-0.08%	10.06%	8.10%	11.35%
Rússia	0.26%	0.91%	0.29%	2.21%
Canadá	0.88%	0.29%	0.11%	1.06%
EUA	0.99%	2.09%	0.61%	6.45%
Brasil	3.59%	-0.52%	-0.55%	1.06%
México	3.58%	0.81%	-1.25%	3.76%
China	8.61%	1.35%	0.27%	3.70%
Índia	5.66%	-0.27%	-1.49%	3.23%
Japão	0.56%	2.42%	-0.27%	8.87%
Coréia do Sul	5.70%	2.70%	-3.27%	19.94%
Austrália	1.72%	3.49%	0.45%	9.28%

Fonte: Autor.

Notou-se um crescimento eletricidade ao longo dos anos e percebeu-se que países desenvolvidos, como EUA e Japão tiveram um crescimento ao longo do ano menor que 1 %/ano. Já países em desenvolvimento, como China e Índia tiveram um crescimento de 8,61 %/ano, 5,66 %/ano, respectivamente. Isso ocorre devido ao crescimento da economia, que gera um aumento de demanda de energia e isso representa o grande aumento de geração de eletricidade.

Em relação ao crescimento de fontes renováveis em suas matrizes elétricas, o Reino Unido, Espanha, Alemanha e Austrália surgem com a maior taxa de crescimento ao longo do período analisado. Isso ocorre, pois são economias baseadas em combustíveis fósseis e criaram planos para uma transição energética segura e sustentável. Houve uma redução de porcentagem de renováveis ao longo dos anos na matriz elétrica dos países Brasil, pois em 1990 tinha mais de 94% de fontes renováveis, mas devido necessidade de diversificar suas matrizes, ocorreu

um maior investimento em fontes fósseis e nucleares, em comparação com renováveis.

Em relação ao período de protocolo de Kyoto, a Alemanha, Reino Unido, Espanha e Itália tiveram um crescimento de 8,5 %/ano, 8,10 %/ano, 4,87 %/ano, 3,03 %/ano. Para o Acordo de Paris, os países do oriente tiveram destaque, sendo Coreia do Sul e Japão com crescimento de 19,94 %/ano, e 8,87 %/ano, uma vez que a Coreia alterou seu investimento de nuclear para fontes renováveis e o Japão, devido ao acidente nuclear alterou seus objetivos de investimento. Vale destacar que os EUA, elevou seu crescimento em 6,45 %/ano, em seis anos sendo que no período do protocolo de Kyoto o crescimento foi de apenas 0,61 %/ano.

- **IRENA**

Para os dados de IRENA, foram analisados os crescimento de geração de eletricidade (GWh) e capacidade instalada em MW em fontes renováveis, no período de 2000-2020, ao longo de cada ano, e nos períodos de protocolo, demonstrado na Tabela 8.

Percebeu-se que em relação à capacidade instalada por ano, quem mais cresceu, foi Reino Unido, China, Alemanha e Índia com 15,29 %/ano, 13,23 %/ano, 13 %/ano e 8,85 %/ano e no período de protocolo de Kyoto a Alemanha, Reino Unido, China e Itália foram que mais cresceram com 17,17 %/ano, 15,35 %/ano, 12,28 %/ano e 7,70 %/ano e nesse período a Coreia do Sul foi o único que não adicionaram renováveis em sua capacidade instalada. Para o Acordo de Paris, a Índia, Reino Unido e China tiveram maior crescimento.

Em relação à geração de eletricidade, a China teve um crescimento de 12,26 %/ano no período de 2000-2020, enquanto os EUA tiveram um crescimento de 5,2 %/ano. Em relação aos protocolos, o de Kyoto a China cresceu 13,67 %/ano e o de Paris 9,17 %/ano, em contrapartida os EUA cresceu 4,55 %/ano, 6,79 %/ano, respectivamente, demonstrando uma maior consideração ao tratado internacional por serem as maiores economias do mundo, o constante crescimento apoia que outros países sigam seus passos.

Tabela 8: Crescimento da Capacidade instalada e Geração de eletricidade em %/ano-2000-2020.

Países	Capacidade instalada- MW (%/Ano)- 2000-2020	Capacidade instalada- MW (%/Ano)- 2000-2012- Protocolo de Kyoto	Capacidade instalada- MW (%/Ano)- 2015-2020- Acordo de Paris	Geração de Eletricidade- GWh (%/Ano)- 2000-2020	Geração de Eletricidade (%/Ano)- GWh-2000- 2012- Protocolo de Kyoto	Geração de Eletricidade (%/Ano)- GWh-2015- 2020- Acordo de Paris
China	13.23%	12.28%	6.90%	12.26%	13.67%	9.17%
Índia	8.85%	7.70%	7.62%	7.28%	7.41%	7.24%
Japão	8.01%	4.31%	2.94%	3.92%	0.88%	7.34%
Coreia do Sul	13,99%	8,1%	23,77%	12,57%	7,49%	26,12%
Rússia	4.32%	3.75%	5.84%	3.68%	2.57%	5.25%
França	13.00%	17.17%	4.58%	10.46%	12.54%	7.61%
Alemanha	6.11%	8.74%	2.99%	4.73%	5.62%	-0.35%
Itália	6.08%	8.29%	6.53%	8.47%	11.20%	1.31%
Espanha	15.29%	15.35%	7.26%	13.39%	11.48%	13.28%
Reino Unido	1.94%	1.73%	0.00%	0.94%	0.85%	0.85%
Canadá	4.75%	2.68%	4.99%	3.70%	1.71%	4.44%
México	5.95%	4.88%	3.19%	5.22%	4.55%	6.79%
Estados Unidos	8.41%	6.13%	7.63%	6.66%	3.72%	9.00%
Austrália	4.39%	3.49%	2.49%	2.73%	3.35%	3.25%

Fonte: Autor.

• OUR WORLD DATA

Os dados utilizados para analisar o crescimento entre 1985-2021 foram a geração de eletricidade (TWh) de fontes fósseis, nucleares, renováveis e analisou-se o crescimento em %/ano nas Tabelas 9, 10 e 11 considerando todo o período dos tratados internacionais.

Na geração de eletricidade no período de 1985-2021, percebeu um crescimento de 10,89 %/ano de fontes fósseis no Brasil, chegando a 132,83 TWh sendo que em 1985 era 8,86 TWh e em relação a nuclear foi de 3,381 TWh para 14,71 TWh, um crescimento de 145 %/ano e em fontes renováveis de apenas 2,97 %/ano, devido sua já grande capacidade de renováveis. Para o caso da Coreia do

Sul, houve um crescimento maior em renováveis chegando a 11,42 %/ano, pois a economia era baseada em fontes nucleares seguida do Reino Unido com 10,80 %/ano e suas fontes fósseis e nucleares estiveram em constante diminuição, ao contrário da Coreia do Sul que aumentou todas suas fontes fósseis ao longo dos anos, como demonstrada na Tabela 9.

Tabela 9: Geração de eletricidade-1985-2021.

Países	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)- (%/ano)- 1985-2021	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)- (%/ano)- 1985-2021	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)- (%/ano)- 1985-2021
Alemanha	-0.75%	-1.65%	7.62%
Austrália	1.69%	0.00%	5.17%
Brasil	10.89%	145.15%	2.97%
Canadá	0.91%	1.49%	1.02%
China	8.41%	33.28%	9.83%
Coreia do Sul	6.86%	7.17%	11.42%
Espanha	1.66%	2.29%	6.75%
EUA	0.99%	2.07%	3.24%
França	1.35%	1.59%	2.71%
Índia	6.77%	8.11%	5.80%
Itália	-0.71%	-1.63%	3.19%
Japão	1.53%	7.96%	2.67%
México	3.92%	25.81%	3.67%
Reino Unido	-1.32%	-0.30%	10.80%
Rússia	0.12%	2.47%	0.89%

Fonte: Autor.

Em relação ao período de protocolo do Kyoto que está exibido na Tabela 10, os EUA cresceram em 0,79 %/ano em fontes fósseis por ano e a Rússia diminuiu suas fontes fósseis em 0,15 %/ano, pois a indústria estava quase estagnada no período. Já a Índia e a China cresceram em 4,22 %/ano e 6,22 %/ano e se compararmos o valores em TWh, a China cresceu de 494,38 para 3.896,38 e a Índia cresceu de 214,9 para 893.

Tabela 10: Geração de eletricidade protocolo de Kyoto.

Países	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)- (%/ano)- 1985-2021	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)- (%/ano)- 1985-2021	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)- (%/ano)- 1985-2021
Alemanha	0.02%	-1.16%	5.99%
Austrália	1.44%	0.00%	2.15%
Brasil	7.14%	127.47%	2.27%
Canadá	0.38%	0.73%	0.93%
China	6.22%	28.96%	6.49%
Coréia do Sul	5.86%	3.39%	7.03%
Espanha	2.43%	0.37%	6.24%
EUA	0.79%	1.09%	1.50%
França	1.15%	0.98%	2.03%
Índia	4.24%	7.34%	3.14%
Itália	3.50%	2.92%	2.92%
Japão	2.02%	-2.14%	0.44%
México	2.95%	24.58%	1.79%
Reino Unido	0.20%	0.30%	6.80%
Rússia	-0.15%	0.89%	0.03%

Fonte: Autor.

Considerando o período de Acordo de Paris que demonstra na Tabela 11, a taxa de crescimento de fontes fósseis por ano foi bem menor que o período de protocolo de Kyoto, com França com maior crescimento, chegando a 1,27 %/ano, mas se comparar com 2012 que foi o término do protocolo, a geração de eletricidade é menor, chegando a 50,62 TWh. Percebeu-se também uma queda em geração por nuclear, sendo que o Japão foi um dos poucos países que buscou a geração chegando a um crescimento de 12,93 %/ano. Por fim, para renováveis os maiores crescimentos, foram Austrália, Coréia do Sul, Reino Unido e China, com 2,62 %/ano, 2,73 %/ano, 1,97 %/ano e 1,87 %/ano, respectivamente.

Tabela 11: Geração de Eletricidade-Acordo de Paris.

Países	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)- (%/ano)- 1985-2021	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)- (%/ano)- 1985-2021	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)- (%/ano)- 1985-2021
Alemanha	-0.71%	-0.88%	1.15%
Austrália	-0.34%	0.00%	2.62%
Brasil	0.35%	-0.08%	0.46%
Canadá	-0.34%	-0.40%	0.16%
China	0.74%	3.41%	1.87%
Coréia do Sul	0.28%	0.08%	2.73%
Espanha	-0.43%	-0.03%	0.53%
EUA	-0.25%	-0.07%	1.36%
França	1.27%	-0.35%	0.77%
Índia	0.78%	0.70%	1.46%
Itália	0.19%	-0.11%	-0.11%
Japão	-0.91%	12.93%	1.29%
México	0.13%	0.77%	1.06%
Reino Unido	-1.09%	-0.83%	1.97%
Rússia	0.05%	0.59%	0.68%

Fonte: Autor.

- **IEA**

Para a agência internacional de energia, foram utilizados dados de crescimento de eletricidade por fonte dos países em um período de 1990-2020 e realizou-se comparação por meio de crescimento em %/5anos e os resultados foram colocados em tabelas, e os dados estão disponíveis no Anexo A:

EUA

A Tabela 12 mostra as fontes de energia que mais cresceram ao longo dos anos. Notou-se que entre 2005-2020, houve uma redução no uso de carvão e petróleo, sendo que em no período entre 2015-2020 reduziu-se em 42,09 %/5 anos carvão e 6,76 %/5 anos petróleo, mas para o mesmo período teve um aumento de 21,66 %/5 anos em gás natural.

Para renováveis, em 2020 a fonte eólica e a fonte solar tiveram um crescimento de 76,91 %/5 anos, 263,63 %/5 anos nos últimos cinco anos, devido o acordo de Paris que incentiva fontes renováveis e suas fontes em GWh chegou a 341.416, 116.692, respectivamente.

Por fim para Nuclear, diminuiu de 611.589 GWh para 823.191 GWh mesmo com esse crescimento nos últimos 10 anos, a eletricidade reduziu em 6,66 %/5 anos em 2015 e 7,95 %/5 anos em 2020, isso ocorre pelo medo de problemas nucleares.

Tabela 12: Eletricidade por fontes (GWh)-EUA.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustível	Resíduo	Nuclear	Hídrica
1990							
1995	7.82%	-33.26%	38.56%	-38.24%	24.26%	16.71%	16.92%
2000	16.20%	35.89%	19.94%	8.98%	25.50%	11.76%	-17.13%
2005	1.15%	19.25%	23.42%	1.33%	-4.75%	1.63%	6.41%
2010	-7.42%	-65.97%	30.02%	8.22%	-11.39%	3.48%	-3.89%
2015	-26.24%	-19.23%	34.85%	17.55%	-6.66%	-1.03%	-5.31%
2020	-42.09%	-6.76%	21.66%	-13.86%	-7.95%	-0.85%	15.93%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Geotérmica	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes
1990				
1995	-6.69%	33.33%	4.24%	
2000	-2.14%	4475.00%	76.78%	
2005	14.75%	186.34%	216.48%	
2010	4.76%	484.54%	432.12%	478.67%
2015	6.54%	947.70%	102.83%	47.38%
2020	3.02%	263.63%	76.91%	-14.53%

Fonte: Autor.

- **CHINA**

Na Tabela 13, percebe-se que a fonte fóssil, carvão teve um crescimento exponencial desde os dados de 1990, chegando há um crescimento de 86,75 %/5 anos em 2005 e em 2020 alcançou 5.001.122 GWh o gás natural cresceu muito, sendo que em 2010 alcançou 542,92 %/5 anos de crescimento e em 2020 atingiu 218.242 GWh.

Em fontes renováveis que mais cresceu foi a eólica com 471.175 GWh e seu pico foi em 2010 com 2.100,30 %/5 anos seguida de solar que cresceu 5.550,93 %/5 anos em 2015 e alcançou 269.718 GWh, se investiu também em marés, biocombustíveis com crescimento chegando a 116,24 %/5 anos em 2020.

Diferente dos EUA, a China nos últimos 10 anos está em constante expansão, com 131,17 %/5 anos em 2015 e 114,44% em 2020, chegando a 366.247 GWh.

Tabela 13: Eletricidade por fontes (GWh)-China.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás natural	Hídrica	Geotérmica	Fotovoltaica	Eólica
1990							
1995	68.42%	9.39%	8.23%	50.39%	92.98%	250.00%	3100.00%
2000	42.65%	-14.20%	92.50%	16.71%	-0.91%	214.29%	860.94%
2005	86.75%	6.87%	110.32%	78.50%	5.50%	281.82%	229.76%
2010	63.60%	-70.59%	542.92%	81.90%	8.70%	732.14%	2100.30%
2015	26.83%	-34.85%	86.19%	56.51%	0.00%	5550.93%	316.31%
2020	21.71%	11.57%	50.15%	18.10%	0.00%	582.83%	153.64%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Maré	Nuclear	Biocombustíveis	Resíduo	Solar Térmica
1990					
1995	0.00%				
2000	0.00%	30.42%	-16.43%		
2005	0.00%	217.19%	114.79%		
2010	0.00%	39.17%	376.92%		
2015	14.29%	131.17%	112.50%	21.69%	1350.00%
2020	50.00%	114.44%	116.24%	-6.60%	4441.38%

Fonte: Autor.

• JAPÃO

Na tabela 14, percebe-se que até 2015 houve um, crescimento no uso de carvão, sendo que em 2015 chegou a 11,32 %/5 anos, mas para 2020 deu uma desacelerada e decresceu em 11,28 %/5 anos chegando a 313.325 GWh e o gás

natural é maior fonte, sendo que mesmo em 2020 que diminui em 8,31 %/5 anos utiliza de 389.055 GWh.

Para fontes renováveis, a energia hídrica é sua maior fonte, apesar de 3,31 %/5 anos de redução chegando 88.245 GWh, seguida de solar quem em 2015 cresceu 882,30 %/5 anos chegando em 78,644 GWh em 2020.

E por fim, a nuclear que devido ao acidente nuclear em 2011 a fonte em 2015 chegou a desacelerar em 96,73 %/5 anos saindo de 288.230 GWh para 9.437 GWh, mas em 2020, voltou a crescer em 310,64 %/5 anos chegando a 38.752 GWh, isso ocorre, pois chegou a desligar completamente as máquinas.

Tabela 14: Eletricidade por fontes (GWh)-Japão.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Nuclear
1990					
1995	38.85%	-18.83%	16.64%	11.66%	43.99%
2000	31.79%	-34.26%	30.15%	0.90%	10.57%
2005	31.41%	0.51%	-4.45%	47.64%	-5.37%
2010	5.79%	-32.16%	36.61%	-28.29%	-5.42%
2015	11.32%	0.72%	27.69%	33.39%	-96.73%
2020	-11.28%	-47.12%	-8.31%	73.26%	310.64%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Geotérmica	Fotovoltaica	Outas fontes	Eólica	Resíduos
1990						
1995	-4.60%	82.25%	58.21%	17.67%		
2000	4.59%	5.52%	236.79%	-12.94%	3500.00%	
2005	-10.81%	-3.64%	298.04%	3.54%	1521.30%	113.04%
2010	5.02%	-18.41%	149.33%	0.70%	129.35%	5488.27%
2015	0.65%	-1.41%	882.30%	0.27%	38.94%	12.03%
2020	-3.31%	9.98%	125.97%	-10.77%	55.09%	80.66%

Fonte: Autor.

- **ALEMANHA**

Na Tabela 15, percebe-se que o carvão e o petróleo foram diminuindo seus usos, sendo que em 2020 reduziu-se em 47,48 %/5 anos e 20,97 %/5 anos, em

contrapartida o gás natural teve um acréscimo de 58 %/5 anos em 2020. Corre o risco de isso alterar devido a guerra da Ucrânia.

Em fontes renováveis, a fonte eólica e solar foram as que mais evoluíram, chegando a um crescimento de 814,9 %/5 anos em 2010 e 106,16 %/5 anos em 2015, com valores de 130.965 GWh e 50.600 GWh.

Já a nuclear, desde 2005 estão desaparecendo, com redução de 34,70 %/5 anos em 2015 e 29,86 %/5 anos em 2020.

Tabela 15: Eletricidade por fontes (GWh)-Alemanha.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustível	Resíduo	Nuclear
1990						
1995	-7.86%	-13.60%	6.72%	188.56%	37.44%	0.41%
2000	2.63%	-46.73%	21.57%	129.22%	15.47%	10.79%
2005	-2.11%	150.74%	40.89%	360.64%	-14.80%	-3.86%
2010	-8.16%	-27.15%	22.16%	154.68%	70.65%	-13.80%
2015	3.75%	-28.97%	-30.25%	52.72%	15.54%	-34.70%
2020	-47.78%	-20.97%	58.00%	0.43%	-3.35%	-29.86%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes	Geotérmica
1990					
1995	32.64%	600.00%	2311.27%		
2000	-1.10%	757.14%	446.26%		
2005	1.75%	2036.67%	196.98%		
2010	3.54%	814.90%	38.79%	-28.58%	
2015	-8.98%	230.17%	109.16%	-12.39%	375.00%
2020	-0.08%	30.66%	62.44%	-35.64%	63.16%

Fonte: Autor.

• REINO UNIDO

Na Tabela 16, é visto que o carvão e o petróleo estão em constante redução, chegando a reduzir 91,94 %/5 anos e 56,46 %/5 anos em 2020, chegando a 6.201 GWh de carvão e 887 GWh em petróleo, o Reino Unido, aumentou sua produção de gás natural em 14,27 %/5 anos em 2020.

Em fontes renováveis, as principais fontes são eólica e biocombustíveis, sendo que em 2020 cresceu em 87,83 %/5 anos e 28,21 %/5 anos, respectivamente e alcançaram 75.610 GWh e 35.094 GWh. E sua fonte nuclear está em constante redução sendo que em 2020 chegou a 28,53 %/5 anos.

Tabela 16: Eletricidade por fontes (GWh)-Reino Unido.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos
1990					
1995	-24.82%	-50.12%	1175.29%	157.36%	295.96%
2000	-21.20%	-51.17%	132.32%	164.39%	53.91%
2005	11.48%	-36.79%	3.08%	162.92%	158.94%
2010	-20.25%	-10.00%	15.08%	31.87%	-16.48%
2015	-29.22%	-57.61%	-43.14%	155.00%	108.64%
2020	-91.94%	-56.46%	14.27%	28.21%	60.71%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Nuclear	Hídrica	Eólica	Fotovoltaica	Marés
1990					
1995	35.31%	-11.11%	4244.44%		
2000	-4.38%	21.75%	142.20%		
2005	-4.05%	0.93%	206.65%	700.00%	
2010	-23.86%	-14.15%	254.20%	400.00%	
2015	13.20%	34.06%	291.55%	18732.50%	0.00%
2020	-28.53%	-12.65%	87.73%	69.93%	450.00%

Fonte: Autor.

• ÍNDIA

Devido suas abundantes reservas naturais em carvão, houve um crescimento de 56,86 %/5 anos em 2015 produzindo 1.167.298 GWh. Já o uso de Petróleo e gás natural está diminuindo, sendo que em 2020 reduziram em 39,93 %/5 anos e 38,16 %/5 anos, respectivamente.

Em fontes renováveis, a energia hídrica é mais importante, usando 167.029 GWh e expansão de 22,37 %/5 anos em 2020, seguido de eólica com crescimento de 88,59 %/5 anos em 2020.

E nuclear é uma fonte em constante expansão, chegando a 42,44 %/5 anos em 2015, como visto na Tabela 17.

Tabela 17: Eletricidade por fontes (GWh)-Índia.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Nuclear	Hídrica	Eólica	Biocombustíveis
1990							
1995	55.31%	10.09%	195.59%	29.98%	1.31%	1553.13%	
2000	31.57%	83.39%	90.13%	111.75%	2.57%	218.15%	1164.71%
2005	23.29%	-22.83%	34.85%	2.50%	45.20%	269.04%	2225.12%
2010	38.07%	7.94%	42.30%	51.62%	15.54%	216.49%	226.69%
2015	56.86%	-39.93%	-38.16%	42.44%	9.27%	78.44%	51.49%
2020	13.10%	-61.13%	2.84%	15.01%	22.37%	88.59%	26.57%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Fotovoltaica	Resíduos
1990		
1995		
2000	100.00%	
2005	50.00%	
2010	4100.00%	381.53%
2015	8169.84%	126.85%
2020	488.71%	-6.94%

Fonte: Autor.

- **FRANÇA**

Na Tabela 18, verificou-se uma redução de 19,11 %/5 anos em energia nuclear em 2020, mas ainda é a maior fonte de eletricidade do país chegando a 353.833 GWh. E essa redução gerou aumento de gás natural que cresceu em 66,50 %/5 anos em 2020 e atingiu 35.203 GWh e para fontes renováveis as fontes hídricas, eólicas e solares, aumentando em 0,24 %/5 anos, 90,02 %/5 anos e 75,12 %/5 anos respectivamente, em 2020 chegando a 120.991 GWh em 2021.

Tabela 18: Eletricidade por fontes (GWh)-França.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear	Hídrica
1990							
1995	-25.03%	-10.60%	26.86%	22.14%	67.12%	20.11%	32.70%
2000	16.21%	-7.54%	199.84%	-3.65%	191.37%	10.06%	-6.64%
2005	-0.50%	10.61%	100.36%	24.03%	53.28%	8.76%	-20.81%
2010	-14.30%	-30.33%	2.99%	42.33%	20.79%	-5.10%	19.87%
2015	-44.68%	20.88%	-11.01%	82.33%	7.57%	2.08%	-10.39%
2020	-65.19%	-21.10%	66.50%	44.36%	3.60%	-19.11%	10.24%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Marés	Eólica	Fotovoltaica	Outras fontes	Geotérmicas
1990					
1995	0.80%				
2000	0.00%	860.00%	400.00%		
2005	-5.13%	1904.17%	120.00%		
2010	-1.04%	933.78%	5536.36%		
2015	2.31%	115.39%	1150.65%	429.63%	
2020	-1.03%	90.02%	75.12%	-28.95%	39.13%

Fonte: Autor.

- **ITÁLIA**

Para a Itália o carvão e o petróleo diminuíram em 2020 em 71,22 %/5 anos e 26,99 %/5 anos, respectivamente, mas em contrapartida o gás natural se tornou a maior fonte de eletricidade atingindo 137.649 GWh, mesmo com decréscimo em 27,42 %/5 anos.

Para fontes renováveis, as hídricas, eólicas solares e biocombustíveis são as principais fontes atingindo 109.532 GWh, com hídrica e solar sendo as principais fontes, com maior crescimento 26,74 %/5 anos 2010 para hídrica e 6.048,39 %/5 anos para solar em 2010, como visto na Tabela 19

Tabela 19: Eletricidade por fontes (GWh)-Itália.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos	Hídrica
1990					%	
1995	-22.91%	17.60%	18.36%	850.00%	187.64%	19.46%
2000	10.72%	-28.91%	115.67%	645.86%	257.81%	21.46%
2005	61.90%	-45.13%	47.26%	239.11%	204.59%	-15.66%
2010	-10.09%	-53.92%	2.33%	119.80%	50.22%	26.74%
2015	2.15%	-38.36%	-27.42%	130.63%	13.84%	-13.67%
2020	-71.22%	-26.99%	24.16%	1.62%	1.40%	3.38%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Geotérmicas	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes
1990				
1995	6.64%	225.00%	350.00%	
2000	36.93%	38.46%	6155.56%	113.01%
2005	13.16%	72.22%	316.34%	41.98%
2010	0.98%	6048.39%	289.33%	-30.38%
2015	15.05%	1103.67%	62.66%	-23.42%
2020	-2.52%	8.72%	25.99%	1.51%

Fonte: Autor.

• CANADÁ

Como sua maior fonte sendo renováveis, ela é composta de energia hídrica que em 2015 cresceu em 8,76 %/5 anos e 2020 em 0,65 %/5 anos em 2020 alcançou 384.745 GWh seguida de eólica com crescimento de 33,88 %/5 anos e 36.100 GWh.

Em fontes fósseis, houve um crescimento constante de gás natural com mais de 20 %/5 anos entre 2005-2015 e 9,66 %/5 anos em 2020, já o carvão e o petróleo diminuíram seus valores desde 2010, chegando à redução de 49,7 %/5 anos, 35,07 %/5 anos, respectivamente.

Por fim sua fonte nuclear está em crescimento, mesmo com redução de -3.53 %/5 anos em 2020, pois alcançou um crescimento de 34,5 %/5 anos desde 1990, como visto na Tabela 20.

Tabela 20: Eletricidade por fontes (GWh)-Canadá.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear
1990						
1995	6.30%	-27.81%	119.49%	42.99%	30.77%	34.09%
2000	34.54%	23.57%	57.96%	46.57%	0.00%	-25.60%
2005	-14.46%	6.53%	22.33%	-4.32%	26.14%	26.43%
2010	-20.92%	-46.72%	26.71%	15.87%	9.84%	-1.50%
2015	-21.98%	-5.13%	24.59%	0.41%	25.00%	12.30%
2020	-49.70%	-35.07%	9.66%	9.78%	19.62%	-3.53%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Marés	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes
1990					
1995	13.20%	26.92%			
2000	6.72%	-3.03%	300.00%	347.46%	
2005	0.95%	-12.50%	6.25%	493.56%	
2010	-2.92%	0.00%	1400.00%	456.73%	
2015	8.76%	-53.57%	1035.29%	209.08%	-95.31%
2020	0.65%	100.00%	47.84%	33.88%	-12.77%

Fonte: Autor.

• CORÉIA DO SUL

Já a Coréia, a eletricidade é baseada em carvão, mesmo com redução de 4,20 %/5 anos em 2020 a fonte chega a 226.646 GWh, seguido de nuclear que teve uma redução de 2,78 %/5 anos em 2020, mas nos outros anos esteve em constante crescimento, como em 2000 com 62,55 %/5 anos alcançando 160.184 GWh e gás natural com crescimento de 19,06 %/5 anos em 2015 e 23,23 %/5 anos em 2020.

Já as fontes renováveis por terem focado mais nos últimos anos, a solar é a maior fonte, com constante crescimento de 5.046,67 %/5 anos em 2010 e 359,07 %/5 anos em 2020 alcançou 18.248 GWh, seguida de biocombustível que teve um crescimento constante de 2015-2020, como visto na Tabela 21.

Tabela 21: Eletricidade por fontes (GWh)-Coréia do Sul.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Nuclear	Hídrica	Fotovoltaica	Eólica
1990							
1995	179.21%	124.21%	103.11%	26.74%	-13.88%	100.00%	
2000	125.90%	-18.21%	51.03%	62.56%	2.41%	150.00%	
2005	33.57%	-24.84%	110.97%	34.70%	-7.50%	200.00%	664.71%
2010	47.37%	-27.15%	66.01%	1.24%	24.73%	5046.67%	528.46%
2015	7.89%	-33.89%	19.06%	10.88%	-10.44%	414.90%	64.26%
2020	-4.20%	-49.38%	23.23%	-2.78%	23.33%	359.07%	134.95%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Biocombustíveis	Resíduos	Outras fontes	Marés
1990				
1995				
2000	-77.20%			
2005	185.96%	263.89%		
2010	387.12%	138.93%	658.70%	
2015	213.22%	111.82%	248.42%	
2020	219.78%	77.07%	199.10%	-7.86%

Fonte: Autor.

- **BRASIL**

O Brasil tem como sua maior fonte as renováveis, com hídrico alcançando 396.327 GWh em 2020 e um crescimento de 10,17 %/5 anos seguido de eólica chegando 57.051 GWh em 2020 e crescimento de 163,81 %/5 anos e solar com crescimento de 18.120,34 %/5 anos de 2015-2020 alcançando 10.750 GWh. As fontes fósseis em 2020 diminuíram em mais de 30 %/5 anos, apesar de que em 2015 houve aumentos de mais de 100 %/5 anos.

E a nuclear sendo uma fonte que atingiu seu pico de geração 2010 com 19,51 %/5 anos de aumento, mas nos próximos anos diminuiu e chegou a reduzir como visto na Tabela 22.

Tabela 22: Eletricidade por fontes (GWh)-Brasil.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Nuclear
1990					
1995	16.15%	51.93%	71.78%	44.96%	12.61%
2000	99.31%	102.23%	626.43%	40.22%	140.02%
2005	-2.40%	-23.01%	362.44%	73.27%	63.00%
2010	5.55%	37.57%	93.89%	131.50%	47.37%
2015	138.54%	78.62%	117.93%	57.87%	1.45%
2020	-35.15%	-62.59%	-32.74%	18.26%	-4.62%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Eólica	Outras fontes	Resíduos	Fotovoltaica
1990					
1995	22.83%				
2000	19.89%				
2005	10.86%	4550.00%	116.40%		
2010	19.51%	2240.86%	-52.42%		
2015	-10.80%	893.39%	1.83%		
2020	10.17%	163.81%	-31.28%	6990.63%	18120,34%

Fonte: Autor.

• AUSTRÁLIA

Apesar de constante redução de carvão ao longo dos anos, com redução de 11,99 %/5 anos em 2015, ainda assim é a maior fonte de eletricidade com 145.522 GWh em 2020, seguida de gás natural que está expandindo e em 2020 cresceu em 5,25 %/5 anos, vale ressaltar sua grande reserva de gás natural e por ser os maiores exportadores mundiais.

Para as fontes renováveis, é focado em eólica, solar e hídrica, sendo que as três combinadas tem uma geração de 56.575 GWh e a solar é a principal fonte, seguida de eólica e isso ocorre, pois houve um crescimento em solar em 2015 de 1,200 %/5 anos em 2015 e 318,99 %/5 anos em 2020, como visto na Tabela 23.

Tabela 23: Eletricidade por fontes (GWh)-Austrália.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Hídrica	Fotovoltaica
1990						
1995	14.03%	-22.92%	3.86%	-3.60%	9.13%	
2000	25.79%	-34.84%	8.93%	56.85%	2.96%	137.50%
2005	4.22%	59.25%	46.53%	237.74%	-6.63%	105.26%
2010	-0.77%	114.64%	87.31%	-27.49%	-13.21%	394.87%
2015	-11.99%	11.50%	17.67%	29.92%	-0.77%	1200.26%
2020	-8.25%	-33.68%	5.25%	-7.10%	12.68%	318.99%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Eólica	Solar térmica	Geotérmicas
1990			
1995			
2000	728.57%		
2005	1425.86%		
2010	470.85%	200.00%	
2015	126.98%	33.33%	0.00%
2020	77.87%	0.00%	-100.00%

Fonte: Autor.

• ESPANHA

A Espanha, por estar focado em construção de renováveis, em 2020, carvão e petróleo reduziu em mais de 30 %/5anos, mas o gás natural aumentou em 32,17 %/5 anos em 2020, em comparação com a diminuição em 2015, por causa da instabilidade de fontes renováveis, são necessários complementos para garantir segurança energética.

Em termos de fontes renováveis, existe eólica como a principal, com constante expansão ao longo dos anos, sendo que aumentou 14,09 %/5 anos em 2020 chegando a 56.273 GWh, seguido de hídrica e solar, com um crescimento de 88,14 %/5 anos de solar em 2020 e em hídrica está flutuando ao longo dos anos, as vezes caindo e as vezes subindo.

E a nuclear está reduzindo ao longo dos anos, apesar de expansão de 1,89 %/5 anos em 2020, como demonstrado na Tabela 24.

Tabela 24: Eletricidade por fontes (GWh)-Espanha.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear
1990						
1995	10.58%	69.96%	148.51%	76.41%	142.38%	2.19%
2000	20.54%	54.40%	438.08%	42.21%	84.87%	12.17%
2005	-0.11%	8.16%	291.57%	89.99%	-4.14%	-7.50%
2010	-67.41%	-32.18%	20.05%	52.41%	46.12%	7.74%
2015	100.11%	4.10%	-44.65%	48.87%	16.54%	-7.73%
2020	-88.65%	-35.41%	32.17%	-0.76%	11.72%	1.89%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes	Solar térmica
1990					
1995	-6.17%	122.22%	1828.57%		
2000	29.46%	-30.00%	1650.74%		
2005	-27.61%	242.86%	347.98%		
2010	97.66%	13285.42%	109.06%	-96.82%	
2015	-31.08%	28.65%	11.42%	35.85%	634.95%
2020	8.03%	88.14%	14.09%	-37.96%	-10.75%

Fonte: Autor.

• MÉXICO

Para o México, o carvão e petróleo, estão diminuindo gradualmente, sendo que em 2020 chegou a diminuir em 73,15 %/5 anos em carvão. Apesar de um crescimento de 7,98 %/5 anos em petróleo, nos anos anteriores, chegou a se reduzir em 34,88 %/5 anos e o gás natural está em constante expansão e alcançou a marca de 217.823 GWh.

Em fontes renováveis, fontes hídricas e eólicas são as principais, apesar de que a hídrica diminuiu no período de 2015 e 2020. Já a eólica está apenas se expandindo, sendo 125,28 %/5 anos em 2020.

Por fim, a nuclear apenas de redução de 6,16 %/5 anos em 2020, sendo uma fonte em constante expansão atingindo 10.864 GWh, como visto na Tabela 25.

Tabela 25: Eletricidade por fontes (GWh)-México.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Nuclear	Hídrica	Geotérmicas
1990						
1995	98.51%	9.32%	69.57%	187.47%	17.25%	10.64%
2000	23.08%	37.96%	79.97%	-2.63%	20.36%	4.09%
2005	72.38%	-26.85%	128.06%	31.43%	-16.37%	23.69%
2010	-1.40%	-34.88%	46.06%	-45.59%	34.00%	-9.33%
2015	4.73%	-29.18%	26.71%	96.92%	-17.01%	-4.34%
2020	-73.15%	7.97%	16.95%	-6.16%	-12.97%	-28.59%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Fotovoltaica	Eólica	Biocombustíveis	Resíduos
1990				
1995	400.00%	600.00%		
2000	40.00%	171.43%	-40.24%	
2005	28.57%	0.00%	83.85%	
2010	244.44%	6421.05%	-76.32%	
2015	670.97%	605.81%	84.20%	-41.67%
2020	5560.25%	125.28%	72.41%	421.43%

Fonte: Autor.

• RÚSSIA

Na Tabela 26, em 2020 houve um crescimento de 10,88 %/5 anos em carvão chegando a 175.803 GWh, em relação ao gás natural, mesmo que em 2020, houvesse um decréscimo de 12,24 %/5 anos, ainda é a maior fonte de eletricidade, com 464,917 GWh.

Por ser uma potência fóssil, a única energia renovável que faz realmente parte é a hídrica, com 214.240 GWh e um crescimento de 26,09 %/5 anos em 2020.

E a nuclear está em constante expansão, sendo que em 2015 chegou a 14,70 %/5 anos, em 2020 alcançou 215.914 GWh.

Tabela 26: Eletricidade por fontes (GWh)-Rússia.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Nuclear	Hídrica
1990						
1995	2.23%	-47.22%	-30.87%	-21.62%	-15.87%	6.33%
2000	9.40%	-51.26%	4.61%	-24.14%	31.33%	-6.26%
2005	-5.79%	-35.88%	18.61%	86.36%	14.33%	5.58%
2010	0.39%	-56.11%	18.49%	-12.20%	14.03%	-3.55%
2015	-4.54%	8.48%	1.77%	-16.67%	14.70%	0.90%
2020	10.88%	-19.04%	-12.24%	-100.00%	10.46%	26.09%

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Geotérmicas	Resíduos	Eólica	Fotovoltaica
1990				
1995	7.14%			
2000	93.33%	62.32%		
2005	606.90%	3.22%	250.00%	
2010	23.17%	5.43%	-42.86%	
2015	-9.50%	1.86%	3600.00%	
2020	-7.88%	5.56%	668.92%	455.82%

Fonte: Autor.

4.2 INVESTIMENTOS EM TECNOLOGIAS DE FONTES RENOVÁVEIS

Em relação à análise financeira, foram aplicados os investimentos em tecnologias renováveis ao período de 2000-2020 e com isso, foi realizada uma análise de porcentagem de aumento de investimento ao longo dos anos.

- **IRENA**

Os resultados foram que devido ao protocolo de Kyoto, o investimento entre 2000-2012, foi de constante crescimento chegando a 129,76 %/ano em 2003 e 568,21 %/ano em 2009. Para o período de Acordo de Paris os investimentos reduziram, sendo que apenas 2016 e 2017 tiveram crescimento de mais de 20 %/ano em fontes renováveis e de 2018 para 2020 ocorreu uma redução de mais de 20 %/ano.

Tabela 27: Investimento em Renováveis-2000-2020.

INVESTIMENTO EM RENOVÁVEIS	Crescimento de investimento (%/ano)
2000	
2001	41.12%
2002	-32.67%
2003	129.76%
2004	-31.50%
2005	0.99%
2006	53.58%
2007	30.89%
2008	-30.42%
2009	568.11%
2010	-4.18%
2011	10.90%
2012	14.60%
2013	-16.58%
2014	18.94%
2015	-26.83%
2016	32.45%
2017	23.99%
2018	-40.86%
2019	-24.15%
2020	-22.67%

Fonte: Autor.

4.3 EMISSÕES CO₂

Para as emissões de CO₂ foram pesquisados dados mundiais de um banco de dados e será demonstrada a porcentagem de intensidade de carbono pela eletricidade de acordo com protocolo e anos entre 2000-2021.

- **OUR DATA WORLD**

Entre 2000-2021 os países com menor emissão de CO₂, foram à Espanha, Reino Unido, Canadá, Itália com 3,86 %/ano, 2,63 %/ano, 2,58 %/ano, 2,58 %/ano, respectivamente. E países como Brasil, França, Japão e Coréia do Sul tiveram um

aumento de intensidade de carbono, sendo de 3,589 %/ano, 1,04 %/ano, 0,94 %/ano e 0,02 %/ano, respectivamente.

Para o período de protocolo de Kyoto, o Canadá foi o de menor intensidade de carbono, seguido de Espanha e Itália e os maiores foram Brasil, Japão e França e o próprio Reino Unido tinha maior intensidade de carbono.

E para o Acordo de Paris, todos os países menos a França diminuíram sua intensidade de Carbono, com foco no Reino Unido com 2,06 %/ano de redução, seguido de Alemanha com 2,01 %/ano.

Diante desses resultados, em termos de emissão global a França apresenta menor intensidade de carbono com 56,85 gCO₂/kWh, seguido de Canadá com 118,99668 gCO₂/kWh e Brasil com 141,77426 gCO₂/kWh. Índia e China surgem como maiores emissores de carbono sendo eles 626 e 541,33 gCO₂/kWh, respectivamente, como demonstrado na Tabela 28.

Tabela 28: Intensidade de Carbono-gCO₂/kWh-2000-2021.

Países	Intensidade de Carbono para a eletricidade (gCO ₂ /kWh)-2000-2021	Intensidade de Carbono para a eletricidade (gCO ₂ /kWh)-2000-2012	Intensidade de Carbono para a eletricidade (gCO ₂ /kWh)-2015-2021
Alemanha	-2.01%	-0.66%	-2.01%
Austrália	-1.43%	-0.23%	-0.94%
Brasil	3.59%	2.14%	-0.64%
Canadá	-2.58%	-1.50%	-0.92%
China	-1.01%	-0.26%	-0.59%
Coréia do Sul	0.02%	0.39%	-0.35%
Espanha	-3.86%	-1.17%	-1.97%
EUA	-1.56%	-0.58%	-0.75%
França	1.04%	1.72%	0.62%
Índia	-0.15%	0.01%	-0.22%
Itália	-2.58%	-1.10%	-0.63%
Japão	0.94%	1.93%	-1.03%
México	-1.03%	0.05%	-0.52%
Reino Unido	-2.63%	0.05%	-2.06%
Rússia	-0.56%	-0.09%	-0.30%

Fonte: Autor.

4.4. PREVISÃO DOS DADOS PESQUISADOS

Depois de calculados a taxa média de crescimento dos dados, calculou-se as previsões dos dados para o ano de 2032. E para essas previsões, foram escolhidos quatro temas diferentes e para cada tema, escolheram-se alguns países para previsão. E comparou com base na linha de tendência dos dados obtidos pela suavização tripla exponencial e por meio de polinômios comparou o ajuste de curva linear e não linear.

4.4.1. Porcentagens de Renováveis

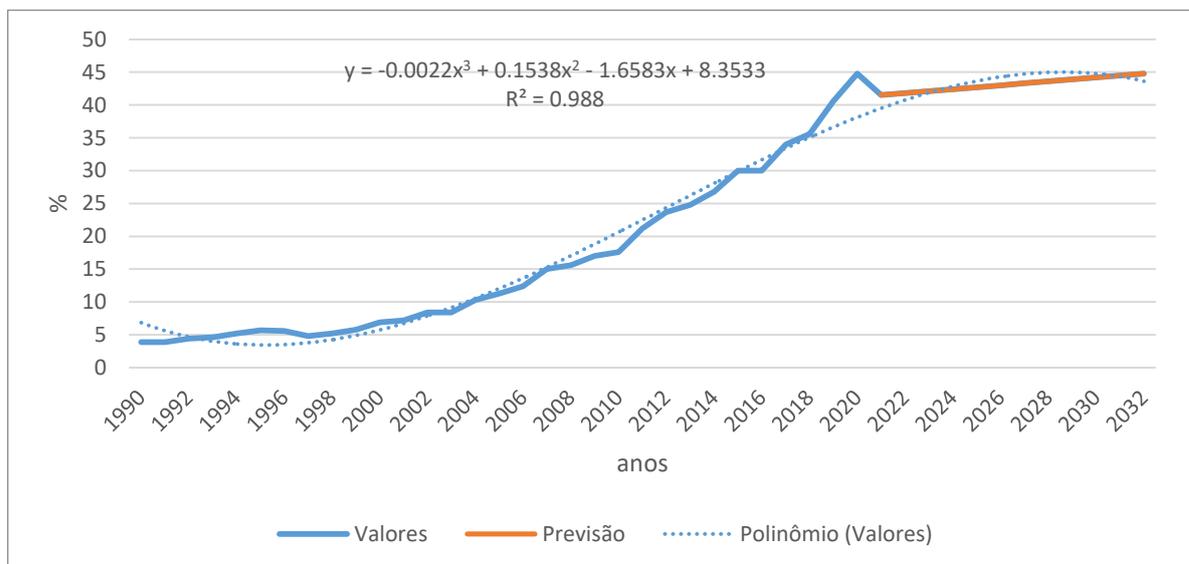
Para porcentagem de renováveis escolheu quatro países, sendo eles representados nas Figuras 16, 17, 18 e 19, onde são demonstradas as previsões até

o ano de 2032, considerando fórmulas de linha de tendência. E os dados de previsão, estarão no ANEXO A.

Em relação ao R^2 tirando o Brasil que ficou a mais de 13 % de distância do valor 1, que é o que se busca para um melhor o ajuste de curva não linear, os outros países tiveram bons resultados. Logo, esses polinômios com bom R^2 , servem para previsão de porcentagem de renovável.

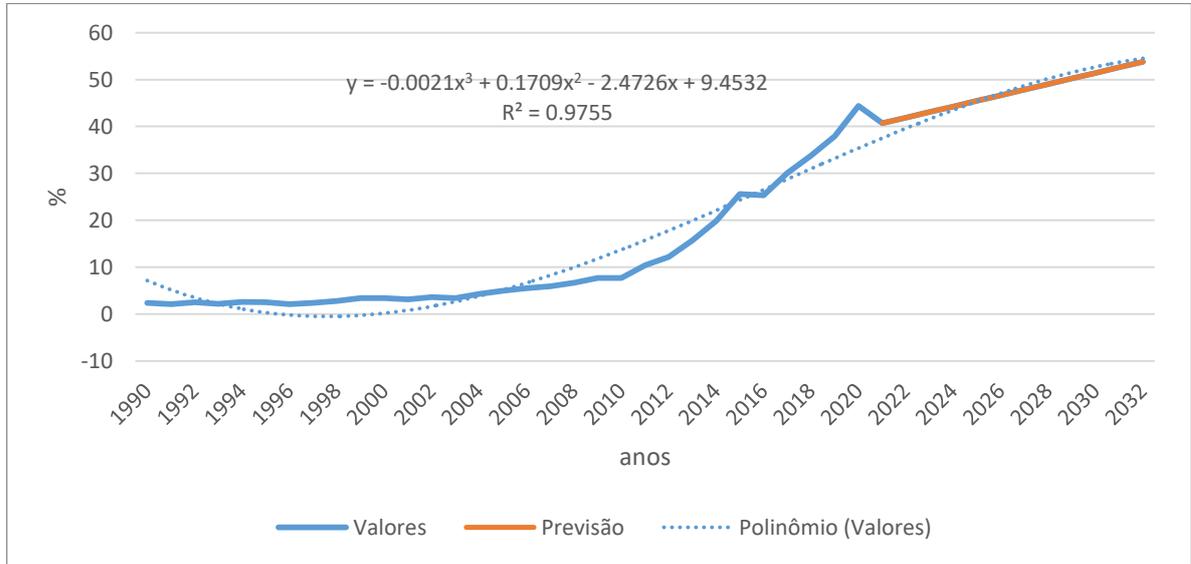
Em relação à previsão, o Reino Unido e a Alemanha terão um crescimento de 28,40 % e 7,12 %, respectivamente. Já o Brasil reduzirá em 7,63 % nos período analisado. Por fim, os EUA em 2032 terão apenas 30 % de fontes renováveis em sua matriz elétrica.

Figura 16: Previsão de Renovável-Alemanha- 2022-2032.



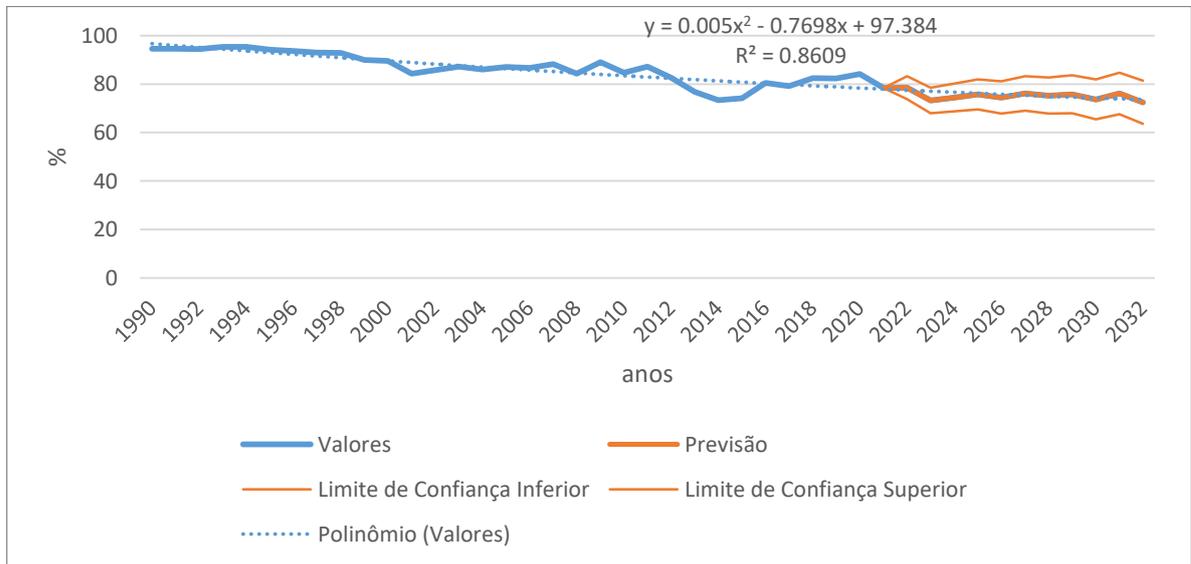
Fonte: Autor.

Figura 17: Previsão de Renovável-Reino Unido- 2022-2032.



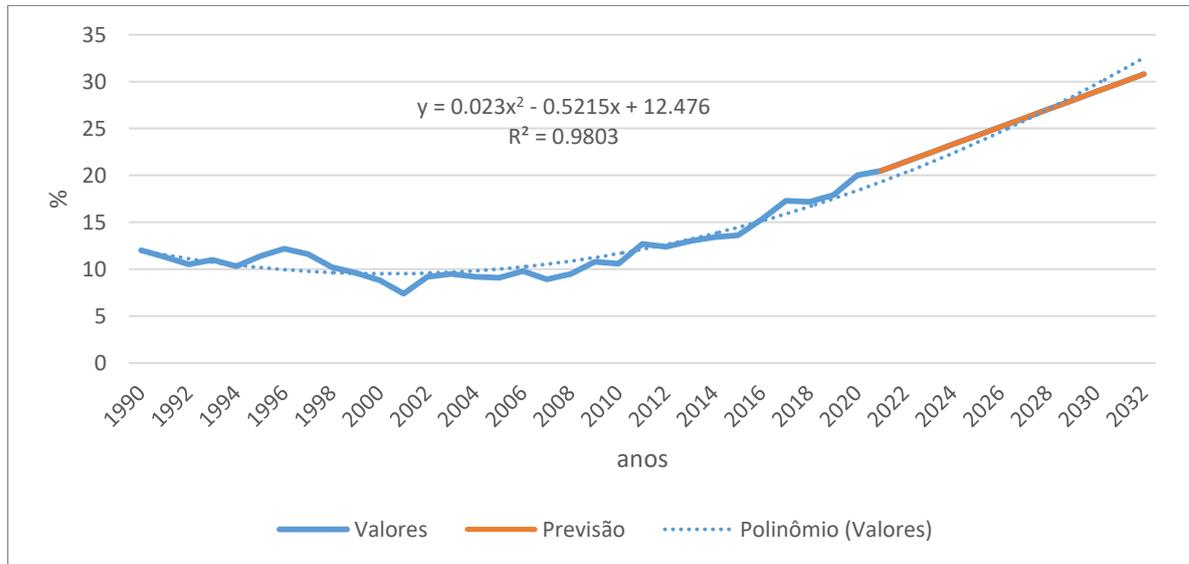
Fonte: Autor.

Figura 18: Previsão de Renovável-Brasil- 2022-2032.



Fonte: Autor.

Figura 19: Previsão de Renovável-EUA- 2022-2032.



Fonte: Autor.

Diante desses resultados, pode-se dizer que a previsão de porcentagem na matriz elétrica para a Alemanha e o Reino Unido, não servirão como referência, pois a guerra da Ucrânia forçou esses países a investirem mais em fontes fósseis. Em relação ao Brasil, percebe-se que com maior crescimento de eletricidade em sua matriz elétrica é instalado mais fontes térmicas para garantir segurança energética de suas fontes renováveis intermitentes. Em relação aos EUA, de acordo com a previsão, não investirá muito em renováveis como solar e eólica em 2032, pois é rico em fontes térmicas, nucleares e hídricas e a China como maior fornecedor dessas fontes, impede o país de seguir uma transição mais rápida.

4.4.2. Geração de Eletricidade em Renováveis

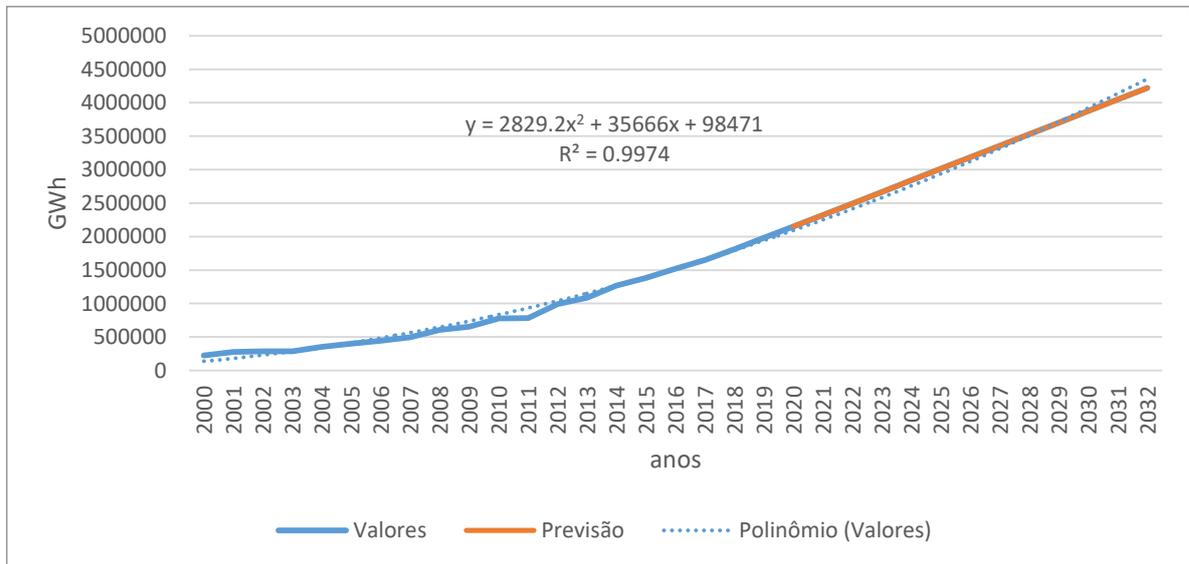
Considerando a geração de eletricidade em fontes renováveis, escolheu quatro diferentes países, como demonstrado nas Figuras 20, 21, 22 e 23 e seus dados estão no Anexo A.

Para a geração de eletricidade o menor R^2 é de 3 %, demonstrando que os polinômios propostos têm um bom ajuste de curva, e sendo assim uma boa função para previsão de dados.

Em relação à previsão, considerando o período de 2032, haverá um crescimento de 12,24 % para o Canadá, tendo em vista que já é uma potência

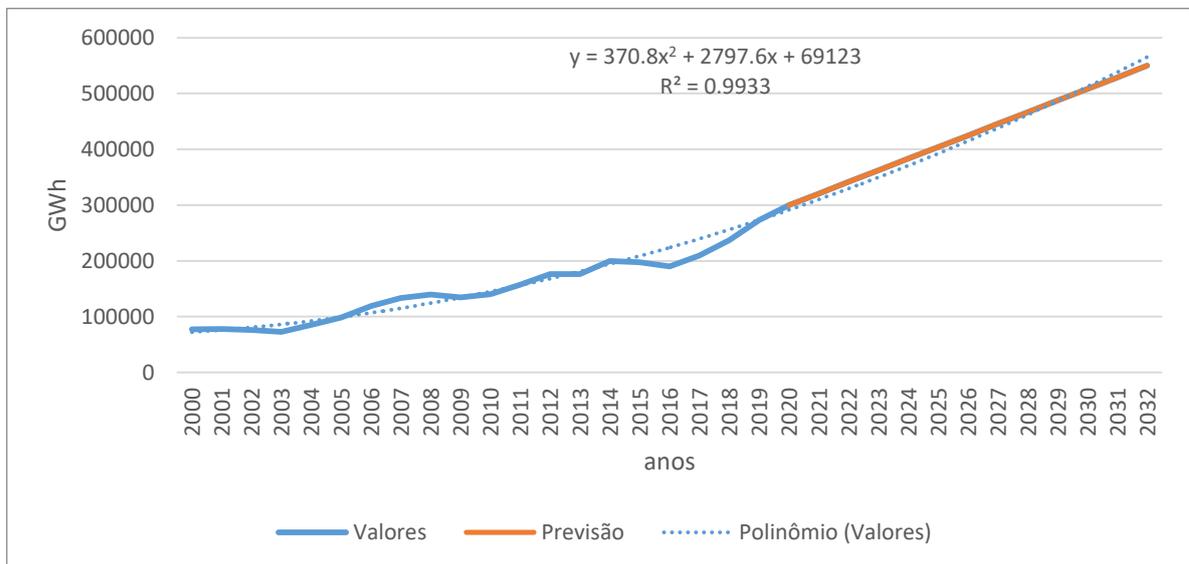
renovável. E a China crescerá em 81,67 %, visto que é uma potência em desenvolvimento e precisam de constante novas fontes de energia.

Figura 20: Geração de Eletricidade (GWh)-China- 2021-2032.



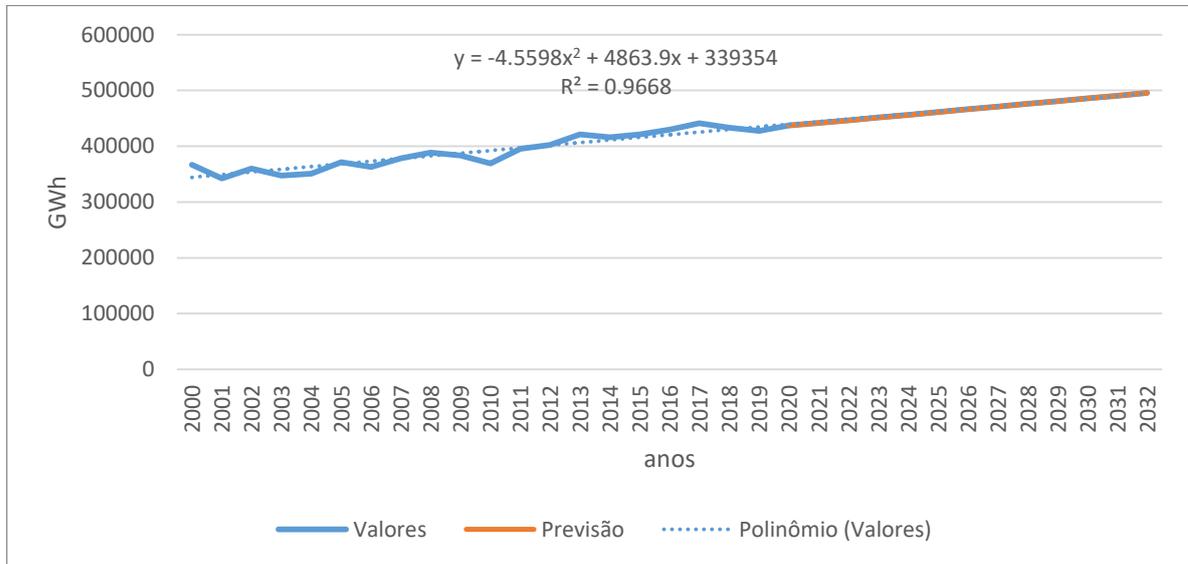
Fonte: Autor.

Figura 21: Geração de Eletricidade (GWh)-Índia- 2021-2032.



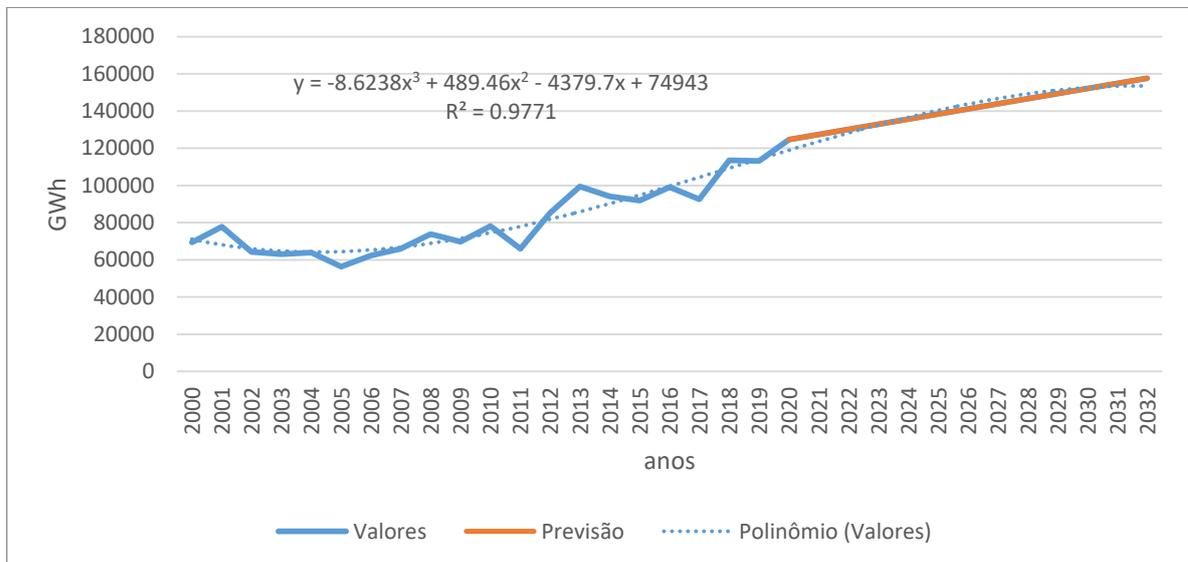
Fonte: Autor.

Figura 22: Geração de Eletricidade (GWh)-Canadá- 2021-2032.



Fonte: Autor.

Figura 23: Geração de Eletricidade (GWh)-França- 2021-2032.



Fonte: Autor.

Em relação à geração de eletricidade de renováveis, a França por ser uma potência nuclear, de acordo com a previsão não terá um crescimento elevado da fonte. O Canadá por ser um país desenvolvido e de baixa população junto de sua já grande geração de eletricidade renovável, crescerá em um ritmo razoável. Em relação a países desenvolvidos, como China e Índia o crescimento em renováveis

crecerá acentuadamente, principalmente na Índia, pois China estará focado em um pico de fontes fósseis até 2030.

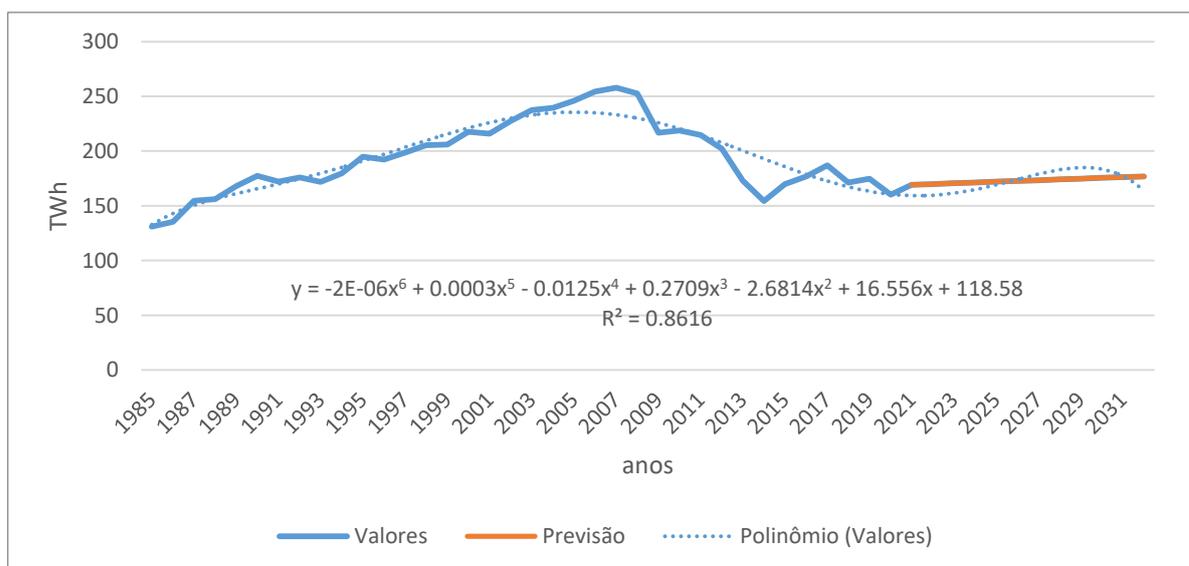
4.4.3. Eletricidade por fontes

Nesse tópico serão previstas a eletricidade das fontes fósseis e de energia nuclear em TWh de quatro países, que são demonstrados nas Figuras 24, 25, 26, 27 e os dados estão no ANEXO A.

Em relação R^2 mesmo que aproximando os polinômios de sexta ordem, continua com valores baixos para Japão e Itália, demonstrando que as funções polinomiais, não serviriam para uma previsão mais adequada. Já os outros dois países por terem R^2 altos, significou que ficou bem ajustada a curva, sendo não linear.

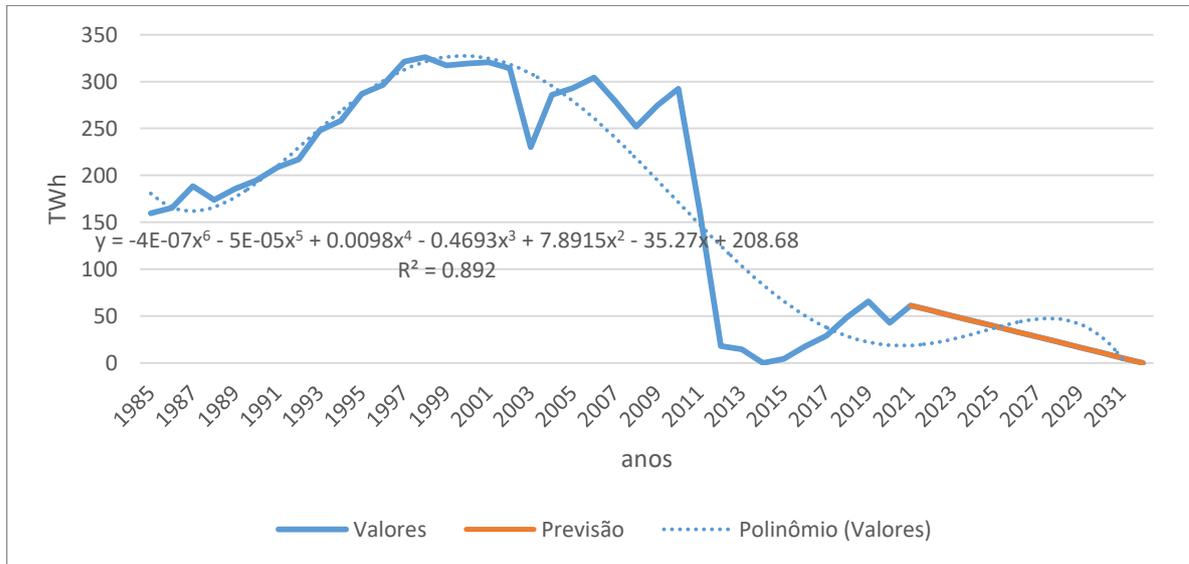
Em relação à previsão para 2032, a Itália crescerá em 4,11 % para fontes fósseis e a Rússia crescerá em mais de 28 % em relação a fonte nuclear. Já o Japão é previsto que seja quase completamente desligado de fontes nucleares, sendo que ocorrerá uma redução de 99,95 % da fonte. O México prevê redução de mais de 10 % de fontes fósseis, mas ainda usará mais, que a Itália.

Figura 24: Eletricidade fontes fósseis-TWh-Itália- 2022-2032.



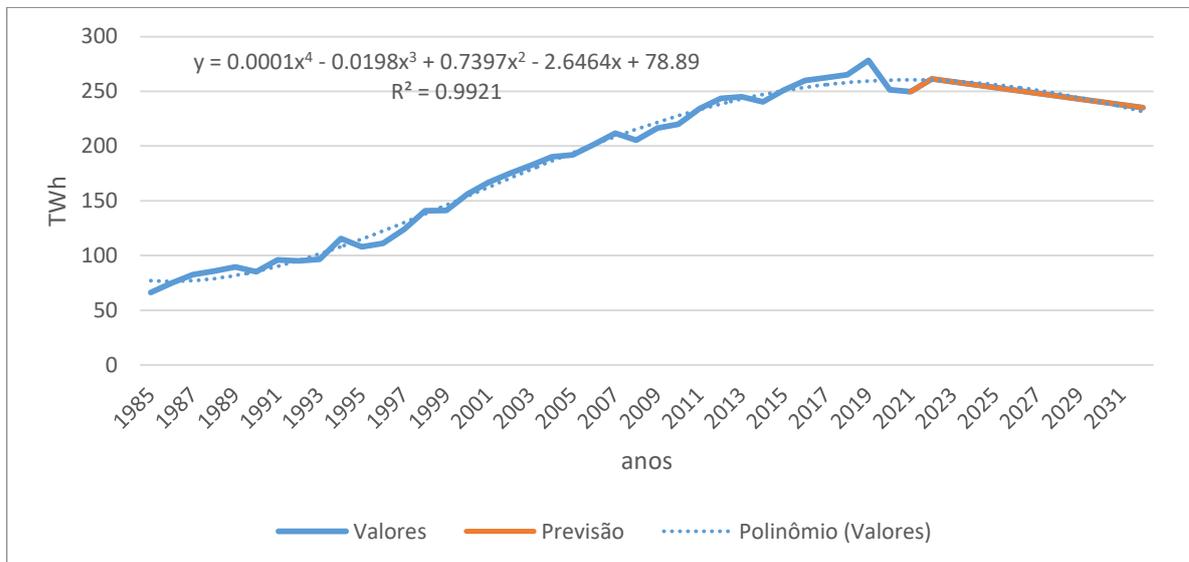
Fonte: Autor.

Figura 25: Eletricidade fontes nucleares-TWh-Japão- 2022-2032.



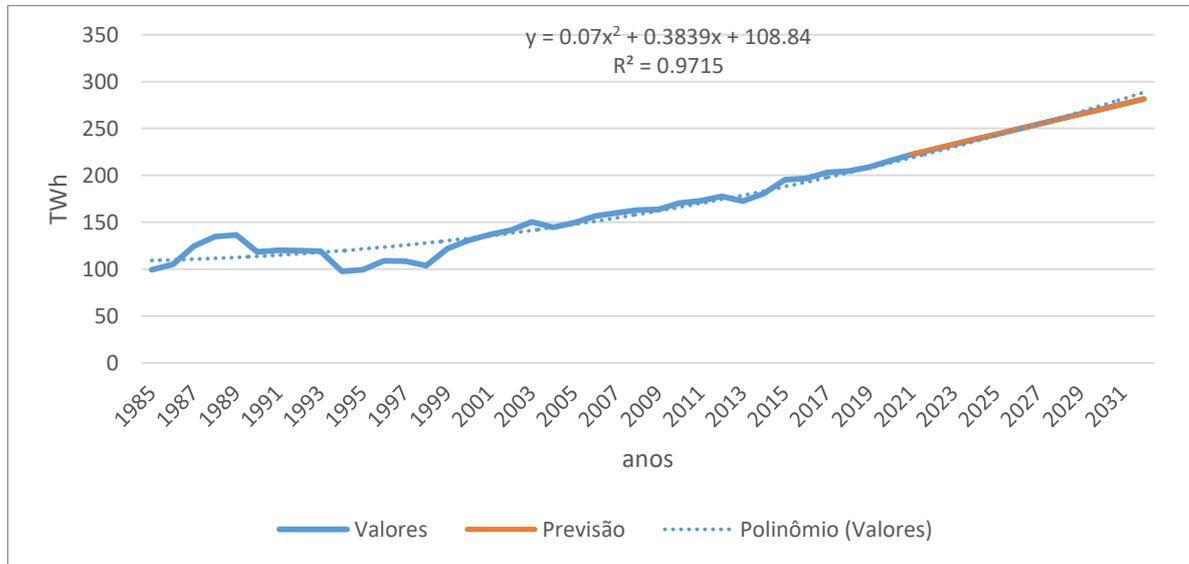
Fonte: Autor.

Figura 26: Eletricidade fontes fósseis-TWh-México- 2022-2032.



Fonte: Autor.

Figura 27: Eletricidade fontes nucleares-TWh-Rússia- 2022-2032.



Fonte: Autor.

Considerando as fontes fósseis, o México tem previsão de redução dessas fontes, visto que a política do México para 2050 é 50% de energia renovável. A Itália tem uma previsão de crescimento de fontes fósseis, pois o país é muito dependente de gás natural, mas mesmo assim o nível seria abaixo do México. Para as fontes nucleares, a Rússia é previsto uma constante expansão, pois o país possui uma vasta reserva de Urânio. Foi previsto para o Japão, uma quase total redução da fonte nuclear, muito devido ao acidente nuclear de 2011.

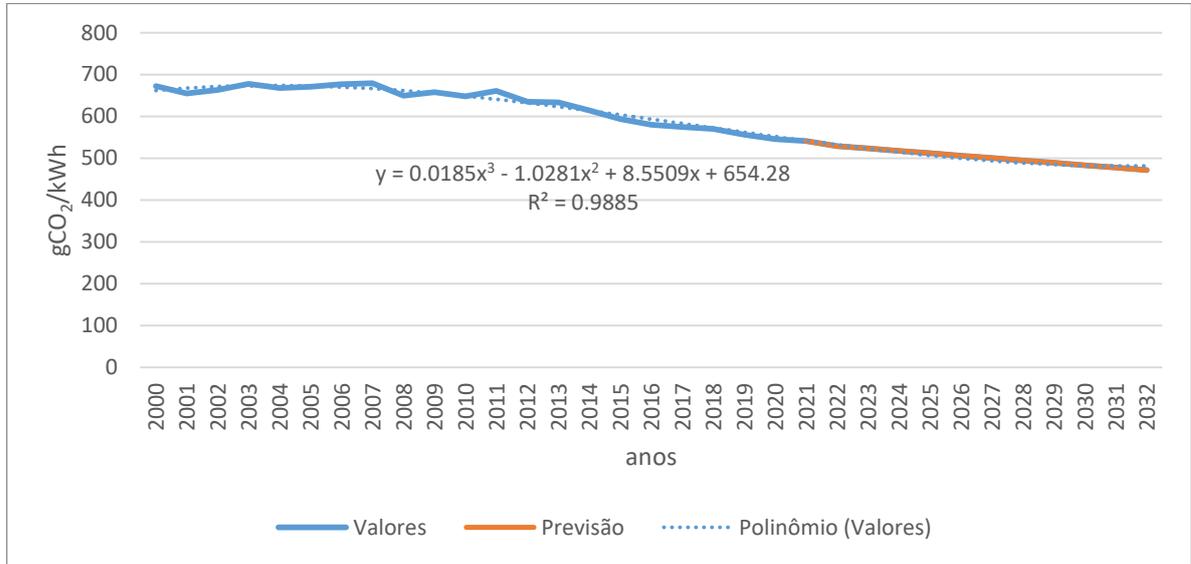
4.4.4. Intensidade de Carbono

Por fim foram realizadas previsões, de três diferentes tipos de emissão, como visto nas figuras 28, 29 e 30, os dados estão no ANEXO A.

Em relação à intensidade de CO₂, a China foi o único R² que ficou bem próximo de 1. Já os outros dois países, mesmo que aproximasse do polinômio de sexta ordem os R² ficaram abaixo de 24 %. Logo, isso demonstra que apenas a função polinomial da China serve para o melhor ajuste de curva e uma boa previsão.

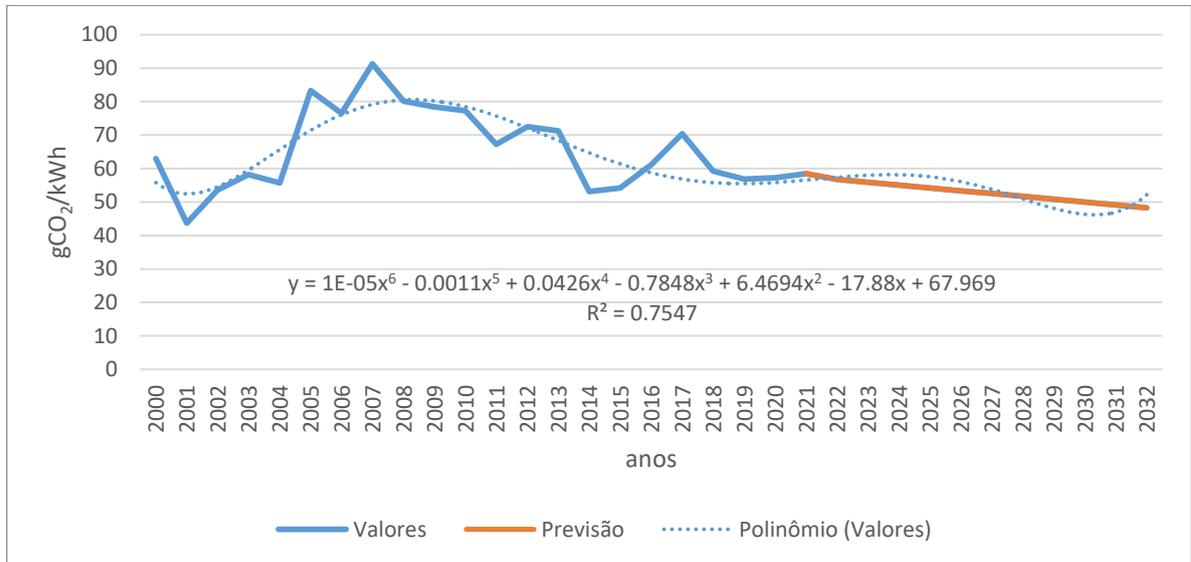
Considerando as emissões de CO₂, a China em 2032 emitirá menos 10,77 % e a França 14,86 % menos, sendo que a Índia emitirá menos de 0,41 %. Por fim, em 2032 a França emitirá apenas mais de 7 % do que a Índia.

Figura 28: Intensidade de CO₂. gCO₂/kWh China- 2022-2032.



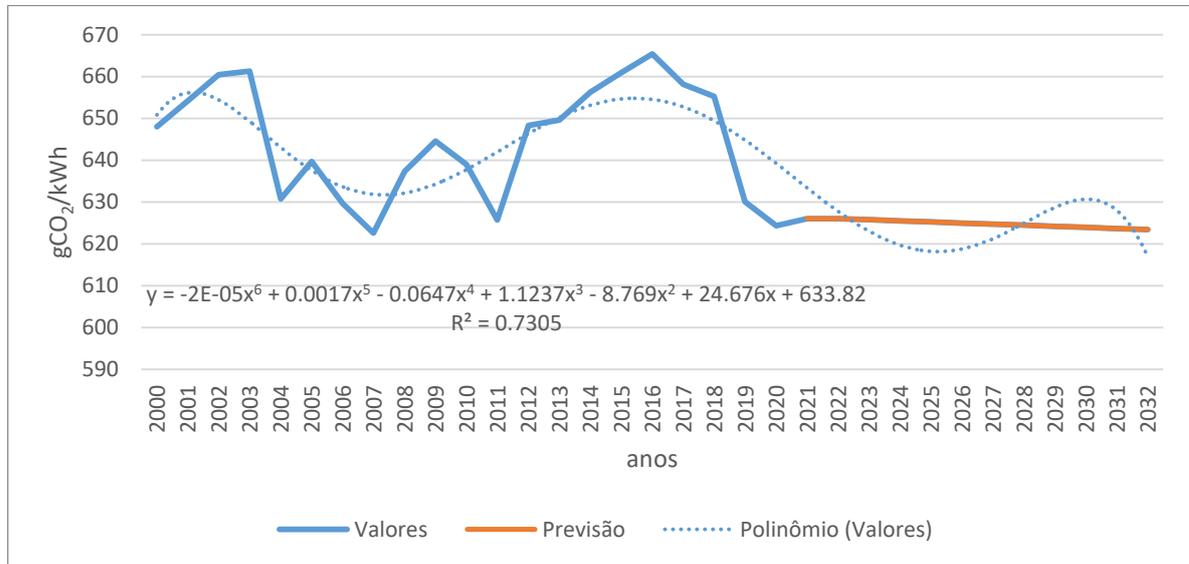
Fonte: Autor.

Figura 29: Intensidade de CO₂- gCO₂/kWh França- 2022-2032.



Fonte: Autor.

Figura 30: Intensidade de CO₂- gCO₂/kWh Índia- 2022-2032.



Fonte: Autor.

A análise das previsões realizadas demonstra que, a França por emitir pouco CO₂, devido sua elevada fonte de energia nuclear em sua matriz elétrica e isso demonstra que a fonte nuclear se bem fiscalizada funciona muito bem para um futuro na redução de emissão. Já a China por já ter sido o maior emissor de CO₂ do mundo, criou políticas de redução de emissão desde 2011 e considerando que continuem se empenhando a reduzir, para o ano de 2032, mesmo que tenham foco em fontes fósseis, a emissão irá reduzir.

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como foco a pesquisa em diferentes bancos de dados mundiais, sendo desde a agência internacional de energia (IEA), ENERDATA, etc., com objetivo de analisar a matriz elétrica dos 15 principais países do PIB mundial, em sua intensidade de emissões de CO₂, a capacidade instalada de fontes renováveis e o uso de combustíveis fósseis no período de 1985-2021.

A partir da coleta de dados, realizaram-se análises determinísticas como, por exemplo, o método de taxa média, para avaliar a evolução das alterações das matrizes elétricas dos países selecionados. O método de mínimos quadrados, através do cálculo do R², foi utilizado para avaliar o comportamento (linear ou não linear) das sucessões cronológicas dos dados selecionados. Foi identificado que o comportamento dos diversos dados é não linear. Desta forma, através do método de

previsão, suavização tripla exponencial, calculou-se até o ano de 2032, evolução de cada variável analisada.

Considerando a taxa média, para o banco de dados ENERDATA, percebeu-se que países em desenvolvimento têm um maior crescimento em eletricidade do que países desenvolvidos. A China teve um crescimento de 8,67 %/ano com baixo percentual de fontes renováveis de energia na sua matriz elétrica. Por outro lado, os países desenvolvidos vêm necessitando menos na produção de eletricidade, crescimentos menores que 1 %/ano, pois são países já desenvolvidos. Já em relação à porcentagem de inclusão de fontes renováveis na matriz elétrica, notou-se que os mais desenvolvidos, como Reino Unido, tiveram um maior crescimento, acima de 5 %/ano.

Já para os dados provenientes do banco de dados IRENA, avaliou-se a capacidade instalada e a geração de eletricidade. Verificou-se que, o Reino Unido, Alemanha e China são os de maior crescimento ao ano, entre 10 %/ano a 15 %/ano e a Coreia do Sul teve um crescimento de menos de 1 %/ano. Isto ocorre, porque a Coreia do Sul, até alguns anos atrás, tinha sua matriz elétrica baseada em tecnologia nuclear e de combustíveis fósseis.

A partir dos dados do OUR DATA WORLD, analisou-se que o Brasil teve um maior crescimento de combustíveis fósseis, sendo acima de 10 %/ano. O Reino Unido, Alemanha e Itália, diminuíram em 2 %/ano suas fontes nucleares, principalmente devido à crise de 2012. Já a Espanha e Reino Unido, foram os que tiveram maiores crescimentos em fontes renováveis, sendo acima de 5 %/ano.

Os dados do IEA caracterizam as matrizes elétricas dos principais países. Vale destacar que países como China e EUA, tiveram um constante aumento no investimento de fontes renováveis, pois no período de 2015 a 2020, houve um crescimento de 582,83 %/5 anos e 263,63 %/5 anos, respectivamente para a energia solar.

O investimento em fontes renováveis de acordo com o IRENA revelou um crescimento de aproximadamente 129,76 % em 2003 e 568,21 % em 2009. Já o ano de 2019 e 2020, uma redução de mais de 20 % no investimento. Por fim, o OUR DATA WORLD, provê os dados relativos à intensidade de CO₂ da matriz elétrica. Percebeu-se que a França, em sequência de Canadá e Brasil, são os países menos emissores e a Índia e China são os que mais emitem. Em relação ao crescimento

em termos de emissão de CO₂, podemos ver que o Brasil cresceu em 3,59 %/ano e a França em 1,04 %/ano. No caso brasileiro, entende-se que de maneira geral o país diminuiu a taxa de crescimento em fontes renováveis (apesar de o investimento ter aumentado) para suprir, através da geração térmica, o crescimento da demanda e o aumento das variações de geração provenientes das fontes renováveis.

Para os que diminuíram suas emissões, o Reino Unido foi o que mais reduziu, sendo 2,63 %/ano. Isto se deve, principalmente, por originalmente ser um país com matriz elétrica baseada em fontes térmicas e pelo maior investimento em fontes renováveis.

Já para o método de previsão, suavização tripla exponencial, foram realizadas quatro análises para o ano de 2032: porcentagem de renováveis, geração de eletricidade em renováveis, eletricidade por fontes e intensidade de carbono. Conclui-se que o Reino Unido, em 2032, serão 53,78 %, da sua matriz elétrica, composta por fontes renováveis. Este resultado corrobora com o objetivo que os países estudados traçaram quando assinaram os acordos e tratados vistos neste trabalho. Este objetivo é o de ter, em suas matrizes elétricas, em torno de 50 % de fontes renováveis.

Para a análise de eletricidade por fontes, prevê-se que em 2032 o Japão terá 0,02525 TWh de fontes nucleares devido sua constante redução de investimento em geração nuclear. Por fim, a análise para a intensidade de carbono revela que a França, em 2032, emitirá apenas em 7,75 % de CO₂ a partir da sua matriz elétrica, em comparação com Índia.

Os resultados demonstraram que os países desenvolvidos, por alterarem a base das suas matrizes elétricas de combustíveis fósseis para fontes renováveis, poderão atingir baixos índices de emissão de CO₂ em 2032. Enquanto os países em desenvolvimento também diminuirão suas emissões de CO₂, porém a uma taxa menor sendo de 0,42% para Índia. Isto ocorre porque os países em desenvolvimento ainda investem em tecnologias térmicas para suprir o crescimento de suas demandas. Apesar de que mesmo que a China seja um país em desenvolvimento, por ser a segunda maior potência mundial a previsão é de que reduzirá em 10% para o ano de 2032.

Por fim, para os trabalhos futuros é indicado usar modelos mais sofisticados, para análise dos bancos de dados, como, por exemplo, os Modelos de Avaliação

Integrada (IAMs). Estes modelos fornecem insights relevantes para as políticas sobre mudanças ambientais globais e questões de desenvolvimento sustentável, fornecendo uma descrição quantitativa dos principais processos nos sistemas humano e terrestre e suas interações. Esses modelos aplicados com sucesso em apoio à política climática (insights sobre futuras emissões de gases de efeito estufa e opções de mitigação), em várias avaliações ambientais (por exemplo, a Avaliação do Ecossistema do Milênio).

REFERÊNCIAS

- Global Carbon Project.** Disponível em: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>. Acesso em: 18 out. 2022.
- Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period.** UNFCCC Process. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>. Acesso em: 18 out. 2022.
- CIRCULAR ECOLOGY. The Kyoto Protocol: Climate Change Success or Global Warming Failure?.** Blog, Carbon Footprint, Energy, News, Sustainability, feb./ 2015. Disponível em: <https://circularecology.com/news/the-kyoto-protocol-climate-change-success-or-global-warming-failure>. Acesso em: 18 out. 2022.
- The Paris Agreement.** United Nations. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>. Acesso em: 18 out. 2022.
- DUGGAL, Hanna. Infographic: COP26 goals explained in maps and charts. ALJAZEERA,** nov./2021. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/news/2021/11/4/infographic-cop26-climate-summit-goals-explained>. Acesso em: 18 out. 2022.
- What do we need to achieve at COP26?.** UN Climate Change Conference UK 2021. Disponível em: <https://ukcop26.org/cop26-goals/>. Acesso em: 18 out. 2022.
- Delivering for people and the planet.** United Nation, 2022. Disponível em : <https://www.un.org/en/climatechange/cop27>. Acesso em: 17 nov. 2022
- IEA (2022), **World Energy Investment 2022**, IEA, Paris. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2022>. Acesso em: 18 out. 2022.
- IEA (2021), **Renewables 2021**, IEA, Paris. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>. Acesso em: 18 out. 2022.
- World Data.info,** 2021. Disponível em: <https://www.worlddata.info/largest-economies.php>. Acesso em: 18 out. 2022.
- Lizette De La Peña, Ru Guo, Xiaojing Cao, Xiaojing Ni, Wei Zhang. **Accelerating the energy transition to achieve carbon neutrality.** Resources, Conservation and Recycling, Volume 177, 2022, 105957. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921005668#bib0070>. Acesso em: 18 out. 2022.
- C.V. Diezmartínez. **Clean energy transition in Mexico: Policy recommendations for the deployment of energy storage technologies.** Renewable and Sustainable

Energy Reviews, Volume 0135, 2021, 110407. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403212030695X>. Acesso em: 18 out. 2022.

J.J. Brey. **Use of hydrogen as a seasonal energy storage system to manage renewable power deployment in Spain by 2030**. International Journal of Hydrogen Energy, Volume 46, Issue 33, 2021, Pages 17447-17457. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319920314452>. Acesso em: 18 out. 2022.

Peña-Ramos, J.A.; del Pino-García, M.; Sánchez-Bayón, A. **The Spanish Energy Transition into the EU Green Deal: Alignments and Paradoxes**. Energies 2021, 14, 2535. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/9/2535>. Acesso em: 18 out. 2022.

Hong Xian Li, David J. Edwards, M. Reza Hosseini, Glenn P. Costin. **A review on renewable energy transition in Australia: An updated depiction**. Journal of Cleaner Production, Volume 242, 2020, 118475. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619333451>. Acesso em: 18 out. 2022.

Edmund Ntom Udemba, Andrew Adewale Alola. **Asymmetric inference of carbon neutrality and energy transition policy in Australia: The (de)merit of foreign direct investment**. Journal of Cleaner Production, Volume 343, 2022, 131023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622006576#bib34>. Acesso em: 18 out. 2022.

Dutra, J., & Menezes, F. (2022). **Energy Transition in the Brazilian Electric Power System**. Competition and Regulation in Network Industries, 23(2), 119–134. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/17835917221088765>. Acesso em: 18 out. 2022.

Lisbona Romeiro, D., & Amorim, L. (2022). **Waves of regulatory reforms and winds of uncertainties in the Brazilian natural gas industry**. Competition and Regulation in Network Industries, 23(2), 153–179. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/17835917221102892?casa_token=ldvVd-h-kFYAAAAA%3Ahlo04C3klakvHa1D57Crytwil1mIYum0wRNGnajaXPbt33KaTpc9JXOz3Lz1cyumZfZGUxxoeKKhVw. Acesso em: 18 out. 2022.

Ephraim Bonah Agyekum, Nallapaneni Manoj Kumar, Usman Mehmood, Manoj Kumar Panjwani, Hassan Haes Alhelou, Tomiwa Sunday Adebayo, Amer Al-Hinai. **Decarbonize Russia — A Best–Worst Method approach for assessing the renewable energy potentials, opportunities and challenges.** Energy Reports, Volume 7, 2021, Pages 4498-4515. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721005035>. Acesso em: 18 out. 2022.

Liliana Proskuryakova, Elena Kyzyngasheva, Alena Starodubtseva. **Russian electric power industry under pressure: Post-COVID scenarios and policy implications.** Smart Energy, Volume 3, 2021, 100025, ISSN 2666-9552. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666955221000253>. Acesso em: 18 out. 2022.

Lee, T. **From nuclear energy developmental state to energy transition in South Korea: The role of the political epistemic community.** Env Pol Gov. 2021; 31: 82–93. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/eet.1919>. Acesso em: 18 out. 2022.

Ju-Hee Kim, Seung-Hoon Yoo. **Comparison of the economic effects of nuclear power and renewable energy deployment in South Korea.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 135, 2021, 110236, ISSN 1364-0321. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120305256>. Acesso em: 18 out. 2022.

Ankit Gupta, Matthew Davis, Amit Kumar. **An integrated assessment framework for the decarbonization of the electricity generation sector.** Applied Energy, Volume 288, 2021, 116634, ISSN 0306-2619. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921001690>. Acesso em: 18 out. 2022.

Evan J. Arbuckle, Matthew Binsted, Evan G.R. Davies, Diego V. Chiappori, Candelaria Bergero, Muhammad-Shahid Siddiqui, Christopher Roney, Haewon C. McJeon, Yuyu Zhou, Nick Macaluso. **Insights for Canadian electricity generation planning from an integrated assessment model: Should we be more cautious about hydropower cost overruns?.** Energy Policy, Volume 150, 2021, 112138, ISSN 0301-4215. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521000070>. Acesso em: 18 out. 2022.

Lorenzo Mario Pastore, Gianluigi Lo Basso, Livio de Santoli. **Towards a dramatic reduction in the European Natural Gas consumption: Italy as a case study.** Journal of Cleaner Production, Volume 369, 2022, 133377, ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622029614>. Acesso em: 18 out. 2022.

Lebrouhi, B.E.; Schall, E.; Lamrani, B.; Chaibi, Y.; Kousksou, T. **Energy Transition in France.** Sustainability 2022, 14, 5818. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/10/5818>. Acesso em: 18 out. 2022.

Vaibhav Chaturvedi, Ankur Malyan. **Implications of a net-zero target for India's sectoral energy transitions and climate policy.** Oxford Open Climate Change, Volume 2, Issue 1, 2022, kgac001. Disponível em: <https://academic.oup.com/oocc/article/2/1/kgac001/6566309?login=true>. Acesso em: 18 out. 2022.

Brototi Roy, Anke Schaffartzik. **Talk renewables, walk coal: The paradox of India's energy transition.** Ecological Economics, Volume 180, 2021, 106871, ISSN 0921-8009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800920303232>. Acesso em: 18 out. 2022.

Ari Ball-Burack, Pablo Salas, Jean-Francois Mercure. **Great power, great responsibility: Assessing power sector policy for the UK's net zero target.** Energy Policy, Volume 168, 2022, 113167, ISSN 0301-4215. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421522003895>. Acesso em: 18 out. 2022.

Jonas van Ouwerkerk, Karlo Hainsch, Soner Candas, Christoph Muschner, Stefanie Buchholz, Stephan Günther, Hendrik Huyskens, Sarah Berendes, Konstantin Löffler, Christian Bußar, Fateme Tardasti, Luja von Köckritz, Rasmus Bramstoff. **Comparing open source power system models - A case study focusing on fundamental modeling parameters for the German energy transition.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 161, 2022, 112331, ISSN 1364-0321. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032122002453>. Acesso em: 18 out. 2022.

Jan Osička, Filip Černoch. **European energy politics after Ukraine: The road ahead**. Energy Research & Social Science, Volume 91, 2022, 102757, ISSN 2214-6296 Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629622002602>. Acesso em: 18 out. 2022.

Laurent A. Lambert, Jad Tayah, Caroline Lee-Schmid, Monged Abdalla, Ismail Abdallah, Abdalftah H.M. Ali, Suhail Esmail, Waleed Ahmed. **The EU's natural gas Cold War and diversification challenges**. Energy Strategy Reviews. Volume 43, 2022, 100934, ISSN 2211-467X. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X22001286>. Acesso em: 18 out. 2022.

Ryna Yiyun Cui, Nathan Hultman, Di-Yang Cui, Haewon Mcjeon, Leon Clarke, Jia-Hai Yuan, Wen-Jia Cai. **A U.S.–China coal power transition and the global 1.5 °C pathway**. *Advances in Climate Change Research*. Volume 13, Issue 2, 2022, Pages 179-186, ISSN 1674-9278. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674927821001374>. Acesso em: 18 out. 2022.

S. Motalebi, T. Barnes, L. Lu, B.D. Leibowicz, T. Niet. **The role of U.S.-Canada electricity trade in North American decarbonization pathways**. Energy Strategy Reviews. Volume 41, 2022, 100827, ISSN 2211-467X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X2200027X>. Acesso em: 18 out. 2022.

Zhang, S., Chen, W. **Assessing the energy transition in China towards carbon neutrality with a probabilistic framework**. Nat Commun 13, 87 (2022). Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-27671-0>. Acesso em: 18 out. 2022.

Hao Chen, Shaozhou Qi, Jihong Zhang. **Towards carbon neutrality with Chinese characteristics: From an integrated perspective of economic growth-equity-environment**. Applied Energy. Volume 324, 2022, 119719, ISSN 0306-2619. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261922010108#b0255>.

Acesso em: 18 out. 2022.

Lu Gao, Shuichi Ashina. **Willingness-to-pay promoted renewable energy diffusion: The case of Japan's electricity market.** Journal of Cleaner Production, Volume 330, 2022, 129828, ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621040026>. Acesso em: 18 out. 2022.

Cheng Cheng, Andrew Blakers, Matthew Stocks, Bin Lu. **100% renewable energy in Japan.** Energy Conversion and Management, Volume 255, 2022, 115299, ISSN 0196-8904. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890422000954>. Acesso em: 18 out. 2022.

Share of renewables in electricity production. Enerdata. Disponível em: <https://yearbook.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>. Acesso em: 23 out. 2022.

Statistics Time Series. IRENA. Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>. Acesso em: 23 out. 2022.

Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado. Energy. Our World in Data, 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/electricity-mix#:~:text=What%20is%20the%20breakdown%20of,and%20nuclear%20energy%20for%2010.4%25>. Acesso em: 23 out. 2022

IEA Electricity Information Disponível em <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/electricity-information>. Acesso em: 23 out. 2022.

Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/elec-mix-bar?stackMode=absolute&country=~AUS~JPN~CHN~IND~USA~GBR~FRA~BRA~CAN~ITA~KOR~RUS~MEX~DEU~ESP>. Acesso em: 23 out. 2022

Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity?tab=chart&country=CAN~AUS~MEX~BRA~CHN~FRA~RUS~DEU~IND~ESP~ITA~JPN~GBR~USA~KOR>. Acesso em: 23 out. 2022.

Disponível em: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Finance-and-Investment/Renewable-Energy-Finance-Flows>. Acesso em: 23 out. 2022.

ANEXO A – DESCRIÇÃO

- ENERDATA

Tabela 29: Dados de Geração de eletricidade em TWh – 1990-2021.

Geração de eletricidade (TWh)- Países	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
França	421.0	456.0	464.0	473.0	477.0	494.0	513.0	505.0	511.0	526.0	540.0
Alemanha	550.0	540.0	537.0	526.0	529.0	537.0	555.0	552.0	556.0	556.0	577.0
Itália	217.0	222.0	226.0	223.0	232.0	241.0	244.0	251.0	260.0	266.0	277.0
Espanha	152.0	156.0	159.0	157.0	162.0	167.0	174.0	190.0	195.0	208.0	224.0
Reino Unido	320.0	323.0	321.0	323.0	326.0	334.0	351.0	351.0	363.0	368.0	377.0
Rússia	1082.0	1068.0	1008.0	957.0	876.0	860.0	847.0	834.0	827.0	846.0	878.0
Canadá	482.0	509.0	520.0	532.0	556.0	560.0	573.0	574.0	562.0	579.0	606.0
EUA	3219.0	3276.0	3291.0	3411.0	3473.0	3582.0	3677.0	3698.0	3830.0	3898.0	4053.0
Brasil	223.0	234.0	242.0	252.0	260.0	276.0	291.0	308.0	322.0	335.0	349.0
México	116.0	129.0	133.0	136.0	147.0	152.0	158.0	167.0	182.0	192.0	206.0
China	621.0	678.0	754.0	838.0	928.0	1008.0	1080.0	1136.0	1168.0	1240.0	1356.0
Índia	289.0	316.0	333.0	356.0	386.0	418.0	437.0	466.0	497.0	537.0	561.0
Japão	871.0	898.0	904.0	912.0	969.0	990.0	1011.0	1035.0	1031.0	1048.0	1068.0
Coréia do Sul	105.0	115.0	126.0	145.0	164.0	184.0	205.0	225.0	218.0	238.0	290.0
Austrália	155.0	157.0	160.0	164.0	167.0	173.0	178.0	183.0	195.0	204.0	210.0

Geração de eletricidade (TWh)- Países	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
França	550.0	559.0	567.0	574.0	576.0	575.0	570.0	574.0	536.0	569.0	573.0	573.0	582.0
Alemanha	586.0	587.0	609.0	618.0	623.0	640.0	641.0	641.0	596.0	633.0	613.0	628.0	639.0
Itália	279.0	285.0	294.0	303.0	304.0	314.0	314.0	319.0	293.0	302.0	303.0	299.0	290.0
Espanha	236.0	245.0	261.0	280.0	294.0	299.0	305.0	314.0	295.0	302.0	294.0	298.0	286.0
Reino Unido	385.0	387.0	398.0	394.0	398.0	397.0	397.0	389.0	377.0	382.0	368.0	364.0	358.0
Rússia	891.0	891.0	916.0	932.0	953.0	996.0	1015.0	1040.0	992.0	1038.0	1055.0	1071.0	1059.0
Canadá	590.0	601.0	590.0	600.0	621.0	610.0	628.0	633.0	609.0	603.0	633.0	632.0	658.0
EUA	3865.0	4051.0	4082.0	4175.0	4294.0	4301.0	4350.0	4368.0	4188.0	4378.0	4349.0	4291.0	4306.0
Brasil	329.0	346.0	364.0	387.0	403.0	419.0	445.0	463.0	466.0	516.0	532.0	552.0	571.0
México	214.0	218.0	236.0	238.0	251.0	258.0	265.0	269.0	268.0	276.0	303.0	307.0	297.0
China	1481.0	1654.0	1911.0	2204.0	2500.0	2866.0	3282.0	3467.0	3715.0	4208.0	4716.0	4994.0	5447.0
Índia	580.0	603.0	640.0	675.0	708.0	767.0	817.0	845.0	909.0	974.0	1061.0	1116.0	1184.0
Japão	1050.0	1068.0	1059.0	1088.0	1109.0	1113.0	1142.0	1108.0	1090.0	1171.0	1111.0	1099.0	1104.0
Coréia do Sul	311.0	332.0	345.0	368.0	389.0	404.0	427.0	446.0	455.0	500.0	523.0	535.0	542.0
Austrália	225.0	228.0	221.0	228.0	229.0	233.0	243.0	243.0	248.0	253.0	254.0	251.0	249.0

Geração de eletricidade (TWh)- Países	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
França	573.0	579.0	564.0	562.0	582.0	571.0	532.0	555.0
Alemanha	628.0	648.0	650.0	654.0	640.0	607.0	573.0	584.0
Itália	280.0	283.0	290.0	296.0	290.0	294.0	281.0	287.0
Espanha	279.0	281.0	275.0	276.0	274.0	273.0	263.0	272.0
Reino Unido	338.0	340.0	339.0	338.0	333.0	323.0	311.0	309.0
Rússia	1064.0	1068.0	1091.0	1094.0	1115.0	1121.0	1087.0	1157.0
Canadá	659.0	658.0	664.0	663.0	654.0	645.0	641.0	633.0
EUA	4340.0	4317.0	4322.0	4286.0	4455.0	4392.0	4265.0	4381.0
Brasil	590.0	581.0	579.0	589.0	601.0	626.0	621.0	680.0
México	301.0	311.0	321.0	322.0	358.0	344.0	338.0	350.0
China	5817.0	5854.0	6200.0	6715.0	7143.0	7504.0	7782.0	8537.0
Índia	1289.0	1357.0	1432.0	1509.0	1608.0	1624.0	1592.0	1669.0
Japão	1076.0	1059.0	1071.0	1081.0	1068.0	1045.0	1037.0	1030.0
Coréia do Sul	551.0	553.0	563.0	567.0	590.0	581.0	570.0	595.0
Austrália	247.0	251.0	257.0	258.0	261.0	264.0	265.0	266.0

Tabela 30: Dados de Porcentagem de Renováveis em % -1990-2021.

Porcentagem de renováveis	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
França	14.1	14.0	16.1	14.8	17.5	15.9	14.2	13.9	13.5	15.2	13.7	14.9
Alemanha	3.9	3.9	4.4	4.6	5.2	5.7	5.6	4.8	5.2	5.8	6.9	7.2
Itália	17.7	22.0	21.8	21.7	22.1	18.9	21.0	20.3	20.3	21.7	20.8	22.0
Espanha	17.6	18.5	13.6	16.9	18.5	15.5	24.3	20.1	19.8	14.3	16.9	22.1
Reino Unido	2.4	2.1	2.5	2.2	2.6	2.5	2.1	2.4	2.8	3.4	3.4	3.1
Rússia	15.3	15.7	17.0	18.2	20.1	20.5	18.2	18.9	19.3	19.1	18.8	19.7
Canadá	62.4	61.4	61.7	61.7	60.4	61.0	63.1	62.4	60.4	61.2	60.6	58.0
EUA	12.0	11.3	10.5	11.0	10.3	11.4	12.2	11.6	10.2	9.6	8.8	7.4
Brasil	94.5	94.6	94.4	95.3	95.4	94.2	93.6	93.0	92.9	90.0	89.5	84.3
México	24.7	22.4	25.7	25.4	19.0	23.7	24.7	20.0	17.6	20.9	19.8	17.1
China	20.4	18.5	17.6	18.1	18.1	19.2	17.6	17.5	18.1	16.7	16.6	19.0
Índia	24.8	23.1	21.0	19.8	21.5	17.5	16.0	16.3	17.0	15.4	13.6	13.2
Japão	12.3	13.0	11.2	12.9	9.0	10.6	10.1	11.0	11.2	10.4	10.3	10.2
Coreia do Sul	6.0	4.4	3.9	4.1	2.5	3.1	2.7	2.4	2.8	2.6	2.0	2.0
Austrália	10.1	10.8	10.3	10.8	10.4	9.8	9.4	9.8	8.6	8.7	8.5	8.2

Porcentagem de renováveis	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
França	12.5	12.1	12.1	10.6	11.8	12.6	13.7	13.9	14.6	12.4	15.7
Alemanha	8.4	8.4	10.3	11.3	12.4	15.0	15.6	17.0	17.6	21.2	23.7
Itália	19.7	18.5	20.3	18.2	18.2	17.0	20.0	25.1	26.6	28.1	31.5
Espanha	15.6	22.7	19.1	15.9	18.7	20.2	20.7	26.1	33.5	30.6	30.4
Reino Unido	3.6	3.4	4.3	5.0	5.5	5.9	6.7	7.7	7.7	10.4	12.2
Rússia	18.4	17.3	19.1	18.4	17.7	17.7	16.1	17.8	16.3	15.9	15.7
Canadá	59.9	58.9	58.5	59.8	59.5	60.3	61.4	63.0	61.3	62.5	63.6
EUA	9.2	9.5	9.2	9.1	9.8	8.9	9.5	10.8	10.6	12.7	12.4
Brasil	85.7	87.2	86.0	87.1	86.7	88.2	84.3	89.0	84.7	87.2	82.6
México	15.1	12.1	14.4	15.2	15.3	14.1	17.5	12.9	16.6	14.9	13.8
China	17.6	15.0	16.2	16.2	15.6	15.3	17.7	17.9	18.8	17.0	20.1
Índia	12.1	13.4	14.7	16.9	18.0	18.4	16.8	15.9	16.6	17.7	16.1
Japão	9.9	11.2	10.9	9.6	10.6	9.3	9.5	9.7	9.7	10.5	10.1
Coreia do Sul	1.7	2.1	1.7	1.4	1.4	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.0
Austrália	7.9	8.5	8.3	8.9	9.3	8.7	8.2	7.5	8.6	10.4	10.5

Porcentagem de renováveis	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
França	18.0	17.4	16.7	18.4	17.4	20.4	20.6	24.3	22.6
Alemanha	24.8	26.8	30.0	30.0	34.0	35.6	40.6	44.8	41.5
Itália	39.3	43.7	39.0	37.9	35.7	40.1	40.0	42.4	41.4
Espanha	40.5	40.9	35.7	39.3	32.9	38.8	37.8	44.5	47.1
Reino Unido	15.7	19.9	25.6	25.3	30.1	33.8	37.9	44.4	40.7
Rússia	17.3	16.7	16.0	17.2	17.2	17.4	17.7	20.1	19.3
Canadá	64.1	63.2	64.0	64.8	66.5	66.3	66.2	67.9	68.0
EUA	13.0	13.4	13.6	15.3	17.3	17.2	17.9	20.0	20.5
Brasil	76.8	73.3	74.1	80.5	79.2	82.4	82.3	84.2	78.4
México	13.3	17.5	15.3	15.3	16.0	15.2	16.0	19.2	21.9
China	20.5	22.4	24.1	25.0	25.2	26.1	27.3	28.4	28.8
Índia	17.6	16.5	15.3	16.1	16.9	17.9	20.0	19.9	20.4
Japão	10.9	12.4	14.2	14.7	16.2	17.1	18.6	20.1	22.3
Coreia do Sul	2.4	2.5	2.6	3.5	4.0	4.6	5.3	6.6	8.6
Austrália	13.2	14.6	13.3	14.6	15.7	17.1	19.7	22.6	26.7

- IRENA

Tabela 31: Dados de Capacidade Instalada em MW – 2000-2020.

Tecnologia	País	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006	2 007
Energia renovável	China	75 852	79 266	83 253	92 385	103 007	115 016	128 845	146 709
	Índia	25 000	26 667	26 831	30 261	33 189	36 362	40 617	43 412
	Japão	23 930	29 500	29 922	30 394	31 091	32 047	33 222	32 916
	Coreia do Sul	1 614	1 692	1 664	1 662	1 678	1 761	1 916	1 980
	Rússia	44 717	45 113	45 260	45 680	46 062	46 389	46 710	47 456
	França	23 987	24 069	24 314	24 427	24 509	24 881	25 651	26 542
	Alemanha	11 807	14 828	18 362	21 658	24 876	28 475	32 219	35 427
	Itália	17 904	18 293	18 729	19 173	19 465	20 251	20 634	21 600
	Espanha	17 950	19 239	20 916	22 035	24 621	26 321	28 354	31 887
	Reino Unido	2 893	3 201	3 260	3 650	4 009	4 922	5 412	6 011
	Canadá	68 687	68 707	70 983	72 618	73 163	74 371	75 988	77 030
	México	10 868	10 993	10 996	11 128	12 049	12 075	12 360	13 141
	Estados Unidos	93 302	93 621	94 762	95 854	95 686	98 218	101 619	107 868
	Austrália	7 261	7 461	7 503	7 637	7 977	9 011	9 167	9 624
	Brasil	63 742	65 094	67 165	70 418	72 236	74 429	77 617	81 220

Tecnologia	País	2 008	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015
Energia renovável	China	174 343	205 232	233 257	267 898	302 101	359 516	414 651	479 103
	Índia	47 170	48 252	52 259	58 055	60 456	63 589	71 889	78 579
	Japão	33 429	34 146	36 047	37 420	38 996	46 084	56 103	67 486
	Coreia do Sul	2 381	2 608	2 819	3 322	3 687	4 330	5 716	7 217
	Rússia	47 749	47 978	48 063	48 112	49 823	50 629	51 581	51 781
	França	27 801	29 293	31 717	34 792	37 095	38 692	40 563	42 799
	Alemanha	38 448	47 234	56 545	67 421	78 150	83 766	90 325	97 851
	Itália	23 155	25 772	29 507	40 824	46 721	48 857	49 526	50 417
	Espanha	36 625	39 709	42 230	43 941	46 436	46 819	46 850	47 708
	Reino Unido	7 055	8 004	9 239	12 320	15 584	19 878	24 770	30 690
	Canadá	78 407	79 781	81 064	83 259	84 363	86 409	89 354	95 457
	México	12 920	13 214	13 524	13 500	14 823	15 228	16 646	17 423
	Estados Unidos	116 449	127 506	137 819	146 656	164 043	170 920	180 309	195 046
	Austrália	9 773	10 319	11 242	12 888	14 649	16 068	17 370	18 415
Brasil	82 998	84 930	89 558	92 917	96 117	99 835	106 445	112 641	

Tecnologia	País	2 016	2 017	2 018	2 019	2 020
Energia renovável	China	541 016	620 856	695 463	758 844	899 625
	Índia	90 411	105 253	118 195	128 428	134 455
	Japão	76 219	84 187	91 309	99 272	106 858
	Coreia do Sul	9 354	11 442	13 951	18 054	20 411
	Rússia	51 787	52 170	52 614	53 913	55 219
	França	44 845	47 820	50 539	53 463	55 574
	Alemanha	104 436	112 514	118 905	125 068	131 731
	Itália	51 195	52 128	53 161	54 373	55 493
	Espanha	47 798	47 948	48 283	54 633	57 463
	Reino Unido	35 308	39 918	43 726	46 337	47 261
	Canadá	97 328	98 501	99 807	100 392	100 632
	México	19 112	19 886	23 040	25 819	26 973
	Estados Unidos	215 233	229 824	245 026	263 324	292 949
	Austrália	19 339	20 492	22 645	27 826	35 177
Brasil	121 374	128 417	136 579	144 552	150 046	

Tabela 32: Dados de Geração de Eletricidade em GWh-2000-2020.

Tecnologia	País	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006	2 007
Energia renovável	China	222 955	278 132	288 813	284 694	354 852	401 114	442 586	496 290
	Índia	77 581	77 789	76 005	72 609	85 136	98 787	119 299	133 547
	Japão	96 981	94 088	94 309	109 409	109 123	96 788	109 028	95 473
	Coreia do Sul	4 111	4 258	3 434	5 123	4 631	4 052	4 018	4 557
	Rússia	164 958	174 862	163 227	157 010	177 145	174 228	175 179	178 876
	França	69 403	77 739	64 207	63 057	63 940	56 325	62 340	65 908
	Alemanha	35 475	37 895	44 477	46 670	57 957	63 402	72 511	89 368
	Itália	50 879	54 347	48 316	46 866	53 871	48 439	50 635	47 716
	Espanha	34 490	49 295	33 170	55 762	50 138	42 270	52 155	58 290
	Reino Unido	12 664	9 549	11 128	10 619	14 138	16 938	18 106	19 689
	Canadá	366 993	342 265	360 012	347 332	350 599	371 381	363 056	378 468
	México	40 656	36 520	32 745	28 601	34 283	38 106	39 527	37 373
	Estados Unidos	330 364	260 426	348 137	360 433	357 987	366 205	395 209	361 815
	Austrália	17 590	18 162	17 874	18 619	18 683	20 103	21 642	21 013
	Brasil	312 260	276 901	296 379	317 571	333 333	351 193	363 888	392 741

Tecnologia	País	2 008	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015
Energia renovável	China	606 279	654 484	780 008	783 049	994 392	1 086 041	1 269 856	1 381 355
	Índia	139 647	134 720	140 437	157 334	176 361	176 245	199 835	197 631
	Japão	98 523	100 135	106 461	109 837	103 664	114 480	129 698	146 098
	Coreia do Sul	4 376	4 687	6 187	7 531	7 559	8 783	8 553	10 642
	Rússia	166 716	176 153	168 497	167 876	167 225	182 826	177 046	169 804
	França	73 826	69 658	78 196	66 031	85 252	99 430	94 039	91 836
	Alemanha	94 283	95 938	105 180	124 038	143 043	152 339	162 526	188 785
	Itália	58 164	69 255	76 975	82 973	92 232	112 021	120 693	108 918
	Espanha	62 143	74 080	97 776	87 522	86 962	111 405	110 268	97 089
	Reino Unido	21 847	25 245	26 182	35 213	41 250	53 215	64 523	82 576
	Canadá	388 488	383 340	369 445	395 675	402 187	421 251	415 910	421 186
	México	47 261	34 670	45 772	45 097	42 380	39 556	52 858	47 511
	Estados Unidos	391 023	428 696	440 677	528 962	512 822	541 802	560 657	568 439
	Austrália	19 726	18 602	21 721	26 273	26 318	32 704	36 112	33 423
	Brasil	390 526	415 102	437 409	463 666	456 160	438 547	432 745	431 313

Tecnologia	País	2 016	2 017	2 018	2 019	2 020
Energia renovável	China	1 522 405	1 648 541	1 810 864	1 986 041	2 149 534
	Índia	190 238	209 262	237 057	273 081	299 905
	Japão	151 523	168 066	175 129	185 549	197 851
	Coreia do Sul	15 884	18 622	23 025	27 405	33 750
	Rússia	186 358	186 947	193 400	197 725	216 966
	França	99 000	92 633	113 586	113 180	124 712
	Alemanha	189 672	216 323	222 075	240 332	250 154
	Itália	108 035	103 910	114 427	115 860	116 927
	Espanha	104 632	87 924	103 885	100 968	113 756
	Reino Unido	82 981	98 871	110 038	120 505	134 076
	Canadá	430 044	441 055	433 242	427 296	437 084
	México	48 937	51 646	56 472	55 135	66 858
	Estados Unidos	637 076	718 174	743 177	767 035	827 387
	Austrália	37 151	40 207	44 415	51 658	59 544
Brasil	465 823	467 029	495 300	515 449	522 935	

- IEA

Tabela 33: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-EUA-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear
1990	1699648	130649	381669	71039	15323	611589
1995	1832537	87189	528844	43876	19041	713806
2000	2129498	118482	634290	47816	23897	797718
2005	2153956	141290	782829	48453	22762	810726
2010	1994194	48086	1017869	52436	20170	838931
2015	1470997	38837	1372570	61640	18826	830288
2020	851869	36212	1669868	53097	17330	823191

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Hídricas	Geotérmicas	Fotovoltaica	Solar térmica	Eólicas	Outras fontes
1990	288960	16012	3	663	3066	
1995	337856	14941	4	824	3196	
2000	279986	14621	183	526	5650	
2005	297926	16778	524	596	17881	647
2010	286333	17577	3063	879	95148	3744
2015	271129	18727	32091	3544	192992	5518
2020	314316	19292	116692	4391	341416	4716

Tabela 34: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-China-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Hídricas	Geotérmicas	Fotovoltaica
1990	441343	50366	2771	126720	57	2
1995	743326	55094	2999	190577	110	7
2000	1060372	47268	5773	222414	109	22
2005	1980272	50513	12142	397017	115	84
2010	3239704	14856	78063	722172	125	699
2015	4108994	9679	145346	1130270	125	39500
2020	5001122	10799	218242	1334859	125	269718

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Eólicas	Marés	Nuclear	Biocombustíveis	Resíduos	Solar térmica
1990	2	7				
1995	64	7	12833	2897		
2000	615	7	16737	2421		
2005	2028	7	53088	5200		
2010	44622	7	73880	24800	9063	2
2015	185766	8	170789	52700	11029	29
2020	471175	12	366247	113961	10301	1317

Tabela 35: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Japão-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustível	Nuclear	Hídricas
1990	124715	249532	167693	8095	202272	97033
1995	173163	202551	195597	9039	291254	92565
2000	228205	133159	254560	9120	322050	96817
2005	299892	133844	243234	13465	304755	86350
2010	317243	90803	332287	9656	288230	90681
2015	353151	91461	424299	12880	9437	91270
2020	313325	48366	389055	22316	38752	88245

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Geotérmicas	Fotovoltaicas	Outras fontes	Eólicas	Resíduos
1990	1741	67	19524		
1995	3173	106	22974	3	
2000	3348	357	20001	108	92
2005	3226	1421	20709	1751	196
2010	2632	3543	20853	4016	10953
2015	2595	34803	20910	5580	12271
2020	2854	78644	18659	8654	22169

Tabela 36: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Alemanha-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear
1990	321641	10397	40460	376	4810	152468
1995	296365	8983	43180	1085	6611	153091
2000	304162	4785	52495	2487	7634	169606
2005	297753	11998	73960	11456	6504	163055
2010	273457	8741	90352	29176	11099	140556
2015	283710	6209	63017	44558	12824	91786
2020	148164	4907	99564	44751	12394	64382

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes	Geotérmicas
1990	1	71		
1995	7	1712		
2000	60	9352		
2005	1282	27774	2915	
2010	11729	38547	2082	28
2015	38726	80624	1824	133
2020	50600	130965	1174	217

Tabela 37: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Reino Unido-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear
1990	206438	34676	4998	455	223	65749
1995	155206	17297	63739	1171	883	88964
2000	122300	8446	148077	3096	1359	85063
2005	136336	5339	152640	8140	3519	81618
2010	108730	4805	175654	10734	2939	62140
2015	76963	2037	99875	27372	6132	70345
2020	6201	887	114128	35094	9855	50278

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Hídricas	Eólica	Fotovoltaica	Marés
1990	7189	9		
1995	6390	391		
2000	7780	947	1	
2005	7852	2904	8	
2010	6741	10286	40	2
2015	9037	40275	7533	2
2020	7894	75610	12801	11

Tabela 38: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Índia-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Nuclear	Hídrica
1990	189148	12535	9958	6141	71656
1995	293767	13800	29435	7982	72596
2000	386523	25308	55964	16902	74462
2005	476543	19531	75467	17324	108122
2010	657955	21082	107389	26266	124921
2015	1032060	12664	66405	37414	136495
2020	1167298	4922	68288	43029	167029

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Eólica	Biocombustíveis	Fotovoltaica	Resíduos
1990	32			
1995	529	17	1	
2000	1683	215	2	
2005	6211	4999	3	157
2010	19657	16331	126	756
2015	35075	24740	10420	1715
2020	66148	31314	61344	1596

Tabela 39: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-França-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás natural	Biocombustível	Resíduos	Nuclear
1990	35423	8668	3027	1188	444	314081
1995	26556	7749	3840	1451	742	377231
2000	30860	7165	11514	1398	2162	415162
2005	30705	7925	23069	1734	3314	451529
2010	26315	5521	23758	2468	4003	428521
2015	14557	6674	21143	4500	4306	437428
2020	5067	5266	35203	6496	4461	353833

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Hídricas	Mares	Eólicas	Fotovoltaicas	Outras fontes	Geotérmicas
1990	57418	503				
1995	76192	507	5	1		
2000	71133	507	48	5		
2005	56332	481	962	11		
2010	67526	476	9945	620	135	
2015	60513	487	21421	7754	715	92
2020	66708	482	40704	13579	508	128

Tabela 40: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Itália-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás natural	Biocombustíveis	Resíduos	Hídricas
1990	35762	102719	39709	14	89	35079
1995	27568	120800	46998	133	256	41907
2000	30524	85878	101360	992	916	50900
2005	49419	47124	149262	3364	2790	42927
2010	44434	21714	152738	7394	4191	54407
2015	45388	13384	110860	17053	4771	46969
2020	13064	9771	137649	17330	4838	48558

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Geotérmicas	Fotovoltaicas	Eólica	Outras fontes
1990	3222	4	2	
1995	3436	13	9	369
2000	4705	18	563	786
2005	5324	31	2344	1116
2010	5376	1906	9126	777
2015	6185	22942	14844	595
2020	6029	24942	18702	604

Tabela 41: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Canadá-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear
1990	82220	16468	9654	3852	117	72967
1995	87403	11888	21190	5508	153	97844
2000	117588	14690	33472	8073	153	72799
2005	100586	15649	40945	7724	193	92040
2010	79541	8338	51883	8950	212	90658
2015	62055	7910	64639	8987	265	101809
2020	31213	5136	70884	9866	317	98211

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Marés	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes
1990	296848	26			
1995	336034	33	4	59	
2000	358620	32	16	264	
2005	362031	28	17	1567	
2010	351461	28	255	8724	3006
2015	382266	13	2895	26964	141
2020	384745		4280	36100	123

Tabela 42: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Coréia do Sul-1990-2020.

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás natural	Nuclear	Hídrica	Fotovoltaica
1990	17661	18857	9604	52887	6361	1
1995	49312	42279	19507	67029	5478	2
2000	111395	34581	29461	108964	5610	5
2005	148791	25992	62154	146779	5189	15
2010	219276	18935	103184	148596	6472	772
2015	236586	12518	122856	164762	5796	3975
2020	226646	6337	151393	160184	7148	18248

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Eólica	Biocombustíveis	Resíduos	Outras fontes	Marés
1990					
1995		250			
2000	17	57	36		
2005	130	163	131	46	
2010	817	794	313	349	
2015	1342	2487	663	1216	496
2020	3153	7953	1174	3637	457

Tabela 43: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Brasil-1990-2020.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Nuclear
1990	4754	4937	326	3859	2237
1995	5522	7501	560	5594	2519
2000	11006	15169	4068	7844	6046
2005	10742	11678	18812	13591	9855
2010	11338	16065	36475	31463	14523
2015	27046	28696	79490	49672	14734
2020	17539	10736	53464	58742	14053

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Eólica	Outras fontes	Resíduos	Fotovoltaica
1990	206708				
1995	253905				
2000	304403	2	372		
2005	337457	93	805		
2010	403289	2177	383		
2015	359743	21626	390	32	59
2020	396327	57051	268	2269	10750

Tabela 44: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Austrália-1990-2020.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Hídrica
1990	121478	3552	14359	750	14880
1995	138523	2738	14913	723	16239
2000	174245	1784	16245	1134	16720
2005	181600	2841	23803	3830	15612
2010	180210	6098	44585	2777	13549
2015	158610	6799	52462	3608	13445
2020	145522	4509	55216	3352	15150

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Fotovoltaica	Eólica	Solar térmica	Geotérmicas
1990				
1995	16	7		
2000	38	58		
2005	78	885	1	
2010	386	5052	3	1
2015	5019	11467	4	1
2020	21029	20396	4	

Tabela 45: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Espanha-1990-2020

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Resíduos	Nuclear
1990	60663	8604	1509	462	210	54268
1995	67079	14623	3750	815	509	55455
2000	80858	22578	20178	1159	941	62206
2005	80767	24420	79011	2202	902	57539
2010	26323	16562	94851	3356	1318	61990
2015	52676	17241	52498	4996	1536	57196
2020	5980	11136	69388	4958	1716	58279

Geração de Eletricidade por fonte (GWh)	Hídrica	Fotovoltaica	Eólica	Outras fontes	Solar térmica
1990	26184	9	14		
1995	24569	20	270		
2000	31807	14	4727		
2005	23025	48	21176	4994	
2010	45511	6425	44271	159	761
2015	31368	8266	49325	216	5593
2020	33888	15552	56273	134	4992

Tabela 46: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-México-1990-2020.

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Nuclear	Hídrica	Geotérmicas
1990	7774	62062	14460	2937	23478	5124
1995	15432	67846	24520	8443	27528	5669
2000	18994	93599	44129	8221	33133	5901
2005	32742	68469	100642	10805	27709	7299
2010	32282	44587	146994	5879	37131	6618
2015	33808	31577	186251	11577	30815	6331
2020	9079	34095	217823	10864	26817	4521

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Eólica	Biocombustíveis	Resíduos	Outras fontes
1990	1			
1995	7	2798		
2000	19	1672		
2005	19	3074		
2010	1239	728	48	
2015	8745	1341	28	
2020	19701	2312	146	4602

Tabela 47: Dados Geração de eletricidade por fonte em GWh-Rússia-1990-2020

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Carvão	Petróleo	Gás Natural	Biocombustíveis	Nuclear	Hídrica
1990	157032	128639	512194	37	118305	165917
1995	160528	67890	354056	29	99532	176412
2000	175615	33091	370372	22	130715	165375
2005	165451	21218	439312	41	149446	174604
2010	166094	9312	520529	36	170415	168397
2015	158550	10102	529749	30	195470	169914
2020	175803	8179	464917		215914	214240

Geração de eletricidade por fonte (GWh)	Geotérmicas	Resíduos	Eólica	Fotovoltaica
1990	28			
1995	30	1550		
2000	58	2516	2	
2005	410	2597	7	
2010	505	2738	4	
2015	457	2789	148	335
2020	421	2944	1138	1862

- **OUR WORLD DATA**

Tabela 48: Dados Geração de eletricidade em TWh de diferentes fontes de energia.

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Austrália	1985	105.542	0	14.396511
Austrália	1986	110.142	0	14.485799
Austrália	1987	117.136	0	14.0837965
Austrália	1988	123.16	0	15.065444
Austrália	1989	131.712	0	15.063669
Austrália	1990	139.4025	0	15.518999
Austrália	1991	141.30305	0	16.37845

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Austrália	1992	144.3579	0	16.6236
Austrália	1993	147.8949	0	17.0736
Austrália	1994	152.97911	0	16.869402
Austrália	1995	158.38585	0	16.48465
Austrália	1996	162.8564	0	16.947601
Austrália	1997	171.65186	0	16.98765
Austrália	1998	182.1884	0	16.9326
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Austrália	1999	189.04091	0	17.498598
Austrália	2000	198.93225	0	17.536749
Austrália	2001	206.62285	0	17.262152
Austrália	2002	204.46844	0	17.95365
Austrália	2003	205.27821	0	18.6696
Austrália	2004	208.43669	0	19.36985
Austrália	2005	209.18925	0	20.7198
Austrália	2006	216.02774	0	21.1372
Austrália	2007	222.36449	0	20.2898
Austrália	2008	224.27106	0	19.1089
Austrália	2009	226.39265	0	20.156841
Austrália	2010	225.91095	0	22.150198
Austrália	2011	223.66655	0	30.622496
Austrália	2012	218.78006	0	30.270851
Austrália	2013	212.90941	0	35.52705
Austrália	2014	214.805	0	32.75936
Austrália	2015	218.07022	0	35.79316
Austrália	2016	216.18524	0	41.736416
Austrália	2017	219.52928	0	39.18975
Austrália	2018	212.92146	0	49.49398
Austrália	2019	210.2784	0	55.25718
Austrália	2020	200.56561	0	64.28091
Austrália	2021	189.7367	0	77.3299
Brasil	1985	8.859108	3.381	181.44212
Brasil	1986	16.371967	0.144	185.61295
Brasil	1987	13.192775	0.973	189.16571
Brasil	1988	11.912065	0.608	202.43279
Brasil	1989	11.815858	1.83	208.09317
Brasil	1990	10.016053	2.237	210.56706

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Brasil	1991	11.152684	1.442	221.78162
Brasil	1992	11.730592	1.759	228.27237
Brasil	1993	11.512184	0.442	240.04893
Brasil	1994	11.892286	0.055	248.09323
Brasil	1995	13.583602	2.519	259.49875
Brasil	1996	16.32803	2.427	272.52374
Brasil	1997	18.456326	3.169	286.35492
Brasil	1998	19.504223	3.265	298.97922
Brasil	1999	29.3712	3.977	301.37802
Brasil	2000	30.6153	6.046	312.2594
Brasil	2001	37.339058	14.279	276.90134
Brasil	2002	35.463478	13.836	296.37915
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Brasil	2003	33.410374	13.358	317.57147
Brasil	2004	42.508453	11.611	333.33298
Brasil	2005	42.03516	9.855	351.1405
Brasil	2006	41.807117	13.7541	363.88812
Brasil	2007	40.057816	12.34976	392.74136
Brasil	2008	58.44434	13.96858	390.52567
Brasil	2009	38.099186	12.957	415.10196
Brasil	2010	63.866344	14.523156	437.40875
Brasil	2011	52.432392	15.659376	463.66672
Brasil	2012	80.300446	16.0384	456.1588
Brasil	2013	116.8379	15.44969	438.5445
Brasil	2014	142.41908	15.378463	432.7446
Brasil	2015	135.18605	14.734153	431.30774
Brasil	2016	97.21419	15.864344	465.81976
Brasil	2017	106.5645	15.739197	467.02365
Brasil	2018	90.43272	15.673887	495.28986
Brasil	2019	94.76143	16.128824	515.4381
Brasil	2020	84.27652	14.052598	522.92206
Brasil	2021	132.82951	14.704588	506.81595
Canadá	1985	93.03	60.521	305.323
Canadá	1986	84.679	71.267	312.501
Canadá	1987	100.45799	77.261	318.519
Canadá	1988	113.032005	82.867	309.921
Canadá	1989	124.745995	79.31684	293.92773

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Canadá	1990	108.342	72.46	299.63925
Canadá	1991	111.242004	84.33895	311.26193
Canadá	1992	118.746	80.0221	319.70068
Canadá	1993	109.69101	93.28421	327.09192
Canadá	1994	112.156006	107.08421	333.64963
Canadá	1995	117.882904	97.16421	341.26044
Canadá	1996	115.66495	92.12211	362.18848
Canadá	1997	131.777	81.954735	356.9168
Canadá	1998	149.27548	70.99263	339.9293
Canadá	1999	148.88065	72.98	354.1192
Canadá	2000	163.71246	72.293686	365.95755
Canadá	2001	168.20752	76.1621	341.54178
Canadá	2002	163.11903	75	359.74847
Canadá	2003	165.8785	74.37158	346.26947
Canadá	2004	157.67451	89.7579	349.16214
Canadá	2005	154.46774	91.39989	372.69562
Canadá	2006	144.44516	97.282646	364.3194
Países	Ano	Canada	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Canadá	2007	158.83441	92.83203	379.64584
Canadá	2008	146.67313	95.352646	389.29022
Canadá	2009	136.28064	89.46503	384.38013
Canadá	2010	142.2301	90.027985	370.66208
Canadá	2011	144.40538	92.938126	396.69778
Canadá	2012	135.24945	94.202515	403.37326
Canadá	2013	133.69785	102.72045	415.46893
Canadá	2014	133.37527	106.53453	407.23392
Canadá	2015	135.74945	101.10084	422.0418
Canadá	2016	130.69247	100.72349	431.7574
Canadá	2017	122.87741	100.59476	440.5252
Canadá	2018	121.681725	100.03115	433.37698
Canadá	2019	120.725815	100.49395	429.033
Canadá	2020	115.137634	97.512596	435.8523
Canadá	2021	117.507675	91.96022	430.82095
China	1985	318.30243	0	92.38756
China	1986	354.98135	0	94.548645
China	1987	397.24274	0	100.02428
China	1988	436.042	0	109.16802

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
China	1989	466.40103	0	118.40898
China	1990	494.388	0	126.812
China	1991	552.78595	0	124.764046
China	1992	623.0066	0	130.93341
China	1993	657.80646	1.604	152.17929
China	1994	744.76135	14.756	168.27782
China	1995	799.97894	12.833	194.21716
China	1996	877.3631	14.338	189.60594
China	1997	922.2185	14.418	198.91098
China	1998	951.15814	14.1	201.73956
China	1999	1024.7584	14.949	199.59074
China	2000	1113.3003	16.737	225.55891
China	2001	1182.5934	17.472	280.73416
China	2002	1337.4655	25.127	291.40137
China	2003	1579.9481	43.342	287.27698
China	2004	1795.4153	50.469	357.42578
China	2005	2042.8029	53.088	404.36908
China	2006	2364.1572	54.843	446.72583
China	2007	2718.7026	62.13	500.7203
China	2008	2762.288	68.394	665.078
China	2009	2980.2034	70.05038	664.3973
China	2010	3326.1821	74.74208	786.3839
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
China	2011	3811.763	87.2	792.38696
China	2012	3869.3833	98.31839	999.57153
China	2013	4203.768	111.50078	1093.3833
China	2014	4345.8584	133.21756	1289.2347
China	2015	4222.7534	171.37817	1393.6577
China	2016	4354.9976	213.17847	1522.7906
China	2017	4643.0977	248.1	1667.0638
China	2018	4990.2793	295	1835.3121
China	2019	5098.2217	348.7	2014.5631
China	2020	5184.125	366.2	2184.934
China	2021	5623.99	407.5	2452.5317
França	1985		224.1	64.105484
França	1986		254.155	64.673645
França	1987		265.52	72.83816

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
França	1988		275.521	78.89053
França	1989		303.931	48.683743
França	1990	47.34	314.081	55.77927
França	1991	60.569996	331.34	59.70449
França	1992	50.47	338.445	71.09198
França	1993	34.61	368.188	66.873085
França	1994	33.67	359.981	80.95758
França	1995	38.52	377.231	75.45476
França	1996	43.35	397.34	68.47707
França	1997	39.04	395.483	66.45354
França	1998	54.5	387.99	64.769585
França	1999	51.59	394.244	75.408485
França	2000	50.61	415.162	69.40222
França	2001	46.48	421.076	77.73915
França	2002	52.670002	436.76	64.2061
França	2003	57.38	441.07	63.055767
França	2004	56.53	448.241	63.940453
França	2005	63.35	451.529	56.324505
França	2006	56.9	450.191	62.337906
França	2007	58.18	439.73	65.908005
França	2008	55.57	439.447	73.826
França	2009	51.32	409.736	69.658005
França	2010	57.63	428.521	78.196
França	2011	58.989998	442.388	64.401
França	2012	56.42	425.406	84.25353
França	2013	53.35	423.685	99.44326
França	2014	35.68	436.479	94.31308
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
França	2015	44.649998	437.4278	92.01454
França	2016	56.45	403.1955	99.032234
França	2017	65.09	398.35913	92.94459
França	2018	49.27	412.9418	113.408264
França	2019	53.5	399.0116	113.13437
França	2020	49.83	353.83286	124.51508
França	2021	50.619995	379.3613	120.73206
Alemanha	1985	350.46002	138.641	19.04468
Alemanha	1986	358.76602	130.489	20.16855

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Alemanha	1987	355.246	141.725	21.79082
Alemanha	1988	355.32	156.82	21.725273
Alemanha	1989	362.11603	161.671	20.018995
Alemanha	1990	358.4	152.5	18.841997
Alemanha	1991	359.19998	147.4	17.462002
Alemanha	1992	342.6	158.8	20.474
Alemanha	1993	336.6	153.5	21.226
Alemanha	1994	336.90002	151.2	23.014
Alemanha	1995	339.90002	154.1	25.109999
Alemanha	1996	350.697	161.613	22.999
Alemanha	1997	340.323	170.328	24.225998
Alemanha	1998	350.24503	161.6	26.224
Alemanha	1999	337.16797	170.004	29.173
Alemanha	2000	346.5	169.606	37.800003
Alemanha	2001	354.80002	171.305	39.000004
Alemanha	2002	357.6	164.842	46.100002
Alemanha	2003	377.47098	165.06	46.66985
Alemanha	2004	372.10196	167.065	57.957233
Alemanha	2005	372.193	163.039	63.4262
Alemanha	2006	374.4423	167.356	72.5544
Alemanha	2007	384.39267	140.534	89.4304
Alemanha	2008	373.18323	148.777	94.3676
Alemanha	2009	343.60037	134.932	96.0708
Alemanha	2010	360.23694	140.556	105.414696
Alemanha	2011	355.1635	107.97123	124.4288
Alemanha	2012	360.55063	99.46	143.40741
Alemanha	2013	362.25348	97.29	151.949
Alemanha	2014	340.54956	97.129	161.027
Alemanha	2015	339.7548	91.78631	187.231
Alemanha	2016	348.08142	84.63437	188.243
Alemanha	2017	332.7464	76.3244	214.816
Alemanha	2018	314.81177	76.0048	222.075
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Alemanha	2019	266.22296	75.071236	240.331
Alemanha	2020	234.29492	64.3824	250.157
Alemanha	2021	256.40002	69	236.69998
Índia	1985	130.065	4.507788	51.813046

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Índia	1986	145.088	5.020438	52.568764
Índia	1987	169.386	5.3209577	48.962532
Índia	1988	180.613	6.076675	54.614944
Índia	1989	205.055	4.021654	63.369778
Índia	1990	214.90298	6.3948717	66.46496
Índia	1991	240.91699	5.413765	74.12686
Índia	1992	260.48102	6.4037104	70.26861
Índia	1993	284.87	6.2269344	71.07932
Índia	1994	302.238	4.9453087	80.783676
Índia	1995	342.55197	7.6146264	76.98215
Índia	1996	364.106	8.401279	70.69813
Índia	1997	386.89502	10.071813	72.18673
Índia	1998	407.697	11.371117	86.010315
Índia	1999	449.247	12.727872	85.38759
Índia	2000	475.36	15.768419	80.26552
Índia	2001	491.01596	18.888515	76.188225
Índia	2002	517.515	19.352552	72.78292
Índia	2003	545.36	18.141638	74.629364
Índia	2004	567.851	21.256	109.19398
Índia	2005	579.318	17.727	107.46431
Índia	2006	599.24567	17.63176	127.548836
Índia	2007	636.67554	17.83178	141.75789
Índia	2008	674.2706	15.23073	138.91223
Índia	2009	728.565	16.81618	134.32602
Índia	2010	771.77747	23.08211	142.60849
Índia	2011	828.1668	32.22365	173.6209
Índia	2012	893.4542	33.13971	165.24397
Índia	2013	924.92944	33.30824	187.90141
Índia	2014	1025.2913	34.68574	202.03618
Índia	2015	1080.4446	38.30752	203.20763
Índia	2016	1155.5328	37.89756	208.20728
Índia	2017	1198.8522	37.41445	234.90535
Índia	2018	1276.3147	39.0507	263.61972
Índia	2019	1273.5857	45.16289	303.15976
Índia	2020	1202.346	44.61314	315.76154
Índia	2021	1337.6234	43.91795	332.1991
Itália	1985	130.90901	7.024	44.304

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Itália	1986	135.358	8.758	44.597
Itália	1987	154.708	0.174	43.198
Itália	1988	156.019	0	44.462997
Itália	1989	168.059	0	37.25802
Itália	1990	177.395	0	34.902916
Itália	1991	172.168	0	45.53888
Itália	1992	176.002	0	45.76692
Itália	1993	171.888	0	45.22284
Itália	1994	179.599	0	48.23972
Itália	1995	194.807	0	41.457638
Itália	1996	192.13599	0	46.221664
Itália	1997	198.73	0	46.206
Itália	1998	205.345	0	46.476997
Itália	1999	205.821	0	51.315
Itália	2000	217.762	0	50.88
Itália	2001	215.97101	0	54.347004
Itália	2002	227.646	0	48.316
Itália	2003	237.405	0	46.865997
Itália	2004	239.563	0	53.871002
Itália	2005	245.826	0	48.439
Itália	2006	254.41199	0	50.635002
Itália	2007	257.812	0	47.715
Itália	2008	252.77301	0	58.163002
Itália	2009	216.73601	0	69.2567
Itália	2010	218.916	0	76.9646
Itália	2011	214.59201	0	82.9618
Itália	2012	202.08899	0	92.2224
Itália	2013	172.888	0	112.008896
Itália	2014	154.35901	0	120.67839
Itália	2015	169.66501	0	107.47211
Itália	2016	176.719	0	106.19699
Itália	2017	187.0047	0	102.07174
Itália	2018	171.20169	0	114.453
Itália	2019	174.80069	0	116.51561
Itália	2020	160.1988	0	114.54256

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Itália	2021	169.21619	0	114.497665
Japão	1985	411.23755	159.578	95.57348
Japão	1986	410.45288	165.36972	94.61936
Japão	1987	434.16455	188.605	89.57947
Japão	1988	467.1795	173.89693	106.27756
Japão	1989	498.25082	185.8142	108.78798
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Japão	1990	579.75256	194.57127	98.23612
Japão	1991	585.3627	208.69353	106.067856
Japão	1992	598.27527	217.03513	91.90662
Japão	1993	561.3503	247.69992	104.162834
Japão	1994	637.0835	258.248	77.96449
Japão	1995	618.4401	286.88828	93.1286
Japão	1996	628.6187	296.50116	92.477104
Japão	1997	616.7552	321.15695	102.9749
Japão	1998	614.7362	325.97385	105.401955
Japão	1999	649.53784	317.23492	100.533195
Japão	2000	667.0733	319.12158	101.03215
Japão	2001	651.91455	320.53802	98.31748
Japão	2002	678.9387	314.25836	98.64693
Japão	2003	739.84595	230.07767	112.13442
Japão	2004	712.3694	285.86557	112.43208
Japão	2005	747.6002	293.03818	102.7876
Japão	2006	736.3788	304.29056	114.46564
Japão	2007	788.5061	279.00864	101.76021
Japão	2008	823.17944	251.74416	101.996346
Japão	2009	736.22766	274.6505	97.26478
Japão	2010	735.76624	292.35483	118.23691
Japão	2011	817.63257	162.92729	113.49014
Japão	2012	967.31995	17.991405	111.32929
Japão	2013	943.92236	14.602901	120.55023
Japão	2014	922.2588	0	133.89839
Japão	2015	864.2206	4.524406	154.01326
Japão	2016	809.6057	17.678366	151.76318
Japão	2017	789.9954	29.073425	166.74992
Japão	2018	762.50757	49.106266	179.79794

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Japão	2019	708.3944	65.63614	180.29166
Japão	2020	688.188	42.999508	195.16994
Japão	2021	659.2676	61.222637	207.91005
México	1985	66.13924	0	30.068293
México	1986	74.8984	0	24.691502
México	1987	82.46221	0	23.703194
México	1988	85.76172	0	26.46911
México	1989	89.64673	0.372	30.029194
México	1990	85.0457	2.937	29.606943
México	1991	95.867775	4.242	28.460775
México	1992	95.17244	3.919	33.183216
México	1993	96.55078	4.931	33.15969
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
México	1994	115.3851	4.239	26.499844
México	1995	107.88571	8.443	34.02511
México	1996	111.17831	7.878	37.532833
México	1997	124.02438	10.456	32.263344
México	1998	141.04253	9.265	30.75353
México	1999	141.17674	10.002	38.796318
México	2000	155.94403	8.221	39.459526
México	2001	166.77501	8.726	34.708824
México	2002	175.014	9.746621	30.961649
México	2003	182.285	10.501508	26.828917
México	2004	190.104	9.193935	32.467228
México	2005	191.97601	10.804906	35.874966
México	2006	201.633	10.866241	37.98886
México	2007	211.893	10.420725	35.84659
México	2008	205.492	9.803976	47.394066
México	2009	216.375	10.501079	34.89243
México	2010	219.901	5.8792405	45.87415
México	2011	234.32547	10.089195	45.326668
México	2012	243.61096	8.769599	42.428936
México	2013	244.91666	11.79987	39.63413
México	2014	240.30655	9.677208	52.6766
México	2015	251.3016	11.577138	47.470985
México	2016	259.93665	10.567174	48.937016

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
México	2017	262.46143	10.882862	51.77776
México	2018	265.09753	13.554877	56.402313
México	2019	278.23547	11.18983	55.1536
México	2020	251.42336	11.177935	63.124847
México	2021	249.66742	11.923093	74.43808
Rússia	1985	702.95685	99.31718	
Rússia	1986	731.84753	105.2215	
Rússia	1987	760.06995	124.70221	
Rússia	1988	769.7626	134.8138	
Rússia	1989	780.43555	136.33849	
Rússia	1990	796.96436	118.32501	166.91061
Rússia	1991	780.0205	119.9838	168.159
Rússia	1992	714.3509	119.626	172.657
Rússia	1993	660.4453	119.186	174.349
Rússia	1994	599.49744	97.82	175.987
Rússia	1995	581.6321	99.532	176.31421
Rússia	1996	581.2496	109.026	154.36601
Rússia	1997	565.68225	108.498	157.49101
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Rússia	1998	562.41974	103.719	158.555
Rússia	1999	560.877	121.874	160.55
Rússia	2000	579.078	130.715	164.15701
Rússia	2001	575.5368	136.935	174.0162
Rússia	2002	582.54626	141.629	162.35349
Rússia	2003	606.17535	150.342	156.0444
Rússia	2004	607.3327	144.707	176.1338
Rússia	2005	627.05646	149.446	173.06909
Rússia	2006	657.2578	156.436	173.79591
Rússia	2007	677.17957	160.0575	177.5361
Rússia	2008	707.1754	163.0839	165.27411
Rússia	2009	650.2679	163.5825	174.70021
Rússia	2010	695.94135	170.4147	167.0248
Rússia	2011	713.7797	172.9413	163.619
Rússia	2012	723.37524	177.5339	163.96661
Rússia	2013	700.5381	172.5081	181.64789
Rússia	2014	704.2814	180.7574	174.205
Rússia	2015	698.40845	195.47021	168.95831

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Rússia	2016	704.22784	196.61438	185.6741
Rússia	2017	697.23413	203.141	186.36519
Rússia	2018	708.27844	204.58105	192.0035
Rússia	2019	708.40137	208.98567	196.19714
Rússia	2020	648.8841	215.91428	215.9518
Rússia	2021	710.0208	222.39165	219.94893
Coréia do Sul	1985	42.189407	16.74534	3.184966
Coréia do Sul	1986	37.267677	28.311216	3.10988
Coréia do Sul	1987	35.424065	39.314194	3.965371
Coréia do Sul	1988	49.172485	40.100674	1.987232
Coréia do Sul	1989	51.379585	47.365173	2.963969
Coréia do Sul	1990	58.935394	52.886562	4.684946
Coréia do Sul	1991	69.641975	56.31075	3.487046
Coréia do Sul	1992	83.627365	56.530212	3.0994482
Coréia do Sul	1993	96.20532	58.138203	4.230549
Coréia do Sul	1994	119.01199	58.650917	2.349092
Coréia do Sul	1995	129.23291	67.02865	3.011923
Coréia do Sul	1996	144.60672	73.92434	2.830357
Coréia do Sul	1997	161.99995	77.08565	2.895992
Coréia do Sul	1998	137.9539	89.68897	4.343418
Coréia do Sul	1999	148.2493	103.06378	4.2566705
Coréia do Sul	2000	171.033	108.96374	4.110522
Coréia do Sul	2001	189.32806	112.13303	2.436713
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Coréia do Sul	2002	202.9134	119.10291	3.4337027
Coréia do Sul	2003	206.03914	129.67177	5.106194
Coréia do Sul	2004	230.53767	130.71481	4.661262
Coréia do Sul	2005	236.77814	146.77902	4.0774
Coréia do Sul	2006	248.06451	148.74889	3.9787607
Coréia do Sul	2007	275.6738	142.93716	4.462474
Coréia do Sul	2008	284.63394	150.95793	4.4435368
Coréia do Sul	2009	297.1529	147.77081	4.6037793
Coréia do Sul	2010	335.29068	148.59572	8.160027
Coréia do Sul	2011	347.68036	154.72311	12.190054
Coréia do Sul	2012	364.02997	150.32729	12.586906
Coréia do Sul	2013	379.37024	138.78397	14.448925
Coréia do Sul	2014	360.85938	156.40651	17.44711

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Coréia do Sul	2015	358.87592	164.76242	19.463669
Coréia do Sul	2016	372.338	161.9951	21.781937
Coréia do Sul	2017	395.87067	148.42673	26.954182
Coréia do Sul	2018	423.90784	133.50526	30.536093
Coréia do Sul	2019	403.248	145.90967	33.314934
Coréia do Sul	2020	376.4416	160.18372	34.93374
Coréia do Sul	2021	395.0254	158.01523	43.252678
Espanha	1985	64.866	28.044	31.898
Espanha	1986	63.113	37.458	27.032
Espanha	1987	62.656	41.271	27.946
Espanha	1988	51.373	50.466	35.919
Espanha	1989	70.158005	56.126	19.946062
Espanha	1990	70.776	54.268	25.976
Espanha	1991	71.232	55.578	27.845999
Espanha	1992	81.18	55.782	19.606
Espanha	1993	74.128	56.06	25.081001
Espanha	1994	76.351	55.313	29.004
Espanha	1995	85.452	55.455	24.407999
Espanha	1996	75.356995	56.33	41.260998
Espanha	1997	96.253006	55.298	36.996002
Espanha	1998	96.877	58.993	36.903
Espanha	1999	118.938995	58.852	27.348
Espanha	2000	123.614006	62.206	35.808
Espanha	2001	119.724	63.708	49.440998
Espanha	2002	143.436	63.016	34.878
Espanha	2003	139.325	61.875	56.354004
Espanha	2004	162.58499	63.606	50.762
Espanha	2005	189.192	57.539	41.742
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Espanha	2006	182.706	60.126	52.079998
Espanha	2007	187.716	55.103	58.206997
Espanha	2008	189.07999	58.973	62.311
Espanha	2009	166.5274	52.7613	73.71512
Espanha	2010	138.52899	61.6134	96.59913
Espanha	2011	144.61499	57.731	86.22353
Espanha	2012	144.62	61.47	86.95992

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Espanha	2013	112.51959	56.731335	110.94833
Espanha	2014	106.688995	57.305	110.26908
Espanha	2015	122.415	57.305	97.08759
Espanha	2016	106.975945	58.61896	104.60595
Espanha	2017	126.15201	58.112022	87.84767
Espanha	2018	111.217285	55.766	104.14954
Espanha	2019	109.58557	58.27719	96.320496
Espanha	2020	86.59267	58.29943	113.754776
Espanha	2021	85.581924	56.50435	125.341545
Reino Unido	1985	228.366	61.095	3.9552102
Reino Unido	1986	234.33899	59.079	4.76931
Reino Unido	1987	240.724	55.238	4.1868
Reino Unido	1988	236.545	63.456	4.88561
Reino Unido	1989	234.32901	71.734	4.7773
Reino Unido	1990	246.112	65.749	5.7219996
Reino Unido	1991	245.398	70.543	5.2325997
Reino Unido	1992	236.03	76.807	6.317
Reino Unido	1993	226.42801	89.353	5.7181
Reino Unido	1994	229.436	88.282	6.9796996
Reino Unido	1995	236.24199	88.964	6.6856003
Reino Unido	1996	248.54	94.671	5.68856
Reino Unido	1997	243.605	98.146	7.1729403
Reino Unido	1998	248.95166	99.48595	8.648814
Reino Unido	1999	255.62933	95.13294	9.615697
Reino Unido	2000	274.55035	85.06277	9.914545
Reino Unido	2001	278.61975	90.09268	9.547647
Reino Unido	2002	281.3551	87.84838	11.129584
Reino Unido	2003	291.93552	88.686264	10.6924
Reino Unido	2004	293.49622	79.99911	14.151361
Reino Unido	2005	292.61688	81.6181	16.9452
Reino Unido	2006	295.85126	75.45066	18.117306
Reino Unido	2007	306.7853	63.028343	19.689623
Reino Unido	2008	307.30914	52.48581	21.904713
Reino Unido	2009	275.53125	69.097694	25.243813
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Reino Unido	2010	288.0531	62.139675	26.180265

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Reino Unido	2011	258.0602	68.980446	35.212177
Reino Unido	2012	245.85281	70.40507	41.247948
Reino Unido	2013	228.16708	70.60688	53.213814
Reino Unido	2014	203.05093	63.747955	64.5224
Reino Unido	2015	177.79074	70.3449	83.36383
Reino Unido	2016	175.68806	71.72608	83.00347
Reino Unido	2017	160.97955	70.336426	98.89682
Reino Unido	2018	149.38243	65.06385	109.995384
Reino Unido	2019	139.9568	56.183933	119.54097
Reino Unido	2020	117.77039	50.2783	134.6033
Reino Unido	2021	132.2164	45.8675	121.86583
Estados Unidos	1985	1929.3295	403.88498	323.59183
Estados Unidos	1986	1904.2202	435.82953	335.69504
Estados Unidos	1987	1994.5104	479.232	298.0898
Estados Unidos	1988	2088.5515	554.7085	270.7888
Estados Unidos	1989	2267.343	557.2155	325.96497
Estados Unidos	1990	2261.9565	607.22284	352.9278
Estados Unidos	1991	2261.573	644.80536	351.3368
Estados Unidos	1992	2299.6826	651.34344	319.56662
Estados Unidos	1993	2398.6462	642.4118	349.687
Estados Unidos	1994	2441.003	674.1472	329.67996
Estados Unidos	1995	2466.5684	708.84436	378.1956
Estados Unidos	1996	2522.6	710.2406	416.1835
Estados Unidos	1997	2613.2473	661.7307	425.64716
Estados Unidos	1998	2738.7798	709.1601	391.2873
Estados Unidos	1999	2763.0857	766.5833	388.13458
Estados Unidos	2000	2895.1382	793.57153	345.51245
Estados Unidos	2001	2878.4998	809.29083	284.4502
Estados Unidos	2002	2935.6624	821.1201	341.0174
Estados Unidos	2003	2966.29	803.92914	353.21423
Estados Unidos	2004	3037.4172	830.0299	349.48477
Estados Unidos	2005	3128.5188	823.14355	357.76514
Estados Unidos	2006	3102.4678	828.6512	386.30844
Estados Unidos	2007	3217.46	848.86816	352.80695
Estados Unidos	2008	3147.023	848.64044	382.16074
Estados Unidos	2009	2931.6685	840.8996	421.40134
Estados Unidos	2010	3100.3887	849.4403	430.9579
Estados Unidos	2011	2998.782	831.79407	517.9999
Estados Unidos	2012	2983.897	809.8224	502.3473

Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Estados Unidos	2013	2952.6533	830.54364	532.79016
Países	Ano	Eletricidade a partir de combustíveis fósseis (TWh)	Eletricidade a partir de nuclear (TWh)	Eletricidade a partir de renováveis (TWh)
Estados Unidos	2014	2957.6052	839.1221	552.52716
Estados Unidos	2015	2932.5222	839.1346	562.2607
Estados Unidos	2016	2854.2666	848.0989	631.1919
Estados Unidos	2017	2727.0288	847.3154	714.53577
Estados Unidos	2018	2857.3208	849.5626	741.1375
Estados Unidos	2019	2776.0244	852.00977	769.1332
Estados Unidos	2020	2609.3755	831.4514	830.4808
Estados Unidos	2021	2692.4443	819.1069	882.14014

Tabela 49: Dados Intensidade de carbono da eletricidade (gCO2/kWh).

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO2/kWh)
Austrália	2000	663.19543
Austrália	2001	678.0674
Austrália	2002	682.2518
Austrália	2003	668.9462
Austrália	2004	693.4912
Austrália	2005	668.97943
Austrália	2006	653.68036
Austrália	2007	664.5564
Austrália	2008	662.222
Austrália	2009	660.499
Austrália	2010	653.64545
Austrália	2011	625.97504
Austrália	2012	630.4663
Austrália	2013	605.49817
Austrália	2014	595.4839
Austrália	2015	604.0921
Austrália	2016	599.8791
Austrália	2017	586.87
Austrália	2018	578.29865

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO2/kWh)
Austrália	2019	553.5151
Austrália	2020	514.3418
Austrália	2021	486.25497
Brasil	2000	85.033585
Brasil	2001	98.77649
Brasil	2002	90.43076
Brasil	2003	84.04241
Brasil	2004	92.888824
Brasil	2005	90.16681
Brasil	2006	87.9863
Brasil	2007	84.2415
Brasil	2008	103.75026
Brasil	2009	82.41838
Brasil	2010	103.761406
Brasil	2011	92.59843
Brasil	2012	116.32592
Brasil	2013	149.85075
Brasil	2014	172.33316
Brasil	2015	167.90312
Brasil	2016	134.28957
Brasil	2017	139.36229
Brasil	2018	123.59567
Brasil	2019	122.26815
Brasil	2020	113.20702
Brasil	2021	141.77426
Canadá	2000	209.03716
Canadá	2001	216.26373
Canadá	2002	208.07216
Canadá	2003	213.81349
Canadá	2004	198.3761
Canadá	2005	194.9137
Canadá	2006	183.26004
Canadá	2007	188.0209
Canadá	2008	179.98727
Canadá	2009	168.19821
Canadá	2010	169.31375
Canadá	2011	159.42815

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Canadá	2012	150.61049
Canadá	2013	146.01611
Canadá	2014	145.53258
Canadá	2015	143.86911
Canadá	2016	141.48492
Canadá	2017	135.87291
Canadá	2018	129.4723
Canadá	2019	130.00723
Canadá	2020	116.97006
Canadá	2021	118.99668
China	2000	672.3665
China	2001	654.8748
China	2002	663.2769
China	2003	677.9163
China	2004	667.89966
China	2005	670.5062
China	2006	676.6139
China	2007	679.407
China	2008	649.6728
China	2009	658.0349
China	2010	647.5413
China	2011	660.54474
China	2012	634.64386
China	2013	633.5312
China	2014	614.21454
China	2015	593.6154
China	2016	580.1414
China	2017	574.9686
China	2018	570.09546
China	2019	556.2883
China	2020	545.8873
China	2021	541.3317
França	2000	62.968327
França	2001	43.673607
França	2002	53.661118
França	2003	58.217686
França	2004	55.743885
França	2005	83.32436

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
França	2006	76.53917
França	2007	91.26521
França	2008	80.165634
França	2009	78.36742
França	2010	77.28925
França	2011	67.25842
França	2012	72.54189
França	2013	71.26344
França	2014	53.11477
França	2015	54.22617
França	2016	61.125313
França	2017	70.39587
França	2018	59.234848
França	2019	56.854046
França	2020	57.28518
França	2021	58.4792
Alemanha	2000	558.5914
Alemanha	2001	572.90857
Alemanha	2002	557.3689
Alemanha	2003	499.34042
Alemanha	2004	510.09232
Alemanha	2005	510.82947
Alemanha	2006	505.07446
Alemanha	2007	521.3505
Alemanha	2008	489.9994
Alemanha	2009	486.73843
Alemanha	2010	471.02527
Alemanha	2011	478.0415
Alemanha	2012	481.7751
Alemanha	2013	489.29996
Alemanha	2014	481.09454
Alemanha	2015	448.86996
Alemanha	2016	445.82217
Alemanha	2017	414.4809
Alemanha	2018	406.13885
Alemanha	2019	345.93854
Alemanha	2020	313.78485
Alemanha	2021	352.42252

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Índia	2000	648.01184
Índia	2001	654.1969
Índia	2002	660.4276
Índia	2003	661.2592
Índia	2004	630.7882
Índia	2005	639.6509
Índia	2006	629.66614
Índia	2007	622.569
Índia	2008	637.32654
Índia	2009	644.55536
Índia	2010	638.9765
Índia	2011	625.68945
Índia	2012	648.29224
Índia	2013	649.58954
Índia	2014	656.2248
Índia	2015	660.89685
Índia	2016	665.3936
Índia	2017	658.12695
Índia	2018	655.2785
Índia	2019	630.09686
Índia	2020	624.3738
Índia	2021	626.0071
Itália	2000	397.6445
Itália	2001	383.5194
Itália	2002	407.8748
Itália	2003	445.78293
Itália	2004	415.40146
Itália	2005	398.45624
Itália	2006	391.60715
Itália	2007	382.28735
Itália	2008	372.88876
Itália	2009	355.38303
Itália	2010	337.67877
Itália	2011	327.19714
Itália	2012	310.75003
Itália	2013	272.5988
Itália	2014	257.30048
Itália	2015	282.69153

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Itália	2016	262.27863
Itália	2017	263.66495
Itália	2018	248.52576
Itália	2019	234.81113
Itália	2020	221.00943
Itália	2021	222.8387
Japão	2000	356.51572
Japão	2001	355.04117
Japão	2002	375.1492
Japão	2003	396.74356
Japão	2004	382.01273
Japão	2005	382.5206
Japão	2006	371.109
Japão	2007	408.56393
Japão	2008	381.07828
Japão	2009	369.92715
Japão	2010	397.15475
Japão	2011	473.29108
Japão	2012	516.3523
Japão	2013	530.96295
Japão	2014	519.7563
Japão	2015	512.0791
Japão	2016	503.62622
Japão	2017	482.91092
Japão	2018	448.68448
Japão	2019	450.44965
Japão	2020	426.11646
Japão	2021	416.4962
México	2000	471.79153
México	2001	487.0318
México	2002	480.06168
México	2003	457.61935
México	2004	462.75104
México	2005	462.51425
México	2006	436.8817
México	2007	440.64655
México	2008	407.1671
México	2009	433.12213

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
México	2010	440.4367
México	2011	460.11673
México	2012	472.4086
México	2013	444.60477
México	2014	417.9802
México	2015	426.0356
México	2016	429.46924
México	2017	420.3345
México	2018	414.05173
México	2019	407.30878
México	2020	390.35858
México	2021	373.80746
Rússia	2000	381.20728
Rússia	2001	371.02652
Rússia	2002	374.3355
Rússia	2003	375.7342
Rússia	2004	365.9298
Rússia	2005	367.886
Rússia	2006	374.93198
Rússia	2007	366.60446
Rússia	2008	381.9231
Rússia	2009	362.94434
Rússia	2010	367.25238
Rússia	2011	370.80835
Rússia	2012	372.40622
Rússia	2013	361.03793
Rússia	2014	359.51065
Rússia	2015	356.44452
Rússia	2016	355.28928
Rússia	2017	353.9275
Rússia	2018	354.77896
Rússia	2019	351.94955
Rússia	2020	329.08038
Rússia	2021	336.48325
Coréia do Sul	2000	426.21103
Coréia do Sul	2001	438.41934
Coréia do Sul	2002	436.05682
Coréia do Sul	2003	417.87897

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Coréia do Sul	2004	427.8958
Coréia do Sul	2005	415.7856
Coréia do Sul	2006	418.2745
Coréia do Sul	2007	441.0597
Coréia do Sul	2008	445.5832
Coréia do Sul	2009	460.4734
Coréia do Sul	2010	464.5795
Coréia do Sul	2011	458.1527
Coréia do Sul	2012	460.6724
Coréia do Sul	2013	470.0567
Coréia do Sul	2014	457.9565
Coréia do Sul	2015	448.5382
Coréia do Sul	2016	447.6059
Coréia do Sul	2017	453.1827
Coréia do Sul	2018	469.7215
Coréia do Sul	2019	464.242
Coréia do Sul	2020	425.6268
Coréia do Sul	2021	423.8268
Espanha	2000	467.7643
Espanha	2001	415.1786
Espanha	2002	469.4587
Espanha	2003	414.2264
Espanha	2004	421.4181
Espanha	2005	438.6606
Espanha	2006	397.3899
Espanha	2007	409.7662
Espanha	2008	347.4015
Espanha	2009	317.244
Espanha	2010	256.2985
Espanha	2011	322.1841
Espanha	2012	332.7095
Espanha	2013	269.9314
Espanha	2014	279.8205
Espanha	2015	320.2622

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Espanha	2016	265.8121
Espanha	2017	304.7545
Espanha	2018	276.9155
Espanha	2019	213.0835

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Espanha	2020	174.6573
Espanha	2021	169.0345
Reino Unido	2000	479.7544
Reino Unido	2001	483.6806
Reino Unido	2002	478.2745
Reino Unido	2003	490.1696
Reino Unido	2004	491.5089
Reino Unido	2005	489.8068
Reino Unido	2006	506.9695
Reino Unido	2007	508.4546
Reino Unido	2008	509.876
Reino Unido	2009	467.2547
Reino Unido	2010	479.5217
Reino Unido	2011	459.5064
Reino Unido	2012	481.5142
Reino Unido	2013	455.2816
Reino Unido	2014	421.0639
Reino Unido	2015	366.4179
Reino Unido	2016	322.7934
Reino Unido	2017	294.2956
Reino Unido	2018	280.623

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Reino Unido	2019	264.3908
Reino Unido	2020	242.1506
Reino Unido	2021	264.5091
Estados Unidos	2000	499.7269
Estados Unidos	2001	500.8499
Estados Unidos	2002	492.4564
Estados Unidos	2003	497.3781
Estados Unidos	2004	493.8556
Estados Unidos	2005	495.2083
Estados Unidos	2006	487.6804
Estados Unidos	2007	490.6881
Estados Unidos	2008	485.027
Estados Unidos	2009	464.7767
Estados Unidos	2010	469.3337
Estados Unidos	2011	453.6395
Estados Unidos	2012	440.9858
Estados Unidos	2013	440.7416

País	Ano	Intensidade de carbono da eletricidade (gCO ₂ /kWh)
Estados Unidos	2014	438.6516
Estados Unidos	2015	420.38605
Estados Unidos	2016	403.69275
Estados Unidos	2017	392.51947
Estados Unidos	2018	388.0234
Estados Unidos	2019	370.24738
Estados Unidos	2020	348.54263
Estados Unidos	2021	357.2021

Tabela 50: Investimento em renováveis.

INVESTIMENTO EM RENOVÁVEIS	USD BILHÃO
2000	1,425
2001	2,011
2002	1,354
2003	3,111
2004	2,131
2005	2,152
2006	3,305
2007	4,326
2008	3,01
2009	20,11
2010	19,27
2011	21,37
2012	24,49
2013	20,43
2014	24,3
2015	17,78
2016	23,55
2017	29,2
2018	17,27
2019	13,1
2020	10,13

Tabela 51: Previsão de porcentagem de renováveis.

	Alemanha	Reino Unido	EUA	Brasil
2022	41.812191	41.88986437	21.43756	78.48592
2023	42.110025	43.07972874	22.37396	73.188
2024	42.407859	44.26959311	23.31036	74.45884
2025	42.705692	45.45945748	24.24676	75.74553
2026	43.003526	46.64932185	25.18316	74.47574
2027	43.30136	47.83918622	26.11956	76.15459
2028	43.599193	49.02905059	27.05596	75.24653
2029	43.897027	50.21891496	27.99236	75.75556
2030	44.194861	51.40877933	28.92876	73.67623
2031	44.492694	52.5986437	29.86516	76.09899
2032	44.790528	53.78850806	30.80156	72.50103

Tabela 52: Previsão de geração de eletricidade.

	China	Índia	Canadá	França
2021	2323152	320724.3	441630.6	127450.5
2022	2495645	341559.7	446544.6	130188.9
2023	2668137	362395.1	451458.7	132927.4
2024	2840630	383230.5	456372.7	135665.9
2025	3013122	404065.9	461286.7	138404.4
2026	3185615	424901.3	466200.8	141142.8
2027	3358107	445736.7	471114.8	143881.3
2028	3530599	466572	476028.8	146619.8
2029	3703092	487407.4	480942.8	149358.3
2030	3875584	508242.8	485856.9	152096.7
2031	4048077	529078.2	490770.9	154835.2
2032	4220569	549913.6	495684.9	157573.7

Tabela 53: Previsão de eletricidade por fonte.

	Itália- Fontes fósseis	Japão- Nuclear	México- Fontes fósseis	Rússia- Nuclear
2022	169.9137	55.65924	261.4874	227.7549
2023	170.6113	50.09584	258.8611	233.1211
2024	171.3088	44.53244	256.2347	238.4873
2025	172.0064	38.96904	253.6084	243.8535
2026	172.7039	33.40564	250.982	249.2197
2027	173.4015	27.84224	248.3557	254.586
2028	174.099	22.27885	245.7293	259.9522
2029	174.7966	16.71545	243.103	265.3184
2030	175.4941	11.15205	240.4766	270.6846
2031	176.1917	5.588649	237.8503	276.0508
2032	176.8892	0.025251	235.2239	281.417

Tabela 54: Previsão de intensidade de carbono.

	Índia	França	China
2022	626.0229	56.75002	528.9645
2023	625.7637	55.90647	523.2659
2024	625.5044	55.06292	517.5673
2025	625.2452	54.21937	511.8686
2026	624.9859	53.37582	506.17
2027	624.7267	52.53227	500.4714
2028	624.4675	51.68872	494.7727
2029	624.2082	50.84516	489.0741
2030	623.949	50.00161	483.3755
2031	623.6897	49.15806	477.6768
2032	623.4305	48.31451	471.9782