



**Faculdade de Engenharia - FAEN**

**MINAILLI HARUMI NEVES SATO**

**O PAPEL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO  
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL**

Dourados - MS  
2022

**MINAILLI HARUMI NEVES SATO**

**O PAPEL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO  
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em engenharia de energia pela Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientador:  
Prof. Dr. Eduardo Mirko Valenzuela Turdera

Área de Concentração: 3.04.04.01-0 – Geração de Energia Elétrica

Dourados - MS  
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S253p Sato, Minailli Harumi Neves

O PAPEL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO  
SUSTENTÁVEL [recurso eletrônico] / Minailli Harumi Neves Sato. -- 2022.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Eduardo Mirko Valenzuela Turdera.

TCC (Graduação em Engenharia de Energia)-Universidade Federal da Grande  
Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Emissões de CO2. 2. Energias renováveis. 3. Mecanismos de incentivo. I. Turdera,  
Eduardo Mirko Valenzuela. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



**ANEXO G ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Às 14:00 horas do dia 02 de junho de 2022, realizou-se de forma remota via reunião em modo online e síncrona a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em **DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL** de autoria da discente **Minailli Harumi Neves Sato**, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II. Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

( X )Aprovado ( )Reprovado

A discente declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Energia da UFGD. O(A) orientador(a) se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo(a) discente para a elaboração da versão final.

**OBSERVAÇÕES ADICIONAIS**

**DISCENTE**

Nome: Minailli Harumi Neves Sato

Assinatura: 

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador Eduardo Mirko Valenzuela Turdera

Assinatura: 

Membro: Thais Monteiro de Farias Miranda

Assinatura: 

Membro: Mario Vito Comar

Assinatura: 

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha família, por todo suporte dado, a Shizui e Obito, por terem sido meu apoio emocional, em memória a Chadwick Zollar por todo incentivo e, não menos importante, a mim, por toda determinação.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, deixo registrada aqui toda a minha satisfação e orgulho comigo mesmo, por ter concluído mais esta fase com êxito, sei que fui o elemento principal para esta conquista.

Agradeço aos meus pais, que me deram todo suporte financeiro e emocional que poderiam, e por toda estrutura que me forneceram para que o meu trajeto até aqui fosse mais fácil. E, também, agradeço as minhas irmãs que estiveram presentes ao longo desse período.

Meu agradecimento especial ao Chad, que foi a primeira pessoa a se referir a mim como engenheira, mal sabe ele o tamanho do impacto positivo que a frase “coisas de engenheiros” causou em mim.

Aproveito para registrar o meu agradecimento as minhas crenças e a dois seres que estiveram presentes no meu dia-a-dia em Dourados: a Shizui, por ter sido o meu principal ponto de apoio e fator essencial para que eu não desistisse, e ao Raul Rocha, que se disponibilizou – literalmente – para ser a minha mão direita.

Por fim, não menos importante, agradeço a todos os professores que participaram da minha vida acadêmica até aqui, desde o fundamental até o superior. E, em especial, ao meu orientador Professor Eduardo Mirko, que sempre deixa claro o potencial que tenho, e que tem me ajudado a finalizar mais este ciclo.

“Para a ganância, toda a natureza é insuficiente.”

Sêneca (4 a.C. – 65 d.C.), filósofo estoico

## RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo comparativo entre o conceito de Desenvolvimento Sustentável e as emissões de gases estufa provenientes do setor energético, o qual abrange tanto o setor elétrico, como o de transporte. A pesquisa apresenta inicialmente como foi se estruturando o conceito de desenvolvimento sustentável nas principais conferências mundiais e qual a contribuição de cada uma delas para os dias atuais. Além disso, realiza-se uma análise sobre o perfil da matriz energia primária bem como a matriz de produção de eletricidade no âmbito mundial. Constata-se que a geração de eletricidade, assim como o setor de transporte são os principais emissores de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, que é o principal responsável pelas mudanças climáticas. O foco do estudo está em conferir de fato, como as energias renováveis poderiam amenizar os efeitos nocivos da poluição ambiental vindas da utilização maciça dos combustíveis fósseis. Verificou-se que no curto e médio prazo isso seria impossível uma vez que não há escala para substituir a atual demanda por combustíveis fósseis. Mesmo no caso do Brasil, que tem uma matriz de oferta de energia elétrica limpa, seria difícil no curto prazo dispensar os combustíveis fósseis, uma vez que o sistema de transporte se baseia totalmente em derivados do petróleo. Contudo, também se apresenta o crescimento vertiginoso das renováveis, sobretudo no setor elétrico onde a queda dos custos na produção da eletricidade junto a uma melhoria evidente da tecnologia, estão tornando atrativas e competitivas as fontes renováveis, favorecidas inicialmente por políticas públicas incentivando seu uso.

**Palavras-chave:** Emissão de CO<sub>2</sub>. Energias renováveis, Mecanismos de incentivo.



## **ABSTRACT**

*This article is a comparative study between the concept of sustainable development and greenhouse gas emissions from the energy sector, specifically focused on the electricity generation and transport sectors. The research explains the deployment of sustainable development on the global stage and demonstrates how key countries presently participate in advancing sustainable development. In addition, it presents an analysis of the primary energy matrix profile and the electricity production matrix worldwide. The article finds that electricity generation and the transport sector are the main emitters of CO<sub>2</sub>, principal gas to cause the climate changes.*

*The study focuses on how renewable energies could mitigate the harmful effects of environmental pollution from the ever-increasing use of fossil fuels. The study finds that large-scale replacement of fossil fuels with renewable energy sources would be impossible in the short to intermediate-term. The energy production costs and technology available within the renewable energy sector do not yet provide a viable alternative to offset the current demand for fossil fuels. Even in the case of Brazil, which has a substantial capacity to produce power clean, renewable energy, it would be difficult in the short term to cease using fossil fuels since the transport sector is almost entirely dependent on petroleum derivatives. Nevertheless, there is also a vertiginous growth of renewables, especially in the power sector, where the drop in electricity production costs together with an evident improvement in energy transformation technologies have made renewable sources attractive and competitive. Besides, recent shifts in public policies are also incentivizing the shift to adopting renewable energy and encouraging their use.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub> Emission, Renewable Energy, Incentive Policies

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Emissões de Dióxido de Carbono Equivalente por Continente .....	36
Gráfico 2 – Mundo: Geração de Eletricidade por Combustível .....	37
Gráfico 3 – Brasil: Histórico da Produção Líquida de Energia Primária .....	38
Gráfico 4 – PIB vs Emissões de CO <sub>2</sub> do Brasil .....	39
Gráfico 5 - Produção de Energia Elétrica Acumulada em GWh/dia .....	40
Figura 1 - Esquematização de uma usina termoelétrica .....	41
Figura 2 - Esquematização de uma usina nuclear.....	42
Figura 3 – Esquematização de uma usina hidrelétrica .....	43
Figura 4 – Esquematização energia solar on-grid .....	44
Figura 5 – Usina Eólica .....	45
Figura 6 – Utilização da biomassa para geração de energia .....	46
Figura 7 – Usina oceânica de flutuadores .....	47
Figura 8 – Central geotérmica.....	48
Gráfico 6 - Brasil: Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Elétrico.....	49
Figura 9 – Destilação de petróleo em uma refinaria .....	50
Gráfico 7 - Brasil: Produção Total de Derivados de Petróleo.....	51
Gráfico 8 - Brasil: Produção de Derivados de Petróleo de usos Energéticos .....	52
Gráfico 9 - Brasil: Produção de biocombustível em m <sup>3</sup> .....	54
Gráfico 10 - Emissão de milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> no Brasil .....	54
Gráfico 11 - Produção de energia elétrica em TWh.....	61
Gráfico 12 - Projeção Mundial da Geração de Eletricidade Líquida (novos projetos operação).....	65
Gráfico 13 - Projeção da Geração de Energia Elétrica de Fontes Renováveis.....	63
Gráfico 14 - Geração de Eletricidade Global por Biomassa em 2020 (700 TWh) .....	68
Gráfico 15 - Produção e Consumo de Biocombustíveis .....	69
Gráfico 16 - Produção Mundial de Biocombustíveis .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Emissões de CO <sub>2</sub> em 1990 .....	29
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

a.a.	Ao ano
ABEEÓLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
boed	Barris equivalentes de petróleo por dia
BP	British Petroleum Report
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFC's	Clorofluorcarbonos
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COP	Conference of the Parties
FHC	Fernando Henrique Cardoso
FiT	Feed in Tariff
GAV	Gasolina de Aviação
GEE	Gases Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GSR	Global Status Report
GWEC	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	International Energy Agency
InBS	Instituto Brasileiro de Sustentabilidade
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kboed	Mil barris equivalentes de petróleo
Mbep	Milhões de barris equivalentes de petróleo
Mbepd	Milhões de barris equivalentes de petróleo por dia
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MtCO <sub>2</sub>	Milhões de toneladas equivalentes de dióxido de carbono
NDC	Nationally Determined Contributions
ONG's	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas

QAV	Querosene de Aviação
REDUC	Refinaria Duque de Caxias
Tep	Toneladas Equivalentes de Petróleo
UNCHE	United Nations Conference on the Human Environment
URSS	União das Republicas Socialistas Soviéticas

## LISTA DE SÍMBOLOS

CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt hora
kWh	Quilowatt – hora
m	Metro
L	Litro
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
MW	Megawatt
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
O <sub>3</sub>	Ozônio
TJ	Terajoule
TWh	Terawatt – hora

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. desenvolvimento econômico sustentável .....	17
2.1. Declaração de Estocolmo 1972 sobre Meio Ambiente.....	17
2.2. Relatório Brundtland.....	21
2.3. Rio 1992 e o Alerta das Mudanças Climáticas .....	24
2.4. Protocolo de Kyoto às Declarações de Paris .....	27
2.5. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável .....	31
2.6. Discussão .....	31
3. degradação do meio ambiente .....	34
3.1. Efeito Estufa .....	34
3.2. Crescimento Exponencial dos Gases Poluentes.....	35
3.3. Brasil: Contribuição de Combustíveis fósseis na Emissão de CO <sub>2</sub> .....	37
3.3.1. Na Geração de Energia Elétrica .....	39
3.3.1.1. Tecnologias .....	40
3.3.1.2. Participação da Geração de Energia Elétrica nas Emissões de CO <sub>2</sub> Equivalentes .....	48
3.3.2. No Transporte.....	49
3.3.2.1. Tecnologias .....	49
3.3.2.2. Participação do Setor de Transporte na Emissão de CO <sub>2</sub> .....	50
3.4. Discussão .....	55
4. AS energias renováveis .....	58
4.1. Incentivos Tributários, Energéticos e Sociais para seu uso.....	60
4.2. Tecnologias .....	61
4.2.1. Energia Solar .....	61
4.2.2. Energia eólica.....	62
4.2.3. Energia da biomassa.....	63
4.3. Inserção e Competitividade nos mercados energéticos.....	63
4.3.1. De Eletricidade .....	63
4.3.2. De Transporte.....	69
4.4. Discussão .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial ultrapassou o número de 7,7 bilhões de habitantes em 2020, e, conforme as projeções, acredita-se que esse número aumentará em 10% na próxima década, e atingirá a marca de 10,9 bilhões até o final do século (Guitarrara, 2021). Tal crescimento, não é uma preocupação nova para a ciência, uma vez que as discussões sobre o assunto surgiram por volta de 1798, através do economista, sociólogo e matemático britânico Thomas Malthus (1766-1834) (Gonçalves e Ferraz, 2021), e além dele, outros estudiosos como Adam Smith (1723-1790) e Willian Godwin (1756-1836), já haviam discorrido seus ideais sobre os riscos do alto crescimento populacional.

O que preocupa muitos especialistas, fora a distribuição demográfica, é se os recursos naturais disponíveis serão suficientes para suprir todas as necessidades dos habitantes, pois conforme declarado pelo Instituto Brasileiro de Sustentabilidade (InBS), o aumento populacional é mais do que uma questão habitacional e social, é também um problema ambiental e, ainda segundo o mesmo instituto, a demanda de recursos naturais está se tornando maior do que a terra pode oferecer.

Denomina-se como recursos naturais tudo aquilo que pode ser extraído da natureza e que serve para a sobrevivência de todos os organismos vivos do planeta (Freitas, 2021). Eles podem ser classificados como renováveis e não renováveis, a diferença está na capacidade de reiteração. Os recursos não renováveis são aqueles que não têm capacidade de regeneração a curto prazo, ou seja, seu uso é finito. Já os renováveis são aqueles que se regeneram na natureza, com ou sem a interferência humana, em um curto período, aliás, alguns deles são até mesmo inesgotáveis (luz solar, por exemplo). Além dessa classificação, os recursos naturais se subdividem em 4 grupos:

- **Biológicos:** são os de origem animal e vegetal, que geram alimentos, vestimentas, fármacos, transporte e outros produtos;
- **Minerais:** são as rochas, areia, ouro e outros minérios, que são matérias primas para diversos produtos, que vão desde utensílios domésticos até mesmo foguetes;



- Energéticos: são os responsáveis por gerarem energia para os afazeres humanos, é a água, a luz solar, o vento, o calor da terra e afins,
- Hídricos: são provenientes da água, talvez o maior recurso natural, uma vez que compõe 70% da superfície da terra, e está presente em todos os processos que facilitam a existência humana.

Desde o primórdio da humanidade, o homem desenvolveu técnicas de exploração e utilização desses recursos, e o que inicialmente era para o autoconsumo e sobrevivência, passou a ser produto de comercialização e consumo desenfreado. Tal ato está tornando cada vez mais limitante o espaço e o tempo geológico para que a natureza se recomponha (Albuquerque, 2007), provocando diversos problemas ambientais, que interferem de forma direta na política e economia.

A maneira como a sociedade se relacionou com a natureza ao longo dos séculos passados fez com que as questões ambientais ganhassem cada vez mais foco, e se tornassem pauta em discussões mundiais. Com isso, em junho de 1972, na Suécia, mais especificamente em Estocolmo, o mundo passou a delinear de forma expressiva o conceito de sustentabilidade, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em inglês United Nations Conference on the Human Environment (UNCHE), que foi a primeira conferência realizada pela ONU, para discutir questões sobre a relação do homem e o meio ambiente.

O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades; significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais. (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Nosso Futuro Comum, 1988, p.39)

Mais tarde, em 1992, no Rio de Janeiro ocorreu a ECO-92, uma segunda conferência realizada pelas Nações Unidas, que teve como finalidade firmar o compromisso entre os países de promoverem um desenvolvimento econômico ambientalmente sustentável (Ignacio, 2020). Também ficou definido, que a cada década, novas reuniões seriam realizadas, para discutirem o cumprimento dos acordos, e os resultados alcançados.

Assim como em Estocolmo, a reunião no Rio de Janeiro e outras realizadas de tempos em tempos, têm sido de suma importância para o despertar da consciência ecológica da sociedade, pois a partir delas, líderes mundiais começaram a entender a importância de desenvolverem metas e praticarem ações voltadas para uma perspectiva universal, passaram a pensar em suas necessidades e nas das gerações futuras, e entenderam que a sociedade, o ambiente e a economia devem operar de forma harmônica.

## 2. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável é uma relação harmônica entre a sociedade, a economia e o meio ambiente, ele visa o crescimento econômico e a melhoria na condição de vida da sociedade, por meio de um consumo consciente dos recursos naturais, focando na conservação e na disponibilidade deles para as gerações futuras.

De acordo com Cavalcanti (2003), o desenvolvimento executado pela sociedade ao longo dos anos, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, tornou-se insustentável. Por volta de 1960, as discussões sobre as questões ambientais passaram a ser frequentes, ainda mais com a inserção das indústrias e tecnologias no meio rural. Em um livro publicado pela bióloga e escritora Rachel Louise Carson (1907-1964), "Primavera Silenciosa", a autora alerta sobre a radiação, o uso de pesticidas, produtos químicos e afins, ela também alerta sobre os desgastes sofridos pela natureza, pelo ecossistema de uma forma geral.

A questão consiste em saber se alguma civilização pode levar adiante uma guerra sem tréguas contra a vida, sem se destruir a si mesma e sem perder o direito de ser chamada de 'civilização'(...) Temos pela frente um desafio como nunca: a humanidade teve de provocar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos." (Carson. 1962)

Em 1963, a escritora discursou no Congresso Americano, onde solicitou e destacou a importância de novas políticas que fossem destinadas a proteger o meio ambiente e saúde humana. Em 1969, a primeira imagem do planeta Terra foi tirada e divulgada, assim o mundo começou a entender melhor o quão único e frágil o planeta é, e a importância de proteger esse ecossistema.

Após toda repercussão da década de 60, a consciência humana sofreu um despertar ecológico. A sociedade passou a entender que o nosso desenvolvimento deveria tomar um outro rumo, que deveria pensar não apenas no crescimento econômico, mas sim, nas formas de conciliar tal desenvolvimento com os demais fatores importantes para a sobrevivência

### 2.1. Declaração de Estocolmo 1972 sobre Meio Ambiente

Muito já se falava sobre o desenvolvimento sustentável e sua importância, mas foi em 1972, em Estocolmo, que o conceito de sustentabilidade foi definido de

forma significativa e mundial. Foi nesse ano que a Organização das Nações Unidas realizou sua primeira conferência sobre o “Desenvolvimento e Meio ambiente humano”, entre os dias 5 a 16 de junho. Durante esse período, 113 países se reuniram para discutir assuntos sobre a poluição atmosférica, poluição do solo e da água, causadas pelo acelerado crescimento demográfico e industrialização (Ribeiro, 2001).

A conferência de 1972 declara 7 (sete) pontos importantes sobre a relação entre homem, natureza e desenvolvimento. As declarações partem do princípio de que o ser humano é obra e construtor do meio ambiente que o cerca, que ele deve promover a boa convivência entre as nações e que é responsável por amenizar as diferenças entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. No relatório final da reunião nomeado como “Declaração sobre o Meio ambiente Humano”, consta que os sete pontos proclamados são:

- I. O homem é ao mesmo tempo criatura e construtor do seu meio ambiente que lhe dá sustento físico e lhe oferece a oportunidade de crescimento intelectual, moral, social e espiritual. Na longa e tortuosa evolução da raça humana neste planeta chegou-se a um estágio em que, através da rápida aceleração da ciência e da tecnologia, o homem conquistou o poder de transformar seu meio ambiente de inúmeras maneiras e em escala sem precedentes. Ambos os aspectos do ambiente do homem, o natural e o feito pelo homem, são essenciais para seu bem-estar e para o gozo dos direitos humanos fundamentais até mesmo o direito à própria vida.
- II. A proteção e a melhoria do meio ambiente humano são um dos principais assuntos que afetam o bem-estar dos povos e o desenvolvimento econômico em todo o mundo; são o desejo urgente dos povos do mundo inteiro e o dever de todos os Governos.
- III. O homem tem de constantemente somar experiências e prosseguir descobrindo, inventando, criando e avançando. Em nosso tempo a capacidade do homem de transformar o mundo que o cerca, se for usada sabiamente, pode trazer para todos os povos os benefícios do desenvolvimento e a oportunidade de melhorar a qualidade da vida. Se for aplicado errado ou inconsideradamente, esse mesmo poder é capaz de causar danos incalculáveis aos seres humanos e ao meio ambiente humano. Vemos à nossa volta provas crescentes

de que o homem tem provocado prejuízos em muitas regiões da Terra; perigosos níveis de poluição das águas, do ar, da terra e pelos seres humanos; distúrbios grandes e indesejáveis ao equilíbrio ecológico da biosfera; destruição e exaustão de recursos insubstituíveis; e enormes deficiências prejudiciais à saúde física, mental e social do homem, no meio ambiente feito pelo homem, especialmente no ambiente de vida e de trabalho.

- IV. Nos países em desenvolvimento a maioria dos problemas ambientais tem sua causa no subdesenvolvimento. Milhões de pessoas continuam vivendo muito abaixo dos níveis mínimos necessários a uma existência humana decente, desprovidos de alimentação adequada e de vestuário, abrigo e educação, saúde e saneamento. Por conseguinte, devem os países em desenvolvimento dirigir seus esforços no sentido do desenvolvimento sustentável, conscientes de suas prioridades e tendo em mente a necessidade de salvaguardar o meio ambiente. Pelas mesmas razões, devem os países industrializados esforçar-se para reduzir a distância entre eles e os países em desenvolvimento. Nos países desenvolvidos, antes chamados de industrializados, os problemas ambientais estão geralmente ligados à exacerbada industrialização na primeira metade do século XX e ao desenvolvimento tecnológico.
- V. O crescimento natural da população suscita continuamente problemas na preservação do meio ambiente, e políticas e medidas adequadas devem ser adotadas, conforme o caso, para fazer frente a estes problemas. De tudo há no mundo, o homem é o que existe de mais precioso. É o homem que impulsiona o progresso social, cria a riqueza social, desenvolve a ciência e a tecnologia e, através de seu trabalho árduo, continuamente transforma o meio ambiente. Juntamente com o progresso social e os avanços na produção, na ciência e na tecnologia, a capacidade de o homem preservar e proteger o meio ambiente aumenta a cada dia que passa.
- VI. Atingiu-se um ponto na História em que devemos moldar nossas ações no mundo inteiro com mais atenção a suas consequências

ambientais. Pela ignorância ou indiferença podemos causar danos maciços e irreversíveis ao ambiente terrestre do qual depende nossa vida e bem-estar. Ao contrário, por um conhecimento maior e por atos mais pensados, podemos conseguir para nós mesmos e para nossa posteridade uma vida melhor em ambiente que esteja mais de acordo com as necessidades e esperadas pelo homem. Há amplas perspectivas para a melhoria da qualidade ambiental e a criação de uma vida sadia. Precisa-se de um estado de espírito dinâmico (entusiástico), mas calmo e de trabalho intenso, porém ordenado. Para conseguir liberdade no mundo da natureza, deve o homem usar seu conhecimento e assim, em colaboração com a natureza, construir um ambiente melhor. Defender e preservar o meio ambiente para as gerações atuais e para as futuras tornou-se um fim imperativo para a humanidade – um fim que se deve procurar atingir conjuntamente com os objetivos estabelecidos e fundamentais da paz e do desenvolvimento econômico e social em nível mundial, e em harmonia com eles.

- VII. A consecução deste objetivo ambiental requererá a aceitação de responsabilidades pelos cidadãos e pelas comunidades, pelas empresas e pelas instituições em todos os níveis, todos compartilhando equitativamente dos esforços comuns. Os indivíduos em todas as condições de vida bem como as organizações em muitos setores, por seus valores e pela soma de seus atos, modelarão o ambiente mundial do futuro. Caberá aos governos locais e nacionais o ônus maior pelas políticas e ações ambientais de grande escala dentro de suas jurisdições. A cooperação internacional é também necessária para levantar os recursos que ajudarão os países em desenvolvimento na execução de suas responsabilidades neste campo. Um número crescente de problemas ambientais, por sua extensão regional ou global ou por afetarem o domínio internacional comum, exigirá ampla cooperação entre as nações e ação das organizações internacionais no interesse comum. A Conferência concita Governos e povos a se empenharem

num comum esforço para a preservação e melhoria do meio ambiente humano, em benefício do homem e das gerações futuras.

Além disso, no mesmo relatório, estão expressos os 26 princípios elaborados e debatidos durante os dias 5 a 16 de junho. Neles, os países participantes entram em comum acordo de que deve haver uma gestão adequada dos recursos naturais, que o homem é responsável por crescer e evoluir sem comprometer os recursos para as gerações futuras, que é de suma importância investir em educação e pesquisa, e que além de se desenvolverem, devem apoiar os demais a se desenvolverem também, seja com apoio financeiro ou compartilhamento de tecnologia.

De fato, a conferência gerou frutos, ela abriu caminhos para uma nova evolução da sociedade, marcou uma nova forma de pensamento baseado em desenvolvimento sustentável entrelaçado ao desenvolvimento econômico (Machado, 2005).

## **2.2. Relatório Brundtland**

Após 10 anos da conferência de Estocolmo, a ONU retomou os debates sobre as questões ambientais dando origem a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que foi liderada pela médica e, então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. A escolha de Gro Harlem foi marcada por seu pioneirismo e sua visão além da saúde humana, ela também executava atividades ligadas ao meio ambiente e ao desenvolvimento humano.

A Comissão surgiu em 1983, mas os seus resultados foram apresentados em 1987, no documento “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como “Relatório Brundtland”. A CMMAD teve como objetivo promover discussões mundiais sobre as ameaças ao meio ambiente, crescimento populacional, pobreza e tudo que regesse o desenvolvimento do mundo.

Ao longo desses quase 4 (quatro) anos, Gro Harlem realizou reuniões com diversos grupos, de diversas regiões, desde as desenvolvidas, até as em desenvolvimento, e isso possibilitou a concentração de informações e opiniões sobre diferentes áreas, tais como: agricultura, silvicultura, energia, tecnologia e entre outras. Todas as discussões abordadas durante esse período trouxeram uma nova

perspectiva à ideia de desenvolvimento, que listaram problemas, objetivos e possíveis soluções para um caminho harmônico entre ser-humano e meio ambiente.

O documento relata que a humanidade passou por uma grande evolução, marcada pelo crescimento econômico e mudanças no padrão de vida evidenciada pelo poder de aquisição pecuniário, e aproveita para enfatizar incompatibilidade entre os padrões de consumo e produção adotados, e a sustentabilidade.

Em vários trechos evidenciam que os desgastes ambientais estão sendo provocados pelo excesso populacional. Não somente pelo tamanho da população, mas pelo uso desenfreado dos recursos naturais. De acordo com o relatório, o índice de crescimento populacional em países industrializados e desenvolvidos era inferior a 1%, e, que de 1985 a 2025, a população passaria de 1,2 bilhões para 1,4, enquanto em países de terceiro mundo, nesse mesmo período, a população dobraria. Contudo, o consumo dos recursos naturais para a criação de uma criança em uma país desenvolvido é bem maior se comparado a de um país mais pobre.

O crescimento populacional traz como consequência uma expansão territorial e o processo de urbanização, que é algo natural do desenvolvimento, mas a questão em si, é controlar esse processo, para que não haja uma perda na qualidade de vida, uma vez que as políticas da época não eram capazes de prover habitação, saneamento, água e saúde pública para todos.

Outra pauta das discussões foi a prevenção e redução da poluição do ar e da água. Para suprir a demanda da crescente população, a agroindústria avançou rapidamente em todo cenário mundial (Sobrinho, 2008).

A adoção de políticas insensatas está levando à degradação da base de recursos agrícolas em quase todos os continentes: erosão do solo na América do Norte; acidificação do solo na Europa; desflorestamento e desertificação na Ásia, África e América Latina; e o desperdício e poluição da água em quase toda a parte. Em 40 a 70 anos, o aquecimento global pode causar inundações de importantes áreas costeiras de produção. Alguns desses efeitos provém de medidas tomadas com relação ao consumo de energia e à produção industrial". (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988, p. 137)

Conforme apresentado no relatório, a fim de atender as necessidades da população, ocorreu uma mudança brusca da agricultura familiar para os grandes produtores, e como consequência, adveio o êxodo rural (o que agravou a expansão urbana), e a produção em maior escala. Com esse novo tipo de produção, tornou-se mais recorrente o uso de fertilizantes, praguicidas, agrotóxicos em geral, além disso a indústria também se desenvolveu, o que acarretou a queima de combustíveis, despejo



urbano, e tudo isso impactou na poluição da biosfera, água e consumo dos demais recursos naturais.

O “Nosso Futuro Comum” também aponta o risco do extermínio de espécies e ecossistemas. A história já nos mostrou que é natural que as espécies se extingam com o tempo, mas o homem tem acelerado esse processo.

No levantamento apresentado pelo relatório, várias áreas reservadas para a vida selvagem sofreram invasões de agricultores, como foi o caso de alguns parques no Quênia. Em países como Brasil, Filipinas, Colômbia, Madagascar e outros, cuja a concentração de espécies é grande, áreas até então virgens estão sendo gradativamente invadidas e exploradas pelo homem.

Outro ponto discutido foi sobre energia, que é de suma importância para o desenvolvimento da economia. Com todos os pontos apresentados até aqui, é fácil compreender que o aumento na demanda energética foi devido a industrialização, urbanização e elevação no padrão de vida da sociedade. O próprio relatório mostra que o consumo de energia em países ricos era aproximadamente 80 vezes maior do que nos demais países, e que em 1984,  $\frac{1}{4}$  da população mundial consumia  $\frac{3}{4}$  da energia primária do mundo (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988).

Após ouvir todos os pontos de vista, opiniões e debater sobre os assuntos acerca do desenvolvimento e sustentabilidade, o Relatório apresenta um plano de ação que visa “reorientar a tecnologia”, Brundtland afirma que é preciso que haja um desenvolvimento industrial em países não-industrializados, mas com uma tecnologia adaptada ecologicamente.

Além disso, outras medidas a serem tomadas para promover o desenvolvimento sustentável, segundo o relatório, são:

- limitar o crescimento populacional, para que seja possível atender as necessidades básicas, como saúde, educação e moradia. E, com isso, garantir recursos básicos como água, energia e alimentos a longo prazo;
- preservar a biodiversidade e os ecossistemas, para que não haja extinção “precoce” das espécies, diminuição da diversidade, e nem mesmo comprometimento do funcionamento do ecossistema, que fornecem produtos essenciais a vida humana;

- adoção de programas de desenvolvimento sustentável em âmbito internacional pela ONU;
- medidas de proteção para ecossistemas supranacionais, como por exemplos oceanos etc;
- banimento de guerras,
- investimento em pesquisas de materiais sustentáveis, fontes de energia renováveis, melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e afins.

O Relatório Brundtland serviu para reafirmar e ampliar os ideais da conferência de Estocolmo, sobre a relação do homem e meio ambiente, evidenciando que “não há um limite para o mínimo para o bem-estar da sociedade, mas há um limite máximo para a utilização dos recursos naturais, de modo que sejam preservados” (Nosso Futuro Comum, 1987).

### **2.3. Rio 1992 e o Alerta das Mudanças Climáticas**

Entre os dias 3 e 14 de junho de 1992, ocorreu no Rio de Janeiro a ECO-92 (ou RIO-92), uma conferência das Nações Unidas sobre Meio ambiente e Desenvolvimento, em decorrência do aniversário de 20 anos da primeira Conferência do Meio ambiente Humano, de Estocolmo.

A ECO-92 reuniu líderes políticos, diplomatas, cientistas e representantes de mídias de 179 países, para discutir sobre os impactos das atividades socioeconômicas sobre o meio ambiente. Além disso, na mesma ocasião, ocorreu o “Fórum Global” de ONGs, que se reuniram para apresentar seus pontos de vista sobre o futuro do planeta em relação ao meio ambiente e desenvolvimento socioeconômico (NAÇÕES UNIDAS).

Os eventos antecedentes – Conferência de Estocolmo e o Relatório de Brundtland – trouxeram grande visibilidade para a ECO-92, e junto com o cenário político internacional da época tornaram o objetivo principal da reunião bem claro, pois reconheceram que se todos os países se desenvolvessem com o mesmo padrão que os países ricos, não haveria recursos naturais suficientes para as próximas gerações e os impactos causados ao meio ambiente seriam irreversíveis (Ignacio, 2020).

O espírito do Rio deve representar a consciência plena do quão frágil é o nosso planeta. O espírito do Rio deve nos levar a pensar constantemente no

futuro, o futuro de nossas crianças. (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992).

De acordo com Maurice Strong, então secretário geral da Cúpula da Terra (como também ficou conhecida), esse encontro entre líderes era o momento exato para as nações estreitarem suas diferenças e colocarem como foco a preocupação em comum com o futuro da Terra.

A Cúpula da Terra discutiu questões sobre o ar e água, sobre as mudanças climáticas, a respeito da redução de desperdícios, ecoturismo e transporte alternativo. Os líderes dos governos delinearão um programa de ações a fim de afastar o modelo insustentável de desenvolvimento econômico.

As ações para salvar o planeta estão contidas em três documentos. O primeiro é a “Declaração do Rio”, uma relação dos princípios que devem guiar a relação entre o planeta e o comportamento humano; o segundo é a “Agenda 21”, um planejamento para construção de sociedade sustentáveis, o qual une proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica, e o terceiro documento é uma declaração dos “Princípios das Florestas”, que consiste no equilíbrio entre utilizar os recursos das florestas e, ao mesmo tempo, protegê-la.

A Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento contém 27 princípios, que defendem, de forma resumida, a relação harmônica entre o homem e a natureza como parte fundamental do desenvolvimento sustentável. Além disso, a declaração reafirma a necessidade de que haja uma colaboração de todos os países para erradicar a pobreza, pois, assim, é possível reduzir as disparidades dos níveis de vida e compreender melhor as necessidades de cada povo. Em sua maior parte, os princípios expõem os deveres dos Estados, para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado, tais como: reduzir e eliminar os sistemas de produção de consumo exacerbado, incentivar intercâmbios para transferência e compartilhamento de tecnologia entre as nações, promulgar leis efetivas sobre o meio ambiente, conscientizar e promover a participação ativa dos cidadãos em questões ambientais, avaliar todas as ações que possam promover impactos ambientais, e outros deveres a fim de proporcionar a sustentabilidade e proteção do ser humano e meio ambiente.

A Agenda 21 pode ser definida como um documento que representa o compromisso entre as nações, que propõe soluções e alternativas em prol da sustentabilidade. O documento é dividido em 40 capítulos, que contemplam ações de níveis: global, nacional e local, as quais estão divididas entre seções que falam sobre

“dimensões sociais e econômicas”, “conservação e manejo dos recursos para o desenvolvimento”, “fortalecimento do papel dos grupos principais” e “meios de implementação”. Ou seja, todas as áreas são abrangidas, da prevenção da expansão dos desertos à redução da pobreza, da administração de desperdício à mudança dos padrões de produção e consumo (Organização das Nações Unidas).

Já a “Declaração oficial de princípios, sem força jurídica obrigatória, para um consenso global quanto à gestão, a conservação e o desenvolvimento sustentável de florestas de todos os tipos”, ou, mais comumente conhecida, “Declaração dos Princípios sobre Florestas” é um documento sem caráter obrigatório, cujo objetivo principal é a adoção de medidas que protejam todos os tipos de florestas, sem singularizar qualquer região em particular. De acordo com o mesmo, as florestas têm importância social e econômica, principalmente para países em desenvolvimento, elas são espaços privilegiados, que devem ser explorados de forma consciente, com proteção e preservação adequada.

Além desses documentos importantes, a Cúpula da Terra marcou a abertura para assinatura de convenções juridicamente vinculativas proposta pelas Nações Unidas, como por exemplo:

- A Convenção sobre Mudanças Climáticas - que visava reduzir a emissão de gases efeito estufa, por promoverem o aquecimento global e, conseqüentemente, o derretimento das geleiras, expansão da água e aumento no nível do mar, que ocasionaria terríveis danos as Ilhas do Pacífico;
- Convenção da Biodiversidade, a qual exigia um inventário de todas as espécies existentes, assim como exigia a conservação da diversidade biológica, o seu uso sustentável e repartição equitativa dos benefícios da utilização dos recursos genéticos (Ministério do Meio Ambiente, 2020).

As duas convenções geraram certa discordância entre os países, nem todos assinaram as duas propostas. Os Estados Unidos, por exemplo, recusaram-se a assinar o Tratado da Biodiversidade, por alegarem que a Convenção protege de forma insuficiente os donos de patentes e, além disso, questionarem o financiamento da transferência de tecnologia aos países em desenvolvimento.

Contudo, mesmo com as discordâncias, a ECO-92 foi de suma importância para que os países pudessem entender a necessidade de conciliar o desenvolvimento

socioeconômico com a utilização dos recursos naturais, para que pudessem expor seus pontos de vista e mostrarem o que determinam como “problemas”, suas possíveis consequências e soluções. A Rio – 92 foi um marco e deixou um legado para as reuniões seguintes.

#### **2.4. Protocolo de Kyoto às Declarações de Paris**

As reuniões e discussões realizadas até 1992 deram origem a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, e o órgão supremo dessa Convenção é a Conferência das Partes (COP – Conference of the Parties) (CETESB), a qual se trata de uma associação de países que se reúnem anualmente, para avaliarem e discutirem as mudanças climáticas, e o que pode ser feito a respeito.

Os participantes anuais da COP são os signatários (representantes governamentais dos países participantes), que possuem poder de voto, e os observadores, que são os jornalistas e membros de organizações não governamentais (ONGs).

A primeira COP aconteceu em 1995, na Alemanha, contudo, o principal legado surgiu na terceira COP em 1997, no Japão, denominado como “Protocolo de Kyoto”. O protocolo é um acordo entre as partes, no qual os países desenvolvidos (que são os maiores poluidores do planeta) se comprometem a reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Esses gases são compostos que tem a capacidade de absorver a radiação na frequência do infravermelho, o que promove o aprisionamento do calor e, como consequência do aumento da concentração de calor na atmosfera ocorre o que conhecemos como aquecimento global. Os gases mais relevantes para o efeito estufa são:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – proveniente de processos de combustão;
- Metano (CH<sub>4</sub>) – originário de processos biológicos;
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) – proveniente de processos industriais e da agricultura (fertilizantes).

Embora o acordo tenha sido elaborado e assinado em 1997, ele só entrou em vigor em fevereiro de 2005, após a ratificação da Rússia. E, os compromissos nele estabelecidos, deveriam ser cumpridos entre 2008 a 2012.

No primeiro período do tratado (2008-2012), os países desenvolvidos ou industrializados se comprometeram a reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) em 5,2% - principalmente o dióxido de carbono - com base nas emissões registradas em 1990 (PROTOCOLO DE KYOTO). Já para os países mais poluente da época, Japão, Estados Unidos e União Europeia, ficaram estabelecidas reduções de 6%, 7%, e 8%, respectivamente. No entanto, os Estados Unidos foram os únicos que não ratificaram o tratado, ou seja, não possuem a obrigatoriedade de cumprirem a meta.

Tabela 1 – Emissões de CO<sub>2</sub> em 1990

Parte	Emissões (Gg)	%
Alemanha	1.012.443	7,4
Austrália	288.965	2,1
Áustria	59.200	0,4
Bélgica	113.405	0,8
Bulgária	82.990	0,6
Canadá	457.441	3,3
Dinamarca	52.100	0,4
Eslováquia	58.278	0,4
Espanha	260.654	1,9
Estados Unidos da América	4.957.022	36,1
Estônia	37.797	0,3
Federação Russa	2.388.720	17,4
Finlândia	53.900	0,4
França	366.536	2,7
Grécia	82.100	0,6
Hungria	71.673	0,5
Irlanda	30.719	0,2
Islândia	2.172	0,0
Itália	428.941	3,1
Japão	1.173.360	8,5
Letônia	22.976	0,2
Liechtenstein	208	0,0
Luxemburgo	11.343	0,1
Mônaco	71	0,0
Noruega	35.533	0,3
Nova Zelândia	25.530	0,2
Países Baixos	167.600	1,2
Polónia	414.930	3,0
Portugal	42.148	0,3
Reino Unido	584.078	4,3
República Tcheca	169.514	1,2
Romênia	171.103	1,2
Suécia	61.256	0,4
Suíça	43.600	0,3
<b>Total</b>	<b>13.728.306</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Protocolo de Kyoto, 2004

Para os países em desenvolvimento não foram estabelecidas metas, mas foram propostos esforços voluntários para contribuir com o desenvolvimento sustentável. As principais ações propostas pelo Protocolo, a fim de promover a redução dos GEE, são:

- Combate ao desmatamento;
- Proteção das florestas;
- Reforma do setor energético e do setor de transporte;
- Uso de fontes renováveis de energia;
- Colaboração entre os países para compartilhar informações sobre tecnologia;
- Mudanças no setor da agricultura.

Além dessas medidas, o Protocolo de Kyoto criou o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL”, que é uma flexibilização para que os países pudessem alcançar as suas metas, trata-se de uma redução autenticada da emissão de gases ou, mais comumente conhecida como “Crédito de Carbono”.

Os países que alcançarem as suas metas recebem o Crédito de Carbono, e podem comercializá-lo com aqueles que ainda não atingiram. De forma sucinta, a cada tonelada de carbono (excedente do valor da meta estabelecida) que não é liberado para atmosfera, o país recebe um crédito, que pode ser negociado com outro país por meio de valores, ou financiamento de desenvolvimento sustentável (projetos que proporcionem benefícios a longo prazo) em países em desenvolvimento.

Em 2005, cerca de 40 países conseguiram reduzir as emissões de GEE com base nos dados de 1990, porém, de acordo com a Tufanni (2015), o quadro geral de emissão de 2005 a 2012 sofreu um aumento de 16,2%. Ou seja, o Protocolo de Kyoto mostrou-se ineficiente em limitar o aumento do aquecimento global. Talvez isso tenha ocorrido por ter sido um acordo de “mão única”, em que apenas os países desenvolvidos tiveram que assumir reais responsabilidades.

Apesar dos objetivos não terem sido alcançados quantitativamente, o Protocolo foi de suma importância, pois deixou um legado sobre conscientização ambiental e abriu espaço para novas discussões sobre as atividades do homem e as mudanças climáticas.

A fim de reforçar a luta contra o aumento da temperatura do planeta surgiu na 21 COP, o substituto do Protocolo de Kyoto, o “Acordo de Paris”. Esse se trata de um acordo mundial em que os países se comprometem em manter o aquecimento global abaixo de 2°C nos próximos 100 anos.

Diferentemente do de Kyoto, que levou 8 anos para obter o número mínimo de ratificações exigido pela ONU, esse tratado entrou em vigor 1 ano após o seu anúncio. Em 2017, 195 países assinaram e 147 ratificaram (FIA, 2020).

O Tratado de Paris propôs liberdade aos países para definirem como podem colaborar, mas exigiu a criação de um documento denominado NDC (Contribuições Determinadas em Nível Nacional), cuja finalidade é formalizar suas atividades. No NDC deve conter as ações e as estratégias que serão adotadas pelos países para reduzirem as emissões de GEE.



Além de reforçar as ameaças da mudança de clima, o Acordo de Paris estimula os integrantes a pensarem em formas de lidar com os impactos provocados por ela. Ou seja, indiretamente, conduz as nações ao desenvolvimento sustentável.

O Acordo de Paris não possui obrigatoriedade, mas é um fator importante na agenda política daqueles países que o ratificaram. De forma geral, a meta do Tratado é promover a colaboração entre a sociedade civil, instituições financeiras e o setor privado para ampliar e fortalecer os movimentos que atenuem o aquecimento global, seja por meio do compartilhamento de informações e tecnologia, ou através incentivos financeiros entre os signatários.

## **2.5. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**

A Agenda 2030 é um acordo global que surgiu em setembro de 2015, que tem como objetivo ascender o desenvolvimento das nações do mundo e melhorar a qualidade de vida de todos os habitantes do Planeta.

Esse acordo conta com 17 objetivos, os quais incluem ações de diferentes níveis de governo, empresas, organizações e a sociedade como um todo. De forma geral, os objetivos são interconectados e abordam assuntos como: erradicar a pobreza e prover dignidade a todos, promover sociedades pacíficas e justa para todos, proteger os recursos naturais e o clima para a geração atual e futura, assim como garantir vidas prósperas em harmonia com a natureza (ONU).

## **3. DISCUSSÃO**

A preocupação com o crescimento populacional e a utilização dos recursos naturais não é de hoje. Vimos que desde 1800, cientistas discorrem suas ideias sobre as possíveis consequências do aumento demográfico, principalmente em relação aos impactos ambientais provocados por ele.

Os debates a respeito do meio ambiente se intensificaram a partir da Revolução Industrial, pois foi o marco da “apropriação do meio”, assim como a “transformação” do mesmo em bens de consumo. Se analisarmos, a Revolução Industrial foi um período de grande desenvolvimento tecnológico, foi quando surgiram as primeiras máquinas a vapor e, posteriormente, as locomotivas a vapor. Com isso, houve uma grande mudança nos modos de produção, que passou de pequena (manufatura) para grande escala (máquinas). Além disso, a comercialização dos

produtos sofre uma expansão, pois com as locomotivas, a troca de mercadorias se tornou mais fácil intensificando a apropriação do homem sobre o meio ambiente.

A preocupação ambiental sempre esteve presente, mas nunca foi tratado como prioridade, a economia e questões políticas sempre foram o foco principal. Contudo, após a Segunda Guerra Mundial, o homem começou a perceber as consequências das transformações provocados por ele sobre a natureza.

A sociedade havia acabado de sair de um período de estagnação da economia, que foi provocado pelas guerras e pela Grande Depressão (1929 – 1939). De acordo com Hibbard (2007), “após a Segunda Guerra houve uma aceleração dos ritmos de interação e transformação entre o homem e o meio ambiente”, foi registrado um crescimento expressivo da atividade econômica, da produção de bens de consumo e da utilização dos recursos renováveis e não renováveis (Santos, 2009).

Esse “domínio” sobre o meio ambiente gerou impactos ambientais que passaram a ser mais notórios por volta da década de 60. Os desastres ambientais se tornaram mais frequentes, as mudanças climáticas mais perceptíveis, registro de chuva de ácida, poluição do ar e da água, entre outras consequências.

Com a resposta da natureza as ações humanas, inicia-se o processo de discussões ambientais. O primeiro debate foi a Conferência de Estocolmo, que foi de suma importância para que houvesse aproximação entre o meio ambiente e os direitos humanos e, também, para reestrutura o conceito de desenvolvimento econômico a partir da sustentabilidade.

Obviamente, na reunião realizada pela ONU ocorreu um conflito de interesses; países em desenvolvimento alegavam precisar dos recursos naturais para se desenvolverem, e os já desenvolvidos afirmavam que era preciso a utilização para se manter. Em relação ao Brasil, que passava pelo chamado “milagre brasileiro”, foi um dos países que mais defendeu a utilização dos recursos naturais sem se importar com a preocupação ambiental,

Contudo, com todos os argumentos apresentados, discussões realizadas durante os 11 dias, os participantes compreenderam que os recursos disponíveis na natureza necessitam de gestão, para que não se esgotem, e para que as gerações futuras possam ter acesso a eles.

Após a conferência de Estocolmo, outros encontros aconteceram, todos eles com o mesmo objetivo de discutir e cuidar do meio ambiente. Podemos dizer que a questão ambiental passou por um processo de evolução. Em 1972 houve o

despertar, foi considerado algo mais teórico e, com o conceito de desenvolvimento sustentável fundamentado, os eventos posteriores serviram para aprimorar as práticas sustentáveis.

### 3. DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

O planeta Terra recebeu, somente em 2020, 32.318 milhões de toneladas de dióxido de carbono decorrentes das atividades antropicas, se forem somadas as emissões de CO<sub>2</sub> da última década, atinge-se o valor de 332.219,6 MtCO<sub>2</sub>. A grande questão é se o Planeta tem condições de absorver tamanha quantidade de gases poluentes e gases estufa lançados em tão curto espaço de tempo.

#### 3.1. Efeito Estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural, o qual torna possível a vida na terra. A atmosfera é composta por gases denominados de gases de efeito estufa (GEE), que são responsáveis por absorver parte da radiação recebida sobre a superfície da Terra e, assim, manter uma temperatura ideal para a existência de vida no planeta.

Um dos principais gases é CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), que é responsável por 60% do efeito estufa. Nos últimos séculos a concentração desse gás na atmosfera cresceu significativamente, com isso, a capacidade de reter calor também aumentou, provocando um aumento na temperatura média do planeta.

O principal registro do aumento na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera foi no período da Revolução Industrial, devido a utilização de combustíveis fósseis (carvão e petróleo). Com invenção dos meios de transporte, o consumo desses combustíveis se tornou cada vez maior e, conseqüentemente, a emissão de poluentes também. Além disso, outro setor que registra alto consumo de combustíveis fósseis é o de geração de energia, pois a matriz mundial, ainda depende deles para suprir a demanda.

Outro responsável pelo efeito estufa é o CH<sub>4</sub> (metano), que representa de 15 a 20%. As principais fontes de emissão desse GEE, segundo CETESB, utilização de gás natural, o setor de agronegócio (devido a decomposição realizada por bactérias no aparelho digestivo do gado), decomposição de bactérias em aterros sanitários, mineração e plantações de arroz inundadas.

Em menores concentrações, tem-se o N<sub>2</sub>O (óxido nitroso) com 6%, que é proveniente de microrganismos no solo (devido a fertilizantes e produtos químicos), e também, CFC's (clorofluorcarbonos), liberados por fluidos utilizados em refrigeradores, aerossóis e entre outros, por último, O<sub>3</sub> (ozônio).

A concentração desses gases na atmosfera torna a capacidade de absorção de calor maior, provocando aumento na temperatura média do planeta, que promove simultaneamente a escassez de água, desertificação, descongelamento de geleiras (aumento do nível do mar) e entre outros impactos ambientais.

Devido a todas essas mudanças provocadas no mundo, os líderes mundiais passaram a voltar os seus olhares para essas questões e a debater sobre medidas que podem ser tomadas para amenizar os impactos sobre a natureza e, conseqüentemente, sobre o homem.

### **3.2. Crescimento Exponencial dos Gases Poluentes**

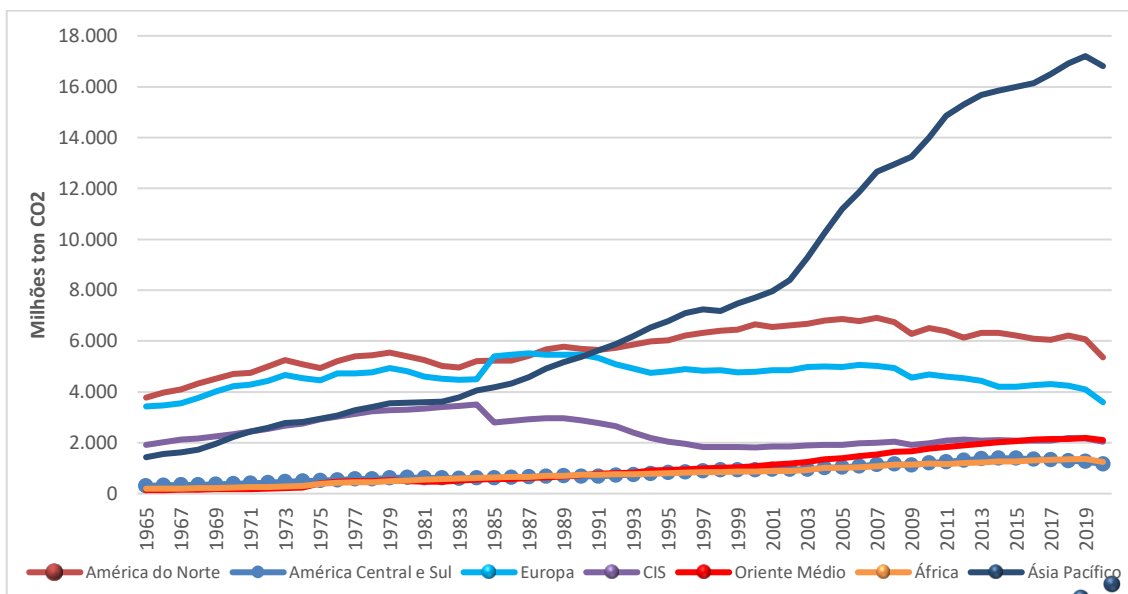
Verifica-se um crescimento exponencial das emissões de CO<sub>2</sub>, na região Asia-Pacífico, a qual inclui os dois países com a maior população do planeta – China e Índia - cujas economias engajaram nas últimas décadas. Essa expansão econômica incorporou grande parcela da população que, com o padrão de vida mais alto, começou a ter maior consumo de energia, e por tabela, maior emissão de gases poluentes. A emissão de gases estufa nessa região cresceu uma taxa de 4,14% a.a. entre 1999 e 2019, e passou de 7.471,2 MtCO<sub>2</sub> para 16.412,5 MtCO<sub>2</sub> em exatos 20 anos.

Todavia, duas regiões mostram também crescimento na emissão de GEE, embora nem de longe se comparam ao do continente asiático, trata-se da América do Sul e Central com 1.157 MtCO<sub>2</sub>, contribuindo com 3,58% do total, e da África com 1.254 MtCO<sub>2</sub> com uma participação de 3,88%, ligeiramente maior à região antes mencionada. Por outro lado, três regiões verificam queda nas emissões de gases estufa, a que inclui a Federação Russa e alguns países da ex URSS, a queda é por conta do colapso econômico e social vivenciado por aquela região. As outras duas regiões são a Europa e a América do Norte que implementaram projetos e programas de eficiência energética. Europa lançou ao meio-ambiente 3.696,8 MtCO<sub>2</sub> em 2020 uma queda de 1.919 MtCO<sub>2</sub> quando se compara com 1989, ano do pico das emissões do continente, já América do Norte lançou 6.556,77 MtCO<sub>2</sub> no ano de 2007 quando se registrou o maior volume de gases poluentes lançados, por outro lado em 2020 foram emitidos 5.348,1 MtCO<sub>2</sub>, uma queda de 22,6% em relação ao ano pico (BP, 2021).

Pode-se afirmar que a forte inserção de tecnologias que não dependem de nenhum derivado de petróleo ou de qualquer outro combustível fóssil para seu funcionamento, estão se expandindo e crescendo sobre alicerces firmes, tanto na

geração de eletricidade como no setor de transporte. Além do mais, campanhas de conscientização instruindo à população adquirir hábitos de consumo de energia responsáveis e comprometidos com o meio-ambiente e, paralelamente lançando programas de eficiência energética, na maior parte dos países, pode acelerar a diminuição da emissão de gases estufa

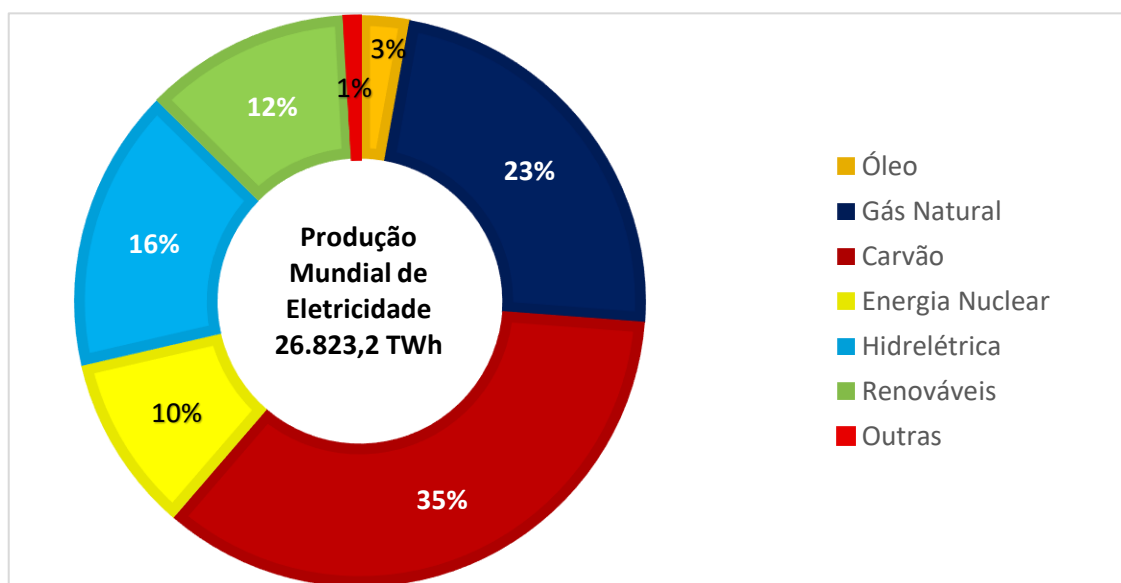
Gráfico 1 - Emissão de Dióxido de Carbono Equivalente por Continente



Fonte: elaborado por MS a partir de BP Report, 2021

A matriz mundial de geração de energia elétrica em 2020 apresentava o valor de 26.342,248 TWh e é baseada de maneira contundente nos combustíveis fósseis com forte predomínio do carvão (35%), que é com certeza o combustível fóssil mais poluente. O cenário atual de 61% da eletricidade produzida a partir de combustíveis fósseis não deve mudar a curto prazo (*Ceteris Paribus*). Primeiro, porque em termos de economia de escala e de economia de escopo, o petróleo ainda é imbatível. Segundo, mesmo com os esforços de entidades supranacionais e esforços individuais de celebridades de diferentes áreas para chamar atenção sobre o aquecimento global e as mudanças climáticas em curso, porque líderes políticos, embora saibam dos impactos e das ameaças provocados pelos gases poluentes, não estão completamente convencidos e temem que a sua economia e desenvolvimento sejam comprometidos.

Gráfico 2 - Mundo: Geração de Eletricidade por Combustível



Fonte: elaborado por MS a partir de BP Report, 2021

Contudo, apesar desse futuro sombrio se pode antever que no médio prazo a situação pode mudar. A queda de 64% para 61% na participação dos combustíveis fósseis na produção de energia elétrica em apenas um ano mostra a maciça inserção das fontes renováveis, cuja parcela foi ampliada de 10,33% para 11,73%. Em valores absolutos significa que os combustíveis renováveis forneceram 3.147 TWh em 2020 um aumento de 327,875 MWh em relação a 2019 (BP, 2021).

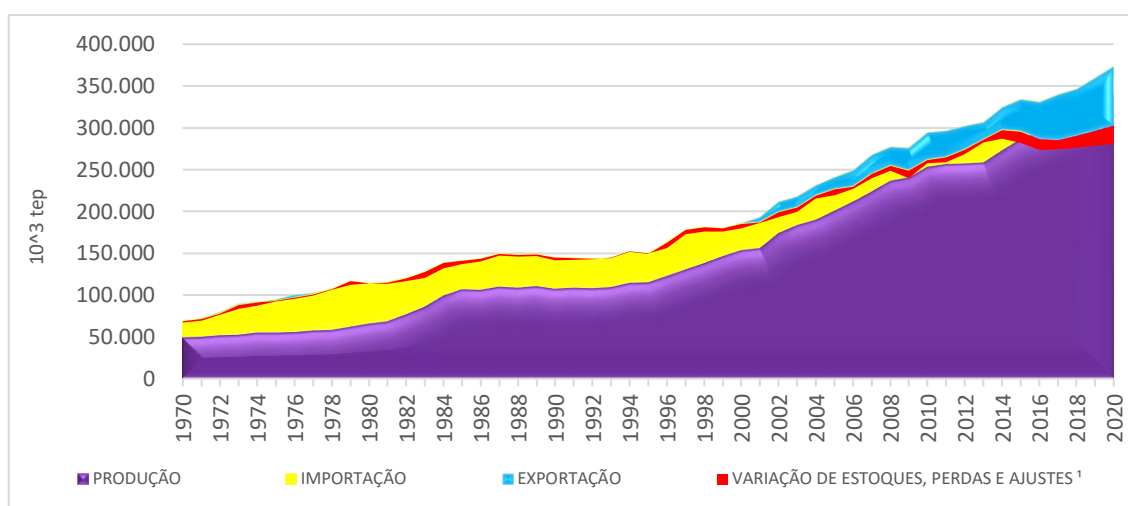
### 3.3. Brasil: Contribuição de Combustíveis fósseis na Emissão de CO<sub>2</sub>

O gráfico abaixo mostra a evolução da produção de energia primária nos últimos cinquenta anos. Evidencia-se pelo gráfico que houve momentos de estagnação, por volta da década de oitenta, e de períodos em que houve crescimento acelerado como tal qual mostra o intervalo de 1999-2014. Esse período mostra uma taxa de crescimento de 3,31% ao ano.

Deve-se interpretar o gráfico da seguinte maneira: a produção líquida é a que de fato demandou o mercado e ela contempla a soma da produção de energia primária (cor roxo) mais a importação de energia (cor amarela), a essa energia disponível deve subtrair-se a exportação de energia primária (cor azul-celeste) mais as perdas e a variação de estoque (cor vermelha). Feito esse esclarecimento sobre a interpretação da figura, menciona-se que em 2020 a produção líquida de energia primária foi de 340.564.000 de toneladas equivalentes de petróleo (tep) que somadas as importações

atingiu os 373.133.000 tep, que é a energia bruta da qual devem subtrair-se 70.881.000 tep destinados para exportação e 21.381.000 tep contabilizados como perdas e variação de estoque. Portanto, para atender a demanda, em 2020, foram disponibilizados 280.871.000 tep consumidos pelos diferentes setores.

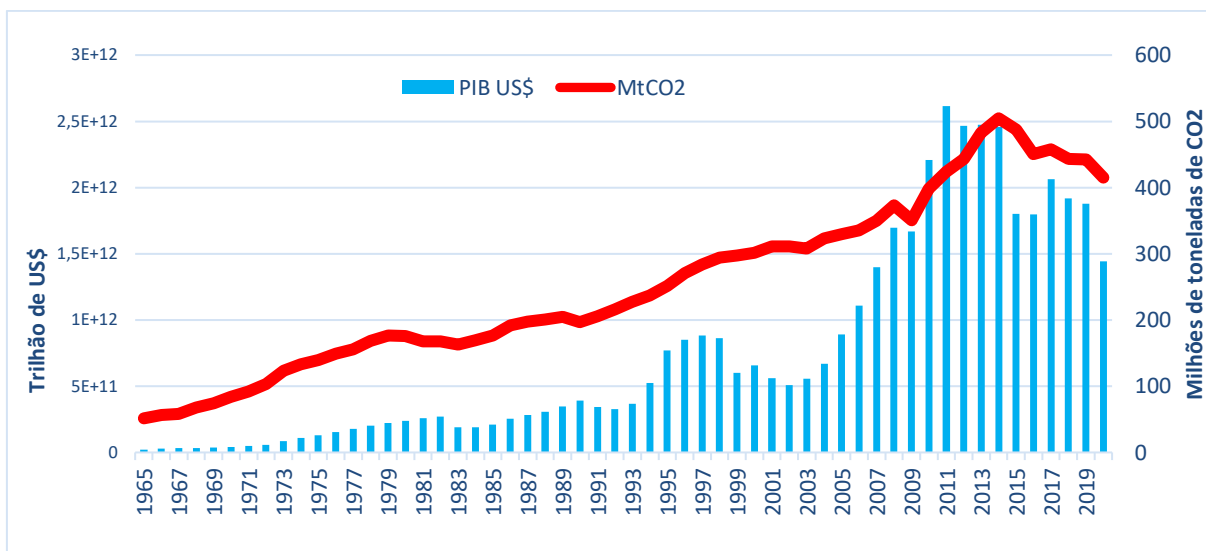
Gráfico 3 - Brasil: Histórico da Produção Líquida de Energia Primária



Fonte: elaborado por MS a partir de BEN, 2021

A produção líquida de energia primária coincide com o total de oferta de energia que se disponibiliza para seu uso, seja com finalidades energéticas ou não. O perfil da produção de energia deu como resultado o gráfico 4, a qual evidencia o crescimento das emissões de dióxido de carbono pelo Brasil. Nela é possível observar que o comportamento da curva acompanha os ciclos de expansão e retração da economia brasileira, situações essas que definem o consumo de energia. O ano da maior quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> foi em 2014, com 508,8 MtCO<sub>2</sub>, que coincide com o período de maior crescimento do PIB, que se registrou em 2011, mas pela inercia do embalo econômico alcançou 2014. Desde então, o país tem sua atividade econômica diminuída, em 2020 o PIB foi de US\$ 1,445 trilhão, se refletindo na emissão de gases estufa. Cabe lembrar que o total das emissões de gases estufa inclui as emissões provenientes das queimadas na região amazônica. A contribuição do setor de transporte é a mais significativa, fato que será discutido em próximos tópicos. O Brasil por ter uma matriz hidrelétrica predominantemente o peso do setor elétrico na emissão de gases estufa é marginal, como se discutirá a seguir (BP, 2021).



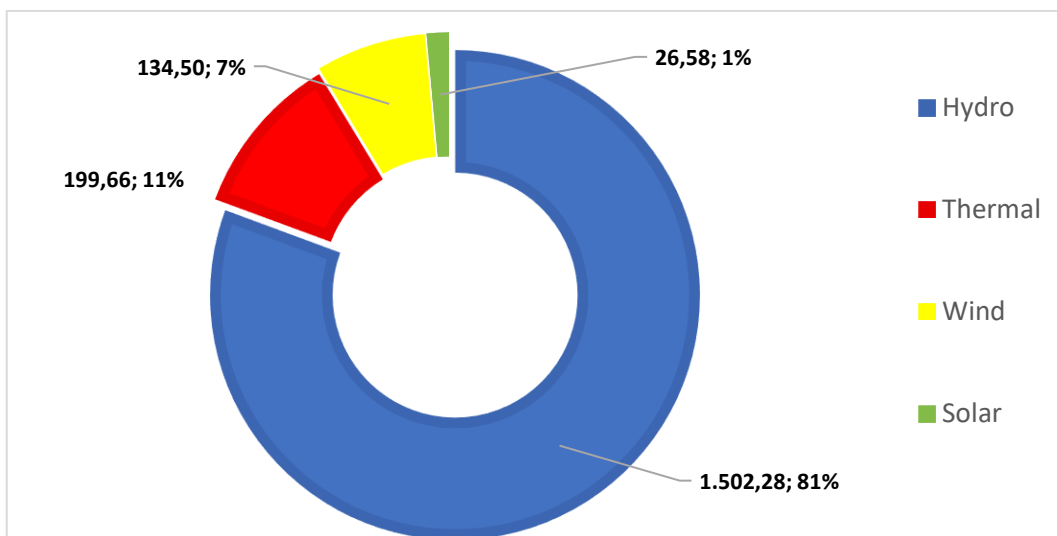
Gráfico 4 – PIB vs Emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil

Fonte: elaborado por MS a partir de BP Report, 2021 e World Bank 2022

### 3.3.1. Na Geração de Energia Elétrica

O Brasil, junto a Noruega, Colômbia, Chile e Canada, destaca-se por possuir uma matriz de oferta de energia elétrica predominantemente hídrica, essa dependência hidrelétrica já chegou a ser de mais de 90%, fato que deixou o país muito vulnerável, energeticamente falando. A crise de energia em 2001 colocou em evidência essa vulnerabilidade, claro que a dependência da pluviometria não foi a única responsável pela crise, a falta de visão do governo FHC (Fernando Henrique Cardoso) e sua leviandade no tratamento ao setor energético também contribuiu com a severa crise. Para constatar a relevância da hidreletricidade no país, apresenta-se a Figura 5, que mostra de forma contundente a contribuição da fonte hídrica na produção de eletricidade acumulada do sistema interconectado nacional (ONS, 2022).

Gráfico 5 - Produção de Energia Elétrica Acumulada em GWh/dia



Fonte: elaborado por MS a partir de ONS, 2022

Como se observa, o recurso hídrico é responsável por 81% da eletricidade produzida, é claro que isso varia conforme a disponibilidade de água nos reservatórios e da pluviosidade a montante das bacias na estação da chuva. A ausência de água obriga o governo declarar “crise hídrica” e acionar as turbinas a gás natural, combustível importado, e assim elevar as tarifas. No gráfico apresentado acima, as termelétricas contribuem com 11% da eletricidade produzida, a geração eólica tem papel relevante com 7%, já a geração fotovoltaica detinha apenas 1% da energia elétrica.

### 3.3.2. Tecnologias

As fontes utilizadas para geração de energia podem ser renováveis ou não-renováveis. As não-renováveis são aquelas que provocam grandes impactos ambientais e cujo recurso é limitado, como é o caso dos combustíveis fósseis (petróleo e seus derivados e o carvão mineral) e energia nuclear. Já as renováveis, como o próprio nome sugere, é o oposto, como por exemplo: hídrica, solar, eólica, biomassa, oceânica e geotérmica.

Em relação a geração de energia, os combustíveis fósseis são comumente utilizados em termoelétricas, que são responsáveis por atender praticamente metade da demanda mundial de energia.

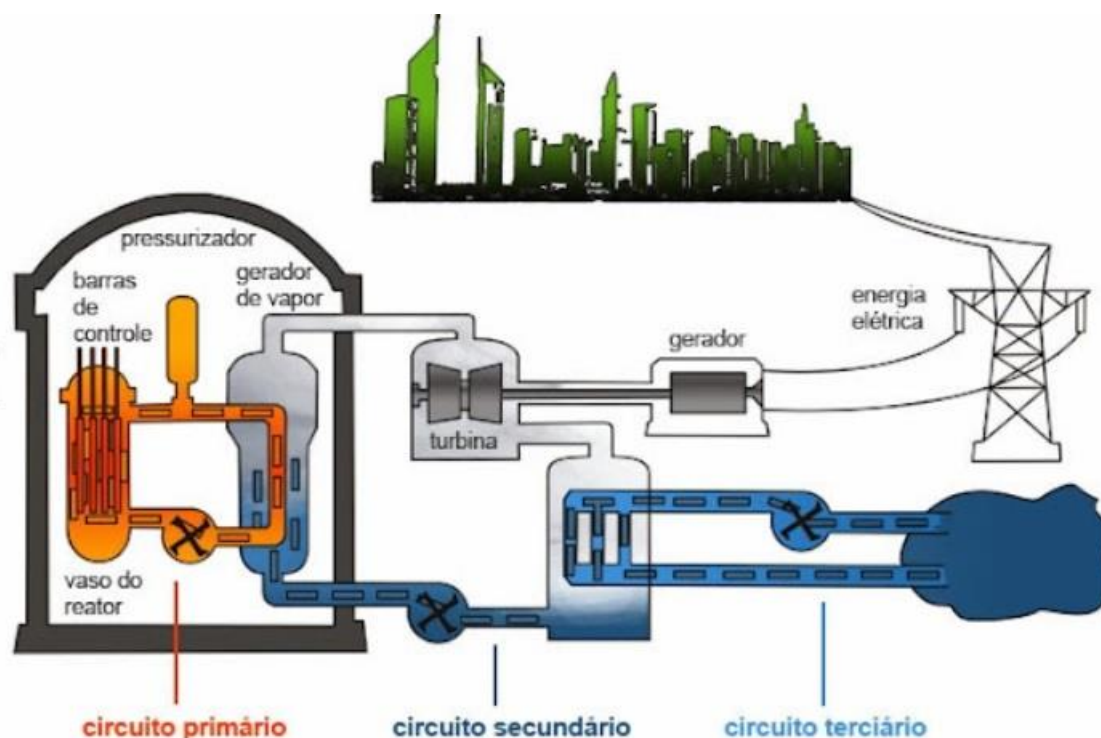
## Termoelétricas

O principal fluido de trabalho de uma termoelétrica é a água, ou melhor dizendo, vapor d'água. Em uma caldeira, ocorre a queima do combustível fóssil, que libera calor, e esse calor é utilizado para aquecer a água contida nos tubos e transformá-la em vapor. Esse vapor, que está em alta pressão e temperatura, faz girar as turbinas que acionam o gerador elétrico.

A energia gerada nos geradores é conduzida para o transformador, a água é resfriada no condensador e retorna para os tubos da caldeira, iniciando assim, um novo ciclo.

As termoelétricas são altamente eficientes, o processo de geração de energia é rápido e em grande escala. Contudo, durante o processo de queima do combustível, uma grande quantidade de CO<sub>2</sub> é liberada para a atmosfera, e como visto anteriormente, esse gás é um dos principais causadores do efeito estufa.

Figura 1 – Esquematização de uma usina termoelétrica



Fonte: Andreazzi, 2013

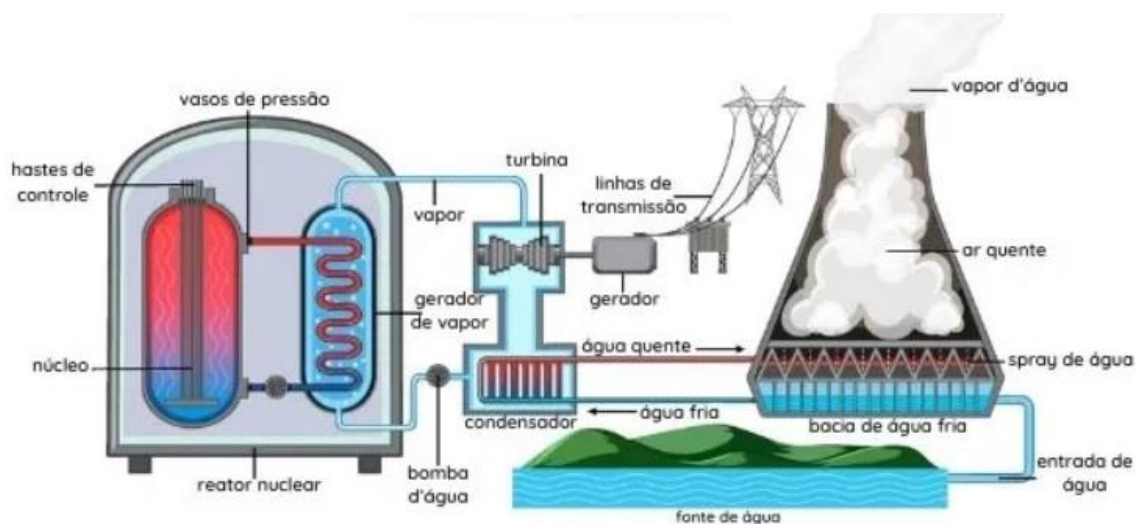
## Energia Nuclear

As usinas nucleares têm o processo de geração de energia semelhante ao das termoelétricas. Porém, nesse caso, o calor deixa de ser gerado através da queima

do combustível e passa a ser gerado por meio da fissão de partículas de urânio (processo que ocorre dentro de um reator nuclear).

É fato que as reservas de energia nuclear são bem maiores que as de combustíveis fósseis, e a emissão de GEE é praticamente nula, no entanto, a implantação dessas usinas requer um estudo muito maior, devido a geração de lixo atômico, acidentes e custos de operação e manutenção.

Figura 2 – Esquemática de uma usina nuclear



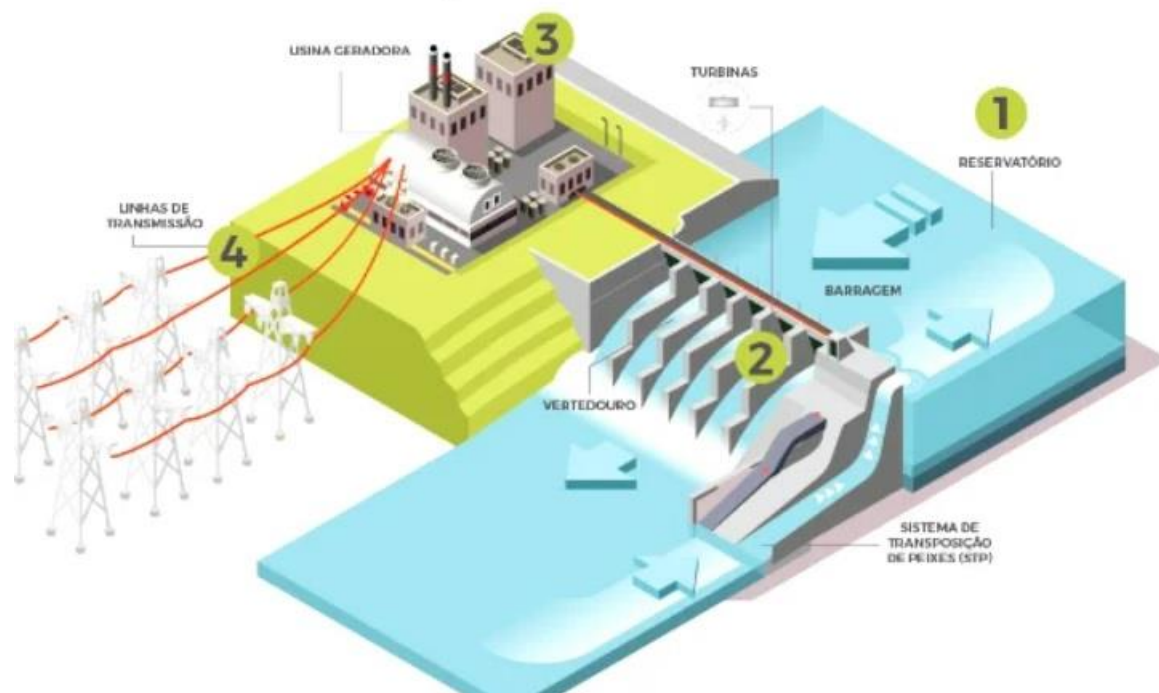
Fonte: Novais, [s,d].

### Energia Hidrelétrica

Essa é a energia renovável mais utilizada no Brasil, ela representa mais de 80% da matriz elétrica brasileira.

Em usinas hidrelétricas a energia elétrica é gerada por meio do aproveitamento da força e volume da água. São criados reservatórios controlados por barragens, que regulam o nível da água. A água represada segue por aqueduto, em alta pressão, e passam por turbinas, que giram devido ao movimento do fluido, e acionam os geradores da usina. Esse gerador transforma a energia mecânica em elétrica, a energia gerada segue para o transformador, que aumenta a tensão da mesma e faz com que ele chegue até o consumidor final.

Figura 3 – Esquemática de uma usina hidrelétrica

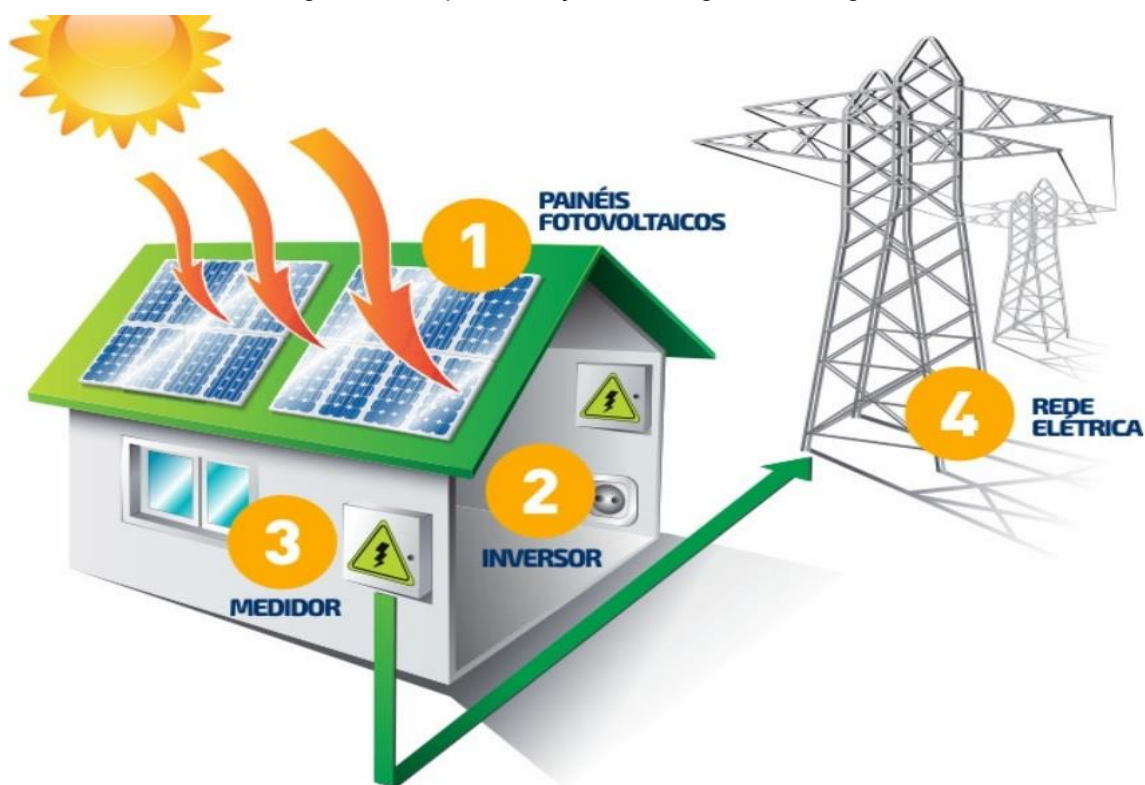


Fonte: Gouveia, [s,d].

### Energia Solar

A energia solar é aquela proveniente da luz do sol, considerada como uma fonte de energia sustentável e renovável. O seu aproveitamento é vasto, podendo ser aplicada em tecnologias como solar fotovoltaica, térmica e heliotérmica. Quando se trata de geração de energia elétrica tendo como fonte a radiação solar, fala-se do sistema fotovoltaico.

Esse tipo de sistema realiza a conversão imediata da radiação solar em elétrica e é comumente utilizado a fim de suprir a demanda energética de determinado local, seja uma residência ou indústria. As células fotovoltaicas são compostas por um material semicondutor que, com a incidência da radiação, sofre uma movimentação dos elétrons sendo, em seguida, captados por um campo elétrico, o qual foi gerado devido a uma diferença de potencial no material, ocorrendo a geração de eletricidade. Tal eletricidade pode ser armazenada em baterias ou injeta na rede elétrica, cujos sistemas são denominados respectivamente, *off-grid* e *on-grid*.

Figura 4 – esquematização da energia solar *on-grid*

Fonte: WEC<sup>2</sup>, 2019

### Energia Eólica

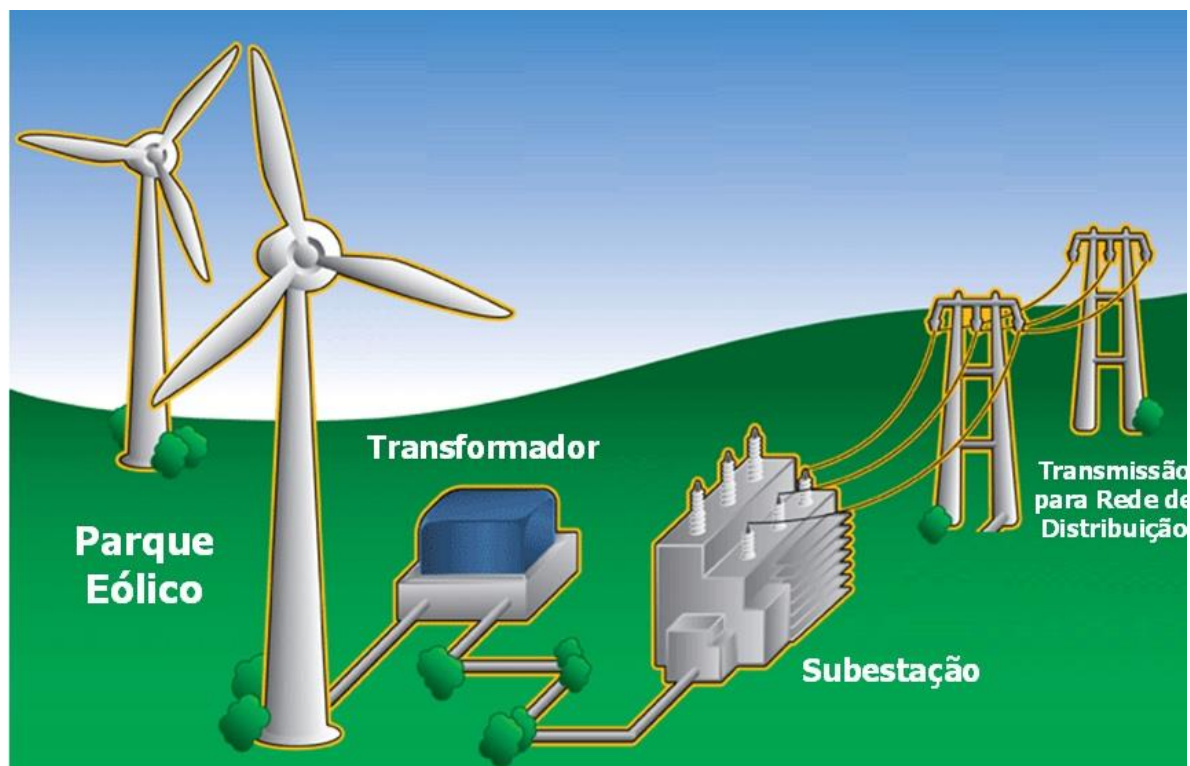
No Brasil, a geração de energia por meio dos ventos teve um aumento expressivo nas últimas décadas. Segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), o potencial eólico brasileiro pode alcançar 500GW, o que é o suficiente para produzir duas vezes a quantidade demandada atualmente.

As usinas eólicas, ou denominadas parques eólicos, possuem diversos aerogeradores, que são compostos pela torre, rotor e nacelle. É na nacelle que ficam o multiplicador de velocidade e o gerador elétrico.

A força e movimento dos ventos é responsável por girar o rotor, que movimenta o eixo principal, a energia gerada por esse movimento passa pelo multiplicador e segue para o gerador. A eletricidade produzida desce pela torre e segue em direção a subestações, sofre um aumento de tensão e depois segue para a rede e chega ao consumidor final.



Figura 5 – Usina eólica



Fonte: CBIE, 2020.

### Energia de Biomassa

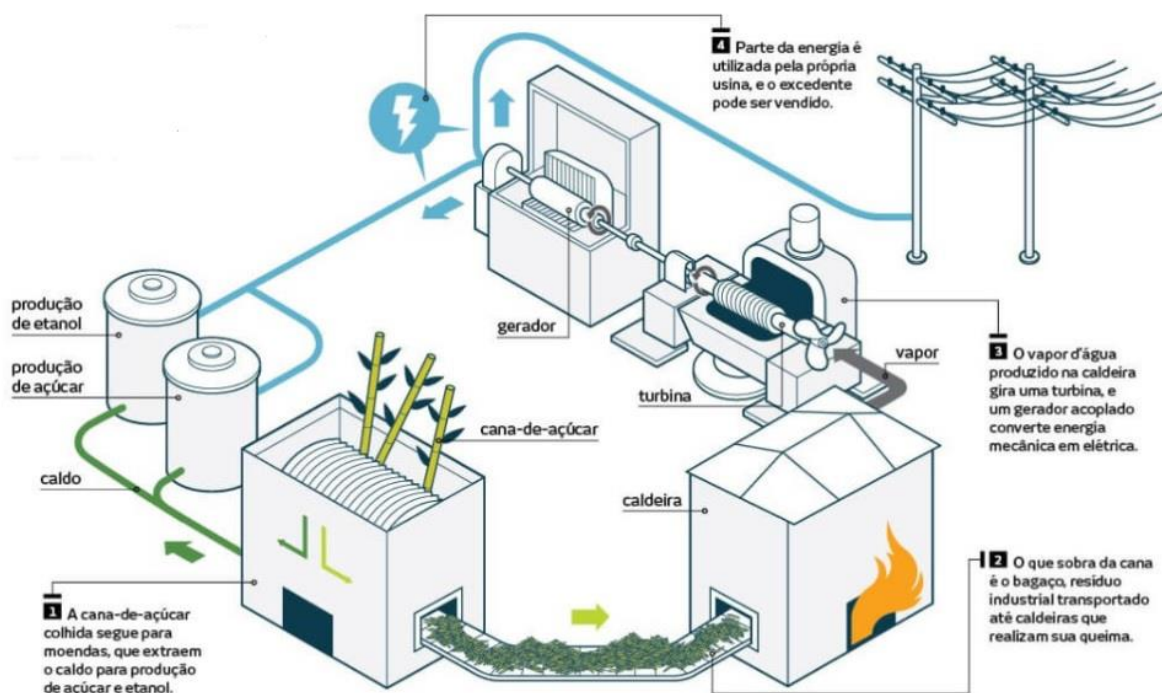
De forma geral, a energia é gerada através da queima de matéria orgânica, pode ser de origem animal ou vegetal.

A queima dos resíduos é utilizada para gerar calor e aquecer a água da caldeira, que ao se transformar em vapor movimentada a turbina, que aciona os geradores.

O processo de geração é bem semelhante ao dos combustíveis fósseis, também envolve um processo de queima, mas por se tratar de matéria orgânica, o  $\text{CO}_2$  liberado é absorvido pelas plantas para o processo de fotossíntese. Nesse processo, o  $\text{CO}_2$  é transformado em hidratos de carbono e oxigênio.

No Brasil, conforme apresentado por Macedo (2001), existem algumas tecnologias que são definidas de acordo com a quantidade de biomassa disponível. Sendo os de pequena escala (1 MW), na qual a biomassa é utilizada para transformar água em vapor ou utilizar gaseificadores de biomassa a motores Diesel ou Otto. E os de média/grande escala, normalmente utilizados em agroindústrias de cana-de-açúcar ou celulose (sistema de cogeração).

Figura 6 – Utilização da biomassa para geração de energia



Fonte: Energês, 2020.

### Energia Oceânica

Os principais países produtores desse tipo de energia são: Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, China, Coreia, Índia, Brasil, Argentina e Alasca.

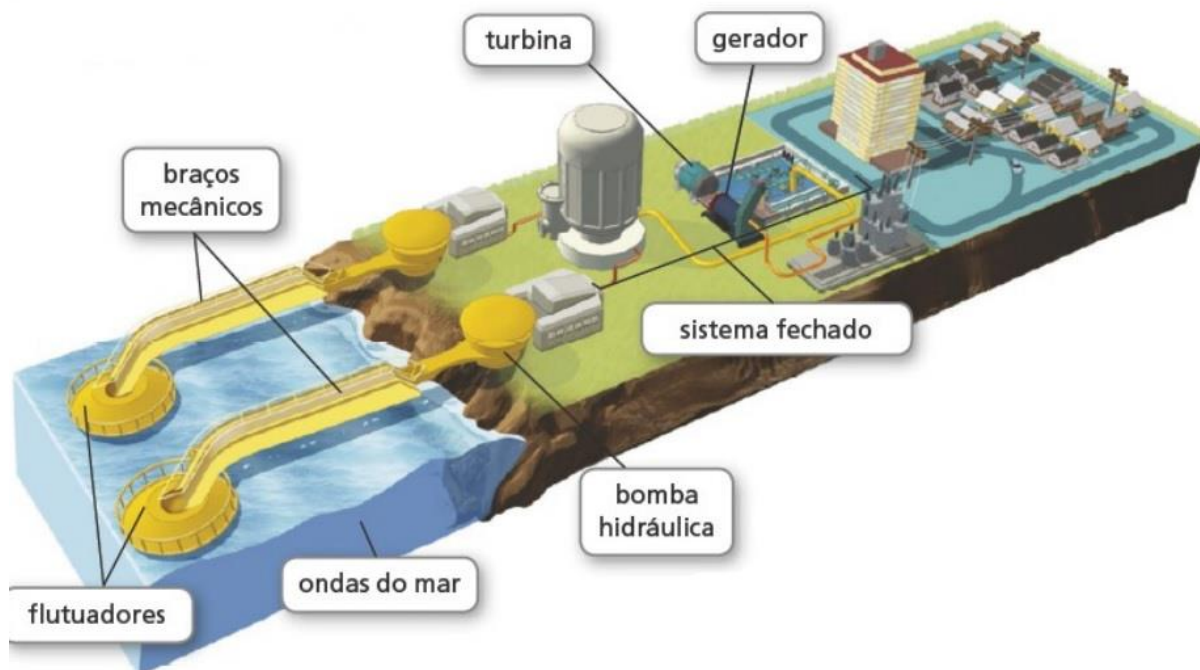
Pode-se aproveitar o movimento dos oceanos por meio das ondas, marés e correntes. A conversão da energia das ondas em energia elétrica ocorre por meio de flutuadores, que aproveitam o movimento das colunas de água para pressurizar algum líquido, que depois é direcionado até uma turbina semelhante ao das hidrelétricas (onde ocorre um processo análogo para geração de energia).

Por sua vez, a energia proveniente das marés é relacionada a oscilação do nível do mar, nesse caso, ocorre um represamento da água quando a maré está alta e, quando ela estiver baixa, utilizar a energia potencial e cinética para acionar turbinas, também semelhantes ao funcionamento dos reservatórios das hidrelétricas.

Por fim, em relação a energia das correntes, ocorre a transformação de energia cinética em elétrica, com um processo análogo ao das usinas eólicas.



Figura 7 – Usina oceânica de flutuadores



Fonte: Silva, 2018.

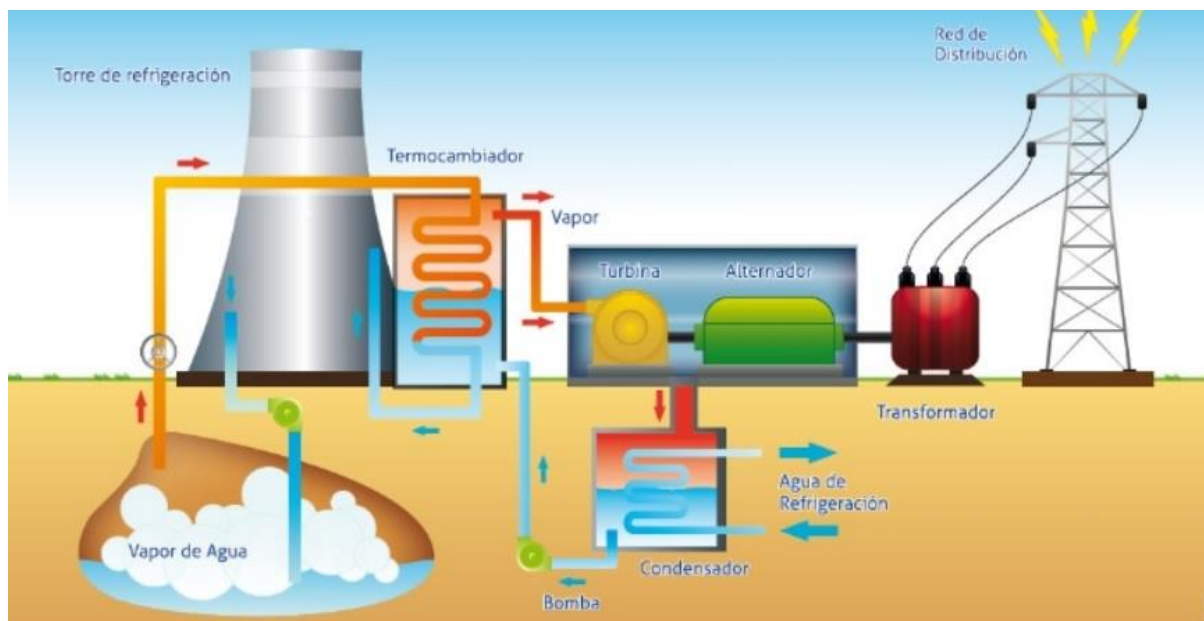
### **Energia Geotérmica**

Essa é a energia renovável que usufrui do calor do interior da Terra. São realizadas perfurações na superfície da Terra até seu interior, onde estão vapor e água quente, que são utilizados para acionar turbinas que estão conectadas a geradores de eletricidade.

O primeiro registro da utilização dessa fonte de energia foi em 1904, na Itália, e desde então essa energia renovável entrou em expansão. Atualmente, 25 países contam com a sua participação na matriz elétrica, sendo o principal os Estados Unidos, outros países são: Islândia, Indonésia, Filipinas, México, Nova Zelândia, México e Itália.

Embora seja um tipo de usina que possui mais estabilidade que as solares e eólicas, por não serem afetadas por mudanças climáticas, o seu estudo de implementação deve ser cauteloso, pois, por mais que emita pouca quantidade de CO<sub>2</sub> (se comparada aos combustíveis fósseis), ela emite outros gases (dióxido de enxofre e sulfeto de hidrogênio) e, também, provoca tremores na região em que estão instaladas

Figura 8 – Central geotérmica

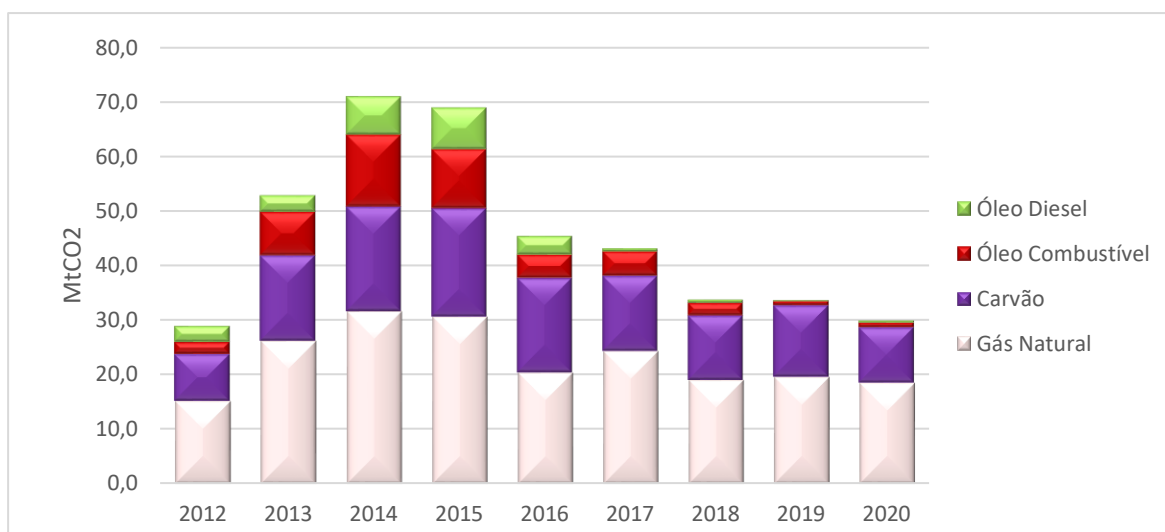


Fonte: Reis, 2019.

### 3.4. Participação da Geração de Energia Elétrica nas Emissões de CO<sub>2</sub>

No que tange às emissões de dióxido de carbono, o setor de geração de eletricidade tem mostrado comprometimento com os acordos internacionais estabelecidos sobre diminuições de gases estufa. Em outras palavras, se constata uma evidente redução das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da indústria de energia elétrica, no gráfico 6 se observa uma redução de 39 milhões de toneladas de dióxido de carbono entre os anos 2014 e 2020. Na prática, houve menos acionamento de termelétricas movidas a óleo diesel e óleo combustível, e inclusive as termelétricas a gás natural operaram menos tempo, fato que não se repetiu em 2021 por conta da baixa pluviosidade nas nascentes das bacias hídricas brasileiras.

Conforme o gráfico 6, pode-se afirmar que no Brasil dois combustíveis fósseis foram responsáveis pela emissão de 30 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2020: o gás natural e o carvão, com 61,50% e 34,0% do total, respectivamente. Por sua vez, a contribuição do setor elétrico no total dos 417,5 milhões de CO<sub>2</sub> emitidos pelo país foi de 7,18%, uma das mais baixas do planeta quando se analisa essa relação.

Gráfico 6 – Brasil: Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Elétrico

Fonte: elaborado por MS a partir de IEA, 2021

### 3.4. No Transporte

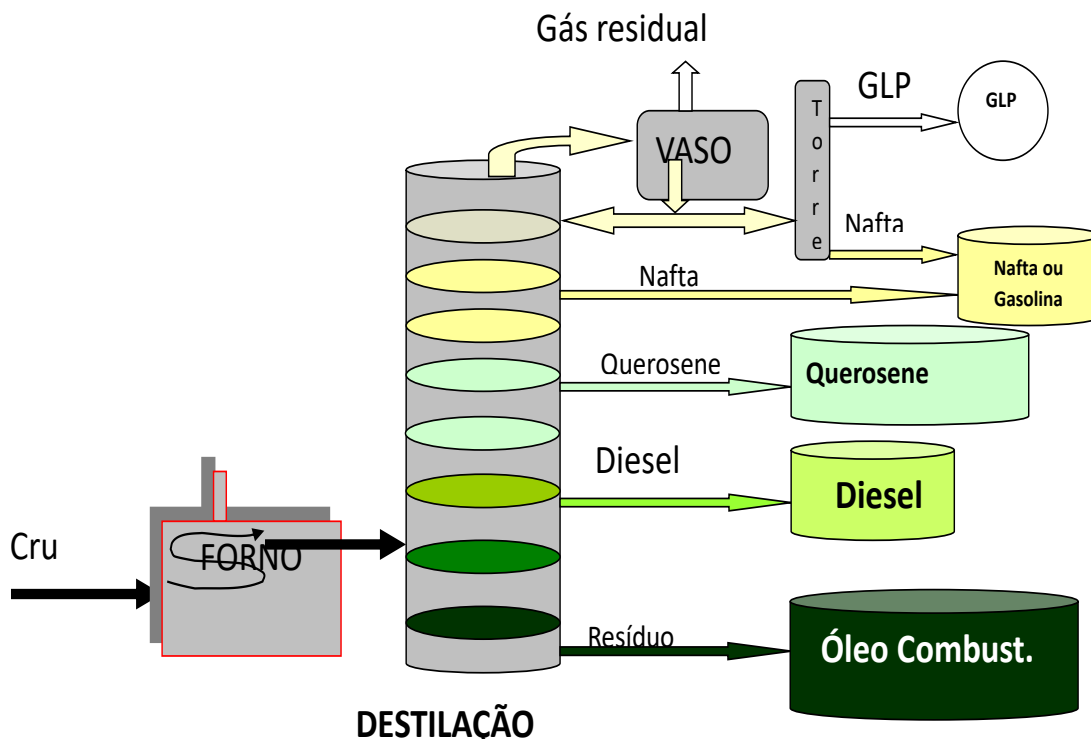
#### 3.4.1. Tecnologias

As principais fontes de energia para os meios transporte são os derivados de petróleo, tais como: gasolina, óleo diesel e combustível para aviação (querosene de aviação – QAV). Obviamente, o petróleo deriva outros produtos, como por exemplo, a parafina.

Os derivados do petróleo são obtidos através da destilação fracionada, que ocorre em uma torre de destilação. Nesse processo, o petróleo bruto é aquecido em uma fornalha e o vapor sobe por uma torre, na qual em cada “fase” ele passa por um processo de resfriamento e o condensado é extraído como um combustível. Então, de forma sucinta, pode-se dizer que o que difere esses produtos são os pontos de ebulição deles.

Em torno de 20°C são extraídos os gases propano e butano, a 150°C a gasolina, a 200°C a querosene, 300°C o diesel, 370°C o óleo combustível e, por fim, a 400°C os lubrificantes e parafinas.

Figura 9 – Destilação de petróleo em uma refinaria



Fonte: elaborado por MS a partir de CBIE, 2018

Existem também “combustíveis renováveis” que provêm de matérias orgânicas. Alguns exemplos são: etanol, biodiesel e biogás. O etanol pode ser obtido do bagaço da cana-de-açúcar, beterraba, milho ou até mesmo do trigo. Qualquer um desses produtos passam por processos físico-químicos para se transformarem em combustível. O biodiesel é obtido a partir de óleos vegetais, por exemplo: semente de girassol, mamona, soja etc. Ele é um grande alternativo ao diesel, que é um derivado de petróleo (fonte não renovável).

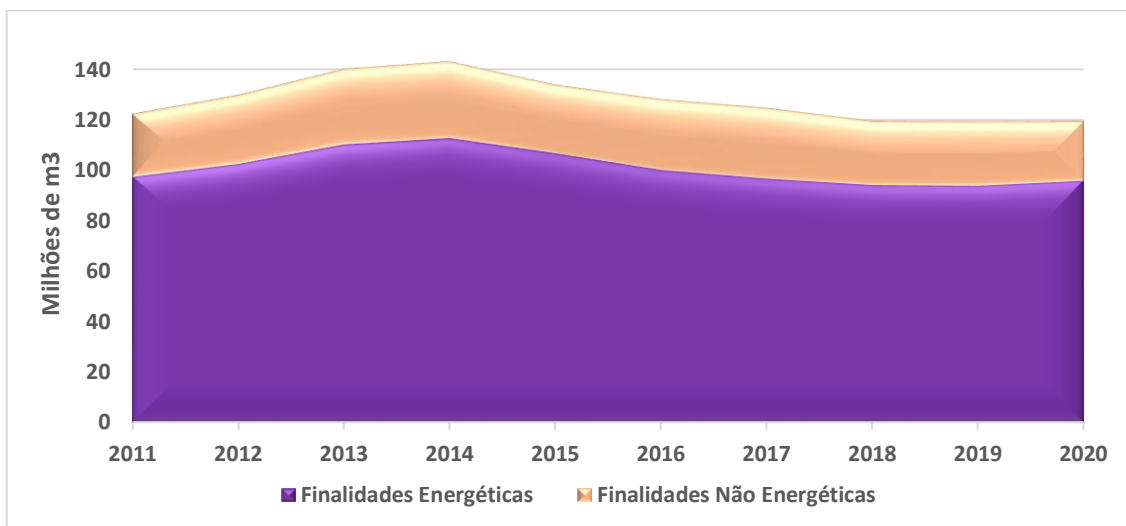
Já o biogás é um combustível que pode ser utilizado em motores, fogões e na geração de eletricidade. Esse combustível é resultado das reações de resíduos orgânicos, na qual as bactérias realizam a decomposição da matéria orgânica e libera metano e dióxido de carbono, que reagem e formam esse elemento. Devido as suas finalidades, ele se torna um ótimo substituto para o gás natural e GLP (gás liquefeito de petróleo).

### 3.4.2. Participação do Setor de Transporte na Emissão de CO<sub>2</sub>

O Brasil, pelo tamanho do seu território deveria ter optado por uma malha ferroviária extensa, no entanto, privilegiou o modal rodoviário, mais custoso de manter e mais vulnerável a fenômenos geológicos como deslizamentos e enchentes, que além disso contribui expressivamente para o consumo e dependência dos derivados de petróleo. Decorrente disso, o consumo de derivados de petróleo, tais como gasolina, diesel e querosene de aviação tem crescido ano após ano. Com uma refinaria de grande porte (REDUC) e duas de porte menor a empresa estatal (Petrobras) tenta atender a demanda doméstica do setor de transporte.

O histórico mostra que há dois tipos de combustíveis provenientes das refinarias: os energéticos destinados para serem utilizados em qualquer tecnologia de transformação de energia e os não-energéticos, cuja finalidade é específica (entre eles a parafina para velas, o asfalto, o coque, etc.). O gráfico 7 mostra uma produção quase monotônica com uma demanda mais alta ocorrida em 2014, onde a produção de combustíveis para fins energéticos chegou a 117.717.532 m<sup>3</sup> e a de não-energéticos 17.435.160 m<sup>3</sup> após esse ano há um declínio tênue, porém contínuo da produção de derivados de petróleo (BEN, 2021).

Gráfico 7 - Brasil: Produção Total de Derivados de Petróleo



Fonte: elaborado por MS a partir de BEN, 2021

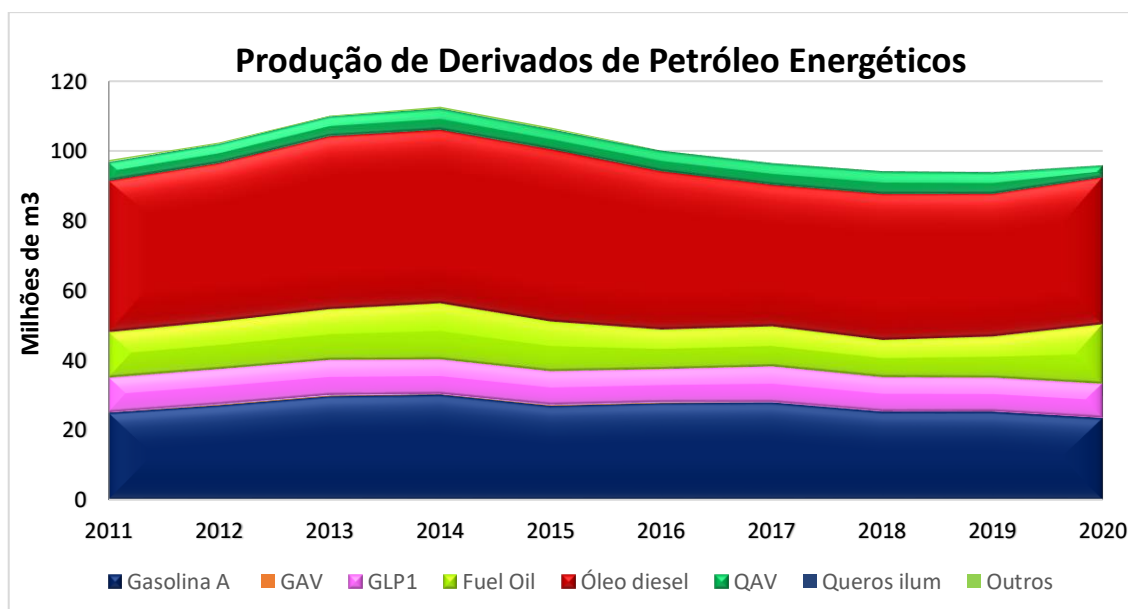
O gráfico 8 destrincha a produção de derivados de petróleo para finalidades energéticas, motivo de nosso estudo. O perfil da produção mostra oito derivados de petróleo destinados para consumo, mas deles apenas cinco são relevantes, visto que

os outros três têm produção irrisória são eles: gasolina de aviação (GAV), querosene para iluminação e outros com 2.216 m<sup>3</sup>, 5.306 m<sup>3</sup> e 0, respectivamente em 2020.

No que diz respeito aos derivados de petróleo com maior demanda no mercado, pode-se observar que há uma diminuição relevante do querosene de aviação (QAV) coincidindo com o período da pandemia provocada pela COVID-19 e a consequente retração das viagens aéreas. Em 2020, foram produzidos 3.332.770 m<sup>3</sup> registrando uma queda de 45% em relação ao ano anterior. A produção de óleo Diesel aumentou 2,97% para ficar no patamar de 42.156.122 m<sup>3</sup>, da mesma maneira, o *fuel oil* (óleo combustível) aumentou 45,12%, com esse aumento sua produção passou para 17.238.550 m<sup>3</sup>.

Uma vez que no Brasil, o óleo combustível não é utilizado para alimentar fornos ou caldeiras, mas é utilizado para alimentar motores de combustão interna, que geram o vapor que é direcionado para movimentar as turbinas. E, como houve retração na indústria, a única explicação para esse aumento pode ser o seu uso na geração de energia elétrica em sistemas isolados, como por exemplo em Manaus. O confinamento obrigatório pode ser a causa do crescimento da demanda de energia elétrica na cidade, significando aumento das emissões de gases poluentes.

Gráfico 8 - Brasil: Produção de Derivados de Petróleo de usos Energéticos



Fonte: elaborado por MS a partir de BEN, 2021

O GLP tem um uso pontual e é no setor residencial, chama atenção sua produção quase invariante nesses dez anos na casa de mais ou menos 10 milhões

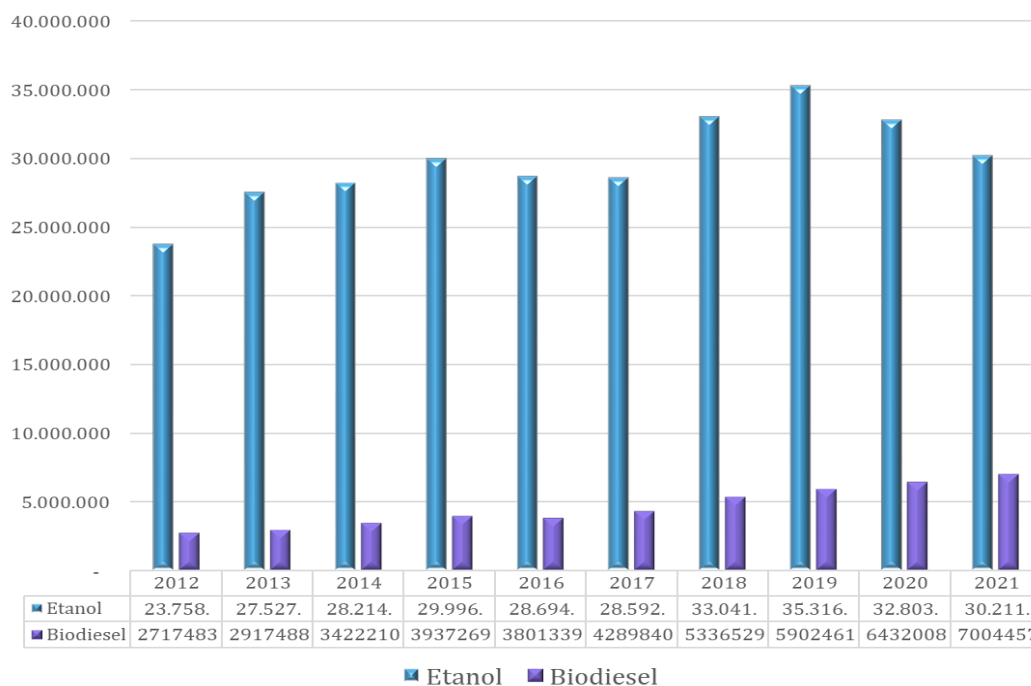
de m<sup>3</sup>. Finalmente, a produção da gasolina classe A registrou uma queda de 7,45% em relação a 2019, chegando nos 23.395.022 m<sup>3</sup> em 2020. Ao todo, em 2020, o Brasil produziu 102.024.495 m<sup>3</sup> de combustíveis derivados de petróleo com finalidades energéticas ou não, um aumento de 3,14% (BEN, 2021).

A experiência de produção de biocombustíveis no Brasil vem de longa data, começou em 1975, logo após o Segundo choque do petróleo, quando foi criado o programa PRÓ-ALCOOL. O país manteve a liderança da produção durante muitos anos, até que em meados da primeira década deste século lhe foi arrebatada pelos Estados Unidos, cuja matéria prima é o milho, quem se distancia cada ano do Brasil e do resto do mundo na produção de biocombustíveis.

O gráfico 9 mostra a produção de etanol e de biodiesel dos últimos dez anos no Brasil, constata-se que a produção de biodiesel embora seja menor que a do etanol, ela não parou de crescer em nenhum momento pois, com uma taxa de crescimento anual de 9,93% a.a. passou dos 2.707.483 m<sup>3</sup>, para 7.004.457 m<sup>3</sup> e com perspectivas de continuar aumentando uma vez que a economia do país dá sinais de recuperação.

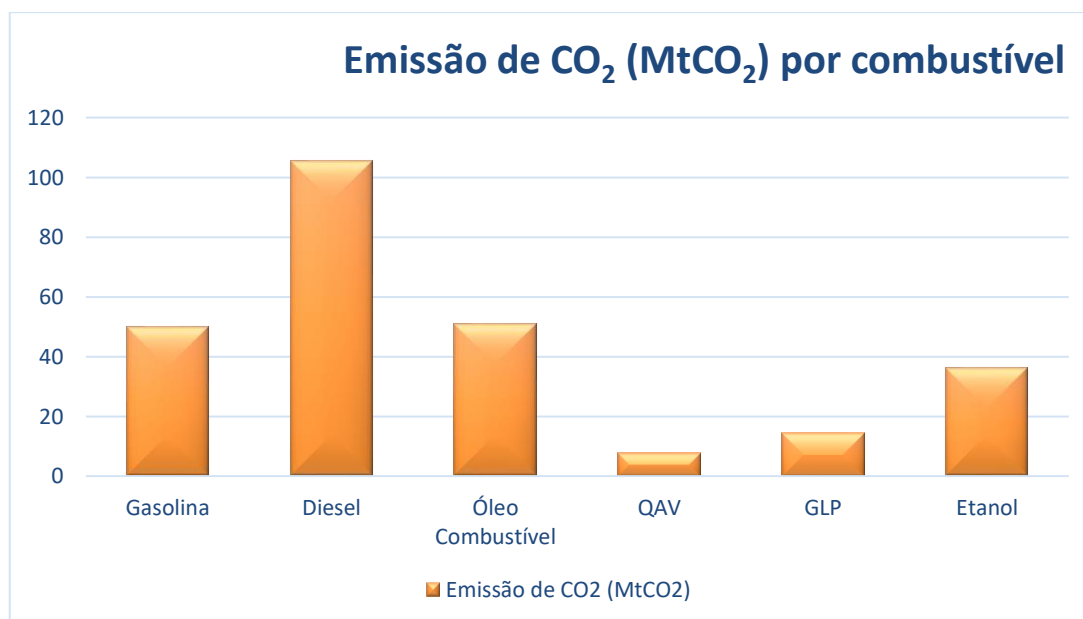
Por outro lado, a produção de etanol tem sofrido oscilações ao longo da década, por exemplo, o ano de 2019 registrou 35.316.234 m<sup>3</sup>, a maior produção do histórico porém, nos dois anos seguintes se verifica queda notável, por conta da declaração do estado de pandemia, até atingir os 30.211.098 m<sup>3</sup> em 2021. Sabe-se de longa experiência a total falta de consideração dos *players* da cadeia de valor do etanol com os consumidores locais. Motivados apenas pela obtenção da maior quantidade de lucro, suas tomadas de decisão estão a reboque do comportamento do mercado internacional de commodities como o açúcar ou de contratos de fornecimento de etanol país afora. Isso faz com que o etanol tenha um preço nada competitivo perante a gasolina, sendo que a matéria prima fica disponível *in loco*.

Gráfico 9 – Brasil: Produção de biocombustível em m³



Fonte: elaborado por MS a partir de BEN, 2021

Em relação aos combustíveis derivados do petróleo mais requisitados e aos biocombustíveis, a emissão de CO<sub>2</sub> equivalente referente a produção do ano de 2020 é dada na figura abaixo:

Gráfico 10 – Brasil: Emissão de CO<sub>2</sub> por combustível

Fonte: elaborado por MS a partir de BEN, 2021 e BP 2021

Os cálculos das emissões de CO<sub>2</sub> do gráfico acima foram realizados utilizando o método Top-Down, que foi desenvolvido pelo Painel Intergovernamental



sobre Mudanças Climáticas (IPCC), órgão ligado a Organização das Nações Unidas (ONU). O método consiste em 3 etapas, são elas:

1. Calcular o consumo de energia em Tera-Joule (TJ)

$$CE = \text{quantidade de combustível} \times f_{conv} \times 0,042 \times f_{corr}$$

Onde:

$f_{conv}$  = fator de conversão,

$f_{corr}$  = fator de correção.

2. Calcular a quantidade de carbono emitida na queima do combustível

$$QC = CE \times f_{emi}$$

Onde:

$F_{emi}$  = fator de emissão do combustível.

3. Calcular as emissões de CO<sub>2</sub>

$$tCO_2 = QC \times \frac{44}{12}$$

Vale ressaltar que todos os fatores foram retirados do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT.

### 3.5. Discussão

De acordo com a análise dos dados apresentados nesse capítulo e no capítulo 1, pode-se concluir que quanto mais desenvolvida a econômica, melhor é o padrão de vida da sociedade e, com isso, o poder de aquisição aumenta e com ele, o consumo desenfreado também.

Com maior poder de compra, o indivíduo passa a apostar mais no seu conforto, desde o conforto térmico até o de deslocamento. Para o conforto térmico há um investimento em aparelhos que consomem energia elétrica, já para o de transporte, muitas vezes deixa de optar pelo coletivo e passa a escolher o transporte individual. Com isso, o consumo de energia e de combustível torna-se cada vez maior.

O Relatório de Brundtland, juntamente com a Conferência de 72, já nos alertava sobre os riscos do crescimento a qualquer custo, e a importância de as nações promoverem o desenvolvimento sustentável.

Sabemos que a maior parte da matriz energética é constituída por combustíveis fósseis, cujo uso maciço tem causado grandes impactos ambientais, ainda mais no que diz respeito a emissão de gases poluentes. As energias renováveis estão ganhando cada vez mais investimento, porém ainda não têm envergadura suficiente para suprir toda demanda.

Nota-se que os países que passaram a investir mais em energias renováveis nos últimos anos registraram um declínio nas emissões de gases poluentes para atmosfera e, ao mesmo tempo, deram continuidade ao desenvolvimento de suas economias. Ou seja, existe a possibilidade de se desenvolver sem provocar tantos impactos ao meio ambiente. Além disso, os combustíveis fósseis estão se tornando cada vez mais escassos, não se chegou a um acordo de quanto tempo mais resta, mas muitos especialistas acreditam que até 2050, esses recursos serão mais do que limitados.

No quesito geração de energia existem muitas possibilidades, ainda mais para o Brasil que é um país pródigo em recursos renováveis e que tem um potencial gigantesco para todas elas. O Brasil, já possui uma matriz elétrica representada por uma energia renovável (hidrelétrica), contudo, o aproveitamento potencial desse recurso se encontra na região amazônica, cujo delicado bioma pode ser seriamente danificado se houver uma exploração comercial predadora.

As hidrelétricas têm grande capacidade de geração, praticamente possuem zero emissão de gases poluentes, mas está sujeita a variações devido às mudanças climáticas. Durante o ano de 2021, houve escassez de chuvas, com isso, as hidrelétricas se toraram insuficientes para suprir a demanda da sociedade, o que fez com que as termoeletricas tivessem que ser acionadas. Tal acionamento gerou algumas tarifas extras nas contas dos consumidores, além de ter contribuído com a emissão de CO<sub>2</sub>. Por esse motivo, faz-se necessário uma boa administração dos recursos, para conseguir suprir a demanda de outra forma, e o investimento em estudos, para realizar melhor distribuição da geração de energia.

No que diz respeito ao setor de transporte, os brasileiros conquistaram a oportunidade de adquirir seus veículos com mais facilidade. Somente no Brasil, de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) são mais de 100 milhões de veículos circulando pelas rodovias do país. E, segundo a NEOCHARGE, a frota de veículos elétricos e híbridos não ultrapassa o valor de 73 mil. Ou seja, praticamente 100% desses veículos emitem gases para atmosfera diariamente. Pode-

se dizer o setor de transporte é o que mais contribui para o efeito estufa, se comparado ao setor elétrico.

Ao realizar uma análise do gráfico de emissões de CO<sub>2</sub> é possível perceber a diferença gritante entre os setores. Em 2020, as emissões do setor elétrico (gráfico 6) não ultrapassaram 31 MtCO<sub>2</sub>, enquanto as emissões vindas do setor de transporte são preocupantes, somente a gasolina foi responsável por mais de 40 MtCO<sub>2</sub>, ou seja, apenas um combustível emitiu mais dióxido de carbono do que o setor elétrico.

Talvez esse seja o momento de inflexão e começar a optar maciçamente por carros híbridos e elétricos, mas em conjunto, investir em políticas que possibilitem ainda mais a expansão de geração de energias renováveis. Pois, se aumentar o número de veículos elétricos, o consumo de energia também aumentará, e se continuar dependendo dos combustíveis fósseis os impactos ambientais persistiram, e essa não é a intenção.

#### 4. DESPONTANDO AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Desde o início da humanidade, o homem busca maior qualidade de vida e conforto, por esse motivo, pode-se dizer que uma das maiores descobertas da história foi o fogo e, posteriormente, no período neolítico, a sua dominação. Essa descoberta foi essencial para o desenvolvimento do ser humano, através do fogo o homem pode se aquecer, proteger-se, alimentar-se de forma mais segura e, além disso, pode produzir novos materiais.

O fogo foi de suma importância para a transformação da sociedade, com o tempo, o homem passou a compreender e aproveitar melhor os benefícios desse elemento e, além disso, descobriu maneiras de originar novos produtos a partir dele. Ao darmos um salto na linha do tempo, no final do século XVIII, no período da Revolução Industrial, vemos que o principal combustível utilizado pela sociedade é o carvão. Só era possível extrair os “benefícios” do carvão por meio da queima, ou seja, através do fogo. Nesse período, o homem realizava o processo de transformação de energia, transformando a energia liberada pela queima do carvão em movimento, assim desenvolveu-se a primeira máquina a vapor.

A Revolução industrial foi o marco do desenvolvimento tecnológico, do desenvolvimento de fábricas, indústrias e, principalmente, do setor de transporte. Com todo esse avanço da tecnologia, a exploração dos recursos naturais se intensificou, principalmente no que diz respeito à exploração e uso do carvão mineral e outros combustíveis fósseis.

Os combustíveis fósseis se originam da decomposição lenta de animais e vegetais ao longo dos anos. Eles são divididos em três tipos: carvão, gás natural, petróleo e seus derivados. Como o seu processo de restauração na natureza é extremamente lento, podem ser considerados como recursos esgotáveis.

Por volta de 1830, esses combustíveis passaram a ser utilizados na geração de energia. De acordo com Baird e Cann (2011, p. 293), “o calor que a queima de combustível fóssil produz é utilizado para gerar vapor de alta pressão, empregado para mover as turbinas e, assim, produzir eletricidade”. Por muitos anos, os combustíveis fósseis foram utilizados como a principal fonte de energia, porém, devido a sua utilização exacerbada, começaram a se tornar cada vez mais escassos e, além disso, os impactos provocados se tornaram cada vez mais evidentes.

Os combustíveis fósseis, em virtude da sua demora em se restaurar na natureza, são classificados como fontes de energia não renováveis, e possuem alto teor poluente devido aos gases liberados em sua queima.

Com o passar dos anos, a energia elétrica tornou-se a força motriz que move o mundo, sendo a grande responsável pela evolução da sociedade, pois possibilitou - ao longo da história - avanços tecnológicos em diversas áreas, que proporcionaram melhorias na condição de vida da humanidade. Com isso, retroceder no desenvolvimento e diminuir o consumo de energia, era algo praticamente impensável. Eis, que cientistas iniciaram uma busca por recursos naturais que fossem ilimitados e gerassem uma energia limpa, sem tantos danos ao meio ambiente.

As fontes renováveis de energia são aquelas capazes de se regenerar na natureza com ou sem a interferência humana, e que geram pequenos ou quase nenhum impacto ambiental. O aproveitamento correto das fontes renováveis é um excelente modo de substituir as “energias sujas” e evitar danos ao planeta (AZEVEDO, 2013)

A matriz mundial de geração de energia tem passado por mudanças significativas no decorrer da história. Obviamente, embora novas fontes tenham sido introduzidas, o carvão, gás natural, o petróleo e seus derivados continuam sendo predominantes na matriz energética mundial (International Energy Agency – IEA, 2021). Contudo, com todos os eventos históricos, conferências e estudos a respeito do desenvolvimento sustentável, as fontes renováveis foram ganhando cada vez mais visibilidade.

De forma sucinta, as fontes renováveis estudadas até agora são:

- **Biomassa:** é o conjunto de resíduos orgânicos, animal ou vegetal. É considerada uma das principais alternativas como substituta dos derivados de petróleo;
- **Solar:** consiste no aproveitamento da radiação solar incidida sobre a superfície da terra, que poder ser aproveitada tanto na forma de calor (aquecimento), como na forma de luz (fotovoltaica);
- **Eólica:** proveniente do aproveitamento dos ventos, movimento da massa de ar para movimentar hélices;
- **Hidrelétrica ou hídrica:** utiliza o movimento das águas de rios para movimentar turbinas, transformando energia potencial em mecânica e, por fim, em elétrica;

- **Geotérmica ou geotermal:** obtida do calor presente no interior da Terra (núcleo);
- **Maremotriz ou oceânica:** baseia-se no aproveitamento do movimento das águas oceânicas (ondas, marés e correntes marinhas). Tem o processo de transformação de energia semelhante ao das hidrelétricas.

Essas “novas” fontes geraram grande esperança para humanidade, afinal, solucionariam grande parte dos problemas do planeta. Após a Conferência de Estocolmo, as abordagens a respeito das mudanças climáticas e os danos causados pelo homem ao meio ambiente, investir em estudos, pesquisas e tecnologia que possibilitem a utilização desses recursos naturais tornou-se a alternativa mais viável para conseguirmos atingir o desenvolvimento sustentável

#### **4.1. Incentivos Tributários, Energéticos e Sociais para seu uso**

A geração de eletricidade mediante fontes de energia renováveis até alguns anos atrás não passava de ensaios laboratoriais em centros universitários ou de pesquisa. A falta de escala na implantação de projetos comerciais devido ao alto custo da capacidade instalada determinava o pouco interesse das companhias ou investidores em apostar em tais tecnologias. Contudo, isso mudou no início da década do século XXI, por conta de pressões ambientais sobre as tradicionais formas de produção de energia elétrica baseadas fortemente em combustíveis fósseis e, complementando, com o aprimoramento tecnológico têm propiciado uma súbita atração por duas fontes de energia primária: a energia solar e a energia eólica.

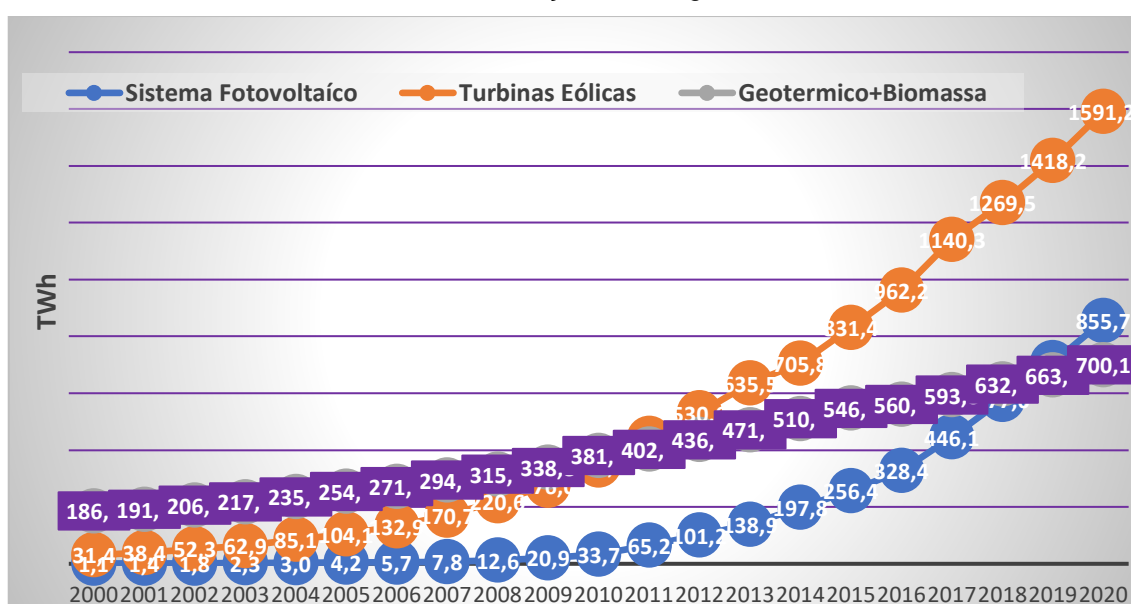
Assim, dentro do universo das tecnologias que utilizam fontes de energia renováveis três delas têm se destacado, a energia solar fotovoltaica, a energia solar térmica e a energia eólica. Mas, pelo desenvolvimento tecnológico atingido em termos de aproveitamento e eficiência do recurso primário das três duas tem tido um “boom” de crescimento espetacular na última década: solar fotovoltaica e a eólica.

A sua expansão se pode constatar na figura 13 onde se vê como em duas décadas ganharam espaço no mercado de eletricidade mundial, pois de um cenário onde sua participação na geração de energia elétrica era menor que a proveniente da biomassa e da geotérmica, que juntas contribuía com 186 TWh, enquanto a eólica e a solar fotovoltaica detinham ínfimos 31,4 TWh e 1,1 TWh, respectivamente. A

produção de eletricidade por turbinas eólicas conseguia ultrapassar em 2011 à fonte geotérmica e da biomassa com uma produção de 440 TWh seriam necessários mais oito anos para que a tecnologia fotovoltaica pudesse ultrapassar à biomassa na geração de energia elétrica.

Para 2020 a eólica era disparada a fonte energética renovável mais utilizada na produção de eletricidade com 1.591,2 TWh, em segundo lugar estava a fotovoltaica com 855,7 TWh com tendência de ampliar essa produção (BP, 2021).

Gráfico 11 – Produção de energia elétrica em TWh



Fonte: elaborado por MS a partir de BP Report, 2021

## 4.2. Tecnologias

### 4.2.1. Energia Solar

De acordo com o relatório divulgado pela Agência Internacional de Energia (IEA, sigla em inglês), entre 2019 e 2024, haverá um aumento de 50% de atuação das fontes renováveis. Segundo o mesmo relatório, isso significaria um aumento de 1200 GW de potência instalada, dos quais, a energia solar seria responsável por 60%.

Conforme o gráfico 11, a energia solar passou a ter uma expansão considerável a partir de 2013, esse crescimento tem sido impulsionado por usinas de pequeno e grande porte, de geração distribuída e centralizada.

O país que apresentou o maior crescimento nos sistemas fotovoltaicos foi a China, que nos últimos anos tem tentando reduzir ao máximo a sua dependência energética do carvão, para isso, o governo realizou diversas políticas de incentivo, além de contribuir para a redução no preço da tecnologia.

Essa tecnologia tem sido uma grande aliada dos países que possuem alta demanda e que necessitam responder aos acordos fechados em conferências mundiais, pois, diferente de algumas outras, não exige um estudo tão rigoroso para a sua implantação. E também, devido a sua praticidade de investimento para os consumidores de pequeno porte (residências, por exemplo).

O Brasil é privilegiado pela abundância de energia solar, contudo, começou há pouco tempo em prestar atenção nela, de 2012 a 2017, período em que teve algumas alterações nas normas e leis. Conforme apresentado pela ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica), em 2021, os sistemas solares no Brasil já representava mais do que 70% de toda potência da hidrelétrica de Itaipu (segunda maior hidrelétrica do mundo), marco que fez com que o país entrasse para o grupo dos 15 países com maior capacidade instalada.

#### **4.2.2. Energia eólica**

Assim como com energia solar, a China é um dos principais países responsáveis pelo aumento da representatividade da energia eólica na matriz mundial, em 2020, o país liderou as instalações com 3 GW de capacidade adicionada, o que é aproximadamente metade do valor global. Segundo a GWEC (“Global Wind Energy Council”), o país tem uma projeção para ultrapassar o Reino Unido ainda no final desta década, isso é devido aos subsídios governamentais voltados para o setor.

No que tange a energia eólica existem duas modalidades, *onshore* e *offshore*. A tecnologia *offshore* tem grande força na região da Europa, que é a energia gerada em alto mar (parques marítimos), já a *onshore* é a instalação terrestre (aerogeradores). A grande diferença entre essas duas modalidades é o tamanho dos equipamentos, as usinas marítimas permitem dispositivos de maior dimensão, o que gera maior capacidade para as turbinas. A maiores turbinas do Brasil tem uma capacidade aproximada de 4 MW, enquanto os aerogeradores do maior parque marítimo da Inglaterra têm 8,25 MW, ou seja, o dobro da potência.

No Brasil, a energia eólica é a segunda maior fonte da matriz energética, aqui utiliza-se a tecnologia *onshore*. Segundo dados da ABEEÓLICA (Associação Brasileira de Energia Eólica), o país conta com 795 parques, e em 2020 foi o terceiro maior instalador, ficando atrás apenas da China e Estados Unidos.

A energia eólica, assim como a energia solar, é uma grande aliada no controle do efeito estufa, uma vez que não emite gases na geração de energia.



Contudo, a sua implantação deve ser bem estudada, uma vez que modifica a paisagem natural, apresenta riscos as aves no local e, também, pode alterar a rota migratória de alguns pássaros.

#### **4.2.3. Energia da biomassa**

De acordo com estudos realizados pela ANEEL, a biomassa é tida como um grande potencial de crescimento na produção de energia. A biomassa se enquadra como uma perfeita alternativa de substituição dos combustíveis fósseis, pois através dela é possível não só obter energia elétrica, como também, biocombustíveis. Ou seja, essa matéria atende tanto o setor de eletricidade, como o de transporte.

Alguns dos principais países que estão apostando na geração de energia por meio da biomassa são: Suécia, Finlândia e Alemanha. Nessas nações, a biomassa representa de 20 a 30% da produção total, um valor bem significativo se comparado ao demais países. Em uma média geral, a biomassa representa aproximadamente 10% da matriz energética mundial e, como dito anteriormente, esse valor tende a aumentar nos próximos anos, devido ao aumento no preço do petróleo e a busca constante por fonte renováveis (IEA, 2021).

No Brasil, a energia da biomassa ocupa o terceiro lugar na matriz dos renováveis, ficando atrás apenas da eólica e hídrica. E, de acordo com a União Nacional de Bioenergia, a biomassa tem capacidade para suprir quase um terço da demanda de eletricidade do país.

A principal fonte de biomassa no Brasil é a cana-de-açúcar, de um total de 15,32 mil MW de potência instalada, a cana-de-açúcar é responsável por 11 mil MW, o restante é por conta de insumos florestais (lenha de eucalipto, por exemplo), resíduos sólidos urbanos e restos vegetais.

### **4.3. Inserção e Competitividade nos mercados energéticos**

#### **4.3.1. De Eletricidade**

As energias renováveis atingiram uma expansão recorde em 2021, com quase 218 GW em operação no âmbito global – um aumento de 10% em relação a 2020. A recuperação foi impulsionada por dois fatores: primeiro, o comissionamento de projetos atrasados em mercados onde a construção e as cadeias de suprimentos foram interrompidas. Medidas governamentais imediatas em mercados-chave (Estados Unidos, Índia e vários países da Europa) permitiram que os empreendedores

concluíssem projetos vários meses após os prazos da mudança política ou da previsão de algum leilão com capacidade de 2020 para 2021 (GSR, 2021).

Em segundo lugar, o crescimento tem sido contínuo em alguns mercados, onde a bagagem de projetos pré-pandemia era robusta, como resultado da atratividade econômica e do apoio ininterrupto de políticas públicas incentivando o uso de fontes renováveis.

A Índia foi o maior contribuinte para a recuperação do uso das energias renováveis em 2021, com as adições anuais do país dobrando a partir de 2020. Espera-se que um grande número de projetos eólicos e fotovoltaicos leiloados entrem em operação após atrasos devido não apenas ao Covid-19, mas também à negociação de contratos e desafios na aquisição de terras (GSR, 2021).

Na União Europeia, as adições de capacidade aumentaram em 2021, principalmente quando os projetos fotovoltaicos e eólicos em escala foram leiloados para concessionárias da França e da Alemanha e se tornaram operacionais. Na região do Oriente Médio e Norte da África, as adições de capacidade renovável se recuperaram em 2021, lideradas pelo comissionamento de grandes projetos de solar fotovoltaicos premiados em leilões competitivos nos Emirados Árabes Unidos, Catar e Omã. Um aumento semelhante acontecerá na América Latina à medida que os projetos eólicos atrasados do Brasil de leilões anteriores se tornem operacionais.

Espera-se que a redução dos custos e o apoio político irrestrito sejam as molas que impulsionem o forte crescimento das energias renováveis além de 2022. Apesar dos desafios emergentes da crise do Covid, os fundamentos da expansão das energias renováveis não mudaram.

A última informação disponível de novos projetos construídos, o custo de geração de eletricidade varia entre US\$ 4,5 a 8,7 cents/kWh para uma fazenda eólica *onshore* e entre US\$ 6,0 e 11,1 cents/kWh para fazendas *offshore* (ZERVOS, 2008). Em 2020 esses custos caíram para 3,0 – 3,8 cents/kWh em um local com boas condições de vento e US\$ 4–6 cents/kWh para uma velocidade média de vento baixa.

A energia solar fotovoltaica e a eólica *onshore* já são as mais baratas que as fontes tradicionais de geração de eletricidade, além de ser a maneira mais econômica de adicionar novas usinas de geração à rede elétrica na maioria dos países atualmente (IEA, 2021).

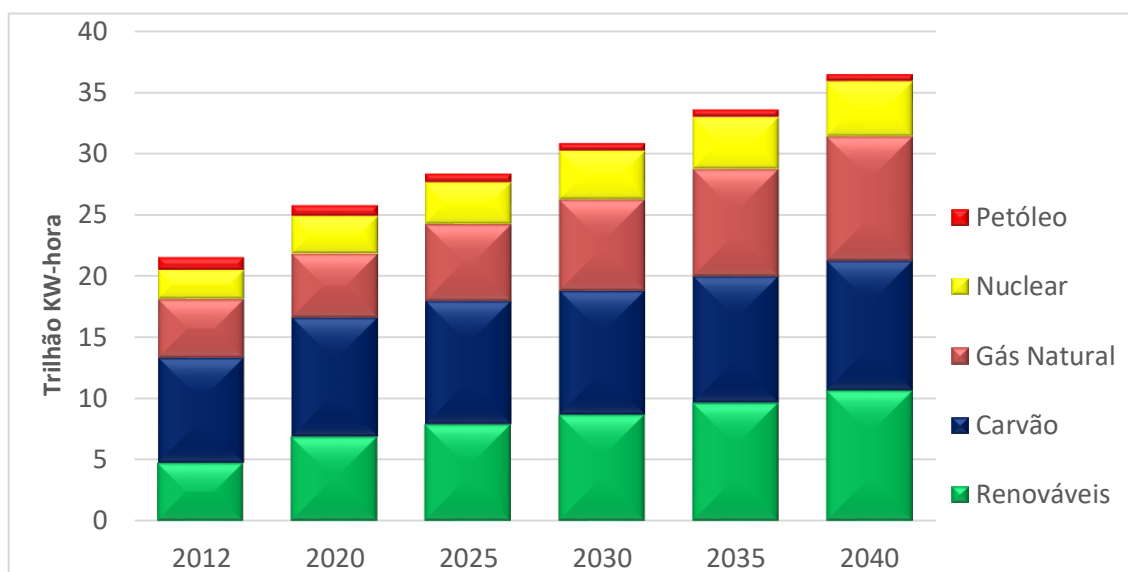
Em países onde se dispõe de recursos e financiamento barato e acessível, as usinas eólicas e as usinas solares fotovoltaicas desafiarão as usinas de

combustível fóssil existentes. Os projetos utilizando a tecnologia de energia solar oferecem – talvez- a energia elétrica gerada de menor custo da história (MIT, 2011).

A capacidade total instalada das tecnologias solar fotovoltaica e eólica está caminhando para superar a capacidade instalada do gás natural em 2025 e a capacidade instalada das termelétricas usando o carvão em 2035. A energia solar fotovoltaica sozinha deve representar 60% de todas as adições de capacidade renovável entre 2025 e 2030, e a eólica mais outros 30% (GSR, 2020).

Observa-se no gráfico a projeção da expansão da geração de eletricidade proveniente da capacidade instalada de novos projetos, tanto de renováveis como de combustíveis fósseis. Analisando o quinquênio 2020-25, onde segundo o IEA (2021) mais de 2,57 TWh serão gerados para atender a demanda mundial, dos quais 1,02 TWh serão exclusivamente vindos de fontes renováveis. Como um todo, as energias renováveis devem representar 38% do aumento líquido na capacidade instalada de energia elétrica de novos projetos até 2025 (IEA, 2021).

Gráfico 12- Projeção Mundial da Geração de Eletricidade Líquida (novos projetos operação)



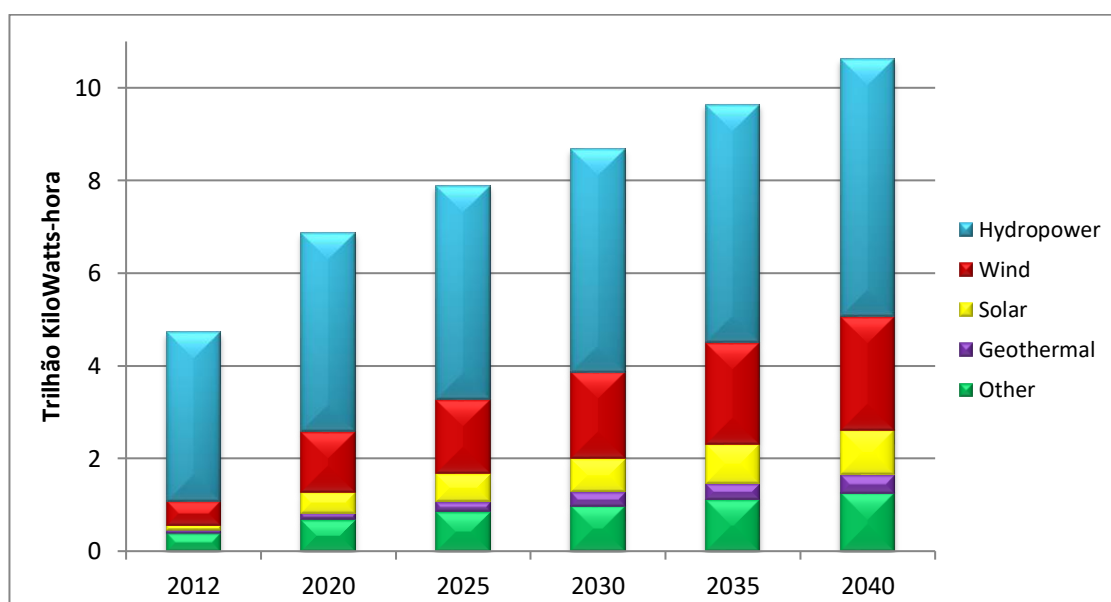
Fonte: elaborado por MS a partir de IEA, 2021

Impulsionados por quedas contínuas de custo da capacidade instalada, as adições de capacidade anuais de turbinas eólicas *offshore* devem aumentar, representando um quinto do mercado anual total da geração eólica em 2030. O crescimento de turbinas eólicas *offshore* passa além da Europa e vai para novos mercados como a China e os Estados Unidos, onde detém amplo potencial. Espera-se que as renováveis forneçam um terço da eletricidade do mundo. A fonte hídrica

continuará a fornecer quase metade da eletricidade renovável global. Hidroeletricidade ainda é de longe a maior fonte renovável em todo o mundo, seguida pela energia solar fotovoltaica.

O declínio contínuo de custo das renováveis está mudando o cenário e o papel dos investidores e das políticas públicas. A participação no crescimento das renováveis provenientes de configurações puramente baseadas no mercado, ou seja, fora de programas de políticas governamentais tais como leilões e tarifas, triplicará de menos de 5% em 2020 para mais de 15% em 2025. Isso inclui contratos de compra de energia corporativa, plantas com maior exposição a preços de energia no atacado ou outros contratos. (IEA, 2021).

Gráfico 13 - Projeção da Geração de Energia Elétrica proveniente de Fontes Renováveis



Fonte: elaborado por MS a partir de IEA, 2021

Contudo, governos centrais não devem ficar omissos, dado que políticas públicas e estruturas regulatórias permanecem, criticamente, para fornecer estabilidade de receita no longo prazo, portanto a competitividade continuará sendo direcionada pela queda de preços nos contratos.

Pressupõe-se que os leilões e esquemas de certificados verdes abranjam 60% da expansão da capacidade renovável globalmente nos próximos sete anos. Além do mais, prevê-se investimentos das principais empresas de petróleo e gás em novas energias renováveis. Espera-se que a capacidade instalada de produção de eletricidade aumente dez vezes de 2020 para 2027 (GSR, 2021)

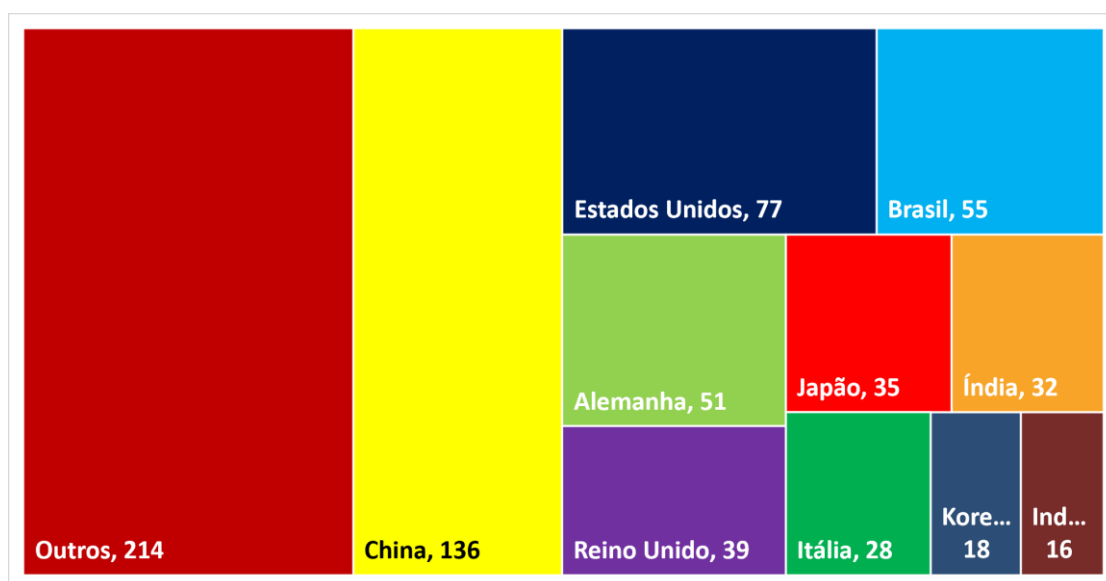
Outro recorde para energia solar fotovoltaica global previsto para 2022, é a adição de quase 117 GW instalados – quase 10% maior que em 2020. O aumento resulta de uma forte recuperação em plantas em escala de utilidade fora da China, onde a eliminação dos subsídios em 2021 deve restringir a expansão fotovoltaica. Desenvolvimento de projeto em escala de utilidade se recupera na Índia e nos principais mercados da União Europeia (França e Alemanha) para atender prazos de comissionamento (GSR, 2021).

Cabe mencionar que o rápido crescimento das duas fontes de energia renováveis mais requisitadas nos últimos dez anos em todo o mundo, eólica e a solar, exige maior atenção política para garantir que elas sejam integradas de maneira segura e econômica às redes de energia elétrica.

No que diz respeito à biomassa, a outra fonte renovável, a capacidade global de produção de eletricidade vinda da biomassa expandiu 8,5 GW em 2019, o segundo nível mais alto de adições anuais já registrado. A China respondeu por 60% da nova capacidade do ano passado, e é composta principalmente por projetos de energia a partir de resíduos agrícolas ou municipais. O segundo maior mercado asiático, o Japão, tinha um quarto do tamanho do mercado chinês.

Globalmente, a geração de eletricidade utilizando biomassa como matéria prima foi de 700 TWh, em 2020. A China desponta como o maior mercado com 135 TWh, os Estados Unidos em segundo lugar com 77 TWh e o Brasil em terceiro com 55 TWh. O gráfico mostra os dez maiores produtores (*top ten*) de bioeletricidade, em termos regionais o continente asiático produziu 275 TWh, a Europa 232 TWh e as Américas 177 TWh.

Gráfico 14 - Geração de Eletricidade Global por Biomassa em 2020 (700 TWh)



Fonte: elaborado por MS a partir de GSR, 2021

A grande implantação de projetos de energia de biomassa está concentrada em relativamente poucos países, com apenas dez nações representando 90% da nova capacidade em 2019. Destes, China, Brasil, Japão e Reino Unido foram os mais afetados pela pandemia, portanto, existe potencial para alguns atrasos na entrega de projetos. Um fator crucial para o sucesso do setor de bioenergia é o apoio político, na fase da transição do fim dos subsídios para a concorrência plena, por meio de esquemas *FiT*<sup>1</sup> e certificados para estruturas de leilões competitivos nos principais mercados de bioenergia (por exemplo, Japão, Alemanha e Reino Unido).

Na maioria dos países, a capacidade concedida à biomassa em leilões na modalidade tecnologia-neutra tem sido relativamente baixa devido aos custos de geração, geralmente mais altos, para bioeletricidade em comparação com tecnologia eólica ou solar fotovoltaica e, deve ainda somar-se o potencial limitado de redução de custos da tecnologia de bioeletricidade. Os leilões de tecnologia específica para bioenergia não são generalizados (GSR, 2021).

A China também anunciou que os subsídios para projetos de energia baseados em biomassa passarão do atual sistema *FiT* para leilões em 2021, com forte

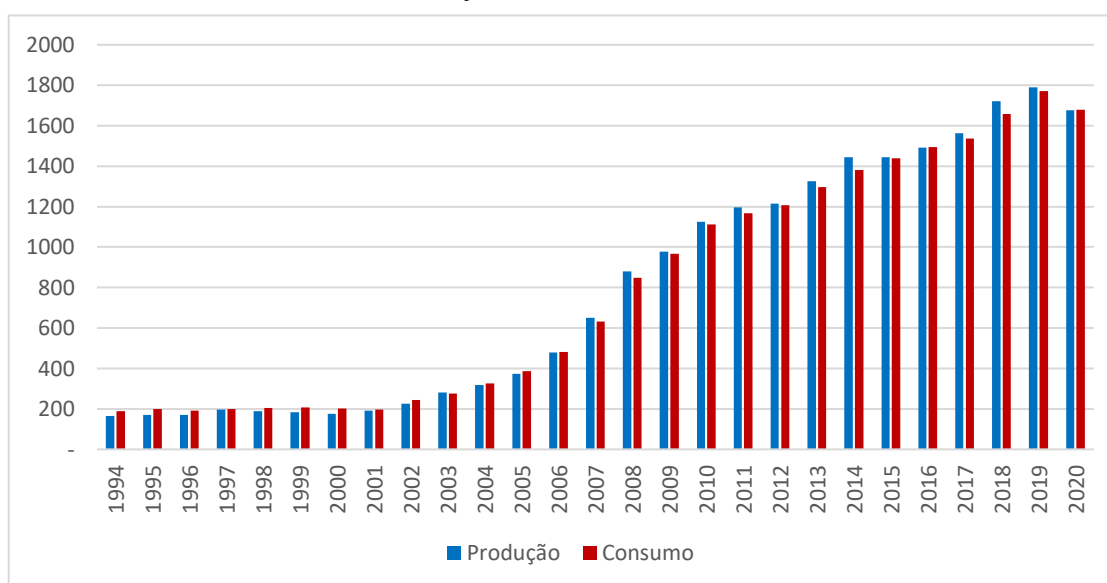
<sup>1</sup> **Feed-in-tariff (FIT)** Contrato de oferta padrão ou tarifa renovável avançada ou pagamento de energias renováveis é um mecanismo utilizado por políticas públicas destinadas a acelerar o investimento em tecnologias de energias renováveis por meio da oferta de contratos de longo prazo aos produtores de energias renováveis, normalmente com base no custo de geração de cada tecnologia

ênfase em projetos que aproveitam a cogeração e utilizam combustíveis produzidos a partir de resíduos agrícolas ou municipais (IEA, 2021).

#### 4.3.2. De Transporte

A indústria de biocombustíveis foi fortemente impactada pela pandemia do Covid-19. A produção global de biocombustíveis para transporte em 2020 foi de 100 bilhões de litros (L), equivalente a 1.667 mil barris equivalentes de petróleo por dia (kboed) – uma queda de 9,5% em relação à produção recorde de 2019. Portanto, se constata que é a primeira redução na produção anual de biocombustíveis em duas décadas. As maiores quedas ano a ano na produção são para o etanol americano e brasileiro e o biodiesel europeu.

Gráfico 15 - Produção e Consumo de Biocombustíveis Mundial



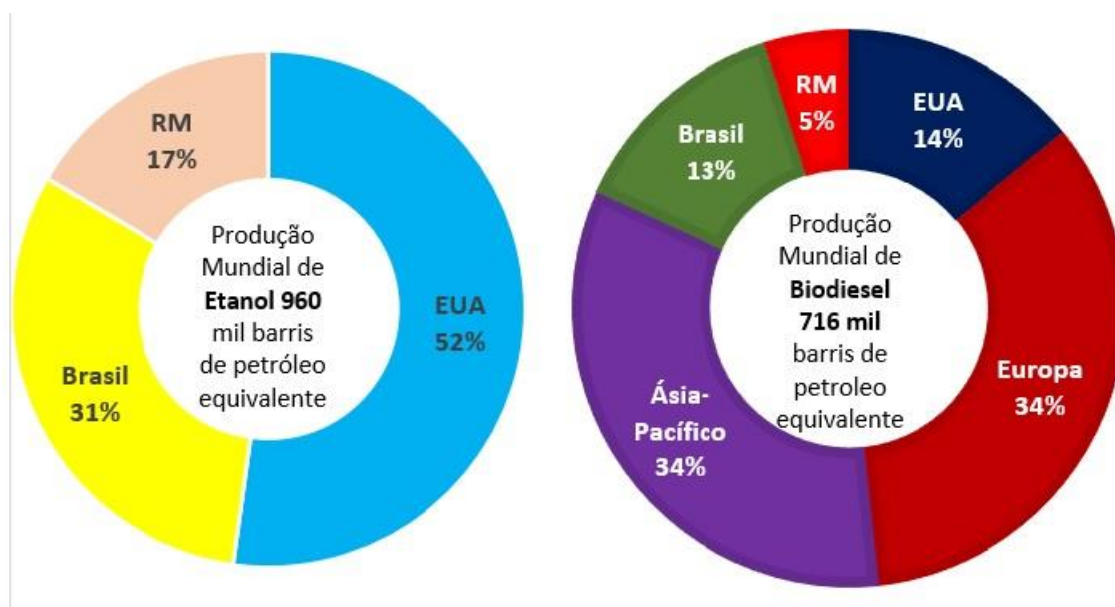
Fonte: elaborado por MS a partir de GSR, 2021

Uma recuperação na demanda de combustível e políticas mais fortes nos principais mercados podem estimular a retomada na produção em 2021 e um crescimento sustentado até 2025. Os maiores aumentos de produção nesse caso seriam para etanol na China e no Brasil, e para biodiesel e óleo vegetal hidratado nos Estados Unidos e no Sudeste Asiático (GSR, 2021).

Na produção de etanol (também chamado de bioetanol ou biogasolina) há uma concentração de sua produção em dois países, Estados Unidos e Brasil, e juntos perfazem 83% do total, com 500 e 301 mil boed, os outros produtores contribuem com 159 mil boed, o que significa que foram produzidos 960 mil kboed. Quanto ao biodiesel, outro combustível feito a partir de matéria-prima renovável, também

apresenta concentração na sua produção que foi de 716 mil boed, sendo que a Europa e a região de Ásia-Pacífico são responsáveis por 35% cada um, o que corresponde a 250 mil barris por dia. Caso somarmos a produção dos Estados Unidos, 101 mil boed e do Brasil 95 mil boed, fica para o resto do mundo (RM) 35 mil boed. Em síntese, foram produzidos 1.676 mil boed de biocombustíveis, sabendo que apenas os Estados Unidos consomem 20 milhões de barris por dia se verifica o papel marginal dos biocombustíveis no mercado de energia.

Gráfico 16 - Produção Mundial de Biocombustíveis



Fonte: elaborado por MS a partir de BP Report 2021

Segundo Jannuzzi et alli (2008) no que se refere aos combustíveis líquidos grandes desenvolvimentos são esperados com relação às tecnologias de uso final no setor de transporte (melhorias na eficiência energética, veículos híbridos e multicompostíveis) e a própria gestão de sistemas de transporte. Desenvolvimentos tecnológicos significativos podem acontecer na conversão da cana de açúcar em etanol até 2050. A gaseificação do carvão e a aplicabilidade dessas tecnologias para biomassa sólida são possibilidades que são apontadas como significantes para garantir a demanda de combustíveis gasosos no futuro, implicando também em maior desenvolvimento da infra- estrutura de transporte de gás.

#### 4.4. Discussão

A matriz energética envolve tudo aquilo que é utilizado para produzir, transformar e consumir energia não necessariamente a elétrica. Diante disso, sabe-



se que o fogo foi a primeira fonte de energia, o responsável por organizar toda a estrutura principal da atualidade. E, por muito tempo depois disso, os combustíveis fósseis.

Embora com o passar do tempo as energias renováveis foram ganhando visibilidade, os combustíveis fósseis ainda continuam sendo os mais predominantes na matriz energética mundial. No setor da geração de energia, eles representam aproximadamente 61% da matriz, sendo 35% só o carvão. Ou seja, embora a utilização desses combustíveis tenha sofrido uma queda de 3% nos últimos anos, ainda vai levar algum tempo para reverter esse quadro.

O importante é que desde 1972, os líderes mundiais despertaram a consciência sobre importância da alteração desse quadro, pois os combustíveis fósseis – que até então sua utilização era irrestrita – são grandes vilões para o meio ambiente. A Conferência de Estocolmo deixou clara a relação entre o aumento populacional e o consumo desses combustíveis e, em conjunto, alertou que eles são limitados, diferente do que se pensava.

Juntamente com o Relatório de Brundtland, a reunião de 72 mostrou às nações que os desenvolvimentos “não administrados” da economia e da população estava sendo prejudiciais a natureza, o homem estava causando danos, que poderiam ser irreversíveis se medidas não fossem tomadas. Então, desde aquele período os líderes mundiais começaram a se reunir com mais frequência para discutir as medidas que poderiam ser tomadas, e foi nesses encontros que as fontes renováveis passaram a ser vistas como “prioridade” e “solução”.

Para se ter uma dimensão do impacto da utilização dos combustíveis fósseis, focaremos no setor de eletricidade do Brasil em 2020. A matriz de energia elétrica no país desse ano era composta, em sua maior parte, por energias renováveis – principalmente hidrelétricas- e, “apenas” 11% proveniente das termoeletricas (que utilizam derivados de petróleo e gás natural, ambos combustíveis fósseis, para seu funcionamento). Desse setor, a emissão de CO<sub>2</sub> provém aproximadamente 90% dos combustíveis fósseis, mais especificamente carvão e gás natural. Então, para uma participação tão pequena na matriz elétrica, os impactos ambientais são gigantescos, uma vez que o dióxido de carbono é o principal responsável pelo efeito estufa.

Outro setor de extrema importância para a economia é o de transporte, já que a grande maioria dos veículos que circulam pelas rodovias mundo a fora utilizam como fonte de energia os derivados de petróleo. E, por isso, torna-se um dos setores

que mais contribui para emissão de gases poluentes. Mais uma vez, mudar a participação desses combustíveis no setor de transporte, não ocorrerá a curto prazo, por uma questão de economia de escala.

O consumo de petróleo mundial por dia está oscilando na faixa dos cem milhões de barris (100 Mbpd), a produção mundial de biocombustíveis pode atingir, sendo muito otimista, os dois milhões de barris equivalentes de petróleo por dia (Mbepd), ou seja, é impossível, atualmente, substituir o petróleo para atender a demanda mundial por esse energético. Não se produz, e nem vai se produzir tamanha quantidade de biocombustíveis, pois a disponibilidade de solo faz com que deveríamos ter vários planetas Terra para plantar a matéria prima, fato que é uma fantasia.

Em 2020, para finalidades energéticas, apenas no Brasil foram utilizados mais de 117 milhões de m<sup>3</sup> de petróleo, e esse foi um ano em que – teoricamente- o consumo deveria ser baixo, devido as crises que o país passou (contribuição da COVID-19). De uma forma geral, os principais derivados produzidos nesse ano foram: óleo diesel (42 milhões de m<sup>3</sup>), gasolina (23 milhões de m<sup>3</sup>), óleo combustível (17 milhões), GLP (10 milhões) e QAV (3 milhões), lembrando que se trata de valores aproximados.

Alguns desses combustíveis tiveram sua produção reduzida, e outros aumentadas em relação ao ano anterior, contudo, no geral houve um aumento de 3%. Ou seja, mesmo com toda a questão de isolamento social, proibição de circulação de pessoas nas ruas, ainda sim o consumo aumentou. Isso é o reflexo do poder de consumo da sociedade e, também da utilização desses elementos não somente para o transporte. Como é o caso do óleo combustível, que não teve um aumento da indústria, mas que sua produção aumentou porque foi direcionado para a produção de energia elétrica. Esse fato implica, na necessidade de investir nas tecnologias, para que não haja a necessidade de recorrer as termoelétricas.

O Brasil é um país rico em recursos, principalmente no que diz respeito a fontes de energias renováveis. Embora a hidroeletricidade prevaleça, ela depende da abundância de água, que por sua vez está sujeita a pluviosidade sazonal, tanto assim que se há escassez de chuvas, o nível de água cai nos reservatórios das barragens e, conseqüentemente, as termoelétricas devem ser acionadas.

A energia solar é uma ótima alternativa para o Brasil, já que o potencial solar no país é farto, essa fonte depende da localização geográfica, quanto mais perto

da linha do Equador maior a incidência solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada de diferentes formas, como por exemplo no aquecimento de água. Se a água de uma residência é aquecida por meio da energia solar, não há a necessidade do uso de resistência diminuído assim o consumo de eletricidade, analisando em uma escala maior: se uma indústria utiliza a radiação solar para aquecer um fluido que é utilizado dentro de algum processo do seu funcionamento, a queima de carvão ou algum derivado do petróleo sofre uma redução. Ou seja, a energia solar pode contribuir de diversas formas para redução de gases poluentes.

Outro recurso que o Brasil apresenta um grande potencial é o eólico, o litoral brasileiro tem uma ótima movimentação de ventos. Obviamente, a implantação dessa tecnologia requer um estudo mais cuidadoso do que a solar, contudo a sua produção pode ser também em uma escala maior, ou seja, uma única instalação atender diversos consumidores.

Outro aspecto importante é que a energia solar é uma das mais acessíveis para todos os consumidores. De acordo com o estudo realizado por Guesse (2016), ao comparar o valor de um investimento em energia eólica para abastecer uma residência, com o valor investido em energia solar para a mesma situação, a diferença é muito grande. Apenas com a turbina, sem contar a torre e custo de instalação, estima-se um investimento inicial de R\$ 50.000,00, o que estende o período do retorno financeiro. Além disso, por precisar de uma torre de pelo menos 12 m para ter uma velocidade aceitável do vento, a estética do local seria comprometida.

Algumas indústrias optam pela energia da biomassa para atender a sua demanda e, assim, economizar na compra de energia elétrica, além de dar um destino aos resíduos de sua produção. A energia da biomassa, nesse caso, é muito utilizada como fonte de cogeração, no país, a matéria orgânica mais utilizada é o bagaço da cana-de-açúcar, mas também existem outras.

Se o Brasil souber aproveitar todos os recursos, em médio prazo, as chances da matriz ser representada quase 100% por renováveis são muito grandes. Para isso, é preciso que haja de fato uma conscientização por parte da população, para poder cobrar mais de seus representantes o investimento nesse setor.

A China tem sido um grande exemplo em relação ao seu comprometimento em reduzir as emissões de gases poluentes, cada vez mais, ela vem tentando se tornar independente dos combustíveis fósseis, tanto que nos últimos anos investiu veementemente na energia eólica e solar, um pouco menos na biomassa, o país liberou

subsídios e incentivos para tal feito. Claro, esses benefícios foram dados por um determinado tempo, até mesmo porque se eles forem constantes pode ocorrer uma distorção de concorrência, o que gera uma situação de monopólio. E, sabe-se que monopólio gera aumento de valores.

Como apresentado no decorrer deste trabalho, existem uma grande preocupação com os impactos ambientais provocados pelas emissões de CO<sub>2</sub> e a grande ligação do setor de transporte com essas emissões. O que se deve perguntar é quais as medidas que devem ser tomadas, para também reduzir esses números nesse setor.

Primeiro de tudo, é importante tirar a dependência dos combustíveis fósseis apostando nos biocombustíveis (etanol e biodiesel), algo que o Brasil tem condições de fazer. Segundo investir nas tecnologias de veículos elétricos, tanto na produção deles, como na mudança da infraestrutura dos países, pois para poder circular com esses veículos, o indivíduo precisaria abastecê-los e, agora, como são dependentes da eletricidade, é importante uma infraestrutura geral, para não sobrecarregar o setor elétrico. Afinal, de nada adianta tirar o peso de um e passar para o outro.

É preciso investir em pontos de abastecimentos, melhorias de rodovias, aperfeiçoamento da tecnologia etc. E, além disso, baratear a tecnologia, para que se torne mais acessível ao maior número de pessoas possível.

Sem sombra de dúvidas, a mudança no setor de transporte exige um tempo de transição maior do que no elétrico, mas não é impossível. Se cada um dos países assumirem de fato as responsabilidades e os acordos fechados ao longo dos anos, essa reversão se tornará possível

## REFERÊNCIAS

10 perguntas sobre a biomassa. **Energês**, 2020. Disponível em: <https://energes.com.br/10-perguntas-sobre-a-biomassa/> Acesso em 18 de maio de 2022.

Acordo de Paris: O que é, como surgiu e tratados ambientais. **FIA Business School**, 2020. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/acordo-de-paris/>. Acesso em 02 de fevereiro de 2022.

ALBUQUERQUE, B. P. **As relações entre o homem e a natureza e a crise sócio-ambiental**. Monografia (Ensino Médio Integrado ao Ensino Técnico) – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio da Fiocruz. 2007, p. 96.

ANDREZI, B. Como funciona uma usina termoeletrica. Energizando, 2013. Disponível em: <http://energizandofisica.blogspot.com/2013/11/como-funciona-uma-usina-termeletrica.html> Acesso em 17 de maio de 2022.

AZEVEDO, P. J. S. **Uma análise dos efeitos da crise econômico-financeira sobre as políticas de incentivo às energias renováveis**. Dissertação de Mestrado - Universidade do Porto, p. 109. 2013.

BEN - Balanço Energético Nacional, Relatório Anual, 2021

BP – British Petroleum, World Energy Report, 2021

CARSON, R. Primavera Silenciosa. 2 ed. 1969. São Paulo: Melhoramentos, 1962.

CAVALCANTI, C. Sustentabilidade da economia: paradigmas alternativos de realização econômica. In: \_\_\_\_\_ (org.). Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 2003. p.153-176

CBIE – Centro Brasileiro de Infraestrutura. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-uma-refinaria-de-petroleo/>

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/conferencias-internacionais-sobre-o-meio-ambiente/>

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO: NOSSO FUTURO COMUM. Rio de Janeiro: FGV, 1988

Como funciona o sistema fotovoltaico. **WEC<sup>2</sup>**, 2019. Disponível em: <https://wec2.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico-energia-solar/> Acesso em: 17 de maio de 2022.

Convenção sobre Diversidade Biológica. **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/convencao-sobre-diversidade-biologica>. Acesso em 03 de janeiro de 2022.

Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, p. 4. 1992.

Energia da biomassa, conheça o potencial no Brasil. **União Nacional da Bioenergia, 2021**. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/09/28/energia-da-biomassa-conheca-o-potencial-no-brasil.html>. Acesso em 15 de maio de 2022.

FREITAS, E. de. Os recursos naturais. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/os-recursos-naturais.htm>. Acesso em 24 de outubro de 202.

GSR - Global Status Report, Renewables p. 371. 2021.

GUESSE, M. L. **Dimensionamento de uma turbina eólica de eixo horizontal de pequeno porte aplicado a residências**. Projeto de Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Macaé, p. 102. 2016.

GUITARRARA, P. Crescimento populacional. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-crescimento-populacional-no-mundo.htm>. Acesso em 25 de outubro de 2021

GWEC – Global Wind Energy Council, Disponível em <https://gwec.net/global-offshore-wind-report-2021/>

IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120>

IEA - International Energy Agency, Annual Report, p. 278. 2019.

IGNACIO, Julia. ECO-92: o que foi a conferência e quais foram seus principais resultados. Politize, 2020. Disponível em: < <https://www.politize.com.br/eco-92/>>. Acesso em 02 de novembro de 202.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1997) Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public>

JANNUZZI, G.M. et al. **Energias do Futuro**, International Energy Initiative – IEI, Relatório Final, p. 137, 2008

MACEDO, I. C. **Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento**. Disponível em: [https://www.cggee.org.br/documents/10195/734063/estudo\\_biomassa\\_1012.pdf/21e2f32d-d3a3-474b-b505-e9cb11d8cf78?version=1.0](https://www.cggee.org.br/documents/10195/734063/estudo_biomassa_1012.pdf/21e2f32d-d3a3-474b-b505-e9cb11d8cf78?version=1.0). Acesso em 12 de maio de 2022.

MACHADO, F. V. **A produção do discurso do desenvolvimento sustentável: de Estocolmo à Rio 92**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. 2005, 328 p.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia (2006) Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF

MIT Massachusetts Institute Technology - The Future of Electric Grid, p. 280. 2011.

NOVAIS, Stéfano Araújo. Como funciona uma usina nuclear?. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/como-funciona-uma-usina-nuclear.html> Acesso em 17 de maio de 2022.

Número de carros elétricos no Brasil. **NeoCharge**, s.d. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/carros-eletricos-brasil>. Acesso em 11 de maio de 2022.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

ONU – Conferência Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta, 1992. Disponível em: [www.onu.org.br](http://www.onu.org.br). Acesso em 02 de janeiro de 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano. Estocolmo, p. 6. 1972.

Os perigos do crescimento da população mundial. **Instituto Brasileiro de Sustentabilidade**, 2012. Disponível em: <https://www.inbs.com.br/PERIGOS-CRESCIMENTO-POPULACAO-MUNDIAL/>. Acesso em 28 de outubro de 2021.

PENA, R. F. A. Transição demográfica. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/transicao-demografica.htm>. Acesso em 25 de outubro de 2021

REIS, P. Energia geotérmica e o calor da terra. **Portal Energia**. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/energia-geotermica-calor-da-terra/> Acesso em 18 de maio de 2022.

RIBEIRO, W. C. A ordem ambiental internacional. 1. Ed. São Paulo: Contexto, 2001. 182 p.

SILVA, T. K. Energia das ondas no Brasil. Disponível em: <http://www.usp.br/portaliobiossistemas/>. Acesso em 18 de maio de 2022.

SOBRINHO, C. A. **Desenvolvimento Sustentável: uma análise a partir do Relatório de Brundtland**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Marília, p. 197. 2008.

TUFANI, M. Dez anos depois, Protocolo de Kyoto falhou em reduzir emissões mundiais. **Folha de São Paulo**. Disponível em:

<https://m.folha.uol.com.br/ambiente/2015/02/1590476-dez-anos-depois-protocolo-de-kyoto-falhou-em-reduzir-emissoes-mundiais.shtml>. Acesso em 20 de janeiro de 2020.