

Apreciação e reflexões: mudanças de clima e a transição energética

**Nicolas José dos Santos Fernandes¹; Paulo Fonseca Júnior¹
Marcelo dos Santos Targa²; Paulo Fortes Neto²**

¹Discentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNITAU, Taubaté, SP, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNITAU, Taubaté, SP, Brasil.

nick_jsf@hotmail.com; mtarga@unitau.br²; Paulo.fortes@unitau.br²

Autor correspondente: email: **profjrgeo@gmail.com¹**

RESUMO

Ao longo dos 4,5 bilhões de anos de existência da Terra, diversas transformações ocorreram, resultando nas divisões geológicas conhecidas como Éons, Eras, Períodos e Épocas. Essas divisões têm relevância geográfica e fornecem informações valiosas sobre a formação do planeta, a evolução das espécies e as mudanças climáticas. As eras geológicas, como a Pré-Cambriana, Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica, testemunharam o surgimento e a diversificação de vida, desde as algas e invertebrados até os dinossauros, aves e mamíferos. Atualmente, na era cenozoica, estamos no período Quaternário, que é marcado pela evolução humana e pelas mudanças ambientais, tecnológicas e climáticas. As condições climáticas desempenham um papel fundamental na formação dos ecossistemas e na evolução das espécies, e a Terra passou por grandes variações climáticas ao longo de sua história. No entanto, o atual período geológico, o Holoceno, tem sido excepcionalmente estável. No entanto, as atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, têm levado ao aumento das emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), intensificando o efeito estufa e contribuindo para o aquecimento global. O derretimento das geleiras e os eventos climáticos extremos são algumas das consequências dessas mudanças climáticas, afetando a segurança das populações, a produção de alimentos, a diversidade de espécies e o nível do mar. Para mitigar esses impactos, é necessário adotar medidas institucionais e de planejamento, considerando projeções futuras e aprimorando os modelos de simulação. A metodologia utilizada foi uma análise crítica do capítulo de número três do livro “Plan B” de Lester Brown, onde reunimos informações presentes no livro e comparamos com artigos atuais abordando o mesmo assunto. Ações voltadas para a redução das emissões de gases de efeito estufa, investimentos em energias renováveis, proteção dos ecossistemas e adoção de práticas sustentáveis são fundamentais para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e garantir a sustentabilidade do planeta para as gerações presentes e futuras.

Palavras-chave: Mudança climática; Sustentabilidade; Emissão de carbono

ABSTRACT

Over the course of Earth's 4.5 billion years of existence, various transformations have occurred, resulting in geological divisions known as eons, eras, periods, and epochs. These divisions have

geographic significance and provide valuable information about the planet's formation, species evolution, and climate changes. Geological eras such as the Precambrian, Paleozoic, Mesozoic, and Cenozoic have witnessed the emergence and diversification of life, from algae and invertebrates to dinosaurs, birds, and mammals. Currently, in the Cenozoic era, we are in the Quaternary period, which is marked by human evolution and environmental, technological, and climatic changes. Climate conditions play a crucial role in shaping ecosystems and species evolution, and Earth has undergone significant climate variations throughout its history. However, the current geological period, the Holocene, has been exceptionally stable. Nevertheless, human activities such as burning fossil fuels and deforestation have led to increased greenhouse gas emissions, such as carbon dioxide (CO₂), intensifying the greenhouse effect and contributing to global warming. The melting of glaciers and extreme weather events are some of the consequences of these climate changes, affecting population security, food production, species diversity, and sea levels. To mitigate these impacts, institutional and planning measures are necessary, considering future projections and improving simulation models. The methodology employed was a critical analysis of chapter three of the book "Plan B" by Lester Brown, where we gathered information from the book and compared it with current articles addressing the same subject. Actions aimed at reducing greenhouse gas emissions, investing in renewable energy, protecting ecosystems, and adopting sustainable practices are crucial to address the challenges of climate change and ensure the planet's sustainability for present and future generations.

Keywords: Climate change; Sustainability; Carbon emissions.

1. INTRODUÇÃO

Há 4,5 bilhões de anos, desde a origem do planeta Terra, muito lentamente, várias transformações ocorreram, marcando mudanças significativas em cada ponto, e essa divisão ficou notoriamente dividida em Éons, Eras, Períodos e Épocas. A grande relevância geográfica permeia acontecimentos nas “Eras geológicas”, como na Era “Pré-Cambriana”, marcando conhecimentos importantíssimos nesse estudo, como a formação dos escudos cristalinos e a origem das células procariontes e eucariontes. Na Era “Paleozoica”, os períodos Cambriano, Ordoviciano, Siluriano, Devoniano, Carbonífero e Permiano, deram origem a elementos que nos ajudam a compreender toda dinâmica do planeta.

No período Cambriano, as algas e invertebrados multiplicam-se e diversificam-se nos Oceanos, surgem os moluscos e invertebrados como trilobitas. O Ordoviciano marca o deslocamento da massa continental para o sul, surgimento dos crustáceos e formas primitivas de peixes, formam-se recifes e corais nos Oceanos. No Siluriano, os continentes começam a se divergirem, surgem peixes com mandíbulas e os peixes começam a permear águas doces de rios. Já no período Devoniano, a dinâmica ganha o meio vegetal, surgindo as primeiras samambaias gigantes e licopódios formam as primeiras florestas, além, da origem dos insetos e anfíbios. No Carbonífero, marcou a formação de florestas próximas ao delta dos rios, e assim, a formação de depósitos de “carvão”. Por fim, no Permiano, surgem diversos desertos, coníferas primitivas substituem samambaias gigantes e os répteis diversificam-se.

Na Era Mesozoica, registramos três períodos: Triássico, Jurássico e Cretáceo, com mudanças significativas na questão geológica estrutural e cronologicamente pelo domínio dos dinossauros, aves e mamíferos, primeiras plantas com flores até o fim do Cretáceo e a extinção dos dinossauros.

E atualmente a era Cenozoica, entre o período Paleógeno e Neógeno, com destaque a formação das montanhas como o Himalaia, definição física dos contornos continentais atuais,

e por fim, o que estamos vivendo, o período Quaternário, com aproximadamente 1,6 milhões de anos, resultado da evolução humana, desenvolvimento de técnicas e mudanças de ordem humana, tecnológica e climáticas.

As formas de vida existentes na Terra e sua evolução sempre decorreram das condições reinantes no planeta a cada momento – como temperatura, umidade, radiação solar e concentração de oxigênio. As condições climáticas permitiram a formação dos diversos ecossistemas e habitats no mundo todo. Um determinado tipo de clima pode favorecer a expansão de algumas espécies e, ao mesmo tempo, dizimar outras. À medida que as condições climáticas variam, os ecossistemas e as espécies se adaptam, migram ou mudam de tamanho. A Terra passou por enormes variações climáticas, resultando em mudanças dramáticas nos ecossistemas. O mais recente período geológico – o Holoceno – que começou há cerca de 10 mil anos, tem sido particular e excepcionalmente estável. (MARGULIS, 2020).

O planeta Terra recebe constantemente energia do sol e a irradia de volta ao espaço. Para que a temperatura do planeta permaneça constante, o calor líquido que ele recebe do sol deve ser equilibrado pelo calor que ele emite.

Muitas das mudanças que estão ocorrendo em nosso planeta estão ligadas à radiação solar, essencial para compreender o aquecimento da superfície e da atmosfera terrestre. Aproximadamente 50% da radiação ultravioleta é absorvida pelos oceanos e continentes, e convertida em radiação infravermelha, gerando calor. Na casa de 29% é refletida para o espaço (Figura 1), e o restante retida na própria atmosfera.

Como o sol é quente, ele emite energia na forma de radiação de ondas curtas principalmente nos comprimentos de onda ultravioleta visível. A Terra é muito mais fria, por isso emite calor como radiação infravermelha, que tem comprimentos de onda mais longos.

O dióxido de carbono – CO₂, gás que consegue absorver a radiação refletida ao espaço – infravermelha, assim, quanto mais emissões, maiores são as concentrações e consequentemente, a temperatura ganha elevação, classificando-o o famoso “efeito estufa”.

CO₂ e outros gases que retêm o calor têm três ou mais átomos e frequências que correspondem à radiação infravermelha emitida pela Terra. O oxigênio e o nitrogênio, com apenas dois átomos em suas moléculas, não absorvem a radiação infravermelha.

Não deveria ser surpreendente que uma pequena quantidade de dióxido de carbono na atmosfera possa ter um grande efeito. Tomamos medicamentos como pílulas, que são uma pequena fração de nossa massa corporal e esperamos que elas nos afetem. Atualmente, o nível de dióxido de carbono é mais alto do que em qualquer outro momento da história.

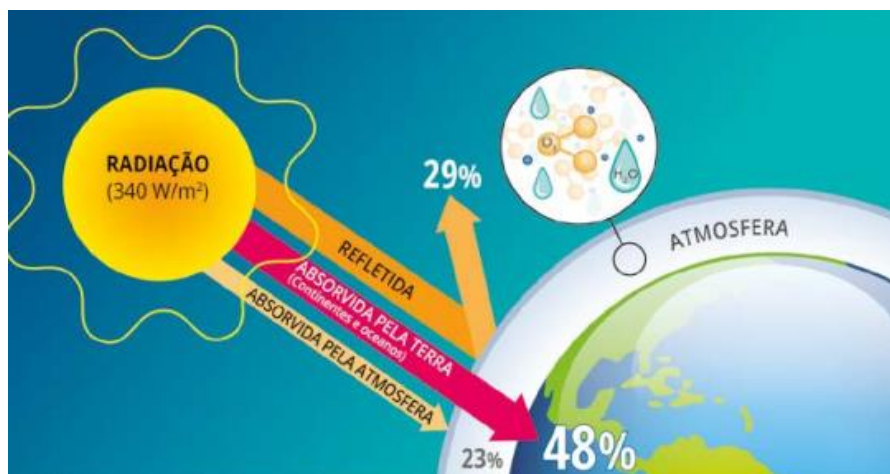


Figura 1: Emissão de raios solares.

Fonte: NASA (2023)

Ao retomar o conhecimento a respeito do ciclo do carbono, observa-se a importância da troca de carbono entre os fatores naturais, reconhecendo ainda o impacto das ações antrópicas, que desde a primeira revolução industrial, no século XVIII apresentou elevações nos indicadores.

Importante ressaltar que as queimas de combustíveis fósseis como o carvão mineral e o petróleo intensificam as emissões de CO₂ na atmosfera, somando os desmatamentos e queimadas, que nos últimos cinquenta anos foram massivos nas emissões.

As revoluções industriais marcadas diretamente por inovações e acentuadas emissões de gases poluentes do efeito estufa

Os Oceanos absorvem mais CO₂ do que emitem para a atmosfera, com isso, são classificados como sumidouros de CO₂, ajudando a reduzir o impacto das emissões na atmosfera e amenizando o aquecimento global.

Outros gases apresentam um efeito ainda maior, como o N₂O – óxido nitroso, o CH₄ – metano e os gases fluorados, que contém flúor, sendo os clorofluorcarbonos os mais conhecidos, e as alterações estão ligadas à concentração e tempo de permanência na atmosfera.

As mudanças climáticas e os desastres glaciais afetam diretamente as populações periglaciais andinas nas esferas ambientais, sociais, econômicas e culturais. O aquecimento atmosférico regional está provocando a crescente retração das geleiras na Cordilheira Branca (Peru) e nas demais geleiras ao longo das últimas décadas. O derretimento dessas geleiras implica, entre outras consequências, na formação de lagoas glaciais e o acréscimo do volume daquelas pré-existentes, o que aumenta a possibilidade de desastres glaciais (FIGUEIREDO, 2023).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), as consequências do aquecimento global, provocado pelas emissões antropogênicas de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, irão repercutir ao longo dos próximos séculos ou milênios no sistema climático do planeta, acarretando riscos para a segurança das pessoas, das demais espécies, dos Estados e do sistema internacional (IPCC, 2018).

A formação de uma geleira (Figura 2) é um processo milenar e seu tamanho variará conforme a quantidade de gelo que consiga acumular durante sua vida. O comportamento dessas massas é muito parecido ao dos rios — que se alimentam das geleiras durante os períodos de derretimento — e sua velocidade depende da fricção e do desnível do terreno por onde se assentam. No total, as geleiras cobrem 10% da superfície terrestre e, juntamente com as calotas de gelo, perfazem quase 70% da água doce do planeta (IBERDROLA, 2023).

Como consequência direta do derretimento das geleiras, podemos ser afetados no aumento do nível do mar, ter um impacto relevante sobre o clima, desaparecimento de incontáveis espécies de diversos grupos, diminuição da água não salgada presente no planeta etc.



Figura 2: Formação de uma geleira.
Fonte: Iberdrola (2023)

As mudanças climáticas contribuem para aumentar os riscos dos desastres naturais e sua frequência de ocorrência, dado que os extremos climáticos se tornam mais frequentes. Faz-se, portanto, necessária a tomada de ações de caráter institucional para a mitigação dos efeitos do aquecimento global, de modo que seja possível se adaptar às mudanças esperadas e reduzir as vulnerabilidades. Sabe-se que as cidades devem realizar planejamentos voltados para investimentos e adoção de medidas adaptativas com o intuito de minimizar os impactos climáticos ocasionados pelos eventos extremos. Uma forma eficiente de atender a essa necessidade é a realização de estudos envolvendo as áreas de risco e projeções de cenários futuros. Para tanto, é preciso que os modelos para simulação sejam confiáveis e com nível de precisão adequado para auxiliar os gestores na tomada de decisão.

Com o derretimento das geleiras, o aumento do nível do mar é iminente. Causando assim um descontrole em diversas áreas da sociedade, como produção alimentar, bem-estar econômico, emissão de CO₂, criação de energia, variabilidade genética de espécies, diversidade de espécies, aumento do nível do mar, provocando o êxodo das regiões costeiras para regiões mais altas e mais centrais dos continentes, perda de espaço físico utilizável pelas populações etc.

Com boa parte na água, o rompimento da massa continental de placas de gelo não gera em si efeito direto no nível do mar. No entanto, sem os blocos de gelo impedindo o movimento

do gelo glacial, que se move 400 a 900 metros por ano, o fluxo de gelo do continente pode se acelerar, levando a um estreitamento da camada nas extremidades do continente Antártico, o que contribuiria para a elevação do nível do mar.

Com o derretimento das geleiras, o dano causado diretamente à produção de alimentos, fazendo com que as colheitas sejam prejudicadas. Se todas as geleiras das montanhas derretessem, elevariam o nível do mar em apenas alguns centímetros. Mas é o seu degelo de verão que sustenta boa parte dos rios durante a estação seca. Assim, à medida que a temperatura se eleva, haverá uma diminuição de irrigação com suprimento de água vinda de rios. No início de 2009, o Serviço de Monitoramento das Geleiras Mundiais da Universidade de Zurique relatou que 2007 foi o décimo oitavo ano consecutivo de recuo de geleiras. E elas estão derretendo duas vezes mais do que uma década atrás.

Muitos dos fazendeiros peruanos irrigam seu trigo e batatas com a água dos rios das geleiras que estão desaparecendo. Durante a estação seca, eles ficam totalmente dependentes da água para irrigação. Para os 29 milhões de habitantes do Peru, a decadência das geleiras vai significar o encolhimento da produção de alimentos.

Segundo Lester Brown, temperaturas mais altas podem interromper a fotossíntese, prejudicar a polinização e levar à desidratação das plantações. Embora as altas concentrações de CO₂ atmosférico, que elevam a temperatura, também possam aumentar a produção das plantações, após um certo ponto o efeito negativo acaba por superar o positivo.

O presente artigo tem como objetivo desenvolver uma resenha com análise crítica do terceiro capítulo: Mudança de clima e a transição de energia, da obra Plan B, de autoria de Lester R. Brown, presidente do Earth Policy Institute, publicada em 2009.

2. MATERIAL E MÉTODO

O terceiro capítulo: Mudança de clima e a transição de energia, da obra intitulada Plan B, de Lester R. Brown, publicada em 2009, teve como objetivo geral de discutir estratégias para se evitar o pior, o colapso climático. Não apenas o colapso de derretimento de geleiras ou a extinção de animais ameaçados, como o senso comum costuma ver o assunto, mas de todo tecido climático que engloba um refinado equilíbrio sistêmico que nos leva da geleira derretida ao prato de comida na mesa. Um longo caminho, repleto de filigranas que passam pela geopolítica, por um complexo estilo de vida baseado em uma economia dependente de fontes de energia e de consumo em larga escala, passando pelas consequências destas escolhas, até chegarmos finalmente aos perigos para o futuro do planeta (BROWN, 2009).

Este artigo está contido no ODS (objetivos para desenvolvimento sustentável) de número 13 que se trata de Mudanças Climáticas e tem como objetivo tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.

Dentro desse objetivo, existem várias metas específicas, incluindo:

1. Fortalecer a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e desastres naturais.
2. Integrar medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em políticas, estratégias e planejamentos nacionais.
3. Promover mecanismos para aumentar a conscientização e a capacidade de enfrentar as mudanças climáticas.
4. Implementar o compromisso de mobilizar US\$ 100 bilhões anualmente para o financiamento climático por parte dos países desenvolvidos aos países em desenvolvimento.

5. Promover a implementação do Acordo de Paris sobre mudança do clima, garantindo ações ambiciosas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Essas metas visam mitigar os efeitos das mudanças climáticas, promover a adaptação às suas consequências e reduzir as emissões de gases de efeito estufa para limitar o aumento da temperatura global. O ODS 13 também está interconectado com outros objetivos, como o ODS 7 (energia acessível e limpa) e o ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), que desempenham um papel importante na abordagem das questões climáticas.

Um dos pontos importantes de se ressaltar antes de entrar no mérito do capítulo em análise é que a obra ficou, em alguns aspectos, datada, pois coloca projeções de um futuro próximo que, para nós do alto do ano de 2023, já virou passado. Isso não coloca em xeque a tese central do autor, pelo contrário, mas nos impõe uma leitura atualizada sobre o assunto, assim como uma melhor compreensão dos caminhos históricos que acabam por reforçar os enormes desafios que temos pela frente: convencer que as mudanças climáticas são de caráter supranacionais, que demandam ações de cooperação mais do que de competição. Para esse apoio, usamos como principal referência a obra *Mudanças no clima: tudo o que você queria e não queria saber*, de Sergio Magulis, de 2020 e já bastante citada aqui, além de outras obras atualizadas sobre o debate.

No capítulo analisado, o autor cita algumas projeções sobre as alterações climáticas, explicando antes a dinâmica de tais alterações, abordada aqui na primeira parte do artigo. O foco do capítulo recai sobre o uso de combustíveis fósseis, tratando num primeiro momento sobre o petróleo, seguindo para o carvão mineral e, por fim, o gás natural. Todo esse percurso tem como objetivo mostrar a importância que essas fontes de energia têm para a economia global, sem deixar de demonstrar através de uma compilação de vários estudos o seu impacto sobre a temperatura do planeta. Depois de ressaltar a importância, o autor se debruça sobre as possíveis consequências desta elevação da temperatura sobre diversas áreas e os locais com probabilidade de impacto sobre as dinâmicas para, por fim, propor algumas ações globais para mitigar tais efeitos com prazos estabelecidos, estabelecendo algumas metas já para o ano de 2020, destacando a urgência que tais mudanças deveriam ocorrer.

Por fim, vale ressaltar que o texto de Brown pretende ser mais informativo, com dados coletados de diversas pesquisas acadêmicas, mas sem, contudo, mostrar os cálculos desenvolvidos para se chegar aos resultados. Isso decorre de sua proposta de ser uma obra de largo alcance, com divulgação das informações e pesquisas desenvolvidas por diversos institutos e pesquisadores sobre o clima, ou, como o autor afirma, “o Plano B se estrutura a partir da urgência de impedir o aumento das concentrações atmosféricas de CO₂, reverter o declínio na segurança alimentar e encurtar a lista de Estados falidos ou em falência” (BROWN, 2009, pg. 111). Funciona como um alerta para a leitura geral sobre os problemas que a humanidade irá enfrentar caso esse quadro não seja levado em sérias considerações. Algumas das previsões da obra já podem ser observadas quando as confrontamos com dados mais recentes, principalmente no que se refere à temperatura do planeta. A maior parte da elevação de temperatura observada ocorreu nos últimos 35 anos a considerar os dados coletados até 2019. Destes, os últimos seis anos são os mais quentes já registrados (MARGULIS, 2020), mostrando que o assunto deve mesmo estar ao alcance do maior número de pessoas possíveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

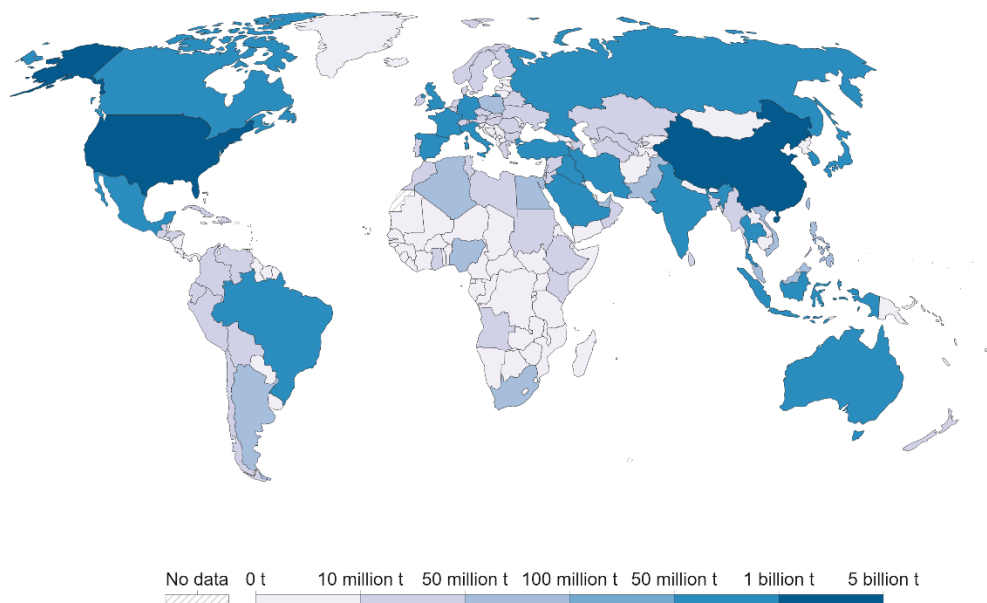
O capítulo *Mudança de clima e Transformação de energia* começa justamente por descrever como o clima passou por poucas mudanças nos últimos milênios, que inclusive foi primordial para a vida em sociedade, onde cada geração transmitia um planeta semelhante ao que havia recebido. Isso se modifica substancialmente a partir dos anos finais do século XX,

especialmente depois da década de 70. A consequência direta desse fenômeno é a alteração dos níveis dos oceanos. Onde antes havia um ciclo de congelamento e descongelamento que mantinha o nível das águas por igual, agora temos um degelo intenso não renovável, que altera significativamente o nível do oceano, expandindo-o e causando retração dos continentes. Para além dos danos físicos e materiais das populações litorâneas, tal fenômeno altera também o ciclo dos rios e das águas para irrigação de terras cultiváveis. E como já vimos por aqui, o principal agente dessa transformação capaz de alterar as características climáticas dos últimos 11 mil anos é a emissão de CO₂ na atmosfera. E uma emissão artificial, causada pela ação humana e a queima de combustíveis fósseis, carvão mineral e gás natural, principalmente (BROWN, 2009). Queima essa que não só causou um acelerado crescimento econômico para algumas nações, foi a força motriz para o dinamismo tecnológico do último século, mas também responsável por variados problemas geopolíticos, de exploração e apropriação de riquezas e motor para diferentes mazelas políticas e sociais.

Na primeira parte deste artigo nos debruçamos sobre os fenômenos físicos do fenômeno climático, descrevendo como o aquecimento global altera variados aspectos geofísicos. Agora se faz necessário pensar algumas consequências sociais e econômicas destas mudanças. A primeira delas e bastante explicada no texto é a alteração da capacidade produtiva de alimentos, o consequente processo inflacionário e como isso impacta para os indivíduos mais pobres, mas também para as nações mais pobres. Outro ponto salientado é que a temperatura mais alta pode interromper a fotossíntese, o processo de polinização e a desidratação das plantas.

Em um mundo de economia globalizada, com nações em constante disputas econômicas, podemos inferir que o aumento no valor dos alimentos gera enorme disparidade entre nações ricas, em desenvolvimento e as mais pobres. A experiência histórica nos mostra que catástrofes imensas podem gerar situações de enorme fome, exemplo do chamado Código da Fome britânico sobre a Índia, com as constantes crises de fome particularmente de 1860 até 1920, em que diferentes formas de exploração colonial e especulação sob gêneros alimentícios para o mercado europeu produziu ciclos de fome com mortandade na casa dos milhões de indianos (FOURCADE, 2004). O que podemos imaginar de uma grande diminuição da produção de alimentos em escala global pode produzir?

Além disso, o autor salienta que o petróleo cada dia mais se mostra uma fonte de energia em declínio, pois já teríamos alcançado e ultrapassado nossa capacidade de extração. Além de, o petróleo emitir muito CO₂ (Figura 3). O objetivo do autor é apelar para o bom senso do leitor mostrando que o petróleo deixe de ser, com o tempo, tão atrativo comercialmente e por si só já deveria ser pensado meios de sua substituição (pg. 106). Ora, podemos até já termos ultrapassado nosso ápice produtivo de petróleo de fácil extração, mas estamos longe de tal *commodity* perder seu valor de mercado, além da capacidade de enriquecer nações e gerar disputas políticas. Em política, nem sempre o bom senso e sentido de urgência é o que move os governantes. Além disso, uma questão ética sempre se impõe quando estamos falando de comércio internacional: seria justo países que se desenvolveram largamente com base em exploração industrial e tecnológica gerada por queima de combustíveis fósseis e emissão de CO₂ exigir que os demais países não façam o mesmo. Em face às necessidades climáticas e ambientais, a resposta é fácil, precisamos de energias renovadas para a produção de um crescimento sustentável. Mas no mundo da política, essa resposta de longo prazo nem sempre colhe frutos. Ou voto.

Annual CO₂ emissions from oil, 2021

Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Figura 3: Emissões anuais de CO₂ do Petróleo.

Fonte: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> (2023)

Possivelmente é no campo da política deste complexo século XXI que se inicia que podemos explicar parte do fracasso das metas postas por Brown para a diminuição das emissões de CO₂, como por exemplo, fechar todas as usinas termoelétricas até 2020, ou fomentar produção de carros híbridos ou mudar o setor de transporte (pg. 111). Muitas ações foram feitas, é verdade, mas não no ritmo pensado.

Percebe-se um predomínio inegável dos Estados Unidos e da China, maiores economias mundiais, respectivamente, com valores muito expressivos em relação ao planeta, quando se discute a questão das grandes emissões de CO₂ provenientes do petróleo. Em seguida, observa-se países com condicionantes bem inferiores as potências mencionadas, como o caso dos países da Europa Ocidental, além de, Canadá, Rússia, Japão, Coreia do Sul, México, Brasil, Índia, Arábia Saudita, Irã e Austrália. Nações que apresentam expressivos crescimentos na queima do combustível.

O Carvão, é destaque entre as três nações com maiores números em população absoluta, resultado do crescimento e articulação da Índia nesse combustível e a massa do uso entre China e o imponente Estados Unidos (Figura 4).

A emissão de dióxido de carbono (CO₂) relacionada ao consumo de petróleo em 2021 variou significativamente entre os países, com alguns apresentando pontos positivos em relação a essa questão. Aqui estão alguns pontos a serem considerados:

1. Redução nas emissões em alguns países: Vários países fizeram progressos na redução das emissões de CO₂ relacionadas ao consumo de petróleo em 2021. Medidas como investimentos em energias renováveis, eficiência energética e políticas de transporte sustentável contribuíram para essa diminuição. Países como Alemanha, Reino Unido, Estados Unidos e Japão conseguiram reduzir suas emissões, promovendo uma transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

2. Aumento da eletrificação dos transportes: Uma tendência positiva observada em vários países foi o aumento da eletrificação dos transportes. A transição de veículos movidos a combustíveis fósseis para veículos elétricos reduz a dependência do petróleo e, conseqüentemente, as emissões de CO₂ associadas ao consumo desse combustível. Países como Noruega, Suécia e Holanda se destacaram nesse aspecto, com altas taxas de adoção de veículos elétricos e híbridos.

3. Incentivos à energia renovável: Alguns países implementaram políticas e incentivos para promover a geração de energia renovável como alternativa ao petróleo. Investimentos em fontes como solar, eólica, hidrelétrica e biomassa ajudaram a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e, portanto, as emissões de CO₂. Países como China, Estados Unidos, Alemanha e Índia estão entre os líderes na expansão da capacidade de energia renovável.

4. Políticas de eficiência energética: A implementação de políticas de eficiência energética também foi um fator positivo na redução das emissões de CO₂ relacionadas ao consumo de petróleo. Essas políticas incluem regulamentações de eficiência para veículos, edifícios e indústrias, além de programas de conscientização e incentivos para aprimorar o uso eficiente da energia. Países como França, Suécia e Reino Unido se destacaram nesse aspecto, adotando medidas abrangentes para promover a eficiência energética em diferentes setores.

É importante ressaltar que, apesar dos avanços mencionados, ainda há um longo caminho a percorrer para reduzir as emissões globais de CO₂ relacionadas ao consumo de petróleo. É essencial que os países continuem a implementar políticas ambiciosas, investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias limpas e promover uma transição completa para fontes de energia renovável, a fim de mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Os Estados Unidos e a China estão demonstrando avanços positivos em relação à emissão de carbono decorrente da produção de petróleo no ano de 2021.

Nos Estados Unidos, houve um aumento do compromisso em direção a uma produção de petróleo mais sustentável. As políticas adotadas pela administração Biden têm como objetivo reduzir as emissões de carbono associadas à indústria de petróleo e gás. O governo está incentivando o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e eficientes para a extração, processamento e distribuição de petróleo. Além disso, estão sendo implementadas regulamentações mais rígidas para controlar as emissões de gases de efeito estufa durante a produção de petróleo. Esses esforços têm o potencial de reduzir significativamente a pegada de carbono da indústria de petróleo nos Estados Unidos.

Na China, também são observados avanços no sentido de mitigar as emissões de carbono relacionadas à produção de petróleo. O país tem investido consideravelmente em tecnologias de extração e refino de petróleo mais limpas e eficientes. Além disso, a China está direcionando seus esforços para diversificar sua matriz energética, aumentando o uso de energias renováveis e buscando reduzir sua dependência do petróleo. Isso é acompanhado pela implementação de políticas mais rigorosas para controle de emissões e eficiência energética, o que contribui para a redução das emissões de carbono associadas à produção de petróleo.

Embora haja desafios a serem enfrentados em relação às emissões de carbono decorrentes da produção de petróleo, tanto os Estados Unidos quanto a China estão adotando medidas concretas para lidar com essa questão. A promoção de tecnologias mais limpas, o estabelecimento de regulamentações mais rigorosas e o investimento em energias renováveis são passos importantes para reduzir a pegada de carbono da indústria de petróleo. Esses esforços demonstram um compromisso em direção a um futuro mais sustentável, onde a produção de petróleo seja realizada de forma mais eficiente e com menor impacto ambiental.

O Brasil também tem demonstrado um compromisso crescente em relação à emissão de carbono associada à produção de petróleo no ano de 2021.

O país tem implementado uma série de medidas e políticas para reduzir as emissões de carbono provenientes da indústria petrolífera. O Brasil possui uma matriz energética

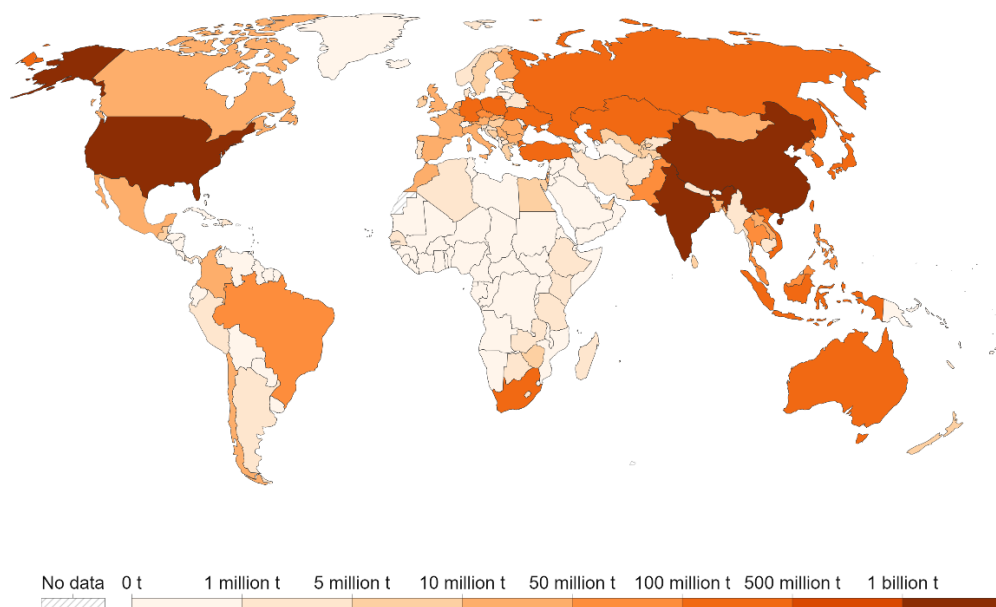
diversificada, com uma crescente participação de fontes renováveis, como a energia hidrelétrica, e tem buscado expandir ainda mais o uso de energias limpas. Além disso, o país tem investido em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de extração de petróleo mais eficientes e com menor impacto ambiental.

Outro aspecto positivo é o compromisso do Brasil com a preservação da Amazônia e a promoção do desenvolvimento sustentável. Ao proteger a floresta amazônica, o país contribui para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que as florestas atuam como sumidouros naturais de carbono. Além disso, o Brasil tem buscado implementar políticas ambientais e regulamentações mais rigorosas para controlar as emissões de gases de efeito estufa e garantir uma produção de petróleo mais sustentável.

É importante ressaltar que existem desafios a serem superados, como o aumento da eficiência energética na indústria petrolífera e a redução das emissões de gases de efeito estufa associadas à queima de combustíveis fósseis. No entanto, o Brasil tem demonstrado uma disposição positiva para enfrentar esses desafios e promover a sustentabilidade na produção de petróleo.

Com a implementação contínua de políticas e ações voltadas para a redução das emissões de carbono na indústria petrolífera, o Brasil está caminhando na direção certa para contribuir com a mitigação das mudanças climáticas e promover um futuro mais sustentável.

Annual CO₂ emissions from coal, 2021



Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Figura 4: Emissões anuais de CO₂ do Petróleo.

Fonte: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> (2023)

Tanto os Estados Unidos quanto a China têm feito avanços positivos na redução da emissão de carbono decorrente da queima de carvão no ano de 2021.

Nos Estados Unidos, houve uma contínua tendência de redução do uso de carvão na geração de energia elétrica. O país tem adotado políticas e incentivos para promover a transição para fontes de energia mais limpas, como o gás natural e as energias renováveis. O fechamento de usinas a carvão e a substituição por fontes de energia mais sustentáveis têm contribuído

significativamente para a redução das emissões de carbono. Além disso, o governo americano tem incentivado a inovação e a implementação de tecnologias de captura e armazenamento de carbono, que ajudam a mitigar os impactos da queima de carvão.

Na China, também tem havido progressos na redução do uso de carvão e na mitigação das emissões de carbono associadas a essa fonte de energia. O país tem buscado diversificar sua matriz energética, aumentando a participação de energias renováveis, como a solar e a eólica. Além disso, o governo chinês tem implementado políticas para melhorar a eficiência energética e reduzir a dependência do carvão na geração de eletricidade. Essas ações têm contribuído para a diminuição das emissões de carbono provenientes da queima de carvão.

Embora ainda haja desafios a serem superados, como a dependência contínua de carvão em certas regiões e a necessidade de acelerar a transição para fontes de energia mais limpas, os Estados Unidos e a China estão tomando medidas significativas para reduzir as emissões de carbono decorrentes da queima de carvão. Esses esforços demonstram um compromisso em promover a sustentabilidade e enfrentar os desafios das mudanças climáticas. Ao adotar políticas e incentivos que incentivam a transição para fontes de energia mais limpas, ambos os países estão trabalhando para um futuro com menor pegada de carbono e maior sustentabilidade.

O Brasil tem uma característica positiva em relação à emissão de carbono devido à queima de carvão no ano de 2021: a baixa dependência desse recurso na matriz energética do país.

O Brasil possui uma matriz energética predominantemente renovável, com destaque para a energia hidrelétrica, que é uma fonte de energia limpa e de baixa emissão de carbono. A hidroeletricidade é amplamente utilizada para a geração de eletricidade no país, o que contribui para reduzir significativamente as emissões de carbono relacionadas à queima de carvão. Além disso, o Brasil tem investido cada vez mais em energias renováveis, como a solar e a eólica, como alternativas sustentáveis e de baixo impacto ambiental.

A opção do Brasil por uma matriz energética majoritariamente renovável é benéfica do ponto de vista ambiental, pois diminui a dependência de combustíveis fósseis, como o carvão, que são altamente poluentes e responsáveis por uma parcela significativa das emissões de carbono em muitos países. Ao evitar a queima de carvão para a geração de energia, o Brasil contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação das mudanças climáticas.

Embora o Brasil tenha uma presença relativamente pequena na queima de carvão, é importante destacar que sempre há espaço para melhorias. O país pode continuar investindo em pesquisas e tecnologias para aumentar ainda mais a participação de fontes de energia renováveis em sua matriz energética, reduzindo ainda mais as emissões de carbono em todos os setores.

A opção do Brasil por uma matriz energética predominantemente renovável e com baixa dependência de carvão é uma vantagem significativa em relação à emissão de carbono, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e para a busca por um futuro com menor impacto climático.

4. CONCLUSÕES

O texto apresentado traz uma análise profunda das mudanças climáticas e suas consequências sociais, econômicas e políticas. Ao descrever o impacto do aumento do nível do mar devido ao derretimento das geleiras, fica evidente a necessidade de compreendermos as transformações que ocorrem no planeta e suas ramificações em diversos setores da sociedade.

Uma das primeiras consequências mencionadas é a alteração na capacidade produtiva de alimentos, o que leva ao processo inflacionário e afeta especialmente os indivíduos mais pobres e as nações mais desfavorecidas. O aquecimento global também ameaça a fotossíntese, a polinização e a hidratação das plantas, o que pode levar a uma diminuição significativa na produção de alimentos em escala global. Essa situação gera disparidades entre nações ricas, em desenvolvimento e as mais pobres, podendo resultar em crises alimentares e agravar a desigualdade.

Além disso, o texto aborda a questão do esgotamento das fontes de energia, com ênfase no petróleo. Apesar de reconhecermos a necessidade de substituir o petróleo por fontes renováveis para promover um crescimento sustentável, a realidade política e econômica nem sempre se alinha a essas demandas. A geopolítica do petróleo e as disputas de poder que envolvem sua exploração podem dificultar a transição para energias renováveis, mesmo diante da urgência climática.

No contexto político do século XXI, observa-se a dificuldade de alcançar as metas estabelecidas para redução das emissões de CO₂. As grandes economias, como os Estados Unidos e a China, possuem um papel significativo nesse desafio, mas também é importante considerar a responsabilidade de outros países com crescimento expressivo no consumo de combustíveis fósseis. A falta de cooperação global e a ascensão de ideologias ultranacionalistas dificultam ações conjuntas para enfrentar a crise climática.

Diante do panorama urgente e complexo das questões climáticas, é imperativo superar interesses individuais e nacionais em busca de soluções coletivas. Para promover a sustentabilidade, os países devem estabelecer a transição para uma economia de baixo carbono e priorizar investimentos em energias renováveis. Essas ações devem ser complementadas por iniciativas abrangentes de conscientização e educação ambiental, que incentivem ações individuais e coletivas em prol da preservação do planeta. Somente por meio de uma abordagem holística e colaborativa, os países poderão mitigar os impactos das mudanças climáticas e assegurar um futuro seguro e sustentável para as atuais e futuras gerações. Essa abordagem inclui ainda a promoção de políticas de conservação ambiental, o uso responsável dos recursos naturais e o estabelecimento de acordos internacionais robustos para redução das emissões de gases de efeito estufa. Ao adotarem essas medidas, os países estarão caminhando em direção a um mundo mais equilibrado, resiliente e ambientalmente responsável.

6. REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, Anderson R. De et al. **Percepções e adaptações às mudanças climáticas na Cordilheira Branca, Peru. *Sociedade & Natureza***, v. 31, p. e45623, 2023.

FOURCADE, Marie. *Os Britânicos na Índia (1858-1947) ou o "reinado do cinicamente correto"*. In: FERRO, Marc. **O livro negro do colonialismo**. Rio de Janeiro, Ediouro, 2004.

IPCC – **The Intergovernmental Panel on Climate Change (2018) Summary for Policymakers**. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SPM_version_report_LR.pdf

MARGULIS, S. **Mudanças do clima: tudo que você queria saber e não queria.** Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung, 2020. 180p.

NASA Earth Observatory (2009). **Climate and Earth's Energy Budget.** <https://earthobservatory.nasa.gov/features/EnergyBalance/page4.php>

NOAA, **National Oceanic and Atmospheric Administration**, Climate.gov (S/D). Life on Earth depends on, is shaped by, and affects climate. <https://www.climate.gov/teaching/essential-principles-climate-literacy/teachingessential-principle-3-life-earth-depends>

OUR WORD IN DATA (2023). **Emissões anuais de CO2 do Petróleo.** <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>