

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - MG

Instituto de Ciências da Natureza
Curso de Geografia – Bacharelado

CAROLINA PIRES DIAS

**EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA E
TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NO ESTADO DE SÃO
PAULO ENTRE 1990 E 2020.**



Alfenas - MG

2023

CAROLINA PIRES DIAS

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E
TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NO ESTADO DE SÃO
PAULO ENTRE 1990 E 2020.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de **Bacharel** em Geografia pelo Instituto de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas - MG, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza.

Alfenas – MG
2023

BANCA EXAMINADORA

Titulação, nome completo e instituição do Orientador

Titulação, nome completo e instituição do Avaliador 01

Titulação, nome completo e instituição do Avaliador 02

Alfenas (MG), __/__/____

Resultado

Epígrafe

“Eu aprendi que nunca somos pequenos demais para fazer a diferença” – Greta Thunberg.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Vicente e Edvânia, que nunca mediram esforços para que eu pudesse correr atrás dos meus sonhos, obrigada!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que tive a honra de conhecer durante minha trajetória na UNIFAL-MG, entre eles meus amigos Matheus, Natan, Brunno, Amanda e meu namorado Vitor, vocês foram fundamentais para que o caminho fosse leve e divertido. Agradeço meus pais e minha família pelo apoio incondicional e toda força.

Agradeço também todo o corpo docente do curso de Geografia, que foi exemplar em todo ensinamento passado, em especial o professor e orientador Paulo Henrique de Souza, que nunca mediu esforços para me ajudar com o que fosse preciso.

RESUMO

Essa pesquisa possui como objetivo contextualizar os impactos das mudanças climáticas no estado de São Paulo e quantificar as emissões de gases de efeito estufa a partir do método do carbono equivalente, a fim de verificar possíveis correlações também na variável de temperatura média anual através da série histórica correspondendo o período entre 1990 a 2020. Foram analisadas a progressão de ambas variáveis, emissões e temperatura, no qual foram identificadas alterações no perfil das emissões atmosféricas e indícios de aquecimento na série histórica correspondente à temperatura. O aumento significativo na temperatura e ocorrência de eventos climáticos extremos é um indicativo dos efeitos em que a mudança do clima atua, tornando necessário ações drásticas para mitigação dos impactos relacionados e estratégias de adaptação para cenários previstos em projeções realizadas.

Palavras-chave: mudanças climáticas, atmosfera, análise temporal, poluição.

ABSTRACT

The impacts caused to the environment have gained notoriety and provoked reflections related to the predatory development model that became more intense after the Industrial Revolution in the 18th century, accentuating the exploitation of natural resources. In the context of changes suffered by the environment through economic processes, among the externalities that have the potential to cause damage to human health, the increase in the concentration of Greenhouse Effect Gases (GHG) in the atmosphere stands out, even accentuating the planet warming. The causes of the increase in GHG concentration are diverse and intensified by anthropic interference in the scope of its economic activities, demanding that emissions be mapped, enabling the implementation of public policies aimed at mitigating the damage caused to the environment. Bearing this in mind, the progression of greenhouse gas emissions in the state of São Paulo was discussed in this work in order to verify whether there is a correlation with changes in temperature, taking into account the average annual temperature.

Keywords: climate change, atmosphere, temporal analysis, pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Mapa de localização do Estado de São Paulo.....	16
Figura 02 – Relações de impactos das mudanças climáticas e mediadores do bem-estar.....	24
Figura 03 - Projeções climáticas por região no Brasil.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Emissões totais no Brasil em 2020.....	20
Gráfico 02 – Emissões totais no estado de São Paulo.....	35
Gráfico 03 - Série histórica de emissões de GEE no estado de São Paulo.....	36
Gráfico 04 – Série histórica de emissões de N ₂ O no estado de São Paulo.....	37
Gráfico 05 – Temperatura média anual no município de São Paulo.....	39
Gráfico 06 – Emissões de dióxido de carbono (TCO ₂ e) e temperatura média anual entre 1990 e 2020.....	41
Gráfico 07 – Temperatura máxima anual e emissões de carbono equivalente entre 1990 e 2020.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Perdas econômicas nos cenários A2-BR e B2-BR.....	26
Tabela 02 – Projeções e emissões de CO ₂ equivalente em 2020.....	33

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

COP – Conferência das Partes

GWP – Potencial de Aquecimento Global

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

ISO – Organização Internacional para a Normalização

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PEMC – Política Estadual de Mudanças Climáticas

PMVA – Programa Município VerdeAzul

PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa

UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específicos	15
3 METODOLOGIA	15
3.1 Materiais	15
3.1.1 Área de Estudo	15
3.1.2 Dados Atmosféricos	16
3.1.3 Demais Materiais	17
3.2 Métodos	20
3.2.1 Coleta e Organização dos Dados	20
3.2.2 Análise dos Dados	20
3.2.3 Demais Procedimentos	20
4 REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1 Mudanças Climáticas	18
4.2 Gases do Efeito Estufa	19
4.2 Impactos Ambientais, Sociais e Econômicos	21
4.3.1 Impactos Ambientais	21
4.3.2 Impactos Sociais	23
4.3.1 Impactos Econômicos	24
4.4 Convenções, Protocolos e Normas	27
4.4.1 UNFCCC e COP	27
4.4.2 Protocolo de Montreal e Protocolo de Kyoto	28
4.4.3 ABNT NBR ISO 14064 e GHG Protocol	29
4.5 Emissões de GEE no Brasil	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
7 REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O século XVIII ficou marcado pelo modo em que as ações humanas se tornaram intensas por conta da Revolução Industrial, responsável pela intensificação da exploração de recursos naturais e degradação do meio ambiente. Os impactos negativos se deram pela poluição do solo, corpos hídricos e ar, iniciando um desafio para os séculos posteriores com o aumento das discussões relacionadas às mudanças climáticas, intensificadas pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (WHITMEE *et al.*, 2015).

Os GEE possuem como particularidade a capacidade de reter a energia solar de forma natural, permitindo que a temperatura da Terra se torne adequada para existência de vida no planeta. Segundo Azevedo *et al.* (2018), bilhões de toneladas de GEE são emitidas na atmosfera anualmente, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, agropecuária, desmatamento e queimadas, possibilitando a intensificação do fenômeno e consequentemente, aquecendo o planeta além da normalidade.

Os três principais gases com potencial de reter calor são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). O CO_2 é o gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera, representando cerca de 80% das emissões, que são provenientes da queima de combustíveis, queima de biomassa e processos industriais diversos. O CH_4 representa cerca de 11% do total emitido e é consequente da disposição final de resíduos sólidos urbanos, queima de biomassa e dejetos de animais. Já o N_2O é emitido principalmente pelo uso e produção de fertilizantes, correspondendo a cerca de 7% das emissões globais (AZEVEDO *et al.*, 2018).

Segundo Whitmee *et al* (2015), a mudança climática induzida pela interferência antrópica está diretamente conectada ao aumento de eventos extremos como furacões, inundações e ondas de calor. As últimas projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) em 2022, indicam que se as emissões totais não forem reduzidas pela metade até 2030, a temperatura média global poderá sofrer um aumento de 1,8 a 4,0° C até o final do século.

Os processos industriais junto a queima de combustíveis fósseis além de contribuir para o aumento das emissões de GEE, também elevam a concentração de poluentes atmosféricos, que possuem ligação direta com diversos tipos de complicações à saúde. Em centros urbanos, há uma contribuição direta para intensificação dos processos que resultam na degradação da qualidade do ar, portanto, se faz necessário o estabelecimento de políticas públicas eficientes que possam garantir a mitigação desses impactos (BRAGA *et al.*, 2001).

A cidade de São Paulo, localizada na região Sudeste do Brasil, é considerada uma metrópole global e trata-se da cidade mais populosa do país e importante em termos econômicos e industriais, apresentando altos índices de emissões de gases do efeito estufa e poluentes atmosféricos, contribuindo de forma direta no aumento dos riscos oriundos das mudanças climáticas (CETESB, 2019). Dessa forma, esta monografia teve como objetivo avaliar a evolução das emissões de GEE entre 1990 e 2020, buscando verificar se há correlação com mudanças na temperatura média anual no mesmo período.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a quantidade de Gases de Efeito Estufa emitidos no município de São Paulo e as temperaturas médias anuais entre 1990 e 2020, com a finalidade de verificar se há correlação entre ambos.

2.2 Objetivos Específicos

- Contextualizar os impactos das mudanças climáticas no município de São Paulo;
- Avaliar a progressão das emissões de CH₄, CO₂ e N₂O entre 1990 e 2020;
- Analisar variações na temperatura média anual entre 1990 e 2020.
- Identificar a correlação que possa existir entre a emissão de gases de efeito estufa e as variações ocorridas no ritmo térmico da área de estudo.

3.METODOLOGIA

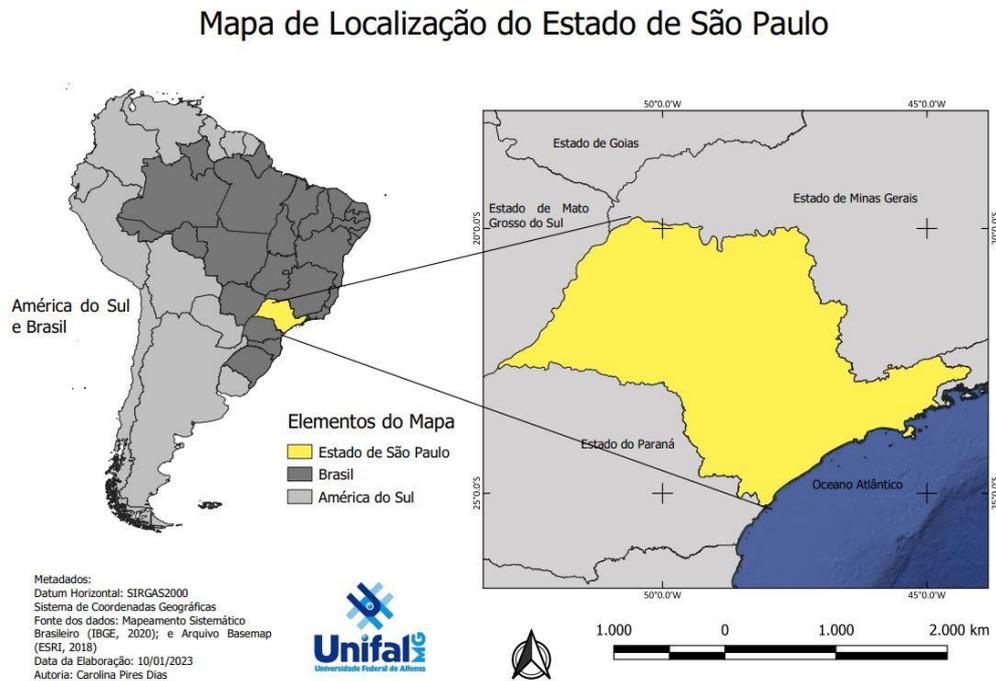
3.1 Materiais

3.1.1 Caracterização da Área de Estudo

Situada no Sudeste do Brasil, o estado de São Paulo é considerado um dos principais da América do Sul, agregando inclusive a capital administrativa do estado. Com uma população de 46,6 milhões de habitantes, de acordo com o IBGE (2022), o estado se destaca por um amplo cenário de atuação referente às atividades econômicas diversificadas, como indústrias, serviços, comércios, entre outros. O destaque do estado é vinculado a presença de uma das principais metrópoles do mundo, a cidade de São Paulo, composta por 12,69 milhões de habitantes (IBGE,

2022). Na figura 1, é possível observar a localização do Estado de São Paulo no território brasileiro, estando presente na região Sudeste do Brasil.

Figura 1 - Localização do Estado de São Paulo



Fonte: Autoria própria.

O estado está localizado em uma região em que há o Planalto de São Paulo e a Depressão do Médio Paraíba e Baixo Ribeirão, nos quais há acentuação do relevo em alguns locais e o substrato rochoso é composto por rochas cristalinas pré-cambrianas, camadas de sedimentos terciários e sedimentos quaternários localizados em planícies aluvionares. Relacionada a parte hidrográfica de São Paulo, os principais cursos d'água da bacia do Atlântico Sudeste são: Rio Paraíba do Sul, rio Paraitinga, rio Paraibuna, rio Doce, rio Ribeira e rio Itapemirim, afirmando o potencial energético com as usinas instaladas nos rios (ROSS; MOROZ, 2011).

O clima de São Paulo é subtropical úmido, com predomínio de uma estação quente e úmida e outra menos quente e seca onde se abrigam respectivamente primavera e verão, e, outono e inverno. A vegetação é de Mata Atlântica, campos, cerrado com poucos remanescentes por conta da interferência antrópica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

3.1.2 Dados Atmosféricos

Os dados atmosféricos referentes aos gases de efeito estufa foram coletados no Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), contemplando as emissões de CH₄, CO₂ e N₂O, seguindo as métricas referentes a cada nomenclatura, entre os anos de 1990 e 2020 no estado de São Paulo, no qual foram selecionadas as emissões de todos os setores. Os dados atmosféricos relacionados à temperatura média anual no período foram coletados por meio da Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

3.1.3 Demais Materiais

Também foram utilizadas publicações contidas em livros, artigos, periódicos, publicações científicas, teses e dissertações.

3.2 Métodos

3.2.1 Coleta e Organização dos Dados

A coleta dos dados relacionados às emissões foi realizada a partir do site do SEEG, contemplando a série histórica a partir do método do carbono equivalente, considerando por toneladas o total emitido em cada setor. Os dados foram apresentados em gráficos, com a finalidade de expor os dados com maior clareza.

Em relação aos dados atmosféricos, os dados fornecidos pela Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo foram tabulados para o cálculo da temperatura média anual, visando identificar oscilações no decorrer da série histórica.

3.2.2 Análise dos Dados

O método utilizado para análise dos dados foi o método comparativo, que segundo Fachin (2001), é possível explicar fatos a partir de suas semelhanças ou diferenças, considerando a análise feita a partir dos dados de emissões e dos dados atmosféricos, a comparação dos dois grupos irá possibilitar a verificação se há correlação ou não.

3.2.3 Demais Procedimentos

Para o desenvolvimento do referencial teórico, foi realizada a pesquisa bibliográfica em livros, artigos, periódicos, publicações científicas, teses e dissertações, com a finalidade de recolher informações prévias sobre o assunto, que segundo Fonseca (2002), é fundamental para não comprometer a qualidade da pesquisa.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Mudanças climáticas

A questão ambiental está presente nas diversas abordagens que se ocupam com o estudo da paisagem, por ser o resultante da estreita relação que o homem mantém com a natureza e seus variados elementos constituintes nas mais diversas localidades, denunciando, inclusive, como tal interação tem ocorrido e influenciado o espaço, independente da corrente filosófica utilizada (FARHI NETO, 2006).

Aliás, desde a Revolução Industrial, a atividade humana caracteriza-se pela intervenção intensa sobre a natureza, inaugurando uma nova conjuntura na qual as ações e objetivos estavam fundamentados pelo funcionamento do sistema econômico que se encontrava embasado no entendimento de que os insumos materiais e energéticos eram provenientes de fontes inesgotáveis.

De acordo com Mueller (1996), a justificativa apresentada era de que no processo produtivo, todos os materiais seriam utilizados por inteiro, inexistindo qualquer tipo de resíduo. A justificativa também era estendida para o consumidor, no qual um determinado produto poderia sumir completamente, sem deixar vestígios.

Diversos desequilíbrios ambientais que ocorreram foram decorrentes dessa falácia em um período no qual houve um significativo crescimento da população e a degradação passou a ser vista como algo preocupante pelo advento dos efeitos negativos identificados na poluição de rios e lagos, poluição do ar, e tantos outros problemas. Segundo May *et al* (2010), a percepção relacionada a fatores ambientais mudou de forma gradativa, admitindo uma discussão mais crítica acerca da repercussão que a atividade humana alcança, interferindo até mesmo no clima.

Nesse aspecto, atualmente há o entendimento de que medidas deveriam ser tomadas em conjunto pelos países para mitigar os danos ambientais a partir de ações realizadas em conjunto. A discussão inicialmente tomou forma com a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (UNFCCC), conferência que ficou conhecida como Rio-92 que possuía

como objetivo alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Nesta e noutras reuniões compromissos foram firmados, entre os quais a redação de manuais que orientam a realização de inventários nacionais sobre as emissões em cada país (LIMA *et al.* 2001).

A partir disso, diversas negociações se desdobraram com o objetivo de prosseguir com a mitigação interferências humanas que ocasionam as mudanças climáticas, admitindo que cada Nação, ou “Parte”, deveria estar disposta a se comprometer com as ações propostas ou iniciativas próprias.

Sob esse entendimento, os Estados Nacionais passam a realizar reuniões periódicas nas Conferências das Partes (COPs), no qual desde 1995 são debatidas definições e metas globais, bem como o estabelecimento de recursos e meios que permitam uma maior aproximação do objetivo estabelecido, entre outras questões relacionadas às negociações sobre mudanças climáticas (VIEIRA, 2018).

Por se tratar de impactos que ocorrem em escala global, os problemas ambientais contemporâneos, principalmente no que diz respeito às mudanças no clima, recobram a afirmação de que os fatores relacionados às mudanças climáticas eram provenientes da degradação de um bem público que ultrapassa qualquer fronteira, a atmosfera. Por exemplo, a diminuição da camada de ozônio, deixa evidente um problema que demanda ações de instituições atuantes em diferentes escalas, incluindo a emissão dos gases de efeito estufa (CONTI, 2008).

4.2 Gases do Efeito Estufa

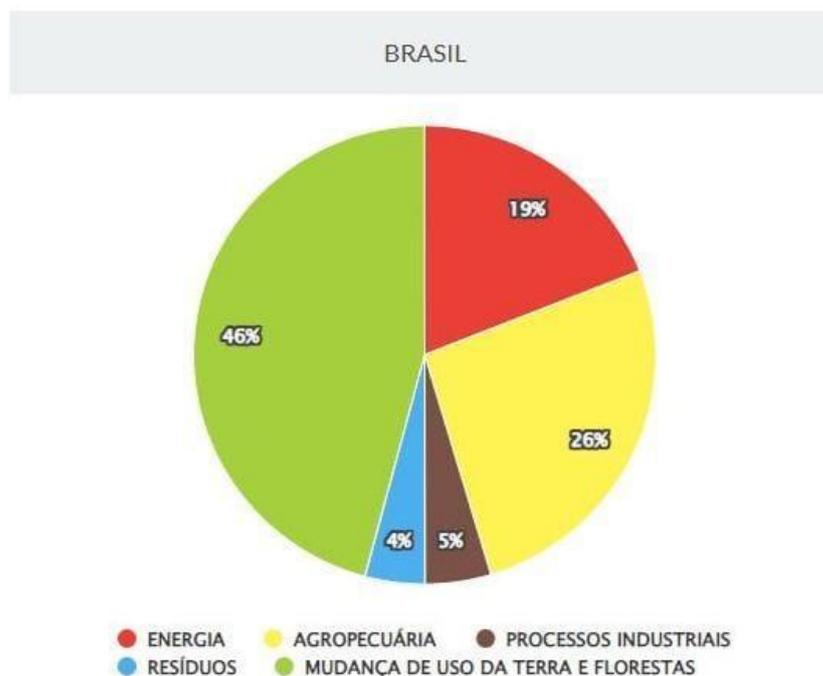
Os gases de efeito estufa (GEE), são gases presentes na atmosfera que absorvem uma parte dos raios solares a partir de suas propriedades específicas, distribuindo-os em forma de radiação e aquecendo o planeta, resultando no fenômeno que ficou conhecido devido a uma analogia ao aquecimento gerado pelas estufas, o efeito estufa.

De acordo com o Refinamento de 2019 para as Diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2006, os gases são considerados a partir do GWP (Potencial de Aquecimento Global), possuindo relevância em relação a estimativa total de emissões, esses gases são: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorcarbonetos (HFCs) e Perfluorcarbonetos (PFCs).

Os gases são provenientes de diversas fontes e atuam com uma variabilidade de acordo com o setor emissor. No Gráfico 1, há a apresentação do cenário brasileiro, no qual de acordo

com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as emissões que ocorreram em 2020 seguem na respectiva ordem de acordo com a atividade exercida: Agropecuária (26%), Energia (19%), Processos Industriais (5%), Resíduos (4%) e Mudança de Uso da Terra e Floresta (46%).

Gráfico 1: Emissões totais no Brasil em 2020



Fonte: SEEG (2020).

A maioria dos índices apresentaram um aumento considerável em comparação aos anos anteriores, portanto, ficou evidente que a atividade rural possui um peso significativo nas emissões brasileiras, pois há uma ligação direta entre as emissões diretas da agropecuária com as emissões relacionadas ao desmatamento, além de outras emissões que também ocorrem no setor, como é o caso do transporte e tratamento de resíduos. Considerando os dados apresentados pelo SEEG, é estimado que o agronegócio possui influência direta por aproximadamente 73% das emissões de GEE no Brasil.

Há a predominância da emissão de gases de efeitos estufa específicos na agricultura de acordo com a atividade desenvolvida, como a utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos em larga escala é indicada como responsável pelo crescimento nas emissões de N_2O na atmosfera. Essas emissões ocorrem como consequência da desnitrificação, que ocorre pela redução do nitrato (LIMA *et al.* 2001).

Em relação às emissões de CO_2 , Lima *et al.* (2001) evidenciaram a utilização de meios de transporte, preparo convencional do solo e as derrubadas e queimadas de florestas como

algumas das principais atividades que contribuem com a emissão de Dióxido de Carbono. Em relação ao Brasil, o desmatamento corresponde a maior parte das emissões de GEE no âmbito da mudança de uso da terra e floresta.

Além dos gases citados anteriormente, o metano também possui emissões expressivas em relação a atividades agropecuárias, porém, na agricultura, a presença é dada em larga escala quando há a decomposição anaeróbica de substâncias orgânicas através de bactérias metanogênicas. A utilização de esterco animal e a queima de biomassa também correspondem a atividades emissoras de CH₄ (LIMA *et al.* 2001).

As mudanças climáticas provenientes do aquecimento global também podem gerar mudanças e ameaçar o cultivo de diversas culturas, agravando o problema da fome em países com vulnerabilidade social, entre outros. Por conta disso, a necessidade de repensar o manejo do solo e atribuir práticas de mitigação na emissão de GEE é algo que deve ser considerado a partir do desenvolvimento de sistemas que reduzam as emissões ou elevem as remoções de GEE (IPCC, 2006).

4.3 Impactos ambientais, sociais e econômicos

4.3.1 Impactos ambientais

As projeções realizadas acerca do clima são preocupantes em diversas escalas da sociedade, no qual centenas de impactos podem ser pontuados quando correlacionados com as mudanças climáticas. A Resolução Conama n. 001, de 23 de janeiro de 1986 do CONAMA, expõe impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Por conta disso, é possível concluir que é considerado impacto ambiental qualquer alteração do meio natural, seja essa positiva ou negativa, tornando necessário o entendimento dessas alterações para mitigar possíveis impactos negativos. Sachs (2008) afirma que a escala dos efeitos das mudanças climáticas será sentida em escala global, afetando de forma profunda toda sociedade.

Alguns estudos realizados demonstram que os impactos causados pela mudança do clima são de caráter extremo, no qual o aumento da temperatura interfere na dinâmica do clima de forma que altera o regime pluvial em algumas localidades e aumenta a ocorrência de eventos extremos como tempestades localizadas, secas, enchentes, furacões, inundações e aumento do nível do mar (IPCC, 2014).

De acordo com o quinto relatório do IPCC (2015), a atmosfera e o oceano aqueceram, diminuindo a quantidade de neve e gelo pela expansão térmica da água salgada e conseqüentemente, aumentando os níveis do oceano pela desintegração de grandes camadas de gelo. Há projeções indicando que a elevação do nível do oceano irá resultar na submersão de áreas costeiras, infiltração salina em aquíferos subterrâneos próximos à costa litorânea e desaparecimento de ilhas pequenas.

A destruição de habitats também é considerada um problema alarmante e as mudanças climáticas se mostram uma grande ameaça a biodiversidade, levando em consideração que há correlação comprovada entre alterações climáticas e distribuição geográfica de animais e plantas. Essas conseqüências possuem relação direta com a falta de aptidão de diferentes espécies, atribuindo efeitos negativos também em populações e comunidades, seja em habitats terrestres ou marinhos (GARCIA *et al.*, 2014).

A vida marinha também é ameaçada pelas mudanças na química dos oceanos, ocasionada pelo aumento dos níveis de CO₂ e conseqüentemente, tornando as águas da superfície dos oceanos cada vez mais ácidas. Tais alterações são desastrosas para corais, mariscos e plânctons microscópicos, pela fragilidade na estrutura de cada um, as conseqüências também se estendem para outros seres marinhos, tornando o processo de acidificação dos oceanos ainda mais desastroso (SACHS, 2008).

O aumento na transmissão de patologias também é um fator preocupante pelo fato de que há doenças reguladas por fatores climáticos, como a temperatura e precipitação, como por exemplo, o aumento ou diminuição no regime de chuvas pode favorecer a ampliação da presença de alguns vetores e o fator do aumento de temperatura também pode favorecer o aumento da extensão geográfica em que essas doenças são transmitidas (BARCELLOS *et al.*, 2009).

Para Sachs (2008), a produtividade agrícola também sofrerá mudanças significativas pelas temperaturas mais altas, alteração nos padrões de chuva e modificação de algumas espécies. Esses impactos serão mais significativos em regiões mais quentes da Terra, no qual os declínios podem ser tão significativos a ponto de resultar em uma crise alimentar global, intensificada pelo aumento da poluição do ar em diversas regiões.

Além da agricultura, o regime hídrico também sofrerá alterações severas, apesar de ainda não haver nenhum estudo conclusivo sobre a precisão dos impactos. Apesar disso, já é possível afirmar sobre as mudanças na evapotranspiração pelo aumento da temperatura e também no aceleração do derretimento das geleiras, representando uma ameaça para algumas comunidades (JUNGES *et al.*, 2018).

4.3.2 Impactos sociais

A dinâmica social também é afetada pelas consequências das mudanças no clima, nas quais é possível discutir sobre as sensibilidades e possibilidades de adaptação entre diferentes regiões e países. Os impactos sociais são agravados pela vulnerabilidade e desigualdade social, atingindo de diferentes formas populações urbanas e rurais (SARKODIE; STREZOV, 2019).

A relação entre mudanças climáticas e bem-estar humano encontra-se intimamente estabelecida através de duas formas que relacionam os impactos sobre a vida das pessoas. Em primeiro momento, há os impactos sociais diretos, em que os seres humanos estão em contato direto com o “stress” climático. O segundo grupo é classificado a partir dos impactos sociais indiretos, no qual há modificações em recursos como água, solo e biodiversidade, afetando de forma direta o bem-estar humano como a saúde, educação, segurança e meios de subsistência (CORREA; COMIM, 2008).

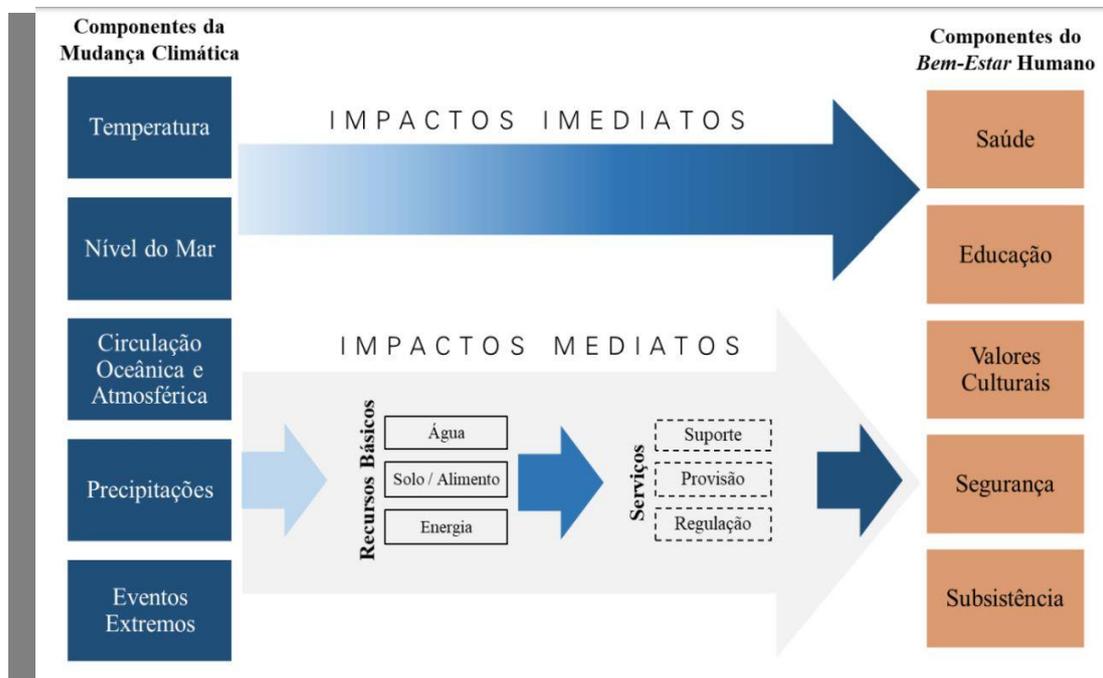
Em relação a saúde, que constitui um dos principais impactos sociais, há três caminhos pelos quais o IPCC (2014) indica sua ocorrência; primeiramente os impactos diretos, citados anteriormente como alterações nas condições meteorológicas, em segundo momento, os impactos causados por efeitos naturais, como doenças transmitidas pela poluição da água e do ar e por último, os efeitos que são mediados por sistemas humanos, como é o caso de desnutrição e estresse mental.

O relatório de 2007 do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) aponta que o modo em que recursos básicos como água, alimento e energia são afetados, outros aspectos sociais decaem de forma significativa, como o aumento da evasão escolar pela falta de água ou déficit de aprendizado resultante da subnutrição pela falta de alimentos, afirmando também que condições meteorológicas podem afetar estruturas sociais pelas migrações em massa.

Os componentes relacionados ao bem-estar humano estão conectados de forma direta aos componentes das mudanças do clima, podendo ser alterados sem algum tipo de intermediação. Na Figura 2, Ribeiro; Kampel (2020) demonstraram de forma clara a

variabilidade da alteração entre os componentes e o modo em que interagem, seja na disponibilidade de recursos ou variações inesperadas em condições climáticas.

Figura 2 - Relações de impactos das mudanças climáticas e mediadores do bem-estar



Fonte: Ribeiro; Kampbel (2020).

Apesar de alguns impactos serem previstos, muitos já são sentidos ao redor do mundo em escalas diferentes. Coumou; Rahmstorf (2012) demonstraram que na Índia, a mortalidade aumentou cerca de 18% em períodos de ondas de calor entre 2000 e 2012, enquanto na Rússia, eventos extremos de seca resultaram em aproximadamente 10 mil mortes e perda de 35% da colheita. O cenário Brasileiro também se mostra vulnerável com os impactos, principalmente relacionados à mortalidade de idosos e crianças prematuras, por consequência dos altos níveis de poluição atmosférica (CONTI, 2008).

4.3.3 Impactos econômicos

Os impactos econômicos ocasionados pela mudança do clima também possuem escala mundial. A partir de 1970, os alertas voltados para a exploração intensa dos recursos naturais e a incapacidade do planeta em renovar determinados recursos foi se intensificando, tornando-se um tema transversal e passível de preocupação em diversas linhas de pesquisa.

Segundo Stern (2007), os custos agregados aos riscos em que as mudanças climáticas provocam podem reduzir cerca de 5 a 20% do PIB mundial, no qual afirma-se que o custo de

ações mitigadoras é inferior ao custo dos impactos que essas mudanças poderão causar no futuro. As ações mitigadoras podem ocorrer de diversas formas, como aumento da eficiência energética, adoção de tecnologias limpas para os setores de energia, aquecimento e transporte, além de intensificar a preocupação com a questão dos resíduos sólidos.

No relatório do IPCC de 2014 houve o detalhamento de como as mudanças climáticas poderiam afetar diferentes segmentos. O setor de energia sofrerá com o aumento de custos de linhas de transmissão e alterações em determinados projetos, principalmente por mudanças no regime hídrico, que também resultará em impactos significativos por inundações ou pela escassez, resultando na necessidade de adequação estrutural de cidades ou conflitos relacionados à água.

O setor de transportes também será afetado, principalmente no que diz respeito às infraestruturas, no qual as pavimentadas ficarão mais vulneráveis à temperatura e as que não possuem pavimentação, à precipitação. O setor de lazer também será prejudicado de forma significativa com as mudanças nas condições climáticas, principalmente resorts e hotéis que estão em regiões costeiras. Pelas projeções afirmarem que os eventos climáticos extremos irão ocorrer com uma maior frequência, empresas de seguros também serão prejudicadas (IPCC, 2014).

Um estudo realizado por Margulis; Dubeux (2011) projetou o cenário econômico brasileiro de acordo com duas perspectivas do IPCC que ficaram definidas como A2-BR, caso o cenário seja de altas emissões e pessimista até 2050 e B2-BR, projetando um cenário mais otimista e com redução significativa nas emissões, representando as trajetórias futuras expressas na tabela 1.

Considerando estimativas globais, o impacto econômico varia na quantidade monetária de acordo com cada tonelada de carbono emitida, mesmo projeções mais moderadas preveem impactos severos na economia, vida humana e meio ambiente. Por conta disso, políticas que visam a proteção social devem ser reforçadas em regiões mais vulneráveis e para mitigar os impactos em escala global, é fundamental que as emissões de GEEs sejam reduzidas significativamente.

Tabela 1 - Perdas econômicas nos cenários A2-BR e B2-BR

Custo da inação: perdas acarretadas pelos impactos das mudanças climáticas no Brasil
(Em R\$ de 2008)

PIB em 2050	R\$ 719 bilhões (A2-BR) e R\$ 3.655 bilhões (B2-BR)	0,5% e 2,3% dos PIBs de 2050, em cada cenário	
PIB <i>per capita</i> em 2050	R\$ 534 (A2-BR) e R\$ 1.603 (B2-BR)		
Excedente hídrico bacias Nordeste (período 2041-2070)	60% (de 7.075 para 2.833 m ³ /s, A2-BR) e -56% (B2-BR)	Bacias Atlântico NE oriental e ocidental, Parnaíba e São Francisco	
Agricultura	Variação % da área de baixo risco (2050)	Perda produtividade média (%)	Perda anual, cenário A2-BR (R\$ milhões/ano)
Arroz	-12 nos 2 cenários	-12 (CO) e +44 (S)	530
Algodão	-14 nos 2 cenários	-	408
Café	-17 ou -18 (A2-BR ou B2-BR)	-	1.597
Feijão	-10 nos 2 cenários	-8 (CO) e +37 (S)	363
Soja	-34 ou -30 (A2-BR ou B2-BR)	-0,7 (CO) e +21 (S)	6.308
Milho	-15 nos 2 cenários	-27 (NE) e -10 (S)	1.511
Cana	139 ou 147 (A2-BR ou B2-BR)	+66 (S) e +34 (SE)	-
Energia elétrica firme	-31,5 ou -29,3 (A2-BR ou B2-BR)		
Energia média	+2,7 ou 1,1 (A2-br ou B2-BR)		
Demanda de etanol (doméstica + export.) em 2050	169,7 bilhões (A2-BR) e 118,2 bilhões de litros (B2)	= 16,4 ou 13,5 milhões ha (A2-BR ou B2-BR) 16% área adequada para cana	
Aumento da demanda energia elétrica	1.333 ktEp (A2-BR) e 1.092 ktEp (B2-BR)		
Perda de cobertura florestal (Amazônia)	De 354 milhões para 199 milhões ha (A2-BR) = -44%, 40% e 85% (sem e com desmatamento)	Projeção para 2100	
Perda dos serviços ambientais	-12,4% em 2100 (A2-BR) = US\$ 26 bilhões/ano	Sujeito a sérias limitações metodológicas/dados	
Perda de espécies na Amazônia	12% ou 30%, 38% (sem/com desmatamento, 2100)	Sujeito a limitações metodológicas/dados	
Zona costeira, patrimônio em risco	De R\$ 136 bilhões a R\$ 207,5 bilhões	Sujeito a limitações metodológicas/dados	

Fonte: Margulis; Dubeux (2011).

4.4 Convenções, Protocolos e Normas

As consequências das mudanças climáticas são sistemáticas e transfronteiriças, portanto, ficou evidente a necessidade de criar iniciativas globais que visam a medição e mitigação das emissões de gases de efeito estufa. May, Lustosa e Vinha (2003) notaram que as mudanças climáticas se tornaram pauta na agenda política na década de 1980, no qual deu início às convenções internacionais que atuam com a finalidade de atenuar o problema mundial.

Em primeiro momento, uma conferência mundial sobre mudanças atmosféricas foi realizada em junho de 1988 no Canadá (The Changing Atmosphere: Implications for Global Security), dando notoriedade à necessidade global de discussão sobre a temática. Em novembro do mesmo ano, foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), sendo o órgão responsável por embasar cientificamente questões técnicas e ambientais sobre o aquecimento global, fornecendo aos países informações seguras para auxiliar na tomada de decisões (MAY; LUSTOSA; VINHA, 2003).

O IPCC é composto por cientistas de diferentes nacionalidades e áreas, que contribuem de formas diversas como autores, colaboradores ou revisores. Os relatórios publicados prezam pela transparência e simplicidade na abordagem de questões que abrangem questões físicas das

mudanças do clima, impactos, adaptabilidade e mitigação. Nos relatórios, há três grupos de trabalho e uma força tarefa.

Nos grupos de trabalho (GT), são realizadas pesquisas sobre a base física, impactos e estratégias para mitigação, enquanto a força tarefa (FT) se dedica na elaboração de inventários de GEE e aperfeiçoamento de metodologias voltadas para o cálculo. Os relatórios são lançados periodicamente em três volumes, no qual cada grupo de trabalho se responsabiliza por uma temática diferente (CONTI, 2008).

4.4.1 Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e Conferência das Partes (COP)

Em 1992, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC) foi lançada na ECO-92 no Rio de Janeiro, portando-se como um tratado para que países reconheçam as mudanças climáticas como um dano que demanda decisões e ações globais, afirmando-se como um processo de tomada de decisão coletiva. O objetivo principal da convenção é atuar na estabilização das emissões e concentrações de GEE, a fim de impedir que a ação antrópica ameace o crescimento econômico e o sistema climático (MAY; LUSTOSA; VINHA, 2003).

A convenção entrou em vigor no ano de 1994 e os países membros passaram a ser chamados de partes. A partir do momento em que foi estabelecida, houve o início de um acordo internacional visando a estabilização em um prazo que permita a adaptação de ecossistemas sem prejuízos na agricultura, visando o desenvolvimento sustentável da economia. Diversos aspectos são firmados para estabelecer as responsabilidades e obrigações de cada parte, levando em consideração suas particularidades.

Os princípios da equidade e responsabilidade são comuns, porém diferentes de acordo com cada parte, por conta disso, houve a divisão dos países em duas classificações, Anexo I, tratando-se dos países industrializados e Anexo II, os países que não possuem o mesmo grau de contribuição para o aquecimento global pelos índices inferiores de industrialização. Essa divisão é fundamental para uma avaliação mais rigorosa dos resultados e criação de mecanismos de gestão (BARBIERI, 2007).

A partir da UNFCCC ficou estabelecida a Conferência das Partes (COP), sendo o órgão supremo da convenção. O objetivo do órgão é atuar na deliberação de questões relacionadas às mudanças do clima, no qual segundo Barbieri (2007), grande parte das características da gestão ambiental atual estão relacionadas a medidas adotadas pelas COPs. Os encontros ocorrem

anualmente desde 1995, sendo que a COP-3 ficou marcada como um progresso na gestão ambiental relacionada às mudanças climáticas.

4.4.2 Protocolo de Montreal e Protocolo de Kyoto

O Protocolo de Montreal e o de Kyoto, criados em 1987 e 1997 respectivamente, são acordos que atuam de forma direta na defesa do meio ambiente, com a finalidade de evitar que atividades antrópicas sejam maléficas a ponto de inviabilizar a vida na Terra através da degradação ambiental. Os Protocolos tratam de gases que prejudicam a atmosfera e o meio físico de formas distintas e são uma resposta internacional às consequências do modelo econômico adotado no mundo.

O Protocolo de Montreal é um acordo internacional que possui como objetivo a proteção da camada de ozônio, substituindo as substâncias que apresentaram reação química com o ozônio na estratosfera, definindo as Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (*SDOs*), como os grupos Clorofluocarbonos (CFCs), Halons, Tetracloretos de Carbono (CTCs) e Hidroclorofluorcarbono (HCFCs), emitidas a partir dos processos de industrialização (BARBIERI, 2007).

Posteriormente, o protocolo de Kyoto é um acordo que ficou definido pela UNFCCC que possui como objetivo englobar de maneira mais eficaz as medidas que as partes presentes no Anexo I, visando a redução das emissões totais de GEE proveniente de fontes antropogênicas em até 5%, tomando como base os níveis registrados no ano de 1990 (MAY; LUSTOSA; VINHA, 2003).

O cumprimento das metas deve ser levado à risca por meio de ações nacionais, Barbieri (2007) pontuou alguns mecanismos internacionais que foram criados para favorecer a efetivação dessas metas. Em primeiro momento, o comércio de emissões foi firmado a partir do artigo 17 do Protocolo de Kyoto, no qual a quantidade que cada país deixa de emitir tornam-se *commodities* e podem ser comercializadas a partir do mercado de carbono.

No Artigo 12 do Protocolo, também fica firmado o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), fornecendo certificados para países que reduzem e implementam projetos relacionados ao carbono. Por último, a Implementação Conjunta é um meio flexível e eficiente para a redução de custos em projetos voltados à redução de emissões, no qual um país anfitrião realiza o investimento financeiro necessário e obtém benefícios em troca.

4.4.3 ABNT NBR ISO 14064 e GHG Protocol

A Organização Internacional para a Normalização (ISO) apresentou a Norma ISO 14064, aplicando normas para o monitoramento e quantificação dos gases de efeito estufa, com a finalidade de melhorias em inventários e projetos. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), lançou a versão brasileira da norma, designada de NBR ISO 14064, e está dividida em três seções:

Na primeira seção, há especificações com a finalidade de orientar a quantificação e elaboração de relatórios que dizem sobre as emissões e remoções de GEE, afirmando requisitos para o gerenciamento voltado a qualidade do inventário, bem como instrumentos de validação associados a determinação dos limites das fontes de emissão de gases poluentes. A seção 1 da norma garante consistência no gerenciamento de GEE, além de garantir a compatibilidade com requisitos que fomentem o aumento da credibilidade (ABNT, 2007).

Na segunda seção, são apresentadas especificações para monitoramento e criação de relatórios que dizem respeito a redução de emissões ou aumento nas remoções, estabelecendo premissas relacionadas a criação de cenários que se tornem referência, como o ano base, fornecendo a ampliação da consistência e da transparência dos relatórios que gerenciam o gerenciamento de GEE, além de promover o incentivo a projetos que possuem como objetivo a redução nas emissões totais (ABNT, 2007).

Por último, a seção 3 orienta a validação e verificação das declarações relacionadas aos GEEs, possibilitando a implementação de ferramentas que indiquem informações para organização de projetos, elevando a transparência e facilitando a utilização dessas informações para um contexto econômico. A Norma ABNT ISO 14064 proporciona benefícios às grandes corporações com a facilitação no gerenciamento das emissões, padronizando alguns processos e possibilitando o aumento na confiabilidade das informações (ABNT, 2007).

A importância da inventariação das emissões e remoções é um fator extremamente importante para a concretização de políticas públicas que visem o combate às mudanças climáticas e para possibilitar isso, a criação da ferramenta GHG Protocol foi fundamental para padronizar de forma mundial as formas de medição e gerenciamento das emissões de gases de efeito estufa. A utilização da ferramenta é amplamente utilizada por governos, grupos ambientais e no meio corporativo, sendo também compatível com a ISO 14064 e normas do IPCC (FGV, 2011).

O inventário precisa seguir alguns critérios pré-definidos para ser considerado bem-sucedido, entre eles a utilização de dados e premissas apropriadas ao uso, incluir todos as

informações que possam de alguma forma alterar a contabilização de GEE, utilizar critérios que permitam comparações que sejam válidas e fornecer informações claras que possibilitem a revisão por avaliadores externos, a fim de garantir a confiabilidade dos dados apresentados (FGV, 2011).

A implementação e efetivação de políticas públicas que visam o controle e redução de emissões já mapeadas se tornam fundamentais para mitigação dos impactos que contribuem com as mudanças climáticas, portanto, é importante que as preocupações relacionadas a esse fator sejam unânimes entre os países, principalmente os mais industrializados, que contribuem de forma significativa para o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

4.5 Emissões de GEE no Brasil

A ocorrência de eventos climáticos extremos aumentou de forma significativa no Brasil, no qual foi possível notar o aumento na frequência de chuvas e secas históricas na Amazônia e na região Nordeste, desencadeando consequências relacionadas à crise hídrica e energética em 2014 e 2015. Os eventos extremos estão diretamente associados à variabilidade climática, existindo evidências de que com o aumento da temperatura, também haverá maior intensidade nos eventos climáticos (CONTI, 2008).

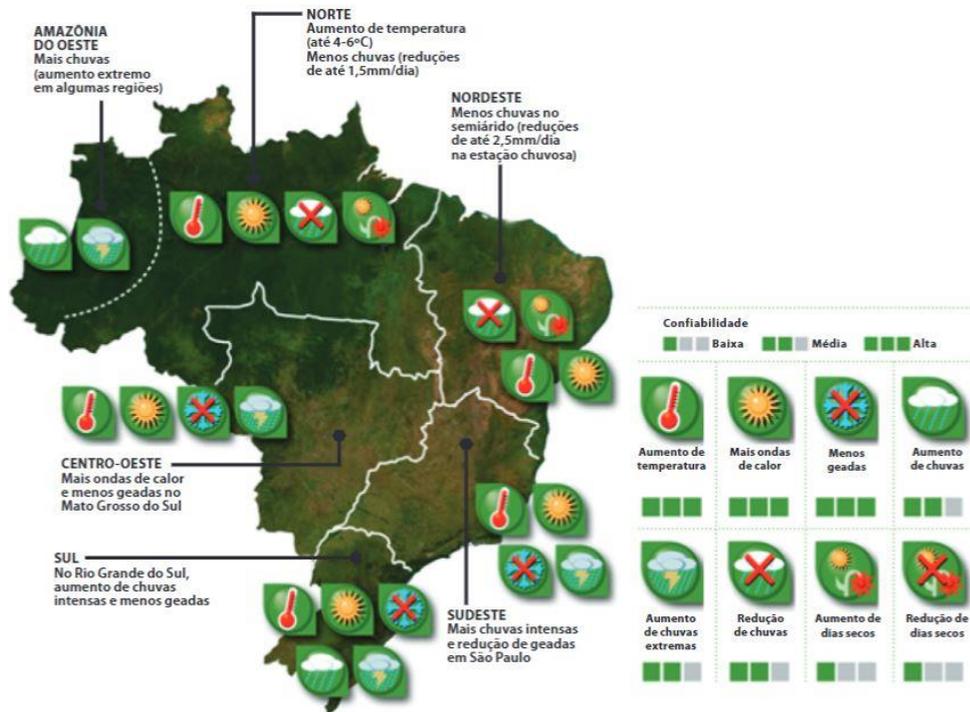
No Brasil, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) é um organismo científico criado a partir dos moldes do IPCC com a finalidade de avaliar informações sobre as mudanças climáticas no país. No relatório publicado em 2016, que diz respeito aos impactos, vulnerabilidades e adaptações, houve o detalhamento de como as mudanças climáticas podem influenciar na esfera nacional.

As projeções realizadas de acordo com cada região no estudo do PBMC corroboram com a realidade de cenários já projetados por Margulis; Dubeux (2011), no qual a presença de lacunas é reduzida com o aumento da previsibilidade e confiabilidade das informações para cada região.

Na região Norte, a intensificação do desmatamento implica de forma direta no aumento da estação seca e diminuição da estação chuvosa, tornando o impacto mais intenso pela menor adaptação de espécies tropicais a alterações no clima. O acesso restrito aos dados de uma região tão extensa, principalmente no que diz respeito a Amazônia, colabora com a falta de informações confiáveis relacionadas às tendências climáticas e eventos ocorridos na região (PBMC, 2016).

Figura 3 - Projeções climáticas por região no Brasil

PROJEÇÕES DO CLIMA POR REGIÃO NO ANO,
INDICANDO MUDANÇAS PROJETADAS E NÍVEIS DE CONFIANÇA



Fonte: Margulis; Dubeux, (2011).

Na região Nordeste, o índice de vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas pelas condições climáticas e fisiográficas. A disponibilidade hídrica inferior, comparada às demais regiões do país, possui uma variabilidade temporal já conhecida, mas é esperado que o aumento na temperatura e índices de evaporação causem impactos significativos na gestão de recursos hídricos, no setor agrícola e no setor energético, o que demanda a utilização de novas tecnologias, principalmente no que diz respeito a agricultura.

O aumento da temperatura também se mostra possível na região Sul, no qual a variação do clima, junto ao aumento de chuvas, favorece de forma direta o surgimento de doenças infecciosas e desastres naturais, como deslizamentos de terra e desabamentos. Na região, a agropecuária é um setor que apresenta fragilidades frente às mudanças do clima, fator que pode ser decisivo no cultivo de culturas adaptadas ao clima temperado (PBMC, 2016).

No estudo realizado pelo PBMC (2016), a região Sudeste será afetada de forma significativa com o aumento de eventos extremos causados pela maior ocorrência de chuvas, impactando de forma direta no crescimento de cenários de risco e vulnerabilidades. Em áreas urbanas, o desmatamento e a presença de moradias irregulares impactam nos índices de

morbidade e mortalidade, predominante na população menos favorecida em termos econômicos.

Por fim, a região Centro-Oeste é consolidada como concentradora da produção de grãos e também da pecuária, no qual os prognósticos negativos relacionados ao clima indicam uma redução exponencial na produtividade, sendo consequência do aumento da temperatura e alterações no ciclo hidrológico. Com essas alterações, mudanças na fenologia de algumas culturas são inevitáveis e podem gerar perdas massivas na produção.

Para mitigar os impactos das emissões de GEE, o Brasil assumiu compromissos, inicialmente voluntários, na COP 15. A Política Nacional sobre Mudanças do Clima estabeleceu algumas diretrizes voltadas a metas de redução, considerando que as emissões nacionais projetadas até 2020 deveriam ser reduzidas entre 36,1% e 38,9%.

Como o Brasil se engloba como um país em desenvolvimento, a métrica utilizada é diferente do Protocolo de Kyoto, por não considerar a totalidade de tendências passadas. A utilização do desvio de tendência possui duas lacunas caso a projeção não se realize: se as emissões forem inferiores ao projetado, a contribuição do país será maior para o atingimento das metas e caso as emissões forem superiores, o inverso (MOTTA, 2010).

As metas nacionais ficaram definidas através do artigo 12 da PNMC (Lei nº 12.187/2009), considerando que:

Art. 12. Para alcançar os objetivos da PNMC, o País adotará, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas a reduzir entre 36,1% (trinta e seis inteiros e um décimo por cento) e 38,9% (trinta e oito inteiros e nove décimos por cento) suas emissões projetadas até 2020.

Algumas projeções foram realizadas considerando cada setor, porém, em 2018 o Decreto nº 9.578 entrou em vigência, estabelecendo métricas atualizadas referentes a quantidade de emissões e a meta de redução, considerando o ano de 2020. Na tabela 2, os números relacionados às projeções realizadas para cada setor no ano de 2020 estão explicitados na primeira coluna, enquanto a segunda trata-se das emissões que de fato ocorreram considerando-as como CO₂ equivalente, de acordo com o SEEG.

No decreto de 2018, ficou estabelecido que a meta de redução deveria ser entre 1.168 e 1.259 milhões de tonCO₂eq, condizente com as porcentagens firmadas na lei que define as diretrizes e compromissos nacionais frente às mudanças climáticas, porém, o ano de 2020 encerrou com uma redução de 1.088 milhões de tonCO₂eq, não contemplando uma meta estipulada desde a publicação da primeira lei.

Tabela 2 - Projeções e emissões de CO₂ equivalente em 2020

	Projeções (tonCO₂eq)	Emissões (tonCO₂eq)
Mudança de uso da terra	1.404 milhões	1.002 milhões
Energia	868 milhões	387 milhões
Agropecuária	730 milhões	568 milhões
Processos industriais e resíduos	234 milhões	191 milhões
Total	3.236 milhões	2.148 milhões

Fonte: BRASIL (2018); SEEG (2020).

De acordo com o PNMC (2009), os compromissos do Brasil são baseados em instrumentos multilaterais e com variadas oportunidades de mitigação através da análise específica de cada setor. No caso da mudança de uso da terra, fica nítida a influência do desmatamento nas emissões brasileiras, correspondendo a mais da metade do valor total, portanto, a redução do desmatamento tornou-se um componente importante para estratégia de mitigação.

No setor energético, a substituição de combustíveis com altos índices de liberação de CO₂ por combustíveis de fontes renováveis ou que possuam menor quantidade de carbono emitido são considerados fundamentais nas boas práticas relacionadas à mitigação. Na agricultura, o processo de recuperação de pastos e ações voltadas a práticas sustentáveis são fundamentais para a consolidação de um desempenho produtivo menos nocivo em termos ambientais.

Para o setor industrial, a reutilização e substituição de materiais, utilização de equipamentos eficientes e controle das emissões de GEE se firmam como compromissos adequados para favorecer a diminuição de emissões. Em relação aos resíduos, a recuperação do CH₄, incineração visando a recuperação energética e reciclagem são fundamentais para a mitigação das emissões e outros impactos ambientais severos, como a presença de microplásticos em corpos hídricos (PNMC, 2009).

O avanço dos esforços nas ações voltadas à redução na quantidade de emissões tem ocorrido de forma gradual através do estabelecimento de políticas nacionais que de fato sejam efetivas para o alcance das metas. Em 2021, o Brasil estabeleceu novas metas chamadas de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês), firmando o compromisso de reduzir 50% das emissões até 2030.

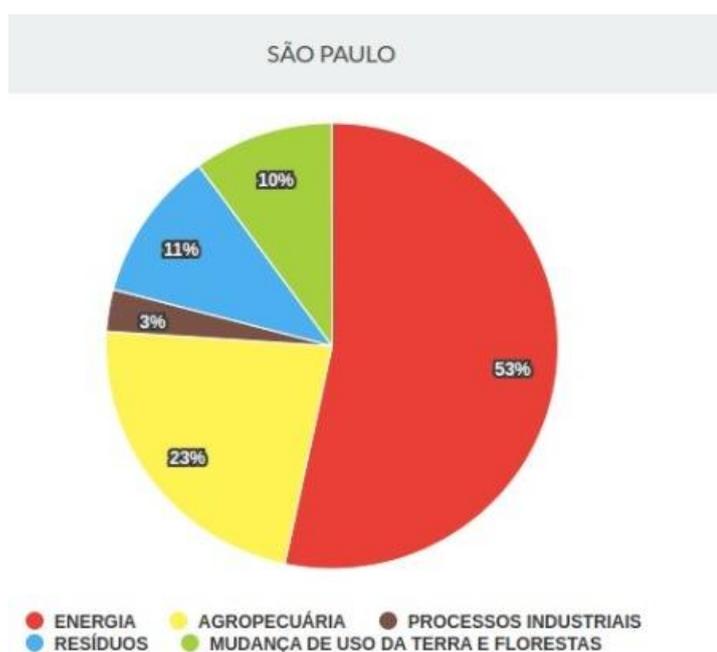
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado de São Paulo trata-se do mais populoso do Brasil e também é o mais importante em termos industriais e econômicos, assim como sua capital no que se refere às cidades brasileiras. Em razão disto, ressen-te-se dos impactos ocasionados pelas mudanças climáticas, pois os centros urbanos sofrem impactos mais severos, principalmente por contribuírem de forma direta na intensificação de processos de emissões e degradação ambiental para o favorecimento da expansão urbana (MARGULIS; DUBEUX, 2011).

As emissões de gases de efeito estufa possuem um cenário diferente no estado de São Paulo comparado ao nacional. Na maior parte do território brasileiro, emissões ligadas à mudança de uso do solo e agropecuária correspondem cerca de 70% das emissões totais, enquanto no estado representam cerca de 33%. O setor energético também apresenta um panorama diferente frente ao cenário nacional, representando mais da metade das emissões do estado (SEEG, 2020).

Segundo o Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o estado de São Paulo ocupa a quarta posição no ranking de emissões por estado, representando 6,5% da emissão bruta brasileira e 4,8% da emissão líquida. No gráfico 2, há o detalhamento da porcentagem relacionada a cada setor, demonstrando um cenário diferente com relação a outros estados.

Gráfico 2 - Emissões totais no estado de São Paulo



Fonte: SEEG (2020).

Os três tipos de gases mais emitidos em termos gerais são: CO₂, CH₄ e N₂O, respectivamente. No caso do óxido nitroso (N₂O), a quantidade emitida no estado de São Paulo corresponde, em maior parte, aos setores de agropecuária e energia. As maiores fontes emissoras dentro de cada setor dizem respeito ao uso e produção de fertilizantes, manejo de dejetos provenientes da pecuária e energia através da queima de biomassa (AZEVEDO *et al.*, 2018).

Segundo Azevedo *et al* (2018), o gás metano (CH₄), também apresenta uma forte relevância frente ao cenário nacional, mas no estado de São Paulo representa cerca de 10% das emissões totais, possuindo como principais fontes emissoras a fermentação entérica de ruminantes, queima de biomassa e resíduos sólidos urbanos, dispostos em lixões ou aterros sanitários.

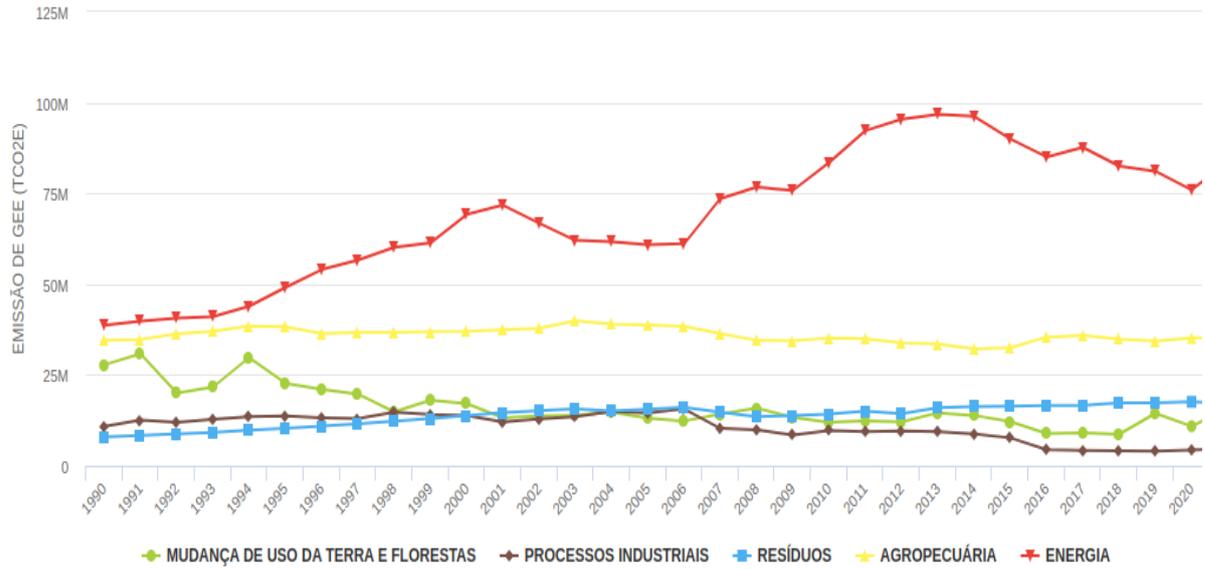
De todas as emissões que ocorrem no estado, a presença de dióxido de carbono (CO₂) se mostra mais expressiva, representando cerca de 81% das emissões totais, sendo provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis (gasolina, gás natural, diesel) e processos industriais.

A queima de combustíveis se apresenta como um fator alarmante referente a quantidade de CO₂ emitida, principalmente no que diz respeito ao setor de transporte, pois segundo o levantamento de 2020 do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), ficou evidente que o estado conta com a maior frota veicular do país, totalizando 30.574.877 veículos motorizados, possuindo influência direta no aumento de emissões atmosféricas.

A partir do momento em que os inventários de gases de efeito estufa se tornaram parte da estratégia de mitigação, pelo acompanhamento efetivo das emissões setoriais, são realizados esforços para realização do mapeamento em diferentes escalas. Conforme indicado no gráfico 2, é possível identificar uma série histórica de emissões ocorridas no estado de São Paulo por meio do método do carbono equivalente, considerando o período entre 1990 e 2020.

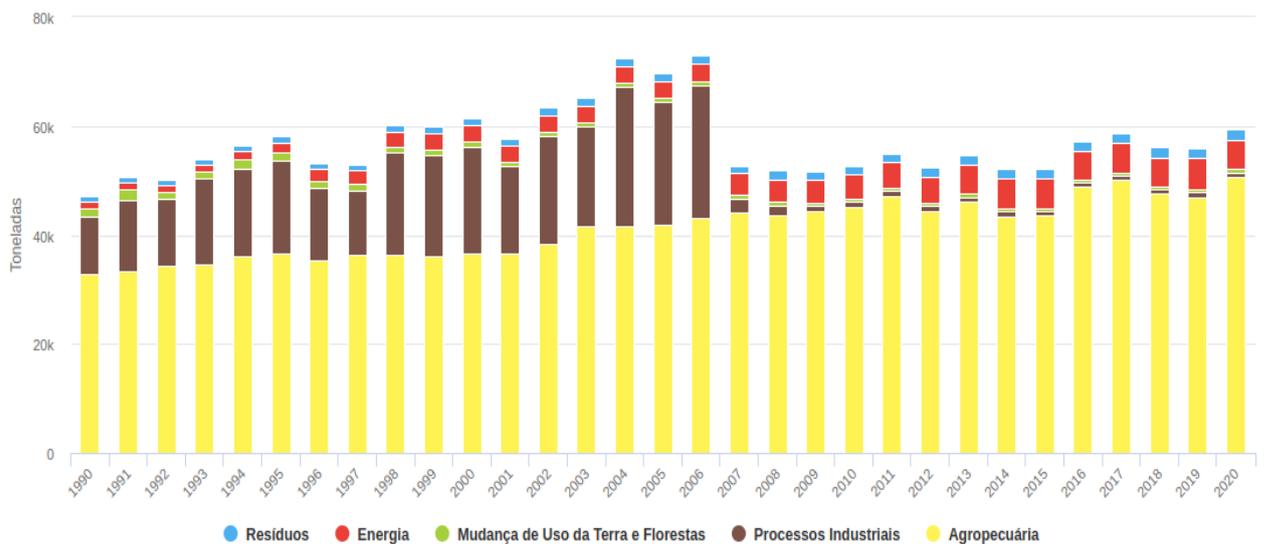
Ao longo da série histórica analisada é possível analisar a mudança no perfil das emissões, principalmente no que diz respeito aos setores de energia, mudança de uso da terra e florestas e processos industriais, que possuem uma forte relevância no quadro estadual.

Em relação aos setores de resíduos e agropecuária, não há alternâncias bruscas, considerando que o setor de resíduos apresenta uma leve tendência de aumento e a agropecuária varia entre números próximos. O setor de resíduos é a principal fonte emissora de CH₄, no qual o crescimento da população pode ser considerado uma variável que justifique o breve crescimento.

Gráfico 3 - Série histórica de emissões de GEE no estado de São Paulo

Fonte: SEEG (2020).

No que diz respeito aos processos industriais, segundo Oliveira; Pereira (2013), há uma queda importante a partir de 2007, consequência da implementação de processos regulatórios no setor sucroalcooleiro e a implementação do Protocolo Agroambiental, vigente desde então. No gráfico 4, é possível observar a mudança brusca no perfil das emissões de N_2O , resultado da efetivação de processos que promoveram a queda no total emitido.

Gráfico 4 - Série histórica de emissões de N_2O no estado de São Paulo

Fonte: SEEG (2020).

No setor energético, é possível notar a alternância entre aumento e diminuição no total emitido, considerando que na maior parte dos anos, a quantidade de GEE emitidos permanece acima de 65MCO₂e. O pico das emissões no setor ocorreu entre 2011 e 2015, com uma breve redução a partir do ano de 2016, proveniente do avanço da crise econômica (BARBOSA, 2017).

Em 2020 houve uma queda expressiva nos setores energético e de mudança de uso da terra e florestas, justificada pela pandemia de COVID-19 (SARS-CoV-2), no qual a mobilização de serviços e pessoas foram atingidas de forma direta por conta do isolamento e distanciamento social, fator que resultou na diminuição drástica da circulação de veículos e aeronaves (SOUZA, 2020).

No estado, o Programa Município VerdeAzul (PMVA) foi institucionalizado em 2007, visando estimular a construção de uma agenda de sustentabilidade que permitisse a adesão voluntária dos municípios. No PVMA, há o estabelecimento de Diretivas Ambientais, constituídas por ações fundamentais para que a gestão ambiental seja feita de forma adequada.

No município de São Paulo, capital do estado, há o Plano de Ação Climática, associado de forma direta aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecendo compromissos que contribuem com a agenda global. O ODS que contempla as emissões de gases de efeito estufa é o 13, Ação contra a mudança global do clima, que estabelece metas e caminhos até 2050, no qual o objetivo é que a cidade neutralize todas as emissões.

A criação de políticas públicas que visam o real alcance das metas pré-estabelecidas é fundamental para uma ação efetiva contra as mudanças climáticas e os efeitos adversos causados por alterações na dinâmica atmosférica. As grandes cidades e os estados, por serem grandes fontes de emissões, possuem um papel fundamental na promoção de estratégias voltadas à mitigação de impactos relacionados aos GEE.

Em relação a temperatura, a capacidade de retenção do calor dos gases de efeito estufa é a razão pela qual torna a abundância deles na atmosfera um fator nocivo, impactando de forma direta na dinâmica atmosférica. O aumento da concentração de GEE na atmosfera acentuou o efeito estufa de forma que alterações significativas, como o aumento da poluição, foram notadas e tornaram-se pauta pela necessidade de ações que reduzissem os impactos relacionados (CONTI, 2008).

Conforme as discussões sobre a temática de mudanças climáticas iam se tornando globais, políticas públicas foram institucionalizadas em grandes potências e também nos países em desenvolvimento, visando um esforço conjunto para mitigação de impactos que são transfronteiriços. No Brasil, diversos compromissos foram assumidos, contemplando também as esferas estaduais e municipais.

No estado de São Paulo, o decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010, tornou-se um marco pela regulamentação da Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), que possui como principais objetivos conduzir adaptações relacionadas aos impactos das mudanças climáticas e contribuir para a redução na quantidade de emissões.

Dentre os principais indicadores das mudanças climáticas, o fator da temperatura deixa mais evidentes mudanças nos padrões que costumavam ser observados, portanto, acompanhar essas alterações torna possível a projeção de cenários futuros. Segundo o PBMC (2016), há tendência de aumento da temperatura no estado de São Paulo, diminuindo expressivamente a quantidade de dias frios.

No gráfico 5, foram apresentados os dados referentes a temperatura média anual no município de São Paulo, no qual os dados foram disponibilizados pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP. Para alcançar os dados da temperatura média de cada ano, foi realizado o cálculo da média mensal de cada mês, considerando a temperatura máxima e mínima, posteriormente, a média foi calculada com base em cada ano.

Gráfico 5 - Temperatura média anual no município de São Paulo



Fonte: IAG - USP (2020).

A temperatura média apresentou padrões semelhantes em cada ano, oscilando na maior parte das vezes entre 20° C e 21,5° C. Em 2015, houve a ocorrência da temperatura média anual

mais alta da série histórica apresentada, correspondendo a 22,87° C. É importante ressaltar que entre 2014 e janeiro de 2016 houveram anomalias relacionadas a precipitação, ocasionando uma crise hídrica em São Paulo (MARENGO; ALVES, 2014).

Em 2014, a temperatura média anual alcançou 21,97° C, superior comparado aos anos anteriores e depois de 2015, a ocorrência da temperatura média acima de 22° C voltou a ocorrer duas vezes, em 2017 com 22° C e em 2019 com 22,39° C. Apesar da alteração no padrão climático, ainda é cedo para afirmar se as causas do aumento de temperatura estão relacionadas às mudanças climáticas.

Apesar dos dados relacionados ao aumento da temperatura serem recentes na série histórica apresentada, é possível notar que a ocorrência de períodos mais quentes se tornou frequente. Outro indicador que deixa nítida as mudanças nos padrões atmosféricos, é o aumento de eventos extremos como fortes estiagens e secas (PBMC, 2016).

A intensa seca na região Sudeste é um exemplo de desvio da normal climatológica em relação aos dados de precipitação. Segundo Marengo (2015), os déficits de precipitação na região superaram 300mm, metade do que é a normal climatológica, estabelecida entre 500 a 800mm, portanto, estudos concluíram que a anomalia da pressão atmosférica possui ligação direta com águas mais quentes no Oceano Atlântico Sul.

Como uma forma de mitigar os impactos causados pela mudança do clima, as ações locais são fundamentais, seja para minimizar as emissões de GEE ou criar formas de adaptação para eventos extremos previstos, sendo necessário unir a gestão das cidades com estratégias que possuem a finalidade de adaptar e prevenir as consequências da ocorrência de eventos extremos.

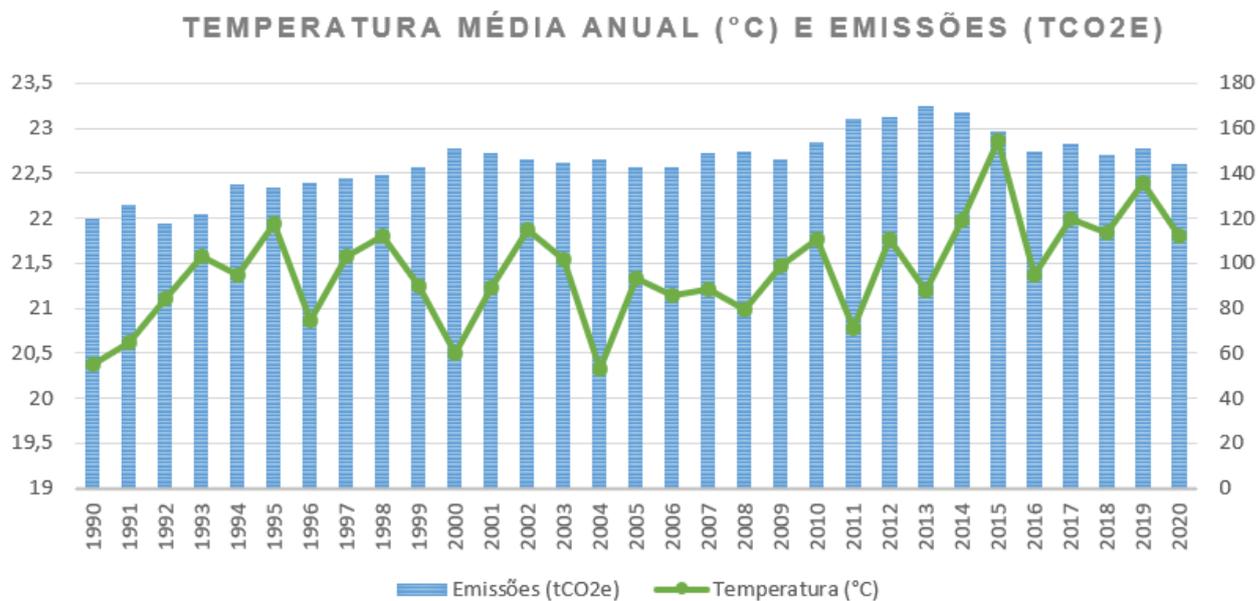
Acompanhando as séries históricas é possível identificar mudanças nos padrões, principalmente no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. O aumento das emissões ocorreu de forma significativa a partir de 2016 no setor energético, que representa a maior parte das emissões ocorridas no estado de São Paulo.

Em relação a temperatura, um aumento significativo, considerando os anos anteriores da série histórica, ocorreu a partir de 2014, no qual foi um ano que ficou registrado pelas anomalias que levaram a segunda maior crise hídrica no estado, tornando um marco emergencial para a efetivação de discussões sobre a adaptação das cidades em relação às consequências causadas por mudanças no clima.

No gráfico 6, são apresentados os dados referentes às emissões e a temperatura média anual de cada ano, demonstrando de forma clara a progressão das emissões e as oscilações na temperatura durante o período apresentado. Na esquerda do gráfico, há a indicação da

temperatura, e, à direita, os números relacionados à quantidade de CO₂ equivalente emitido, em toneladas.

Gráfico 6 - Emissões de dióxido de carbono (tCO₂e) e temperatura média anual entre 1990 e 2020



Fonte: SEEG (2020) e IAG - USP (2020).

No gráfico, a sobreposição dos dados permitiu a viabilização da comparação entre as variáveis apresentadas. Segundo é possível observar, as oscilações na temperatura alternam picos ascendentes e descendentes com menor variação entre 2005 e 2008, apresentando maior queda em 2004 e maior elevação em 2015. No início da série é possível identificar um aumento paulatino que segue de 1990 até 1995. Não obstante à sucessão que se observa entre os picos, fica claro que ocorre um ganho de temperatura em razão da diminuição da intensidade dos picos descendentes a partir de 2005.

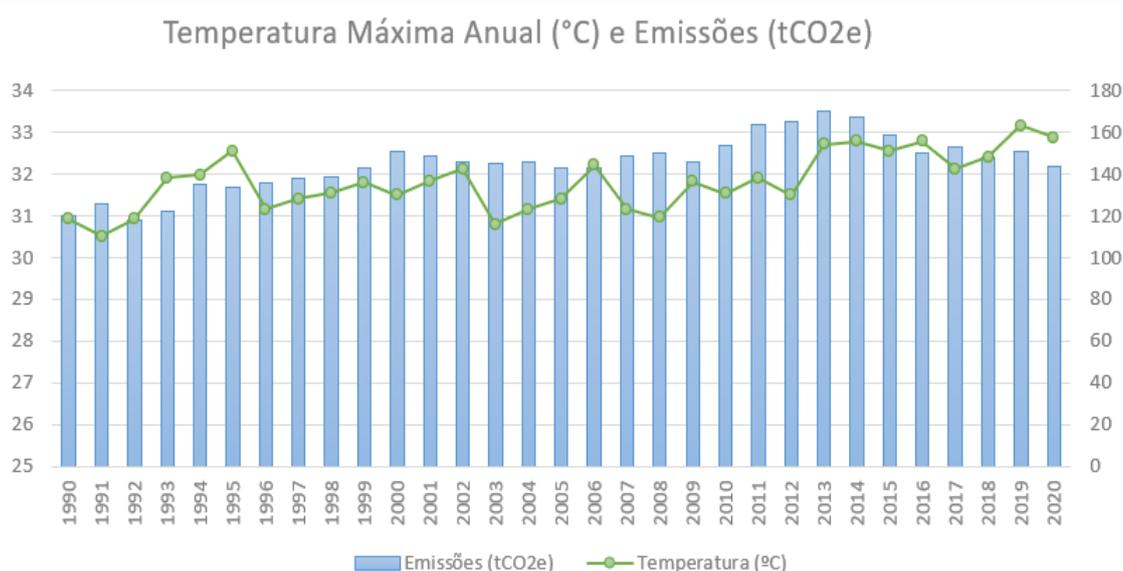
Em relação aos dados das emissões, é apresentada uma tendência de aumento, acentuada a partir de 2010 e estabilizando-se a partir de 2016 em patamar levemente inferior ao pico situado entre 2010 e 2015. Aliás, a queda relevante anotada em 2020, pode estar relacionada a conjuntura vivenciada durante a pandemia de COVID-19, na qual houve a paralisação de diversos setores por conta de períodos de quarentena e isolamento, ocasionando uma redução drástica na locomoção de pessoas, influenciando de forma direta no setor energético.

Sobre a correlação entre as duas variáveis, não é possível afirmar que a temperatura é maior em anos específicos em que as emissões ocorrem em maior quantidade, portanto, não há

correlação considerando o período de um ano, corroborando com o conceito de que as mudanças climáticas e o aumento da temperatura ocorre de forma gradual (CONTI, 2008).

Em relação às temperaturas máximas do período, o gráfico 7 apresenta a correlação entre as emissões e a temperatura máxima anual, considerando a média de cada mês no período indicado.

Gráfico 7 - Temperatura máxima anual e emissões de carbono equivalente de 1990 a 2020



Fonte: SEEG (2020) e IAG - USP (2020).

As oscilações ocorrem com maior frequência entre 1990 e 2012, no qual a maior temperatura entre esse período é em 1995, indicando 32,5° C e a menor em 2003, indicando 30,8° C. As mudanças constantes nos padrões da temperatura iniciam a partir de 2012, no qual a temperatura máxima sempre indica acima de 32° C, algo que no restante da série temporal, só havia ocorrido em 1995.

Em 2019, houve a incidência mais preocupante em todo período, no qual a temperatura máxima anual atingiu 33,16° C. No mesmo ano, a temperatura média, considerando as mínimas, também foi elevada, ponderando os padrões presentes no decorrer da série histórica, evidenciando o aumento gradual da temperatura e conseqüentemente, mudanças em aspectos climatológicos.

Entrementes a isto, é preciso enfatizar que mesmo havendo aparente normalidade nas variações da temperatura terrestre, constata-se que o ritmo do aumento é muito maior do que em outros períodos já registrados. Nos últimos trinta anos, a temperatura média global aumentou cerca de 0,2° C por década, no qual o aquecimento foi 50 vezes maior do que o

registrado no ciclo glacial-interglacial em ritmo natural, além da temperatura, houve uma diminuição considerável na camada de gelo e conseqüentemente, aumento no nível do mar (NOBRE *et al.*, 2012).

Com o avanço das pesquisas voltadas a temática, a diminuição das incertezas e o estabelecimento de projeções mais confiáveis torna possível o avanço de medidas que visam atenuar os riscos de possíveis eventos climáticos extremos e também, avançar nas ações que de fato condizem com as metas pré-estabelecidas de reduzir a quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi apresentado um panorama geral das emissões de gases de efeito estufa, tendo como principal foco o estado de São Paulo. O cenário das emissões ocorridas no estado é diferente do restante do país, considerando que o setor energético é o principal emissor de CO₂, atrelado ao transporte devido a grandeza da frota veicular existente.

A análise temporal das emissões de GEE e a verificação da temperatura média anual foi feita considerando a série histórica correspondente ao período entre 1990 e 2020, nos quais foram verificadas mudanças nos padrões relacionados a cada variável. Nos dados relacionados às emissões, houve uma mudança brusca nos padrões de N₂O a partir de 2007, resultado da implementação do Protocolo Agroambiental.

Em relação aos dados de temperatura, há indícios de que está havendo mudanças nos padrões climatológicos, com tendência a um aumento gradual indicado pela presença de médias acima de 22° C a partir de 2015. Além de médias acima dos padrões anteriores, também houve a discussão sobre a crise hídrica em São Paulo, tornando nítida a ligação entre aumento de temperatura e eventos extremos.

As mudanças climáticas são transfronteiriças e a ação voltada para mitigação deve ser feita em diferentes escalas de ação governamental com a finalidade de reduzir a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Para além da mitigação, estratégias voltadas à adaptação relacionada a eventos extremos previstos é fundamental para evitar conseqüências como as de extremos climáticos já observados.

Para além dos dados da pesquisa e do enfoque da mesma, salta aos olhos a intrínseca relação que existe entre o homem e as alterações observadas no meio ambiente, pois, em 2020, ano em que uma sensível redução das atividades antrópicas ocorreu devido a pandemia do

Covid-19, verifica-se uma redução, ainda que pequena, na emissão de gases, sinalizando sua origem na humanidade e seu elenco de ações sobre o espaço terrestre.

Qual repercussão isso terá nos anos seguintes, apenas uma nova pesquisa poderá mapear, entretanto, fica claro, para todos os efeitos que qualquer alteração no cenário passa pela mudança das práticas humanas, exigindo da sociedade como um todo, um comprometimento ímpar com o estabelecimento de um novo momento na história do planeta.

Por fim, fica a certeza de que mais alguns anos e estudos precisam seguir-se para que uma radiografia precisa da conjuntura atmosférica possa ser feita com exatidão, produzindo entendimento profundo do cenário em transformação com a finalidade de permitir uma melhor gestão da conjuntura que estará estabelecida.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 14064 – 1 Gases de efeito estufa - Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. 2017.

AZEVEDO, T. R. et al. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Scientific Data**, v. 5, p. 1-43, 2018.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed.atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARBOSA, Fernando de Holanda. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos avançados**, v. 31, p. 51-60, 2017.

BARCELLOS, C.; et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BRAGA, A.; BÖHM, M. G.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, São Paulo, n. 51, p. 58-71, set./nov, 2001.

BRASIL. Lei nº 12187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. **Brasília**, DF, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.

BRASIL. Decreto nº 9578, de 22 de novembro de 2018. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Brasília**, DF, 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm

CETESB. **QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO**. São Paulo, Brasil; 2019.

CONAMA. **Resolução n.1 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: DOU, 1986.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre mudanças climáticas globais. **Sociedade e Território**. V1, n.1, 2008.

CORREA, E.; COMIM, F. Impactos Potenciais da Mudança Climática no Desenvolvimento Humano. Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 36th Brazilian Economics Meeting] ANPEC – Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia, 2008.

COUMOU, D.; RAHMSTORF, S. A decade of weather extremes. **Nature Climate Change**. 2012.

FGV - FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – Centro de Estudos em Sustentabilidade. Especificações de Verificação do Programa Brasileiro GHG Protocol. Agosto, 2011, São Paulo.

FACHIN, Odília. **FUNDAMENTOS DE METODOLOGIA**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FARHI NETO, L. Concepções filosóficas ambientalistas: uma análise das diferentes perspectivas. **International Journal for Moral Philosophy**, 33-56, 2006.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da Pesquisa científica [2002]. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea>>. Acesso em: 15/11/2022.

GARCIA, R. A.; Cabeza, M.; Rahbek, C.; Araújo, M. B. 2014. Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. **Science**, 344(6183).

IBGE. Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc.html>. Acesso em 10 dez. 2022.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and other land use. Hayama: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006. v. 4, 110 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability . Summary for Policymakers. IPCC: Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.

IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, IPCC AR5 Synthesis Report, 2014. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston et al. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Kanagawa, Japão.2015.

JUNGES, A. L. et al. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**. Cuiabá. Vol. 13, n. 5 (dez. 2018), p. 126-151, 2018.

LIMA, M. A. et al. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; GONZALEZ MIGUEZ, J. D. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 397p. Cap. 7, p.169-189.

MARENGO, Jose Antonio; ALVES, Lincoln M. Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 485-494, 2015.

MARGULIS S, DUBEUX, C. B. S. Economia da mudança do clima no Brasil. Coordenação geral Jacques Marcovitch. São Paulo: Ibep Gráfica, 2011. 82p.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente**: Teoria e Prática. 2ª ed. São Paulo: Campus, 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 206p. 2007.

MOTTA, R. S. A regulação das emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília: **IPEA**, 2010.

MUELLER, C. Economia e meio ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica. **Estudos Econômicos**, v. 26, n. 2, p. 261-304, mai-ago 1996.

NOBRE, Carlos A.; REID, Julia; VEIGA, Ana Paula Soares. Fundamentos científicos das mudanças climáticas. **São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE**, 2012.

OLIVEIRA, E. C.; PEREIRA, R. S. Projeto Etanol Verde: O Protocolo Agroambiental e o compromisso com o meio ambiente no setor sucroenergético da microrregião de Assis (SP). **XVI SEMEAD–Seminários em Administração. São Paulo. Anais... São Paulo-SP**, out, 2013.

PBMC. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 2016. 184 p

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008: Combater as alterações climáticas: Solidariedade

humana num mundo dividido. 2007. Disponível em: www.pnud.br. Acesso em: 28 de novembro de 2022.

RIBEIRO, R. M.; KAMPEL, S. A. Como as mudanças climáticas afetam a vida das pessoas? Uma análise sistemática da relação entre clima e bem-estar. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2020.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 10, p. 41-58, 2011.

SACHS, J. (2008). A riqueza de todos. (S. Lamarão Trad.). Rio de Janeiro: **Nova Fronteira**. (Obra original publicada em 2008).

SARKODIE, S. A.; STREZOV, V. Economic, social and governance adaptation readiness for mitigation of climate change vulnerability: evidence from 192 countries. **Science of the Total Environment**, v. 656, p. 150-164, 2019

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima, acessado em 12/11/2022 - <http://seeg.eco.br>

STERN, N. The economics of climate change: The stern review. v. 9780521877, p. 1–692, 2007.

SOUZA, Ligia da Paz. A pandemia da COVID-19 e os reflexos na relação meio ambiente e sociedade. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 4, 2020.

VIEIRA, A. C. F. A polidez climática através das conferências das partes: ensaio político. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 9, p. 75-87, 2018.

WHITMEE, S. et al. Safeguarding Human Health in the Anthropocene Epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on Planetary Health. **The Lancet**, v.386, 2015.