



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

GILCLEBERSON MASCARENHAS BARROS

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NO SETOR
ENERGÉTICO NO ESTADO DE ALAGOAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Orientadora: Professora Dra. Karina Ribeiro Salomon

Maceió

2022

GILCLEBERSON MASCARENHAS BARROS

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NO SETOR
ENERGÉTICO NO ESTADO DE ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal de Alagoas, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Professora Dra. Karina Ribeiro Salomon

Maceió

2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 –661

- B277a Barros, Gilcleberson Mascarenhas.
Análise comparativa dos gases de efeito estufa (GEE) no setor energético no estado de Alagoas / Gilcleberson Mascarenhas Barros. - 2022.
35 f : il.
- Orientadora: Karina Ribeiro Salomon.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2022.
- Bibliografia: f. 33-35.
1. Mudanças climáticas. 2. Efeito estufa. 3. Análise comparativa. 4. Estado de Alagoas. I. Título.

CDU: 551.583(813.5)

Folha de Aprovação

GILCLEBERSON MASCARENHAS BARROS

ANÁLISE COMPARATIVA DOS GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NO ESTADO DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal de Alagoas, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Prof. Dra. Karina Ribeiro Salomon
Universidade Federal de Alagoas

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Christiano Cantarelli Rodrigues
Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dra. Daniele Vital Vich
Universidade Federal de Alagoas

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer imensamente a Deus por tudo o que ele tem me feito, pela minha vida e por minha família.

Agradeço também aos meus pais que me deram força nos momentos mais difíceis e nos momentos bons também.

Agradeço à minha esposa por ter me incentivado na minha caminhada ao longo desse curso, minha filha foi um grande diferencial em todo esse meu caminho, pois quando eu pensava em desistir a sua imagem vinha em minha cabeça e então minhas forças se restauravam.

Agradeço também a minha irmã que sempre acreditou em mim e sempre dizia que eu era o orgulho dela e isso foi um motivo a mais para eu concluir esse curso.

À minha orientadora Professora Dra. Karina Ribeiro Salomon que teve muita paciência comigo e me direcionou no caminho certo para a obtenção do êxito nesse trabalho e em todo o decorrer do curso.

Agradeço a todos os professores da Universidade Federal de Alagoas que fizeram parte dessa etapa da minha vida, sou muito grato a Deus por ter feito parte desse curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e ter conhecido esses professores com alto grau de conhecimento e excelência no que fazem.

Aos poucos amigos que fiz ao longo do curso, por terem me ajudado e terem sido companheiros de faculdade e a todas as pessoas que mesmo indiretamente contribuíram para essa formação, eu agradeço de coração a todos.

RESUMO

Os gases de efeito estufa emitidos através das atividades antrópicas tais como o desmatamento de florestas, as queimadas, a queima de combustíveis fósseis, o uso de energia elétrica produzida através de fontes não renováveis, alteram a temperatura do planeta. Essa alteração de temperatura proporciona grandes impactos negativos ao meio em que vivemos, trazendo grandes problemas para as pessoas, animais e plantas. Por esse motivo é necessário quantificar essas emissões com o auxílio de inventários de gases de efeito estufa. Essa ferramenta é usada para auxiliar no gerenciamento da emissão de GEE e conseqüentemente favorecer a minimização das mudanças climáticas. Algumas nações vêm se reunindo ao longo dos anos nas Conferências das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas com o objetivo de frear esse aumento de emissões de gases de efeito estufa e impor padrões a serem seguidos pelos países, mas cada país tem uma realidade de emissões e assim, cada um define as suas metas. Por esse motivo, este trabalho teve o objetivo de elaborar o inventário de emissões de gases de efeito estufa no setor energético, através da ferramenta de gestão GHG protocol e realizar uma análise da dinâmica das emissões no Estado de Alagoas com o auxílio dos Balanços Energéticos do estado, dos últimos quatro anos. Além disso, foram sugeridas medidas de mitigação do volume de gases poluentes emitidos, para que os patamares de emissões de GEE não ultrapasse os níveis estabelecidos nas reuniões, entre as nações, sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, Efeito estufa, Análise Comparativa, Estado de Alagoas.

ABSTRACT

The greenhouse gases emitted through anthropic activities such as the deforestation of forests, the burning, the burning of fossil fuels, the use of electrical energy produced through non-renewable sources alter the temperature of the planet. This temperature change provides great negative impacts to the environment in which we live, bringing great problems to people, animals and plants. For this reason, it is necessary to quantify these emissions with the help of greenhouse gas inventories. This tool is used to help reduce GHG emissions and consequently favor the minimization of climate change. Some nations have been meeting over the years at the United Nations Conferences on Climate Change with the aim of stopping this increase in greenhouse gas emissions and imposing standards to be followed by countries, but each country has a reality of emissions and so, each defines its goals. For this reason, this work aims to prepare an inventory of greenhouse gas emissions to quantify emissions through the GHG protocol management tool and to carry out an analysis of the dynamics of emissions in the State of Alagoas with the help of the Energy Balances of the State of Alagoas. state for the last four years. In addition, measures will be suggested to mitigate the volume of polluting gases emitted, so that the levels of GHG emissions do not exceed the levels established in the meetings, between nations, on the environment.

Keywords: Climate Change, Greenhouse Effect, Comparative Analysis, State of Alagoas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	Gases de efeito estufa e legislação brasileira.....	13
3.2	Discussão das implicações dos gases de efeito estufa - GEE no setor energético do Estado de Alagoas.....	14
3.3	Benefícios da realização de inventários de GEE e medidas mitigatórias.....	16
3.4	Métodos utilizados para elaboração de inventários.....	18
3.5	Metodologia GHG protocol.....	19
4	METODOLOGIA.....	21
4.1	Etapas para realização do inventário de gases de efeito estufa – GEE.....	22
4.2	Comparação da dinâmica dos últimos quatro anos (2017, 2018, 2019, 2020)....	22
4.3	Proposição de medidas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa...	22
5	RESULTADOS.....	23
5.1	Inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e Comparação dos resultados em cada ano.....	23
5.2	Medidas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE).....	28
6	CONCLUSÃO.....	32
7	REFERÊNCIAS.....	34

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BEAL – Balanço Energético de Alagoas

BSI – British Standards Institute

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

COP – Conferência das Partes

DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs

FGV – Fundação Getúlio Vargas

GEE – Gases do Efeito Estufa

GHG – Greenhouse Gases

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MMA - Ministério do Meio Ambiente

ONU – Organização das Nações Unidas

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development

WRI – World Resource Institute

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Emissões brutas por Estado em 2020.....	15
Figura 2	Emissões líquida por estado em 2020.....	16
Figura 3	Hierarquia das ações a serem realizadas para diminuir as emissões de GEE...	17
Figura 4	Etapas Protocol GHG Brasil.....	20
Figura 5	Fluxograma da metodologia a ser aplicada.....	21
Figura 6	Emissões totais de CO ₂ e no setor energético – AL.....	24
Figura 7	Emissões por Fontes de Energia.....	25
Figura 8	Emissões de GEE por Combustíveis como fonte de combustão estacionária....	26
Figura 9	Emissões de GEE por tipo de transporte em fonte de combustão móvel.....	27
Figura 10	Emissões de CO ₂ e nos setores por consumo de eletricidade.....	28

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são alterações no clima, ocasionadas pelo aquecimento global, em função do aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes das atividades antrópicas. Estas mudanças influenciam a dinâmica dos ecossistemas e as atividades humanas, podendo seu impacto ser ainda maior no futuro se medidas mitigadoras não forem adotadas (SEEG, 2018, p.1).

O projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-chave do Brasil” (MCTIC/ONU Meio Ambiente, 2017) teve por objetivo ajudar o governo brasileiro a reforçar sua capacidade técnica de apoiar a implementação de ações de mitigação de emissões de GEE em diversos setores (indústria, energia, transportes, edificações, agricultura, florestas e outros usos do solo, gestão de resíduos).

Questões de mitigação têm um caráter imediato e são essenciais, pois são discutidas e indicadas na esfera dos compromissos internacionais, como o Acordo de Paris (COP21, 2015).

Algumas ferramentas de gerenciamento de emissões de poluentes são utilizadas na contabilização das emissões. Assim, para as quantificações das emissões de gases de efeito estufa pode ser utilizados o GHG Protocol, a Norma ISO 14064, além de outros métodos.

O Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) é uma ferramenta de mensuração e gerenciamento das emissões de gases causadores de aquecimento global. Essa ferramenta é usada no mundo todo e foi desenvolvida pelo World Resource Institute (WRI). No Brasil ela é representada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

A partir daí, o GHG Protocol passou a ter como objetivo desenvolver padrões e inventários que retratem o quadro das organizações, sendo uma ferramenta utilizada para entender, quantificar e gerenciar as liberações de GEE. Então, atualmente, este, é um dos métodos mais utilizados, no âmbito mundial, pelas empresas e governos para a realização desses inventários (MELO et al., 2018, p.1).

Como foi mencionado, este protocolo segue os mesmos princípios da ISO 14064, fornecendo ao usuário orientações adicionais de caráter supletivo em relação às ABNT NBR ISO 14064-1 e ABNT NBR ISO 14064-2.

Dessa forma as ABNT NBR ISO 14064-1 e ABNT NBR ISO 14064-2 foram elaboradas no Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (ABNT/CB-38), pela Comissão de Estudo de Mudanças Climáticas (CE- 38:009.01) sendo adotada também pelo GHG Protocol que é uma ferramenta, reconhecida internacionalmente, para contabilização das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), aplicável a qualquer organização de todos os tipos de atividades e setores.

Essas NBR's devem ser utilizadas como fonte de consulta, levando em consideração as características aplicáveis e adequadas para cada setor específico.

Os Estados possuem um papel fundamental na implantação de políticas públicas de mitigação e adaptação em relação às mudanças climáticas, uma vez que muitas maneiras de reduzir as emissões de GEE e os seus efeitos sob o aquecimento global estão em sua competência de atuação e planejamento.

Os balanços energéticos estaduais vêm sendo elaborados anualmente, transformando-se numa atividade permanente e contínua. Consolida-se, assim, a divulgação sistemática de uma série histórica que constitui ferramenta importante para o planejamento estrutural das novas oportunidades de negócios. O conteúdo destas informações explicita a característica renovável da nossa matriz energética e também indicam o grande potencial do uso da biomassa produzida a partir de resíduos da cana-de-açúcar (BEAL, 2019, p.1).

Dessa maneira, o Estado de Alagoas ratifica a elevada contribuição dos recursos naturais em sua matriz energética, totalizando 76% de energia renovável, em função, especialmente, da fonte hidráulica e dos derivados da cana-de-açúcar, superando os níveis do Brasil e de países desenvolvidos, 41% e 14% respectivamente (BEAL, 2020, p.1).

A análise comparativa dos gases de efeito estufa no setor energético no Estado de Alagoas tem como estratégia fornecer uma visão retrospectiva e integrada dos dados e informações que caracterizam o perfil energético no Estado.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar e comparar as emissões de gases de efeito estufa no Estado de Alagoas.

2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar o inventário de emissões de gases de efeito estufa – GEE;
- Comparar a dinâmica das emissões nos últimos quatro anos;
- Propor medidas de mitigação para emissão dos gases de efeito estufa - GEE

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Gases de Efeito Estufa e Legislação Brasileira.

Os países signatários da Convenção do Clima se reuniram entre 07 e 18 de dezembro de 2009, em Copenhague, Dinamarca, na sua 15ª Conferência das Partes (COP 15). Os principais objetivos eram aqueles traçados no Plano de Ação de Bali e podem ser assim resumidos:

- Compromissos e metas mais ambiciosos por parte dos países desenvolvidos, que poderiam almejar reduções de até 40% em 2020 e 80% em 2050;
- Contribuições voluntárias dos países em desenvolvimento, as quais sejam monitoráveis, reportáveis e verificáveis; e
- Aporte de recursos por parte dos países em desenvolvimento para financiamento dessas contribuições voluntárias e para assistência em ações de adaptação.

O resultado alcançado ficou muito aquém dos objetivos postulados. Um novo acordo que fosse vinculante a todos os signatários não foi concretizado, tendo sido possível somente a assinatura do chamado Acordo de Copenhague.

Em 2015, a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 21) resultou no Acordo de Paris, adotado em dezembro de 2015 pelos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2021).

O objetivo central da COP 21 foi a redução das emissões dos gases de efeito estufa, firmado no Acordo de Paris. De acordo com a conferência, os 195 países signatários têm uma meta, na qual deverá reduzir as emissões de GEE e com isso se reduza o aquecimento global. Ainda de acordo com a COP 21, deve-se manter o aumento da temperatura média do planeta em um patamar inferior a 2°C, até o ano de 2100.

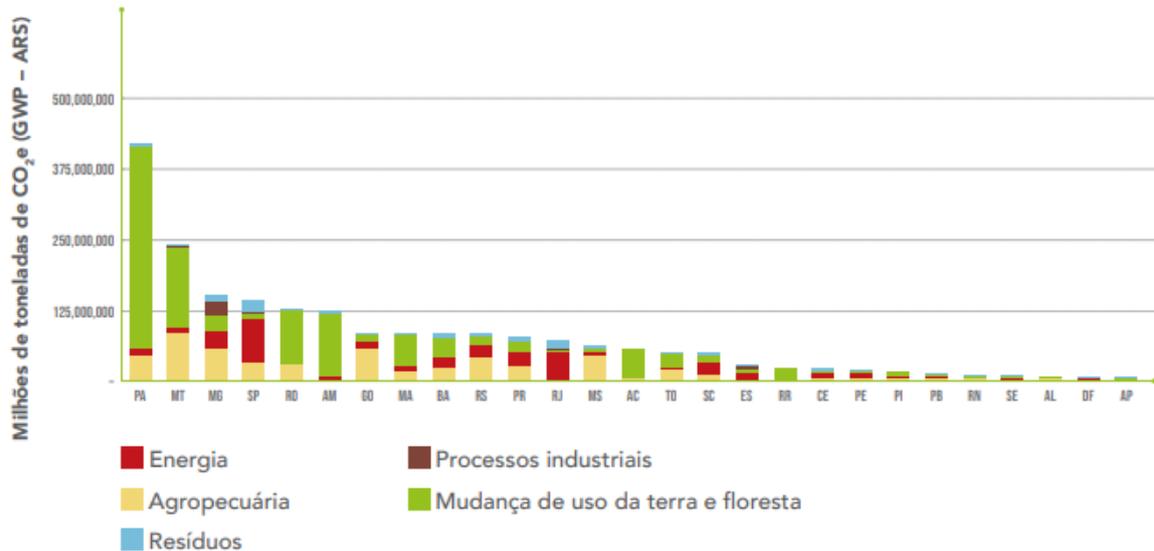
Nessa Conferência, o Brasil estabeleceu uma meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025 e reduzir 43% das emissões até 2030. Além disso o país se comprometeu aumentar o uso de fontes de energias “verdes”, como por exemplo: a energia solar, a energia eólica, a energia da biomassa etc.

Por esse motivo, as mudanças climáticas associadas às emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) está sendo um tema bastante discutido mundialmente.

3.2. Discussão das implicações dos gases de efeito estufa – GEE, no setor energético do Estado de Alagoas.

Em 2020, os Estados do Pará (19,3% do total) e Mato Grosso (11,1%) aparecem como os principais emissores brutos, seguidos de Minas Gerais (7%), São Paulo (6,6%) e Rondônia (5,8%). A troca de posições entre Minas e São Paulo dá uma ideia do impacto da pandemia sobre o Estado mais industrializado do país, cujas emissões são mais diretamente correlacionadas com o crescimento do PIB (SEEG, 2022, p.35). (Figura 1)

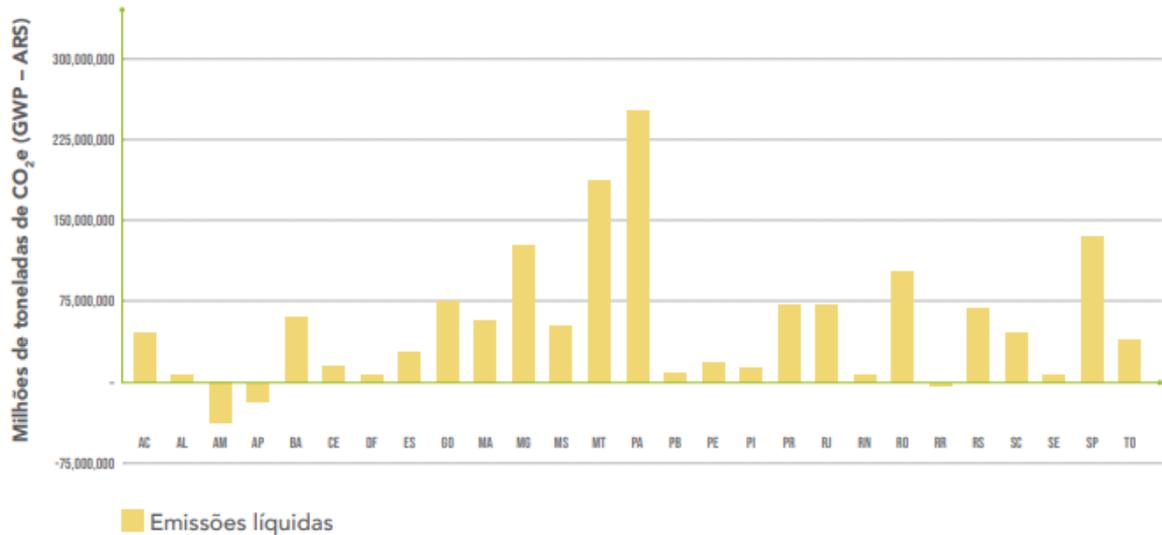
Figura 1 – Emissões brutas por Estado em 2020



Fonte: (GUIA DE AÇÕES PARA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS, 2016).

O estado de Alagoas com uma área de 27.843 km² e uma população de 2.455.608 habitantes ocupa o 25º lugar no ranking de emissões brutas alocadas no Estado com 7.784.782Ton CO₂ no ano de 2018 contra 1.985.815.814Ton CO₂ no Brasil, correspondendo a 5,31% no ranking nacional, sendo as principais atividades emissoras de gases de efeito estufa no Estado: Energia, uso da terra, agropecuária, resíduos e indústria e, dessa forma, o setor de energia contribui com a emissão de 64,4% nos transportes; 19,8% na indústria e 10,9% em residências (SEEG, 2018, p.1). (Figura 1)

Figura 2 – Emissões líquidas por Estado em 2020



Fonte: (GUIA DE AÇÕES PARA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS, 2016).

3.3. Benefícios da realização de inventários de GEE e medidas mitigatórias

A realização do inventário de GEE possibilita à empresa, através do monitoramento da produção, identificar oportunidades de redução de emissões e, conseqüentemente, desperdícios de insumos, implementação de novas tecnologias e mudanças no processo produtivo.

O inventário de GEE possibilita um melhor entendimento organizacional, gerando um novo conhecimento ao se analisar os processos envolvidos sob outra ótica. Com esse conhecimento, pode-se enfatizar os processos com mais emissões de GEE e começar a analisar possíveis mudanças.

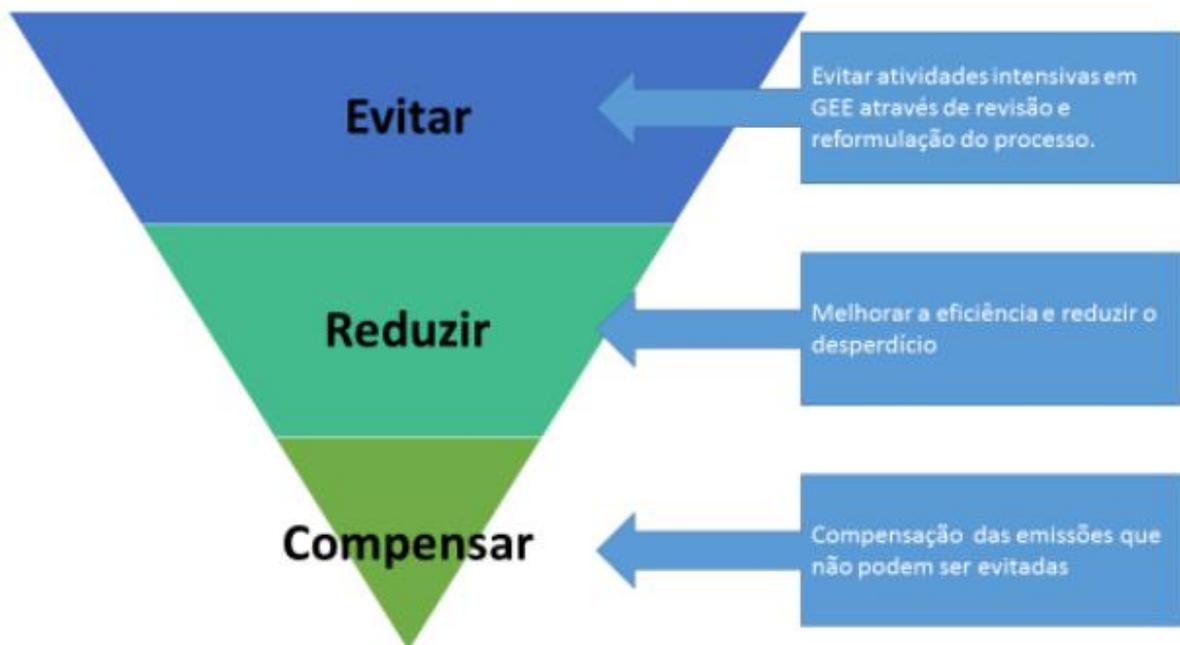
O inventário de emissões e, conseqüentemente, a gestão das emissões de GEE interagem com os sistemas de gestão de qualidade, gestão ambiental e sistema de informação da organização e os benefícios são, não só ambientais, mas também econômicos, através da Minimização do uso de matérias-primas impactantes ao meio ambiente, redução dos resíduos e emissões gerados no processo, conscientização dos funcionários, produtos mais adequados ambientalmente, maior eficiência no transporte, antecipação aos requisitos legais e às exigências do mercado, da estratégia ambiental gera novas oportunidades de negócios, possibilidade de

participação no mercado de carbono e fidelização de grandes clientes (GUIA DE AÇÕES PARA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS, 2016, p.15).

Depois da contabilização das emissões de GEE é necessária a implementação de medidas que venham diminuir as emissões. Essas medidas, denominadas de medidas de mitigação de gases de efeito estufa, são ações que envolvem toda uma coletividade, para que se tornem eficientes e possam atingir os objetivos propostos.

A redução das emissões de GEE será analisada com base em comparações dos inventários de ano a ano. Também deverão ser avaliadas as melhorias e o retorno econômico que as organizações obtiveram com as implantações das mudanças.

Figura 3 – Hierarquia das ações a serem realizadas para diminuir as emissões de GEE



Fonte: (GUIA DE AÇÕES PARA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS, 2016).

3.4. Métodos Utilizados para a elaboração de Inventários

Um estudo da Comissão Europeia em 2010, identifica a existência de mais de 80 métodos e iniciativas relacionados ao registro e publicidade de emissões de GEE no mundo (EUROPEAN COMMISSION, 2010, p.1). O estudo apresenta 30 métodos e iniciativas mais relevantes, fazendo uma análise comparativa. No entanto, cerca de metade dos principais métodos referem-se aos princípios do Protocolo de Relatórios do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)/World Resources Institute (WRI) GHG Procol, fornecendo alguma consistência. O método refere-se a uma forma de calcular um valor de emissões de GEE em tCO₂e e deve fornecer orientações sobre limites de relatórios, escolhendo os fatores de emissão. Já a iniciativa define o formato do relatório de GEE e seus conteúdos.

Os métodos mais utilizados e reconhecidos internacionalmente para quantificação das emissões são: o GHG Protocol, a Norma ISO 14064 e o PAS 2050. No Brasil, os dois primeiros são mais recomendáveis. Entretanto, nada impede uma empresa de descrever suas emissões de GEE sob as regras do instrumento PAS (PINHO, 2009).

O Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) é uma iniciativa que teve desenvolvimento originário nos Estados Unidos em 1998, ocasião em que foram reunidos membros da academia, governos e organizações não governamentais, sob a coordenação do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) e do World Resources Institute (WRI). Esse guia é utilizado por várias empresas e organizações ambientais fornecendo subsídios para elaboração de seus inventários de emissões de GEE e foi desenvolvida pelo WRI em parceria com o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD). A metodologia é compatível com as normas ISO e com as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Os gases considerados em seu escopo são os constantes no Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) (FGV, 2017a).

A metodologia PAS 2050 foi elaborada pelo BSI (*British Standards Institute*) e patrocinada pelo *CarbonTrust* e DEFRA (*Department for Environment, Food and Rural*

Affairs). O DEFRA também possui uma metodologia para elaboração de inventários apresentando fatores de emissão específicos para o Reino Unido, no que refere ao CO₂, CH₄ e N₂O para diferentes atividades (consumo de combustíveis e eletricidade, transporte de passageiros e de mercadorias e utilização de água, biomassa e biocombustíveis) (DEFRA, 2012, p.1).

Outra metodologia que pode ser utilizada como referência na elaboração de inventários é a NBR ISO 14064, que tem por objetivo especificar princípios e requisitos no âmbito da organização para quantificação e para elaboração de relatórios de emissões e remoções de GEE. Essa norma também inclui determinações para o projeto, o desenvolvimento, o gerenciamento, a elaboração de relatórios e a verificação de um inventário de GEE da organização (NBR ISO, 2007, p.1).

Uma das principais diferenças entre as metodologias refere-se à cobertura dos gases. De modo geral, estas abrangem os constantes no protocolo de Quioto (CO₂), (CH₄), (N₂O), (SF₆), (HFC) e (PFC). A NBR ISO 14.064 e a PAS 2050 possuem escopo mais abrangente e consideram todos os gases com poder de aquecimento global (SANTOS,2015, p.1).

Entre as diversas metodologias existentes para elaboração de inventários de gases de efeito estufa, o GHG Protocol vem sendo a ferramenta mais utilizada mundialmente por empresas e governos para entender, quantificar e gerenciar suas emissões.

3.5. Metodologia GHG Protocol

O Programa Brasileiro GHG Protocol foi lançado oficialmente no dia 12 de maio de 2008, em Brasília. Ele busca promover a cultura corporativa de mensuração, publicação e gestão voluntária das emissões de GEE no Brasil, proporcionando aos participantes acesso a instrumentos e padrões de qualidade internacional para contabilização e elaboração de inventários. A implementação do Programa é uma iniciativa do Centro de Estudos em Sustentabilidade, da Fundação Getulio Vargas (FGV), e do World Resources Institute (WRI), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento

Sustentável (CEBDS) e o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (FGV, 2017a).

As principais etapas apresentadas pela metodologia GHG Protocol Brasil são: definição dos limites operacionais; categorização das fontes de GEE dentro das instalações; escolha do método de cálculo; coleta de dados; escolher fatores de emissão; aplicar a ferramenta de cálculo; e registrar os dados (FGV, 2017b). Conforme Figura 01.



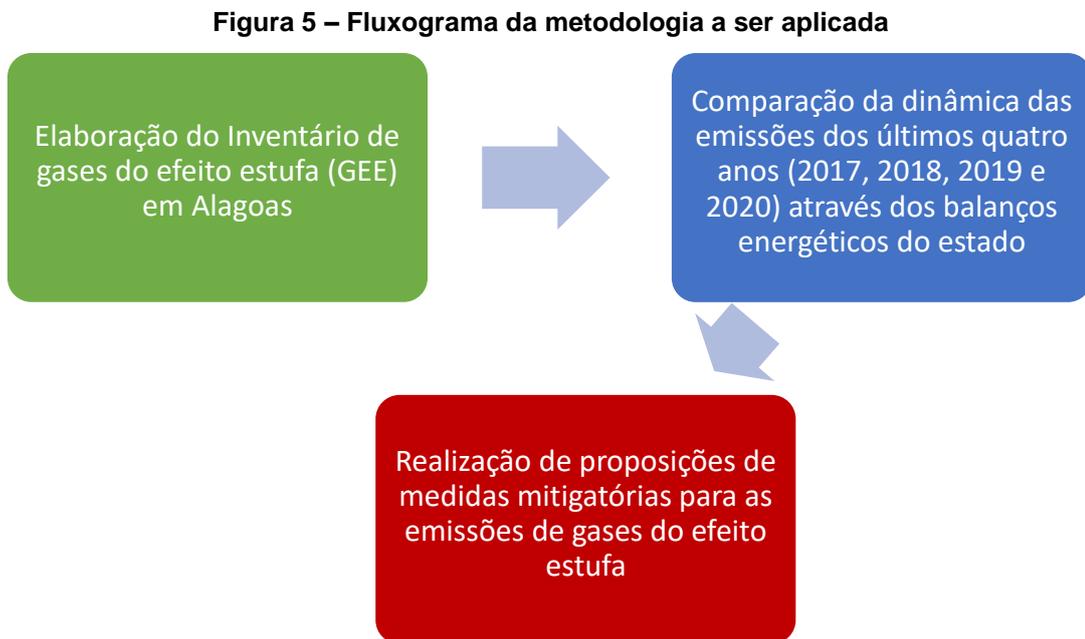
Fonte: FGV (2017)

A definição dos limites operacionais envolve a identificação das fontes associadas às operações da empresa e a classificação em emissões diretas e indiretas. Assim, o *GHG protocol* estabelece 3 escopos: a) Escopo 1: Emissões diretas relacionadas ao processo produtivo de uma organização e cujas fontes podem ser controladas por essa. Nesta categoria inclui-se frota própria de veículos e emissões fugitivas devido à utilização de aparelhos de ar-condicionado e extintores de incêndio; b) Escopo 2: Emissões indiretas de GEE devido ao consumo de eletricidade e c) Escopo 3: Fontes indiretas as quais estão relacionadas à operação da empresa, porém essa não possui controle. A contabilização desse escopo é opcional (FGV, 2017b). A metodologia de cálculo ocorre através do monitoramento direto das emissões ou por meio da aplicação de fatores padronizados para determinada atividade. No geral, quando o monitoramento direto não é possível ou tem custos elevados, números precisos de emissões podem ser calculados a partir de dados de atividades.

A metodologia GHG Protocol disponibiliza uma ferramenta de cálculo que seus fatores de emissão são definidos dentro da mesma. Nessa ferramenta de cálculo, tem-se a alternativa de utilizar métodos próprios ou as propostas pela sua metodologia.

4. METODOLOGIA

Para se chegar aos objetivos pretendidos desse trabalho, foram realizadas as seguintes etapas: Elaboração do Inventário de gases de efeito estufa (GEE) no setor energético do estado de Alagoas, na sequência foi feita a comparação dos últimos quatro anos (2017, 2018, 2019 e 2020) através dos inventários já elaborados no primeiro objetivo com o auxílio dos balanços energéticos do estado, e concluindo a metodologia utilizada, foi realizada uma proposição de medidas mitigatórias para as emissões de gases do efeito estufa. Na figura 5, abaixo, estão representados os passos que foram seguidos nesta metodologia.



Fonte: Próprio Autor

4.1. Etapas para a realização do inventário de gases de efeito estufa (GEE)

Para realizar o levantamento da emissão dos gases de efeito estufa – GEE será necessário fazer uma contabilização das emissões dos gases GEE a partir de dados secundários do balanço energético estadual, que estão nas secretárias, e com o auxílio do método proposto pelo GHG Protocol.

Para quantificação das emissões sua metodologia considera três escopos: Escopo 1 - Emissões diretas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização; Escopo 2 - Emissões indiretas decorrentes do consumo de energia; E escopo 3 – Emissões indiretas de GEE, considerado de relato opcional, que são decorrentes das atividades da empresa (FGV, 2017b).

Através da utilização da ferramenta de cálculo do GHG protocolo foi possível calcular as emissões de gases de efeito estufa.

4.2. Comparação dos últimos quatro anos (2017, 2018, 2019, 2020)

Será feita uma comparação da dinâmica de emissões nesses anos através da utilização dos resultados obtidos com a utilização da ferramenta GHG Protocol e com o auxílio dos Balanços Energéticos do Estado de Alagoas (BEAL) dos últimos quatro anos.

4.3. Proposição de medidas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa

Ao realizar a discussão sobre os impactos causados pelos gases de efeito estufa e sobre as perspectivas de melhorias para o meio ambiente é necessária a implementação de medidas as quais possam diminuir os impactos ambientais causados pela emissão dos GEE. Na proposição de medidas mitigatórias foi realizada uma pesquisa à literatura para poder sugerir tais medidas.

Existem basicamente duas maneiras de extrair os gases do efeito estufa do ar. Uma é aumentar a capacidade da natureza de absorver e estocar carbono, como por exemplo: a cura de florestas degradadas, a restauração de manguezais, o plantio de árvores em escala industrial, o aumento da absorção de carbono nas rochas ou no

oceano, tudo isso se enquadra na muito debatida categoria de “soluções baseadas na natureza”.

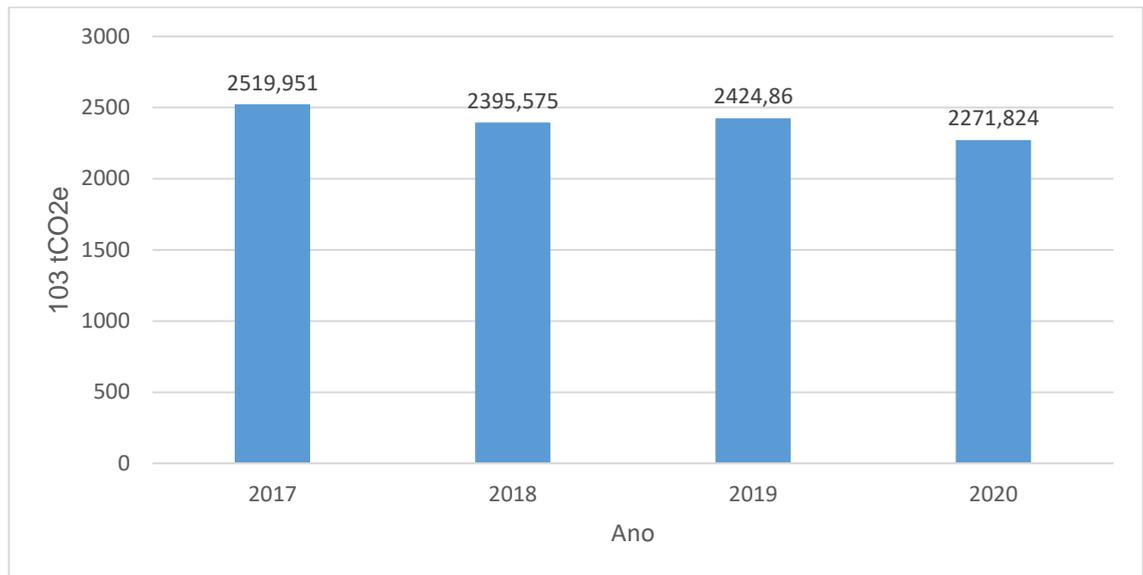
A segunda maneira, chamada de captura direta de ar, usa processos químicos para remover o CO₂ e, em seguida, recicla o CO₂ para uso industrial ou acaba armazenando em formações rochosas porosas, leitos de carvão não utilizados ou aquíferos salinos. As fábricas que operam hoje usam um solvente líquido ou um solvente sólido para separar o CO₂ de outros gases. As máquinas usam um ventilador para puxar o ar para um “coletor”, e dentro desse coletor possui um filtro seletivo que captura o CO₂. Quando o filtro está cheio, o coletor é fechado e o CO₂ é capturado.

5. RESULTADOS

5.1 Inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e Comparação dos resultados em cada ano

As emissões totais de gases de efeito estufa no ano de 2017 foi de 2.519.950 toneladas de CO₂ equivalente, já no ano de 2018 sofreu uma redução de 124.370 tCO_{2e}. No ano de 2019, as emissões mantiveram-se quase nos mesmos patamares, com uma pequena elevação. Mas em 2020, houve uma nova redução nas emissões de CO_{2e} no valor de 153.040 tCO_{2e} em comparação com o ano anterior.

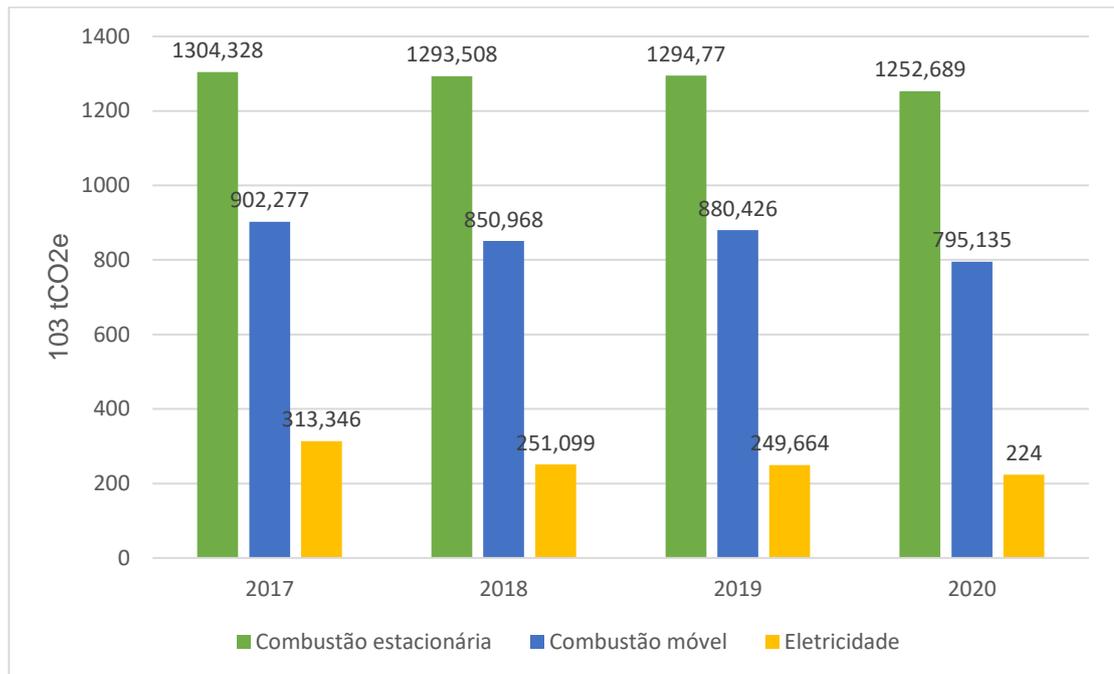
Fazendo uma comparação entre os quatro anos percebe-se que no ano de 2020 houve o menor índice de emissões. Nesse ano, iniciou a pandemia no Brasil e a partir desse período começou a serem impostas medidas de combate à transmissão do novo coronavírus. Uma das medidas tomadas para o combate à doença foi o isolamento social, e pode-se justificar essa redução nas emissões de gases de efeito estufa por esse motivo, pois a grande maioria das pessoas não saíram com seus carros, houve pouca circulação de transportes rodoviários, aéreos e etc. Além disso, o comércio, as indústrias, os setores públicos estavam fechados e não contribuíram significativamente com as emissões.

Figura 6 – Emissões totais de CO₂e no setor energético – AL

Fonte: Autor (2022)

A partir da figura 7 é possível verificar que a fonte de combustão estacionária tem uma maior participação na emissão de gases causadores do aquecimento global, na sequência temos as fontes de combustão móvel como emissoras de GEE e por fim, percebe-se que as emissões por consumo de eletricidade é a menor contribuidora de gases do efeito estufa. O ano de 2017 foi o que teve a maior quantidade de emissões de CO₂e, em quanto que o de 2020 foi o que teve a menor quantidade de emissões para todas as fontes. No geral, nota-se uma diminuição nas emissões de GEE ao longo dos quatro anos em todas as fontes de energia. Essa redução deve-se a uma maior utilização de fontes renováveis de energia pelo estado de Alagoas, destacando-se o uso de resíduos da cana-de-açúcar para produzir biomassa com um grande potencial.

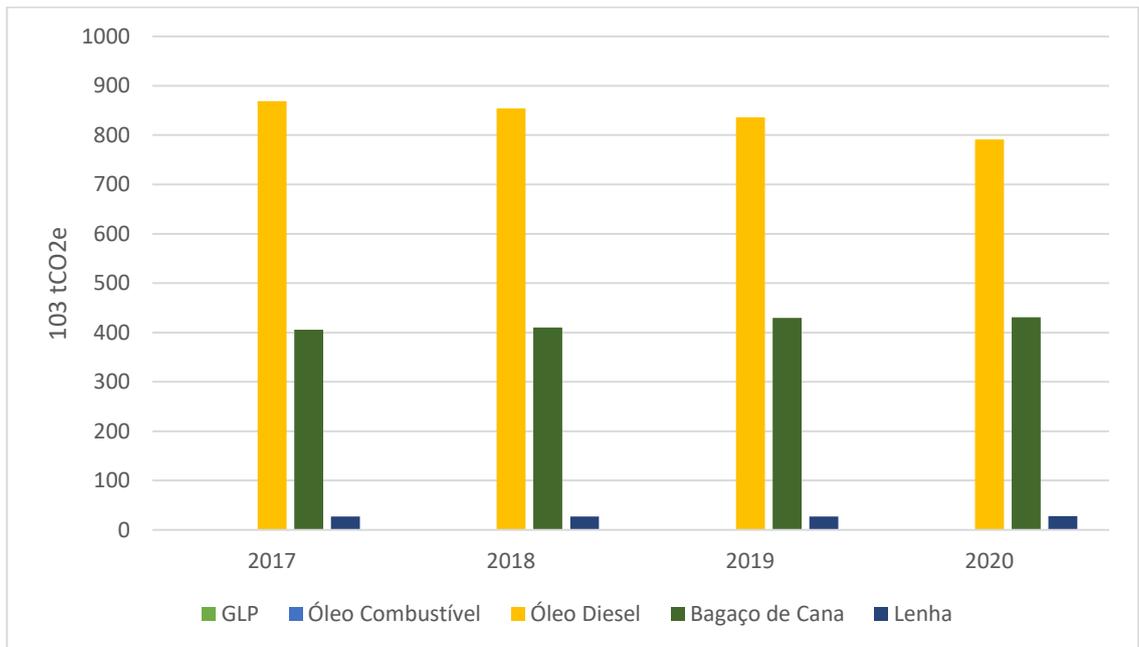
Figura 7 – Emissões por Fontes de Energia



Fonte: Autor (2022)

Analisando os combustíveis, representados na figura 8, participantes da fonte de combustão estacionária, nota-se que o óleo diesel é o principal responsável pela emissão de gases de efeito estufa, no entanto, ao decorrer dos quatro anos a emissão de GEE através desse tipo de combustível decresceu. Na sequência dos combustíveis que mais emitem CO₂e temos o bagaço da cana-de-açúcar, a lenha, o gás liquefeito de petróleo e o óleo combustível. A emissão de gases responsáveis pelo aumento da temperatura global por parte do combustível GLP sofre um pequeno decréscimo de 2017 para 2018 e a partir de 2019 começa a crescer. A emissão de GEE pelo consumo do bagaço de cana cresce no decorrer dos anos. Para a emissão de CO₂e através do uso da lenha tem-se uma estabilidade nas emissões nos anos de 2017, 2018, e 2019, com um leve aumento no ano de 2020.

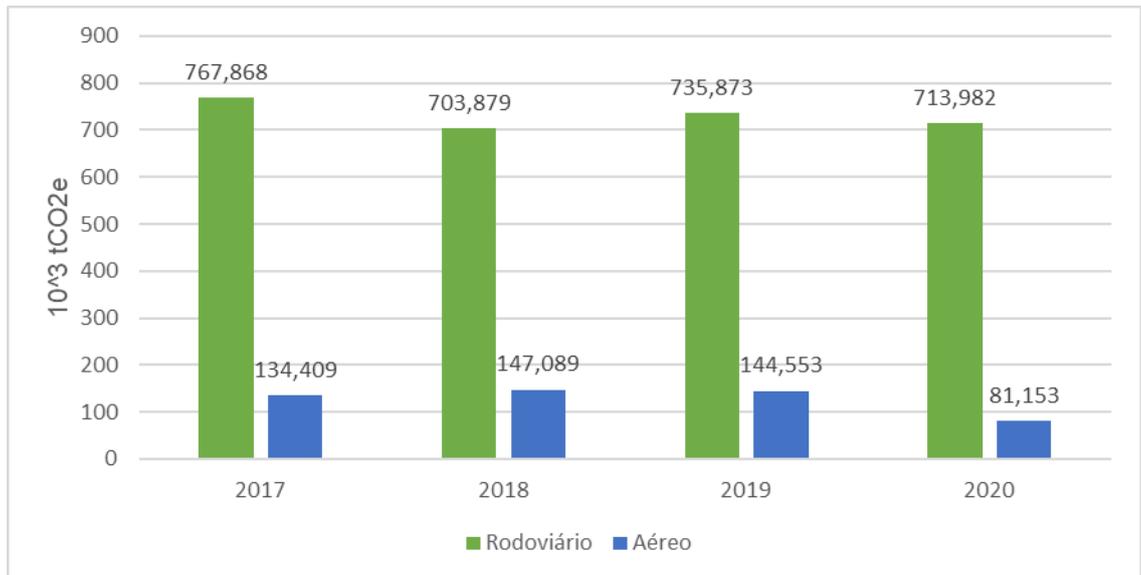
Figura 8 – Emissões de GEE por Combustíveis como fonte de combustão estacionária



Fonte: Autor (2022)

É possível perceber através da figura 9 que para a contribuição de cada tipo de transporte nas emissões de gases de efeito estufa tem-se como principal representante o transporte rodoviário. As emissões de GEE pelo transporte rodoviário teve uma diminuição de 63.989 tCO_{2e} do ano de 2017 para o ano de 2018. Já no ano de 2019, houve um aumento das emissões em 31.994 tCO_{2e}, e em 2020 voltou a decrescer em um valor de 21.891 tCO_{2e}. Observando as emissões de CO_{2e} pelo transporte aéreo, percebe-se um aumento nas emissões de 2017 para 2018 e depois nos anos seguintes tem-se somente reduções. Algo a observar é o fato de que do ano de 2019 para o ano de 2020 houve uma redução de quase 45%. Esse fato tem relação com a pandemia de COVID-19 enfrentada pelo país no ano de 2020, onde os voos foram cancelados com a intenção de conter o avanço da doença.

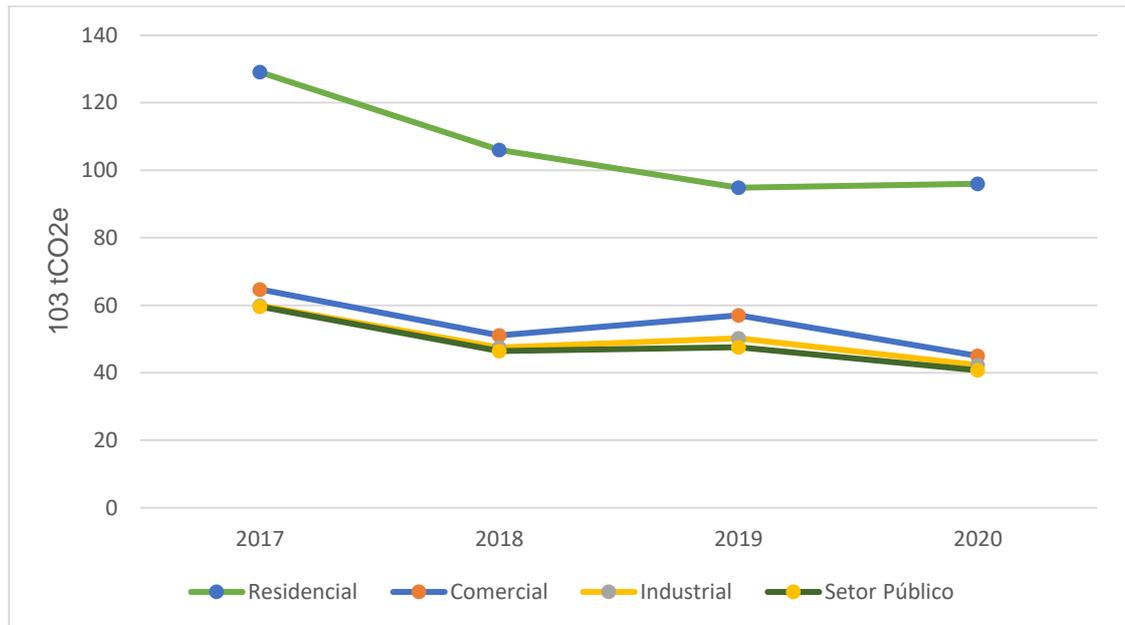
Figura 9 – Emissões de GEE por tipo de transporte em fonte de combustão móvel



Fonte: Autor (2022)

As emissões de GEE pela participação dos setores no consumo de eletricidade tem um maior valor representado pelo setor residencial e essas emissões, como se observa na figura 10, diminuem ao passar dos anos. Isso pode ser explicado pelo aumento da participação das energias renováveis (solar e eólica) na geração de energia elétrica em Alagoas. Observa-se também que o setor público e o setor industrial possuem emissões bem parecidas e esses setores têm a menor parcela de contribuição com as emissões de gases causadores do aumento da temperatura do globo. O setor comercial possui emissões acima dos setores industrial e público, mas em comparação com o setor residencial as emissões do setor comercial estão em um valor muito menor.

Figura 10 – Emissões de CO₂e nos setores por consumo de eletricidade



Fonte: Autor (2022)

5.2 Medidas de Mitigação das emissões dos gases de efeito estufa (GEE)

Após a contabilização dos gases do efeito estufa através do inventário de gases é necessária a implementação de medidas que possam mitigar as emissões desses gases responsáveis pelo aumento da temperatura. Nas Conferências das

Partes (COP) são estabelecidas metas e ações que podem ser realizadas para que a temperatura global não ultrapasse o limite de segurança, ou seja, não ultrapasse 1,5 °C. Diante disso, esse trabalho sugere algumas medidas para mitigar esse processo de elevação da temperatura causado pela grande quantidade de emissão de gases de efeito estufa. São elas:

- Utilização de fontes renováveis para a geração de energia elétrica, pois esses tipos de fontes são fontes verdes, ou seja, não emitem GEE ou emitem muito pouco em comparação com as outras fontes que utilizam combustíveis fósseis. Para as fontes renováveis de produção de energia elétrica podemos citar: a energia produzida através de placas solar e a energia produzida nos aerogeradores presentes nos parques eólicos;
- Além de utilizar as energias renováveis deve-se verificar a eficiência energética no consumo de energia elétrica, e evitar desperdícios.
- Adotar uma política de emissão zero, ou seja, seguir todas as diretrizes em prol da mitigação ou adaptação de emissões de GEE. As ações devem ser realizadas em conjunto, pois, para se chegar ao alcance de todas as metas estabelecidas nas COP, será preciso que as ações sejam realizadas concomitantemente;
- Cumprir os acordos climáticos feitos internacionalmente e seguir a legislação ambiental à risca;
- Promover o desenvolvimento sustentável, para que o uso dos recursos naturais seja racionalizado.
- Ao realizar o transporte de resíduos, utilizar meios de transporte que não seja mecanizado;
- Tratar os dejetos animais para que seja gerado biogás;
- Conter o desmatamento das florestas e impedir os incêndios criminosos nelas;
- Melhorar as práticas de manejo do solo;
- Incentivar a recuperação de áreas degradadas, através do reflorestamento;
- Reduzir a utilização de combustíveis fósseis, mantendo-os no solo;
- Melhorar o descarte de resíduos, para não sobrecarregar os aterros sanitários e com isso diminuir a emissão de GEE;

- Utilizar-se de tecnologias para captar os gases gerados na decomposição dos resíduos e utilizar biodigestores;
- Mecanismos como a compostagem deve ter sua utilização maximizada, pois é uma medida de mitigação de gases de efeito estufa de grande importância;
- Maximizar a utilização da coleta seletiva, para melhorar a reciclagem do lixo.
- Usar, se possível, a bicicleta como meio de transporte. Mas, para que isso seja possível, é preciso que haja uma boa logística no trânsito, através da implantação de ciclovias pelas cidades e as que já existem sejam bem sinalizadas e preservadas.
- Melhoramento da mobilidade urbana, evitando-se trânsito intenso e uma maior emissão de GEE;
- Com o melhoramento dos transportes públicos, será possível a utilização destes por uma maior quantidade de usuários. E assim, terá menos carros circulando e evitando a emissão de gases poluentes. Além disso, melhora a fluidez do trânsito;
- Aumentar a mobilidade através da construção de linhas férreas no país, pois é um tipo de transporte menos poluente.
- Florestas plantadas são uma excelente forma de reduzir o uso da vegetação nativa, além disso, é uma excelente aliada no combate da emissão de gases que elevam a temperatura do planeta. Através da fixação de CO₂ da atmosfera, as árvores fixam o carbono em sua biomassa e assim auxiliam na mitigação de emissão de GEE.
- A conservação florestal e a restauração florestal também são de grande importância para esse processo de mitigação.
- O plantio de mais árvores no planeta se faz necessário para que se obtenha, junto a outras atitudes, uma redução de gases responsáveis pelo aquecimento global.

Fazendo-se uma análise do 5º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Belo Horizonte, foi possível fazer uma comparação das emissões dessa cidade com as emissões contabilizadas no Estado de Alagoas. Esse Inventário é referente ao ano de 2020, mas, ele contém as emissões de GEE desde o ano de 2009 até 2020. A partir dos dados das emissões dos anos 2017, 2018, 2019 e 2020 foi feita

uma comparação das emissões, nesses quatro anos, entre Belo Horizonte e Alagoas. Em Belo Horizonte foram realizadas as seguintes contabilizações de emissões:

☐ **Combustão Estacionária:**

- **2017:** GLP=222.927 tCO_{2e}; Óleo Combustível=896 tCO_{2e}; Diesel= 13.618 tCO_{2e}.
- **2018:** GLP=217.157 tCO_{2e}; Óleo Combustível=2.317 tCO_{2e}; Diesel= 18.597 tCO_{2e}.
- **2019:** GLP=226.977 tCO_{2e}; Óleo Combustível=1.999 tCO_{2e}; Diesel=14.327 tCO_{2e}.
- **2020:** GLP=252.937 tCO_{2e}; Óleo Combustível=615 tCO_{2e}; Diesel= 13.657 tCO_{2e}.

☐ **Combustão Móvel:**

- **2017:** Rodoviário=1.960.728 tCO_{2e}; Aéreo=621.882 tCO_{2e}.
- **2018:** Rodoviário=1.834.707 tCO_{2e}; Aéreo=632.288 tCO_{2e}.
- **2019:** Rodoviário=1.696.261 tCO_{2e}; Aéreo=654.435 tCO_{2e}.
- **2020:** Rodoviário=1.405.088 tCO_{2e}; Aéreo=277.221 tCO_{2e}.

☐ **Emissões nos Setores por consumo de Eletricidade:**

- **2017:** Residencial=147.932 tCO_{2e}; Comercial=196.068 tCO_{2e}; Industrial=52.863 tCO_{2e}.
- **2018:** Residencial=119.882 tCO_{2e}; Comercial=153.284 tCO_{2e}; Industrial=40.342 tCO_{2e}.
- **2019:** Residencial=123.316 tCO_{2e}; Comercial=155.866 tCO_{2e}; Industrial=35.224 tCO_{2e}.
- **2020:** Residencial=104.144 tCO_{2e}; Comercial=103.242 tCO_{2e}; Industrial=25.473 tCO_{2e}.

Ao comparar os valores dessas emissões, percebe-se que, no geral, as emissões seguem um mesmo padrão para Belo Horizonte e para Alagoas, se forem analisados os decréscimos nas emissões ao longo dos quatro anos comparados. Observou-se, também, que no ano de 2020 (ano em que houve a pandemia no país)

as emissões em Belo Horizonte tiveram um grande decréscimo, como foi observado nas emissões de GEE no Estado de Alagoas.

6. CONCLUSÃO

Através desse estudo foi possível elaborar o inventário de gases de efeito estufa dos anos (2017,2018,2019 e 2020) e quantificar as emissões de gases de efeito estufa no setor energético no Estado de Alagoas. Percebe-se que as emissões totais de CO₂e diminuiu no ano de 2018 e em 2019 manteve-se quase que na mesma proporção. Houve uma nova diminuição em 2020, mas nesse ano houve a pandemia de COVID-19 e então será preciso continuar a realização dos inventários de GEE nos anos seguintes, para confirmar se a redução desses gases se manterá nos próximos anos sem a pandemia.

Após o cálculo das emissões de gases de efeito estufa, foram criados gráficos no Excel e com isso foi possível verificar que a fonte de emissão por combustão estacionária, é a que mais contribui para o aquecimento global, seguida pela fonte de emissão por combustão móvel. Além disso, conseguiu-se identificar que o óleo diesel é o combustível que mais emite CO₂e em todos os quatro anos e, que a queima do bagaço de cana também tem um grande potencial poluidor.

Feita a análise das emissões para cada tipo de transporte, verificou-se que o transporte rodoviário é o que mais emite GEE. Também foi possível observar que o setor que mais contribui para o aquecimento global através do consumo de energia elétrica foi o setor residencial. Mesmo havendo uma diminuição no decorrer dos quatro anos, ainda assim, o setor residencial é o que mais emite CO₂e. Identificadas as fontes que mais emitem GEE na atmosfera, foram sugeridas medidas de mitigação ou adaptação mais eficazes para essas fontes. Ou seja, foi possível avaliar quais são as fontes que mais emitem dióxido de carbono e como elas se mantiveram ao longo de cada ano durante os quatro anos analisados.

A elaboração do Inventário é o primeiro diagnóstico para entender os impactos climáticos causados pelo quantitativo de emissão de GEE e quais serão as emissões de gases de efeito estufa (emissões diretas ou emissões indiretas) e a partir deste

impacto como será possível então partir para a ação de mitigação e para o estabelecimento de metas de redução de emissão e, além disso, montar estratégias para compensar as emissões.

Assim, pode se dizer que a realização do inventário de emissões de um estado é de grande utilidade para a sociedade e para o meio ambiente, pois, esses inventários são os guias para a realização de medidas mitigadoras do aquecimento global. E através do cumprimento dessas medidas, pode-se chegar ao objetivo das nações que é o de reduzir o aquecimento global, para que a temperatura média do planeta não ultrapasse o valor de 2°C até o ano de 2100 e com isso, possa ser evitada as consequências que esse aumento de temperatura possa trazer ao nosso planeta terra.

7. REFERÊNCIAS

ALAGOAS em dados e informações - **SEPLAG/SINC/DGEO**, 2015. Disponível em: <http://dados.al.gov.br/> Acesso em: 26 ago. 2021.

ALAGOAS. Lei nº 7.454, de 14 março de 2013. **Define procedimentos, proibições, estabelece regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais, e dá outras providências correlatas.** Diário Oficial Estadual, Maceió, AL, 14 mar. 2013. Disponível em: <http://dados.al.gov.br/> Acesso em: 26 ago. 2021.

BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DE ALAGOAS, BEAL. 2018. Disponível em: <http://www.sedetur.al.gov.br/balanco-energetico/category/63-balanco-energetico>. Acesso em: 21 set. 2021.

BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DE ALAGOAS, BEAL. 2019. Disponível em: <http://www.sedetur.al.gov.br/balanco-energetico/category/63-balanco-energetico>. Acesso em: 21 set. 2021.

BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DE ALAGOAS, BEAL. 2020. Disponível em: <http://www.sedetur.al.gov.br/balanco-energetico/category/63-balanco-energetico>. Acesso em: 21 set. 2021.

BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DE ALAGOAS, BEAL. 2021. Disponível em: <http://www.sedetur.al.gov.br/balanco-energetico/category/63-balanco-energetico>. Acesso em: 21 set. 2021.

BALANÇO ENERGÉTICO, BEM. 2020. Disponível em: <http://www.sedetur.al.gov.br/balanco-energetico/category/63-balanco-energetico>. Acesso em: 21 set. 2021.

BRASIL. Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998. **Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (código florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, p. 1. 9 jul. 1998. Seção 1. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/> Acesso em: 26 ago. 2021.

CASTRO, Carvalho. **A Manual de Compliance.** Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2021, p. 72. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559640898/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

GIL, Lucas Almeida. **Análise da conjuntura de incorporadoras e construtoras frente ao movimento Environmental, Social and Governance–ESG no Brasil.** 2021. 35f. Trabalho de Diplomação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.

GONÇALVES, **De saberes e de territórios: diversidade e emancipação a partir da experiência latino-americana.** GEOgraphia. Niterói: Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense, ano VIII, v. 8, n. 16, p. 41-55, 2006.

GOVERNO FEDERAL. [Site]. **Acordo de Paris.** Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/acordo-deparis>. Acesso em: 27 jun. 2022.

MELO, V.S. **A importância dos inventários do programa GHG Protocol para a gestão das emissões ambientais:** estudo de caso do Maranhão. 2018. Natural Resources. Mai a Out 2018 - v.8 - n.2

MINAYO, M.C. de S. **O desafio do conhecimento:** Pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo-Rio de Janeiro, HUCITEC-ABRASCO, 2016.

NETO, O Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo MDL:

Uma análise crítica do instituto. São Paulo: Editora Fiuza, 2007.

REP TRAK COMPANY™ é a empresa líder mundial em dados de reputação e insights. Localiza-se em, Boston, nos Estados Unidos. (RepTrak, 2021).