



DESENVOLVIMENTO
E MEIO AMBIENTE

BIBLIOTECA
DIGITAL
DE PERIÓDICOS
BDP | UFPR

revistas.ufpr.br

O papel das políticas públicas na redução das emissões veiculares de gases de efeito estufa no estado de São Paulo

The role of public policies in reducing vehicle emissions of greenhouse gases in the state of São Paulo

Celso da Silveira CACHOLA^{1*}, Ana Clara Antunes Costa de ANDRADE¹, Letícia Schneid LOPES¹, Edmilson Moutinho dos SANTOS¹, Drielli PEYERL¹

¹ Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil

* E-mail de contato: celsocachola@gmail.com

Artigo recebido em 18 de setembro de 2020, versão final aceita em 7 de maio de 2021, publicado em 3 de junho de 2022.

RESUMO: O objetivo geral deste artigo é identificar o impacto das políticas públicas na redução das emissões veiculares de gases de efeito estufa (GEE) no estado de São Paulo (Brasil), a partir de 2009, ano de promulgação da Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), até 2018, quando há uma diminuição das emissões ocasionada pelo aumento da utilização de etanol. Como metodologia, utilizou-se de uma vasta revisão de literatura, coleta e análise de dados, empregando-se inclusive o coeficiente de Pearson para calcular a correlação entre os dados levantados. A análise permitiu identificar a relação das emissões veiculares de GEE diretamente com o histórico da frota, preços médios dos combustíveis e Produto Interno Bruto paulista. Observou-se que os maiores responsáveis pelas emissões veiculares de GEE no estado de São Paulo foram os veículos a diesel, principal combustível utilizado por caminhões. No segmento individual de passageiros, o etanol desempenhou um papel substancial para diminuição das emissões, entretanto ainda não houve uma diminuição significativa do volume destas, sendo incerto o alcance da meta de emissões veiculares estipulada pela PEMC para o ano de 2020. Portanto, faz-se necessário a implementação de políticas públicas sustentáveis pensadas a curto, médio e longo prazo, e que contribuam de forma mais efetiva ao segmento rodoviário.

Palavras-chave: políticas públicas; emissões veiculares; gases de efeito estufa; estado de São Paulo.

ABSTRACT: The objective of this paper is to identify the impact of the public policies on vehicular greenhouse gas emissions (GHG) reduction in the state of São Paulo (Brazil), from 2009, the year of Climate Changes State Policy creation, until 2018, decrease emissions due to increased use of ethanol. The methodology used is organized in three steps: a comprehensive literature review, data collection and analysis. To measure the correlation between the analyses data, it used the Pearson's coefficient to calculate the correlation between the data found. Thus, the

study demonstrated the vehicular GHG progress and its relationship with the fleet history, average fuel prices, and São Paulo state's Gross Domestic Product. It was observed that main responsible for the GHG vehicle emissions in São Paulo's state were diesel vehicles, the main fuel used by trucks. In the individual passenger follow-up, ethanol played a substantial role in reducing emissions, however, there has not yet been a significant decrease in their volume, and the achievement of the vehicle emissions target set by PEMC for the year 2020 is uncertain. Therefore, it is necessary to implement sustainable public policies and designed in the short, medium, and long term, and that contribute more effectively to the road modal.

Keywords: public policies; vehicular emissions; greenhouse gases; São Paulo state.

1. Introdução

Historicamente, o crescimento da demanda no setor de transporte rodoviário está diretamente relacionado ao índice de desenvolvimento das atividades econômicas, o qual pode ser verificado em valores do Produto Interno Bruto (PIB) de um país (Galbieri *et al.*, 2015; CNT, 2017). Além disso, relatórios internacionais e nacionais, como os disponibilizados pela Agência Internacional de Energia (IEA) ou por outras agências de departamentos nacionais variados, têm demonstrado que, principalmente, países não integrantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), como o Brasil, apresentarão não apenas um crescimento de seus PIB, ultrapassando até 2050 o triplo do valor medido em 2018, mas também, um desenvolvimento mais acelerado do que os países-membros da OCDE (US EIA, 2019).

Conectada ao PIB e ao crescimento do setor de transportes têm-se a necessidade do estabelecimento de propostas e medidas mitigatórias para a redução de emissões de gases do efeito estufa (GEEs) no setor, dos quais espera-se um aumento significativo nos próximos anos caso não sejam propostas contramedidas a este cenário (Climate Chance Association, 2018). Toda essa tendência de aumento das emissões também é vista por meio da

crecente demanda energética destinada ao setor de transportes, estimado em 77%, por exemplo, para os países não membros da OCDE no período de 2018 a 2050, e podendo ser ainda maior em países mais populosos como a China e Índia. Enquanto, em comparação aos países integrantes da OCDE, a estimativa de redução é de cerca de 1% do total projetado do uso dessa demanda de energia para o setor de transporte durante o mesmo período de tempo acima mencionado (US EIA, 2019).

Salienta-se ainda, que as emissões de GEE estão correlacionadas com o desenvolvimento econômico e, de certo modo, medidas isoladas de mitigação de emissões do setor de transportes se mostraram insuficientes para impedir o crescimento dessas (Wang *et al.*, 2010; Galbieri *et al.*, 2015). Nesse contexto, torna-se fundamental avaliar o papel e os impactos das políticas públicas atualmente em vigor com relação à mitigação de GEE e incentivar as políticas sustentáveis para que esse panorama em nível nacional e até mesmo estadual, como no caso de São Paulo, seja modificado nos próximos anos, com destaque para o modal rodoviário.

O setor de transporte no Brasil, incluindo todos os modais, representou a principal fonte de emissões no setor energético, correspondendo a 49% do total emitido (200,2 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂)) em 2018 (Angelo & Rittl, 2019).

Neste sentido, vale ressaltar que essas emissões estão divididas entre os dois meios de transporte existentes, de carga (104,4 Mt CO₂) e de passageiros (95,8 Mt CO₂) (Angelo & Rittl, 2019).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar a influência das políticas públicas associadas à mitigação de GEE veiculares, desde os acordos e compromissos internacionais àquelas existentes nos níveis nacional e, por fim, do estado de São Paulo. O artigo aborda ainda o cumprimento das metas de emissões de GEE estabelecidas na Política Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo (PEMC), além do papel dos combustíveis mais limpos nas emissões veiculares. A escolha do estado de São Paulo como estudo de caso decorre de sua influência econômica no PIB brasileiro, sendo um dos estados mais ricos (IBGE, 2020), além de deter a maior frota de veículos do país (DENATRAN, 2021).

2. Panorama das políticas públicas ambientais nas emissões veiculares de gases de efeito estufa

2.1. Combustíveis

O efeito estufa é um evento natural, entretanto, a ação antrópica durante os últimos anos contribuiu fortemente com um acréscimo de gases emitidos na atmosfera. Ressalta-se que as emissões de GEE ocorrem principalmente a partir da queima de combustíveis fósseis, e os GEE potencializam as mudanças climáticas (Seiffert, 2009 *apud* Dullius *et al.*, 2017).

Historicamente, os veículos, há mais de um século, são operados majoritariamente com combus-

tíveis derivados do petróleo. Motores a combustão interna, conhecidos como motores do ciclo Otto, podem funcionar com diversos combustíveis, como álcool, gasolina e gás natural, mas há a predominância da escolha da gasolina, a opção mais cara e poluente, contudo mais eficiente. Já no motor a ciclo Diesel, tendo como combustíveis o diesel fóssil e o biodiesel, o diesel fóssil destaca-se devido a sua alta densidade energética e viabilidade econômica, porém é o mais poluidor. Com isso, o petróleo permaneceu como matéria-prima de escolha para esses combustíveis acompanhando a demanda e as reservas mundiais, sendo ampliadas como resultado do progresso tecnológico contínuo ao longo dos últimos anos (Pereira *et al.*, 2005; National Research Council, 2013; Daemme *et al.*, 2014).

Para mitigar as emissões veiculares ocasionadas pelo uso dos combustíveis fósseis, o governo brasileiro, por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), tem centrado esforços para a melhoria da qualidade do ar e na diminuição da emissão de poluentes por meio do Programa Brasileiro de Controle de Emissões de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). O PROCONVE tem como objetivo a redução de emissões de poluentes de veículos novos, por meio da implantação progressiva de fases que, paulatinamente, forcem a indústria automobilística a reduzir as emissões de veículos novos (Dullius *et al.*, 2017).

Apesar dos avanços com a implementação dos programas citados anteriormente, as práticas de inspeção e manutenção são pontos-chave para o sucesso da efetividade da política pública. Entretanto, em 2009, apenas o estado do Rio de Janeiro e a cidade de São Paulo controlavam as emissões dos veículos a diesel (CNT, 2009). Vale ressaltar que o art. 104 do Código Brasileiro de Trânsito (CTB)

determina que todos os veículos em circulação devem ter suas condições de segurança, de controle de emissão de gases e poluentes e de ruídos avaliadas mediante inspeção (Brasil, 1997). Apesar de ter sido regulamentada a inspeção veicular no Brasil, muitos veículos, até os dias atuais, transitam sem terem sido submetidos a esta avaliação (Cayres & Yuki, 2006).

Assim, apesar da obrigatoriedade de uma inspeção veicular de emissões, na maior parte do país a mesma não ocorre, o que ocasionou, principalmente, a partir de 2009, um crescimento de emissões do setor, tanto entre os veículos de passageiros quanto entre os veículos de carga. Destaca-se que as emissões dos veículos de passageiros ocorreram por dois motivos fundamentais: pelo forte aumento de quilometragem total rodada pelos automóveis e

motocicletas e pela queda de participação no consumo de álcool na matriz energética até 2013 (Angelo & Rittl, 2019). A Figura 1 mostra o consumo por tipo de combustível (setor rodoviário brasileiro) em 2019, sendo possível notar uma dependência por combustíveis fósseis. Assim, observa-se a necessidade de inserção dos combustíveis mais limpos para uma economia de baixo carbono.

Em comparação com o nível global, o Brasil segue uma tendência igual, com uma maior dependência dos combustíveis fósseis. No setor de transportes, mundialmente, 95,9% da matriz energética do setor é composta por consumo de combustíveis fósseis. Entretanto, no Brasil os combustíveis renováveis ganham destaque com o uso do etanol e do biodiesel. No mundo, apenas 4% do consumo de combustíveis no setor rodoviário é de

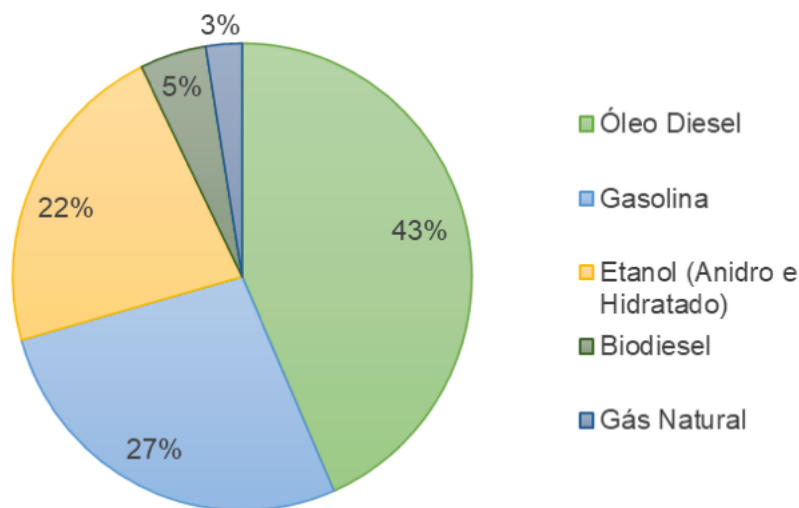


FIGURA 1 – Consumo por tipo de combustível no Brasil.

FONTE: EPE (2020).

origem de energias renováveis, enquanto no Brasil essa porcentagem é significativamente maior (27%) (SLoCaT, 2018).

Para se atingir reduções no uso de combustíveis fósseis e nas emissões de GEE, os veículos modernos devem ser muito mais eficientes e devem operar com combustíveis que não tenham como base o petróleo. Isto pode ocorrer por meio do uso de alguns biocombustíveis; de eletricidade e do hidrogênio (National Research Council, 2013). No Brasil, entre 2017 e 2018, o aumento do consumo de etanol alcançou 13%, e o uso de biodiesel, 26%, o que acarretou uma redução de 5% das emissões de GEE no setor de transportes (Angelo & Rittl, 2019). Ressalta-se ainda que o crescimento no uso do biodiesel ocorreu devido à obrigatoriedade da sua presença no volume de óleo diesel vendido ao consumidor, prevista na Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016 (Brasil, 2016). Atualmente, essa taxa de biodiesel no volume de óleo diesel encontra-se em 12%, como previsto na Resolução nº 16, de 29 de outubro de 2018 (CNPE, 2018). Conforme já mencionado, o que se observa é o uso ainda predominante de combustíveis derivados do petróleo no setor rodoviário em nível mundial, com limitadas utilizações dos biocombustíveis (etanol e biodiesel) e da eletricidade (e.g., veículos elétricos) (Climate Chance Association, 2018).

Outra alternativa frente ao uso da gasolina e do etanol é o gás natural. O gás natural é o combustível fóssil mais limpo e eficiente, se comparado com outros combustíveis fósseis. Com a contínua evolução tecnológica, o gás natural pode ser utilizado em diversos setores da atividade econômica, inclusive no setor de transportes (Muñoz *et al.*, 2014). Os veículos movidos a gás natural veicular (GNV) estão entre as alternativas mais imediatas de

abastecimento de veículos. Um fator que favorece o gás natural está concentrado nos termos de sustentabilidade, uma vez que é menos intensivo em emissões de GEE a longo prazo, quando comparado ao petróleo (Fioreze *et al.*, 2013).

2.2. Acordos e compromissos internacionais e políticas públicas nacionais na mitigação de emissões veiculares de GEE

Em 1972 ocorreu a primeira Conferência sobre o Meio Ambiente da Organização das Nações Unidas (ONU), conhecida como Conferência de Estocolmo. A conferência resultou no marco inicial do debate climático e da preocupação com as políticas ambientais (Bursztyn & Bursztyn, 2012). O início das negociações internacionais sobre mudanças climáticas deu-se no começo da década de 1990 e desenvolveu-se em três fases. A primeira fase envolveu o estabelecimento do quadro básico de governança, que foi adotado na Rio 92 e entrou em vigor dois anos mais tarde. A segunda fase, de 1995 a 2001, envolveu a negociação e elaboração do Protocolo de Quioto, que estabeleceu metas de redução de emissões para países desenvolvidos até 2012. A terceira fase, que a Conferência das Partes (COP) de Copenhague pretendia concluir, aborda o período pós-2012, após a conclusão do primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto (Bodansky, 2010; Souza & Corazza, 2017).

Na COP 15, realizada em Copenhague no ano de 2009, o Brasil se comprometeu a participar das discussões posteriores e a assumir compromissos, com destaque para o aumento no uso de biocombustíveis e a busca de energias alternativas, que promoveriam a redução em, respectivamente, de

48 a 60 milhões para 26 a 33 milhões de toneladas de CO₂ eq. em 2020. Tais metas resultaram em um compromisso voluntário de estabilização das emissões de GEE até 2020, gerando um marco inicial para a regulação das ações de mitigação no país, sendo normatizada como estratégia ao combate das mudanças climáticas a criação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) (Asselt *et al.*, 2010; MMA, 2020).

A PNMC foi promulgada em 2009 pela Lei nº 12.187 (Brasil, 2009), sendo descrita no artigo 12, no qual visa-se a redução entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020 (São Paulo, 2009). Com isso, foram estabelecidas metas de redução setoriais e incrementação do uso de biocombustíveis na matriz energética. Com a aprovação de metas para controle de emissões de GEE definidas na PNMC, o Brasil avançou na regulação das ações de combate às mudanças climáticas. A PNMC confirmou as metas nacionais anunciadas na COP 15, e o desenvolvimento de planos setoriais ofereceu oportunidades para que o país aumentasse a eficiência de sua transição para uma economia de baixo carbono (Brasil, 2009; Motta, 2010).

Posteriormente, na COP 21, em 2015, alcançou-se um acordo universal, o Acordo de Paris. Até então havia um grande debate entre as partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) por um acordo universal de mitigação de emissões de GEE (Jayaraman, 2015; Souza & Corazza, 2017). Na circunstância do Acordo de Paris, o Brasil, por meio da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), comprometeu-se a reduzir as emissões dos GEE em um contexto de aumento contínuo da população, do PIB e da renda *per capita* nacional. Quanto aos combustíveis, o país se comprometeu a deixar a matriz

energética mais sustentável, elevando a participação de bioenergia sustentável para 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a oferta de etanol e da parcela de biodiesel na mistura (Pasqual *et al.*, 2016; MMA, 2020).

No setor de transportes, o país se comprometeu a promover medidas de eficiência, melhorias na infraestrutura de transportes e no transporte público em áreas urbanas. Para o total de emissões, foi acordado a redução de 37% até 2025 e 43% até 2030, considerando os níveis de 2005 (MMA, 2020). Apesar dos compromissos de inserção dos biocombustíveis na matriz energética serem recentes, determinados pela PNMC e Acordo de Paris, a história do Brasil com o etanol é antiga. Na década de 1930, com a crise de 1929 e com um governo nacionalista, o presidente Getúlio Vargas, por meio do Decreto 19.717, baixado em 20 de fevereiro de 1931, tornou obrigatório a adição de álcool anidro (sem água) à gasolina importada, na proporção de até 5%, visando assim, o aproveitamento de excedentes da produção nacional de cana-de-açúcar (Dunham *et al.*, 2011).

Porém, somente na década de 1970 o álcool tornou-se mais visível, já que em 14 de novembro de 1975, pelo Decreto 76.593, o presidente Geisel criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), visando à substituição de parte da gasolina pelo combustível de cana, que permitiu que o setor privado investisse no aumento do desenvolvimento e produção. O programa só foi estabelecido devido à crise do petróleo, em que o preço do petróleo subiu significativamente, buscando assim alternativas energéticas para diminuir essa dependência. Assim, o Proálcool destaca-se como o marco da energia renovável no país, sendo o incentivo para a produção de biocombustível e também pela tentativa de

reduzir a importância do petróleo na matriz energética nacional (Motta, 2010; Noel, 2010).

Apesar de o etanol ter sido introduzido na matriz energética brasileira por questões mais econômicas do que ambientais, de acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Smith *et al.*, 2019), a bioenergia, incluindo os combustíveis líquidos, pode reduzir a necessidade de queima de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, diminuir as emissões de GEE, ajudando a mitigar as mudanças climáticas. Além disso, atualmente a bioenergia é a fonte de energia renovável mais comum utilizada no mundo e tem um grande potencial para implantação futura.

No início dos anos 2000 ocorreu o surgimento dos motores *flex-fuel* que funcionam igualmente bem com gasolina, etanol ou a mistura de ambos. No período 2009 a 2012, o etanol perdeu participação no mercado, mas o aumento da fração obrigatória do álcool anidro na gasolina, em 2015, impulsionou a recuperação do crescimento econômico da *commodity* (Climate Chance Association, 2018).

No começo do século XXI, iniciou-se o debate sobre a viabilidade econômica da substituição paulatina do óleo diesel, derivado do petróleo, pelo biodiesel advindo de produtos vegetais e da biomassa. Com o desenvolvimento de diversos estudos e pesquisas sobre o tema, o Governo Federal, em 2002, criou o Programa Brasileiro de Biocombustíveis (Probiodiesel). Em seguida, após o início do Governo do presidente Luiz Inácio Lula da Silva (2003-2011), o Probiodiesel sofreu diversas reformulações, sendo renomeado como Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (Mattei, 2010). O PNPB trouxe benefícios para o setor industrial e para a agricultura familiar, visando resolver a pobreza do Brasil rural, sendo um im-

portante instrumento para elevação da renda bruta anual da agricultura familiar. No setor energético, a introdução do biodiesel na matriz brasileira reduziu a dependência da importação de combustível diesel derivado do petróleo (Mattei, 2010).

Com a intenção de atender a NDC do Acordo de Paris, na qual o Brasil comprometeu-se a reduzir suas emissões em valores já citados, o país instituiu em dezembro de 2017 a Política Nacional de Biocombustíveis, denominado RenovaBio. Em 2018, foi estabelecida uma meta de redução de 10,1%, a ser atingida em 10 anos, equivalente a uma redução de emissões de 591 milhões de toneladas de CO₂. O RenovaBio contempla a aquisição de títulos equivalentes a créditos de carbono, chamados CBIOS, que deverão ser adquiridos na Bolsa de Valores de São Paulo por distribuidores. Com a conscientização global das mudanças climáticas, programas como o RenovaBio aumentam a segurança econômica para produzir biocombustíveis, reduzindo a volatilidade causada pelas mudanças no preço do petróleo e aumentando a atratividade para o setor (Grassi & Pereira, 2019).

2.3. Políticas públicas estaduais na mitigação de emissões veiculares de gases do efeito estufa do Estado de São Paulo

Em 2018, o estado de São Paulo tinha uma frota circulante de mais de 15 milhões de veículos, conforme a Secretaria Estadual de Trânsito de São Paulo, por meio da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (CETESB, 2019). O estado é responsável por uma ampla geração do PIB nacional e detém uma parcela relevante das principais indústrias (nos âmbitos público e privado)

e o mais populoso do país, como citado anteriormente neste artigo. Neste sentido, a necessidade de implantação de acordos internacionais e políticas públicas sustentáveis faz-se lógica para a mitigação de mudanças climáticas brasileiras.

Além disso, as COPs também produziram efeitos nas políticas públicas de combate a emissões de GEE nesse âmbito estadual. Uma das políticas mais relevantes no estado de São Paulo é a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), a qual foi instituída pela Lei Estadual nº 13.798 de 2009 e regulamentada pelo Decreto 55.947, de 24 de junho de 2010 (São Paulo, 2009). A PEMC tem como objetivo geral:

(...) estabelecer o compromisso do estado frente ao desafio das mudanças climáticas globais, dispor sobre as condições para as adaptações necessárias aos impactos derivados das mudanças climáticas, bem como contribuir para reduzir ou estabilizar a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera. (São Paulo, 2009, art. 2).

Ademais, apesar do seu contexto estadual, a PEMC e sua regulamentação atuam em sintonia com a Convenção do Clima da ONU e com a PNMC. Frente a esse panorama, os dados emitidos nos inventários posteriores a PEMC têm 2005 como ano-base – ano em que foi registrado o recorde de emissões do país e de desmatamento amazônico – para o controle das emissões, cuja meta está para ser concluída no ano de 2020 (CETESB, 2011). Frente aos desafios das mudanças climáticas ocorridos, a PEMC foi criada com o objetivo de estabelecer o compromisso estadual; dispor sobre as condições para as adaptações necessárias aos impactos derivados dessas mudanças, bem como contribuir para

reduzir ou estabilizar a concentração dos GEE na atmosfera, estabelecendo metas para reduzir as emissões de CO₂ eq. em 20% até 2020, tendo como ano de base para esta redução 2005 (São Paulo, 2009).

Ainda sob o nível estadual também está o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV). A Resolução nº 418 de 2009 do CONAMA (CONAMA, 2009), editada em novembro de 2009, deu prazo de 12 meses para que estados e municípios com frota superior a três milhões de veículos elaborassem o PCPV. Essa resolução serve como instrumento para gestão e controle da qualidade do ar, propondo ações para reduzir a emissão de poluentes e o consumo de combustíveis por veículos e, conseqüentemente, proporcionando a redução de GEE no país (Iaskievicz, 2011).

Além disso, o PCPV é um plano que atua em conjunto com a Política Nacional do Meio Ambiente e busca fazer com que os estados estabeleçam padrões de gestão, assim como medidas e diretrizes que promovam a redução da poluição atmosférica veicular e dos ruídos gerados pela frota em circulação no país. Além disso, o Plano é acompanhado pelo Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M., o qual tem por objetivo auxiliar o alcance das metas e limites propostos no PCPV para os estados por meio de inspeções periódicas dos veículos circulantes (Iaskievicz, 2011).

Por fim, uma outra política pública implementada no estado de São Paulo e que merece destaque é o Programa Estadual de Mudanças Climáticas (PROCLIMA), disposto na resolução SMA No 22/95, de 08 de junho de 1995, mesmo ano que a COP 1, e atualmente é coordenado pela Divisão de Mudanças Climáticas (CETESB, 2020a).

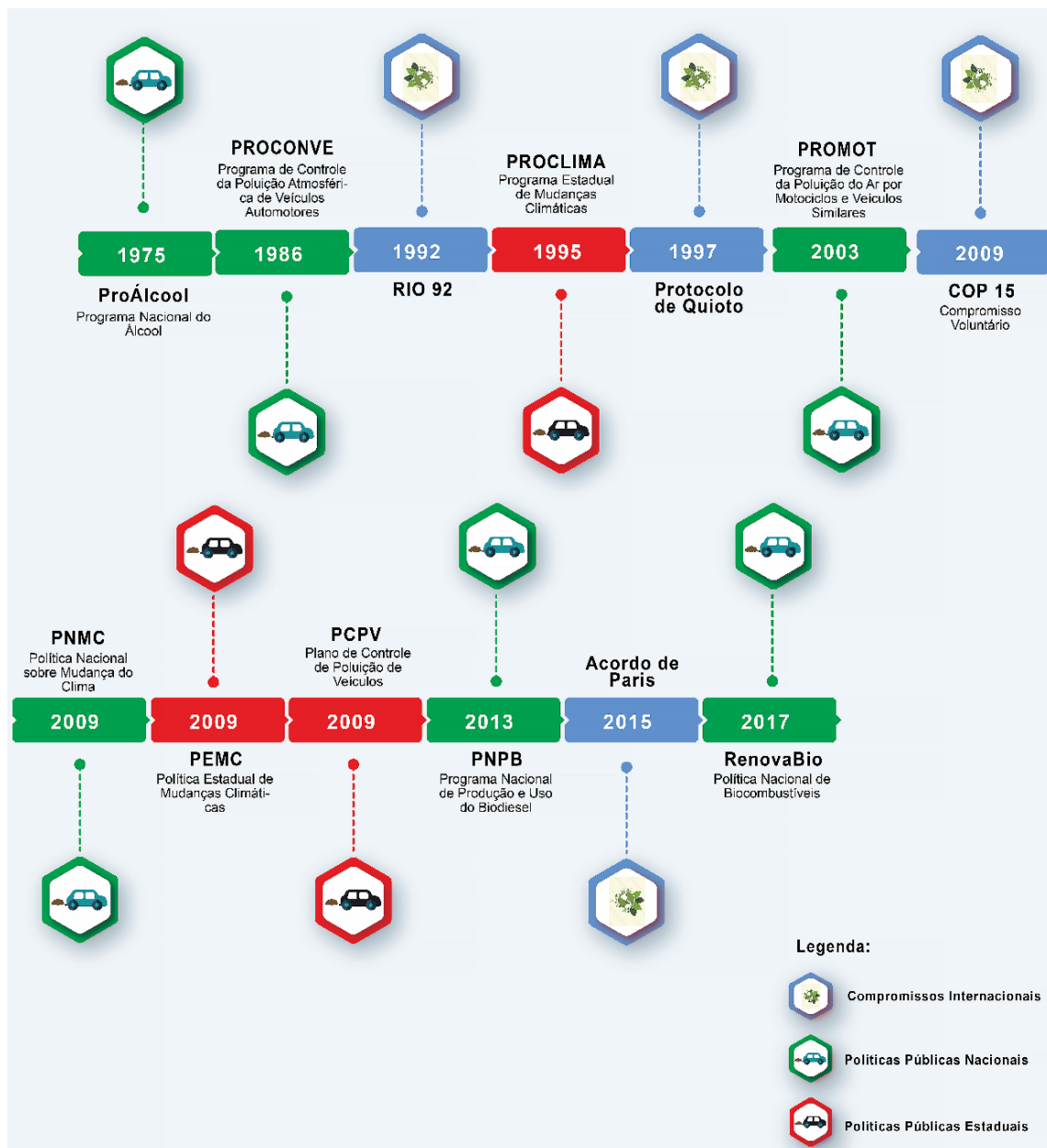


FIGURA 2 – Linha do tempo das políticas públicas de mitigação das emissões veiculares de gases do efeito estufa.

FONTE: Autores (2020).

As principais atribuições e atividades do Programa foram o desenvolvimento e transferência de tecnologia, monitoramento, investigação, informação e inventário, todos esses voltados para a questão dos GEE. Uma contribuição importante do PROCLIMA foi a coordenação técnica do 1º Inventário de Gases de Efeito Estufa do Estado de São Paulo, com participação e apoio da Embaixada Britânica no Brasil (CETESB, 2020a; CETESB, 2020b). Por meio da Figura 2, observa-se a linha do tempo das Políticas Públicas mencionadas anteriormente e referentes a diminuição de emissão de GEE.

3. *Materiais e metodologia*

A metodologia utilizada neste artigo é composta por três etapas:

- i. revisão da literatura;
- ii. coleta de dados e
- iii. análise dos dados.

Primeiramente, realizou-se a revisão de acordos internacionais, os quais têm como objetivo metas para diminuição de emissões de GEE. Em seguida, analisou-se as políticas públicas em níveis nacional e estadual na mesma linha dos acordos internacionais. Ressalta-se ainda que a revisão se pautou na diminuição de GEE a partir de emissões veiculares no setor de transporte, portanto, não se consideraram políticas de combate às mudanças climáticas em outros setores.

Durante a segunda etapa, coletaram-se dados referentes às emissões veiculares estaduais de São Paulo e a quantidade de veículos da frota, de 2009, ano de promulgação da PEMC, a 2018, publicados

pela CETESB. O passo seguinte foi o cálculo dos preços médios da gasolina e do etanol, visto que a relação destes influenciam a escolha do consumidor que possui veículo tipo *flex*, no estado, a partir de dados do site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (ANP, 2020). Adicionou-se ainda à pesquisa dados do PIB estadual referentes ao período de 2009 a 2018, sendo que estes foram coletados para realizar a correlação entre as evoluções econômica regional e a das emissões de GEE.

Finalizando, para analisar a correlação entre os dados estudados com as emissões veiculares de GEE, utilizou-se do coeficiente de Pearson. O coeficiente de correlação de Pearson (r) tem como objetivo medir a relação entre duas variáveis, cuja ideia é entender como uma variável se comporta em um cenário onde outra está variando e seus valores variam de -1 a 1. Variações positivas indicam um relacionamento positivo, e variações negativas, um relacionamento negativo. Uma correlação perfeita se aproxima de 1 ou -1, já correlações de valores próximos a zero ou igual a zero indicam que não há relação linear entre as variáveis (Filho & Júnior, 2009). Cohen (1988) *apud* Filho & Junior (2009) considera valores entre $r = 0,10$ até $0,29$ como pequeno; $r = 0,30$ até $0,49$ como médio; $r = 0,50$ até 1 como grande.

4. *Análise e discussão*

4.1. *Evolução das emissões veiculares de gases de efeito estufa*

O monitoramento de qualidade do ar no estado de São Paulo teve início na década de 1970,

medindo-se partículas totais em suspensão (PTS) e dióxido de enxofre (SO₂), com algumas estações localizadas no centro da cidade de São Paulo. No final da década de 1980, outros poluentes começaram a ser monitorados, e houve um aumento no número de estações de monitoramento (Carvalho *et al.*, 2015).

Com o intuito de difusão do conhecimento, a CETESB publica em seu Relatório de Qualidade do Ar informações relativas às emissões veiculares desde 1990. Entretanto, em 2012, a companhia passou a publicar anualmente um relatório específico para emissões veiculares, denominado de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo (CETESB, 2012).

Nos relatórios da década de 1990, constam os valores de emissões de gases poluentes de fontes móveis no estado, porém não se contabilizaram as quantidades de emissões de GEE. A contabilização dos valores de emissão de CO₂ foi iniciada apenas no ano de 2002. No inventário de emissões veiculares de 2018 (CETESB, 2019), há o histórico anual de emissões de GEE desde 2006 no estado, não considerando só o CO₂, mas também outros gases.

Em 2005, as emissões veiculares de CO₂ eq. alcançaram 33.767 kt. A PEMC estabeleceu como meta de redução para 2020, 80% do volume das emissões de 2005 (São Paulo, 2009). Assim, o teto estipulado de emissões veiculares em 2020 será de 27.013,6 kt de CO₂ eq. Porém, destaca-se que nos anos de 2006 a 2018, o volume de emissões foi acima dessa meta.

A evolução das emissões desde 2006 pode ser observada no gráfico da Figura 3. Os maiores responsáveis pelas emissões de GEE foram os veí-

culos¹ com motor a diesel, seguidos pelos automóveis a gasolina C e flex-gasolina C. Ademais, há um aumento gradual na participação do flex-gasolina C nas emissões, sendo que o pico das emissões veiculares totais de GEE ocorreu em 2013, num total de 46.059 kt de CO₂ eq. e, a partir de então, observou-se uma queda de modo mais oscilatório e contínua.

Conforme mencionado anteriormente neste artigo, no início dos anos 2000 surgiram os motores *flex-fuel*. A introdução desta tecnologia fez com que a frota circulante no estado de São Paulo mudasse suas características, o que resultou em um crescimento na circulação desses veículos nos anos seguintes. Conseqüentemente, houve uma diminuição no número de veículos movidos apenas por um tipo de combustível, gasolina ou etanol. A Figura 4

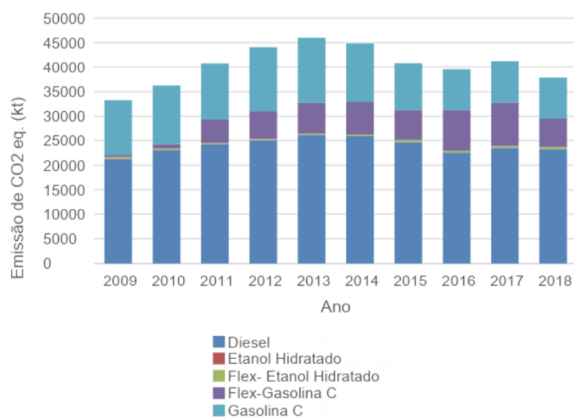


FIGURA 3 – Evolução das emissões veiculares de CO₂ eq. no estado de São Paulo.

FONTE: CETESB (2019).

¹ Na análise deste artigo foram consideradas as emissões veiculares das categorias: automóveis, comerciais leves, caminhões (semileves, leves, médios, semipesados e pesados), ônibus (urbanos, micro-ônibus e rodoviários) e motocicletas.

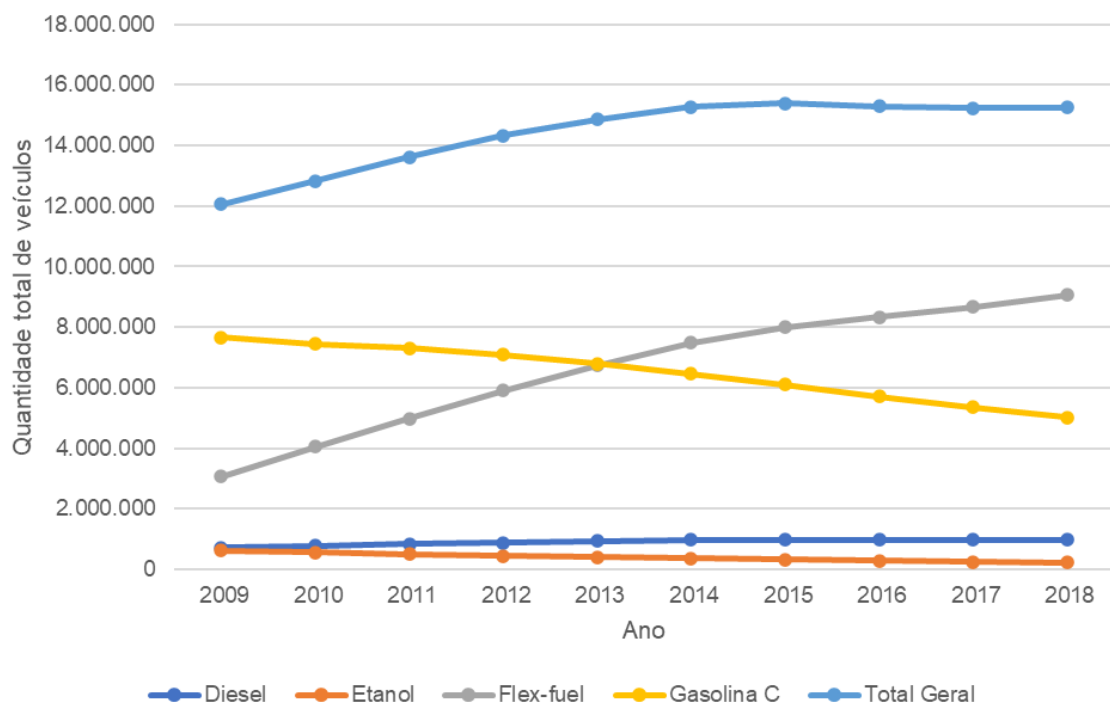


FIGURA 4 – Evolução da frota do estado de São Paulo por tipo de combustível.
 FONTE: CETESB (2019).

apresenta a evolução dessa quantidade de veículos (automóveis, comerciais leves, caminhões, ônibus e motocicletas), separada por tipo de combustível (diesel, etanol, gasolina C) e também por meio do parâmetro de veículos com motores *flex*.

4.2. Atividade econômica e matriz energética de São Paulo

No ano de 2018, houve uma diminuição das emissões veiculares de GEE, devido em maior parte ao aumento de 30% no consumo de etanol, que substituiu a gasolina em veículos *flex* (Portal do

Governo, 2019). Assim, nota-se a relevância desse tipo de combustível na diminuição das emissões de GEE.

Entretanto, o consumo de etanol em veículos *flex* sofre influência do preço da gasolina. Por exemplo, se o preço do etanol estiver próximo ao da gasolina, seu consumo na matriz energética será menor, entretanto, se o valor do etanol for menor, maior será sua participação na matriz. Deste modo, quanto menor for o preço do etanol, maior será o seu consumo (Melo & Sampaio, 2014; Souza & Pompermayer, 2015).

A Figura 5 demonstra a evolução dos preços

máximos, médios e mínimos do etanol no estado de São Paulo acompanhados do preço da gasolina. A análise é compreendida entre 2009 a 2018, e pode-se observar que em certos períodos, tais como: março a abril de 2011; novembro de 2015 a abril de 2016 e outubro de 2016 a março de 2017, o preço médio do etanol ultrapassou o valor de 72% do preço da gasolina, ocasionando, possivelmente, uma menor demanda do mesmo (Souza & Pompermayer, 2015). Uma menor demanda do etanol e um aumento do consumo de gasolina ocasionam um aumento das emissões veiculares de GEE, visto que há uma queima maior de combustível fóssil. Biocombustíveis

são considerados emissores nulos de GEE, já que a quantidade de emissão de CO₂ emitida na sua combustão é compensada pela absorção deste gás por meio da fotossíntese no crescimento da plantação deste energético (EPE, 2005).

Como apresentado nas seções anteriores, o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões de GEE parte por meio do investimento em biocombustíveis. Desde 1931, há a obrigatoriedade da adição de álcool anidro a gasolina e, na década de 1970, com a criação do Proálcool, o etanol ganhou mais exploração e visualização (Brown & Sovacool, 2011; Dunham *et al.*, 2011). Entre os anos de 2009

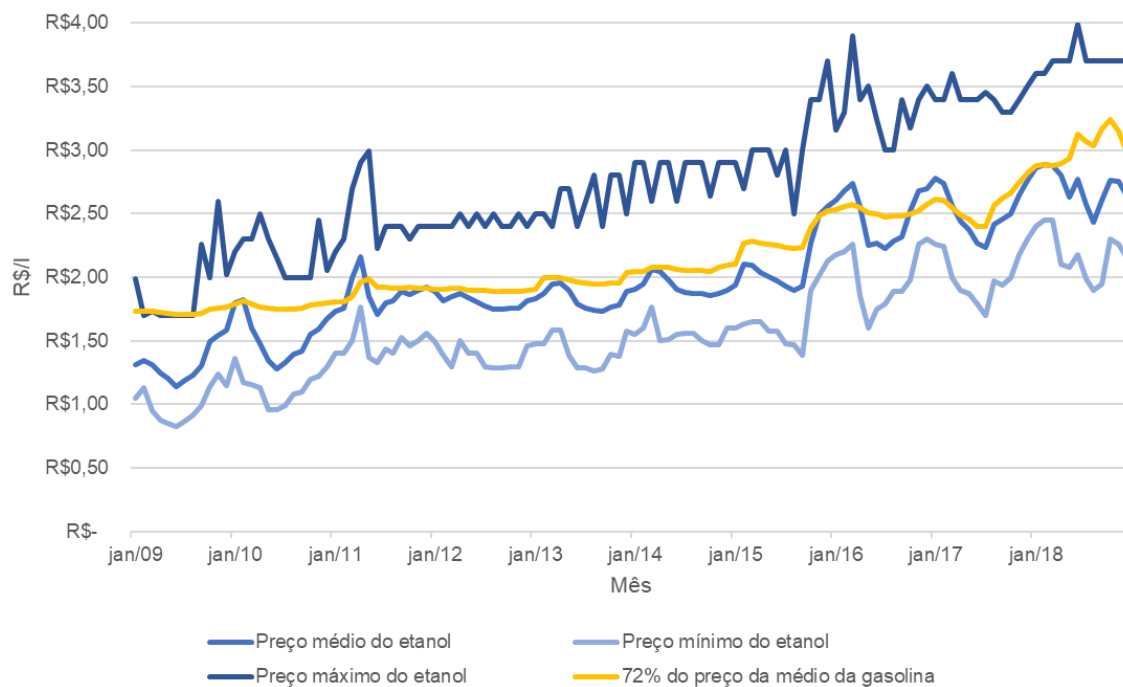


FIGURA 5 – Comparação dos preços do etanol e da gasolina no estado de São Paulo.

FONTE: ANP (2020).

a 2012, ocorreu uma diminuição do consumo do mesmo, mas após o Acordo de Paris, o combustível ganhou notoriedade novamente, porém, mesmo com a implementação dos programas citados anteriormente e com o crescimento dos motores *flex*, as emissões veiculares no estado de São Paulo ainda não foram reduzidas nos valores estipulados pela PEMC.

Assim, outro fator a ser estudado concentra-se na relação entre o PIB e emissões veiculares, visto que as emissões no setor de transportes conectam-se diretamente ao índice de desenvolvimento das atividades econômicas (Climate Chance Association, 2018; Angelo & Rittl, 2019). Conforme a Figura 6, as emissões seguiam uma tendência de aumento assim como o PIB, entretanto, a partir de 2013 a tendência inverte-se, aumentando o valor do PIB, enquanto as emissões tendem a diminuir. Além disso, na mesma figura ainda pode-se analisar a dispersão das emissões no período de 2009-2018, e a evolução do PIB, criando-se uma suavização

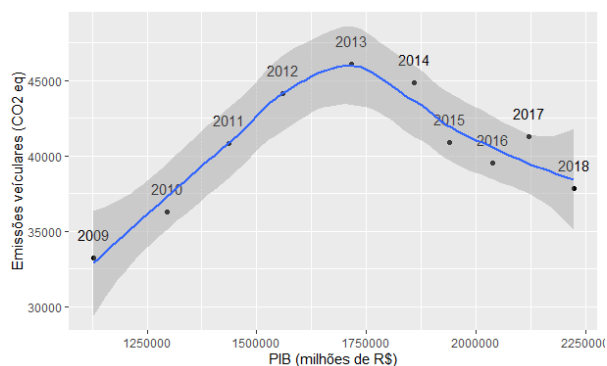


FIGURA 6 – Evolução do Produto Interno Bruto do estado de São Paulo e das emissões veiculares estadual.

FONTE: CETESB (2019); SEADE (2022).

exponencial simples para detectar a tendência delas.

A Figura 7 mostra a evolução da matriz energética do modal rodoviário no estado de São Paulo. O uso do etanol, com maior atenção, o anidro, que aumentou sua parcela de participação de 5,4% em 2009 para 6,1% em 2018, mostrou-se importante na diminuição das emissões de GEE. Ademais, em 2018 é possível observar uma queda na participação da gasolina, o que gerou, conseqüentemente, um menor número de emissões de GEE, conforme mencionado anteriormente. No entanto, a parcela de participação do diesel cresceu nos últimos anos, e a do gás natural diminuiu (SIMA, 2019).

No ano de 2020 presume-se que ocorra uma diminuição do PIB, devido à pandemia do COVID-19 (Agência Brasil, 2020). Assim, existe uma tendência à diminuição das emissões veiculares de GEE, visto que a circulação de veículos também diminuiu. Com investimento somente em biocombustíveis, por mais que se alcance a meta estabelecida na PEMC, estas não serão fundamentadas nas implementações

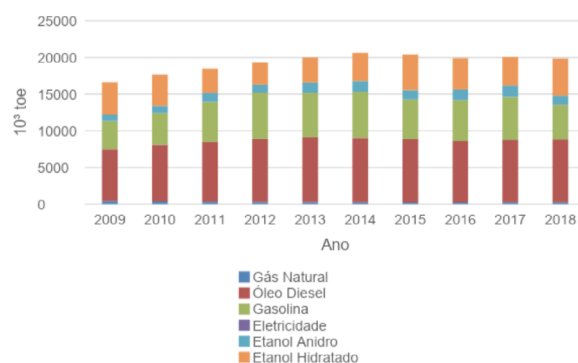


FIGURA 7 – Evolução da matriz energética rodoviária do estado de São Paulo.

FONTE: SIMA (2019).

concretas e efetividade das políticas públicas.

Portanto, pode-se inferir que as emissões veiculares estão relacionadas à participação dos tipos de combustíveis na matriz energética, e essa sofre influência de fatores econômicos, tais como as variações do PIB e de preços. Sendo assim, faz-se necessário o uso de políticas públicas para mitigar as emissões veiculares de GEE, por meio de incentivos ao uso de combustíveis mais limpos e desincentivando o uso de combustíveis fósseis.

A Tabela 1 mostra a correlação entre os dados analisados neste artigo e as emissões veiculares de

GEE, por meio do coeficiente de Pearson. Pode-se notar que há uma maior correlação entre as emissões veiculares e o consumo dos combustíveis, sendo os maiores coeficientes o consumo de gasolina (0,95) e do óleo diesel (0,87), ambos combustíveis fósseis. Em relação aos combustíveis renováveis, a eletricidade e o etanol hidratado tiveram coeficientes grandes, mas negativos, -0,64 e -0,61 respectivamente, demonstrando uma correlação inversa, em que uma variável aumenta enquanto a outra diminui.

Finalizando, conforme estudo de Høyer & Holden (2007), nenhum combustível alternativo

TABELA 1 – Força de correlação dos dados analisados na pesquisa.

Tipo	Dados	Coeficiente de Pearson (r)	Força de Correlação
Economia	PIB	0,36	Médio
	Relação do preço gasolina/etanol	0,60	Grande
	Diesel	0,62	Grande
Frota	Etanol	0,37	Médio
	Flex	0,43	Médio
	Gasolina	0,15	Pequeno
	Gás Natural	0,58	Grande
Consumo	Óleo Diesel	0,87	Grande
	Gasolina	0,95	Grande
	Eletricidade	-0,64	Grande
	Etanol Anidro	0,67	Grande
	Etanol Hidratado	-0,61	Grande

FONTE: Autores (2020).

cumprir padrões de excelente eficiência enquanto os níveis de mobilidade continuarem a crescer. Desta forma, serão necessárias políticas públicas voltadas a outros tipos de abordagens, não apenas à utilização de determinados tipos de combustíveis.

5. Considerações finais

Na atual sociedade, o transporte é essencial para manutenção e crescimento do desenvolvimento econômico. Para a mitigação de emissões veiculares, investiu-se amplamente em biocombustíveis, mas os mesmos não são a única solução para a redução dessas emissões. As políticas públicas de desenvolvimento de combustíveis alternativos, de certo modo, não alcançaram resultados consistentes, dado que as metas estabelecidas pelas políticas públicas podem não ser alcançadas. Por outro lado, sem a implementação de políticas voltadas aos biocombustíveis, haveria um cenário de emissões com um volume ainda maior. Assim, deve-se pensar em novas políticas públicas, e as políticas já implementadas, como o *RenovaBio*, deverão ser consolidadas e aprimoradas por meio de investimentos e participação da sociedade.

Ressalta-se a importância da diversificação da matriz de combustíveis, optando-se por alternativas mais sustentáveis, como veículos elétricos ou movidos a gás natural ou hidrogênio. Deste modo, os combustíveis apresentados neste artigo devem ser utilizados em combinação com combustíveis convencionais, ou até mesmo empregados como temporários, apenas para servirem como transição para uma economia de baixo carbono. Assim, é importante desenvolver o uso de combustíveis alternativos no transporte, com o propósito de uma

mobilidade mais sustentável.

Em complemento a essas considerações, faz-se necessário lembrar que o Brasil, ao promulgar o Acordo de Paris e as NDC, comprometeu-se a reduzir as emissões dos GEE em um contexto de aumento contínuo populacional, do PIB e da renda per capita do país. Portanto, para cumprir com suas NDC no Acordo de Paris, o Brasil e seus estados deverão investir no combate às emissões de GEE de maneira enérgica, formulando políticas públicas sustentáveis e pensadas a curto, médio e longo prazos, sendo a PNMC e a PEMC apenas marcos iniciais desta jornada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio da SHELL BRASIL e da FAPESP por meio do “Research Centre for Greenhouse Gas Innovation” (RCGI) (FAPESP Proc. 2014 50279-4 e 2020/15230-5), Universidade de São Paulo, e a importância estratégica do apoio prestado pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) por meio do regulamento de cobrança de P&D. Drielli Peyerl e Ana Clara Antunes Costa de Andrade agradecem especialmente ao atual apoio financeiro dos Processos 2017/18208-8, 2018/26388-9, 2019/17996-8 e 2020/12521-9, por meio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Referências

Agência Brasil. Banco Mundial prevê queda de 5% do PIB do Brasil este ano. *Agência Brasil*, 13 de abr., 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/>

- noticia/2020-04/banco-mundial-preve-queda-de-5-do-pib-do-brasil-este-ano>. Acesso em: abr. 2022.
- Angelo, C.; Rittl, C. *Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil (1970-2018)*, 2019. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf>. Acesso em: abr. 2022.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Série histórica do levantamento de preços*, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-revenda-e-de-distribuicao-combustiveis/serie-historica-do-levantamento-de-precos>>. Acesso em: abr. 2022.
- Asselt, H. van; Berseus, J.; Gupta, J.; Haug, C. *Nationally appropriate mitigation actions (NAMAs) in developing countries: challenges and opportunities*. Amsterdã: Universiteit van Amsterdam, 2010.
- Bodansky, D. The Copenhagen climate change conference: a postmortem. *American Journal of International Law*, 104(2),230-240, 2010. doi: 10.5305/amerjintelaw.104.2.0230
- Brasil. *Lei n.º 9.503, de 23 de setembro de 1997*. Institui o código de trânsito brasileiro. Brasília: DOU de 24/09/1997.
- Brasil. *Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009*. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília: DOU de 30/12/2009.
- Brasil. *Lei n.º 13.263, de 23 de março de 2016*. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Brasília: DOU de 24/03/2016.
- Brown, M. A.; Sovacool, B. K. *Climate change and global energy security: technology and policy options*. Cambridge: MIT Press, 2011.
- Bursztyn, M. A.; Bursztyn, M. *Fundamentos de política e gestão ambiental: caminhos para a sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.
- Carvalho, V. S. B.; Freitas, E. D.; Martins, L. D.; Martins, J. A.; Mazzoli, C. R.; Andrade, M. de F. Air quality status and trends over the metropolitan area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. *Environmental Science and Policy*, 47, 68-79, 2015. doi: 10.1016/j.envsci.2014.11.001
- Cayres, E. B.; Yuki, H. S. Inspeção veicular e conscientização da população. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, 2(1), 47-52, 2006. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/31>
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo*, 2011. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/>>. Acesso em: abr. 2022.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Relatório de emissões veiculares no estado de São Paulo 2011*, 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/relatorio-emissoes-veiculares-2011.pdf>>. Acesso em: abr. 2022.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Relatório de emissões veiculares no estado de São Paulo 2018*, 2019. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/02/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2018.pdf>>. Acesso em: abr. 2022.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Histórico e Organograma. *CETESB*, mar., 2020a. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/sobre-o-proclima/historico-e-organograma/>>. Acesso em: abr. 2022.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. O Programa. *CETESB*, mar., 2020b. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/>>. Acesso em: abr. 2022.
- Climate Chance Association. *2018 Synthesis report on climate action*, 2018. Disponível em: <<https://www.climate-chance.org/en/2018report/>>. Acesso em: abr. 2022.
- CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. *Resolução n.º 16, de 29 de outubro de 2018*. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Brasília: DOU de 08/11/2018.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. *Oficina nacional: transporte e mudanças climáticas*, 2009. Disponível em: <<https://cmsdespoluir.cnt.org.br/Documents/PDFs/ca>

- demo_oficina_nacional_09_09.pdf>. Acesso em: abr. 2022.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. *Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos*, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/190>>. Acesso em: abr. 2022.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n.º 418, de 25 de novembro de 2009*. Dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso. Brasília: DOU de 26/11/2009.
- Daemme, L. C.; Neto, R. de A. P.; Errera, M. R.; Zotin, F. M. Z. Estudo preliminar sobre a influência do teor de enxofre do combustível na emissão de amônia em motocicletas e veículos leves dos ciclos otto e diesel. In: *Anais do XXI Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva*. São Paulo, 22-23 de ago., 2014.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. *Estatísticas: frota de veículos*, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-denatran>>. Acesso em: abr. 2022.
- Dullius, A.; Oliveira, E. R. X. de; Silva, M. C. da; Sanquetta, C. R. Sustentabilidade urbana por meio de análise de tecnologias renováveis no transporte público da cidade de Curitiba. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 6(2), 73-88, 2017. doi: 10.5585/geas.v6i2.883
- Dunham, F. B.; Bomtempo, J. V.; Fleck, D. L. A estruturação do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro como base para o proálcool. *Revista Brasileira de Inovação*, 10(1), 35-72, 2011. doi: 10.20396/rbi.v10i1.8649009
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Potencial de redução de emissões de CO₂ em projetos de produção e uso de biocombustíveis*, 2005. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-304/EPE%20-%202%C2%BA%20Biocombust%C3%ADveis%20x%20MDL\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-304/EPE%20-%202%C2%BA%20Biocombust%C3%ADveis%20x%20MDL[1].pdf)>. Acesso em: abr. 2022.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional - Ano Base 2019*, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>. Acesso em: abr. 2022.
- Filho, D. B. F.; Júnior, J. A. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, 18(1), 115-146, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politicahoje/article/view/3852>
- Fiozeze, M.; Hedlund, K. F. S.; Graepin, C.; Silva, T. C. N.; Azevedo, F. C. G. de; Kemerich, P. D. da C. Gás natural: potencialidades de utilização no Brasil. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 10(10), 2251-2265, 2013. doi: 10.5902/223611707896
- Galbieri, R.; Simões, A. F.; Mouette, D.; Santos, E. M. dos A. importância de políticas públicas no contexto das mudanças climáticas globais: o caso do setor de transporte rodoviário de passageiros no Brasil. *Revista Gestão & Políticas Públicas*, 5(1), 17-30, 2015. doi: 10.11606/issn.2237-1095.v5i1p17-31
- Grassi, M. C. B.; Pereira, G. A. G. Energy-cane and RenovaBio: brazilian vectors to boost the development of biofuels. *Industrial Crops and Products*, 129, 201-205, 2019. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.12.006
- Høyer, K. G.; Holden, E. Alternative fuels and sustainable mobility: is the future road paved by biofuels, electricity or hydrogen? *International Journal of Alternative Propulsion*, 1(4), 352-368, 2007. doi: 10.1504/IJAP.2007.013329
- Iaskievicz, F. Plano de Controle de Poluição Veicular - PCPV como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente. *Revista Jus Navigandi*, 3067, 2011. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/20496>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *O que é PIB*, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: abr. 2022.
- Jayaraman, T. The Paris agreement on climate change: background, analysis and implications. *Review of Agrarian Studies*, 5(2), 2015. Disponível em: <http://ras.org.in/e0a8228fb8b5ee15bc8843f127049fdc>
- Mattei, L. Programa Nacional para Produção e Uso do Biodiesel no Brasil (PNPB): trajetória, situação atual e

- desafios. *Revista Econômica do Nordeste*, 41(4), 731-740, 2010. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/index.php/ren/article/view/335>
- Melo, A. de S.; Sampaio, Y. de S. B. Impactos dos preços da gasolina e do etanol sobre a demanda de etanol no Brasil. *Revista de Economia Contemporânea*, 18(1), 56-83, 2014. doi: 10.1590/141598481813
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima*, 2020. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf>. Acesso em: abr. 2022.
- Motta, R. S. Aspectos regulatórios das mudanças climáticas no Brasil. In: Hargrave, J.; Luedemann, G.; Motta, R. S. da; Pereira, M. B. G.; Gutierrez, S. (Orgs.). *Boletim regional, urbano e ambiental*. Brasília: IPEA, p. 33-38, 2010.
- Muñoz, C. P. de F.; Gomes, I.; Hollanda, L. Gás natural. *Cadernos FGV Energia*, 1(2), 2014. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_fgv_energia_-_gas_natural_ok_19_11_14_0.pdf
- National Research Council. *Transitions to alternative vehicles and fuels*. Washington: The National Academies Press, 2013.
- Noel, F. L. *História da distribuição dos combustíveis no Brasil*. Rio de Janeiro: SINDICOM; Tools Comunicação, 2010.
- Pasqual, J. C.; Anaya, R. P.; Lutz Ley, A.; Zuniga-Teran, A. A.; Peralta Lugo, Y.; Mejia Santellanes, J. A. Implications and challenges for the energy sector in Brazil and Mexico to meet the carbon emission reductions committed in their INDC during the COP 21-CMP11. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 37, 31-46, 2016. doi: 10.5380/dma.v37i0.45129
- Pereira, R. H.; Braga, S. L.; Braga, C. V. M.; Freire, L. G. de M. Geração distribuída de energia elétrica: aplicação de motores bicompostível diesel/gás natural. In: *3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás*. Salvador, 2-5 de out., 2005.
- Portal do Governo. Relatório da Cetesb aponta queda de poluição por veículos no Estado de SP. *Portal do Governo*, 17 de dez., 2019. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/relatorio-da-cetesb-aponta-queda-de-poluicao-por-veiculos-no-estado-de-sp/>. Acesso em: abr. 2022.
- São Paulo. *Lei n.º 13.798, de 9 de novembro de 2009*. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. São Paulo: DOSP de 10/11/2009.
- SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados. *Seade PIB*, 2022. Disponível em: <https://repositorio.seade.gov.br/group/seade-pib>. Acesso em: abr. 2022.
- SIMA – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. *Balanço energético do estado de São Paulo 2018*, 2019. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2019/09/corr_beesp2019ab2018bx.pdf Acesso em: abr. 2022.
- SLOCaT – Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport. *Transport and climate change global status report 2018*, 2019. Disponível em: <http://slocat.net/tcc-gsr>. Acesso em: abr. 2022.
- Smith, P.; Nkem, J.; Calvin, K.; Campbell, D.; Cherubini, F.; Grassi, G.; Korotkov, V.; Hoang, A. L.; Lwasa, S.; McElwee, P.; Nkonya, E.; Saigusa, N.; Soussana, J. F.; Taboada, M. A. Interlinkages between desertification, land degradation, food security and greenhouse gas fluxes: synergies, trade-offs and integrated response options. In: Shukla, P. R. *et al.* (Eds.). *Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Genebra: IPCC, p. 551-672, 2019.
- Souza, J. G. de M.; Pompermayer, F. M. Variações no preço do etanol em comparação ao preço da gasolina: uma análise da resposta do consumidor. *Radarr - IPEA*, 39, 59-67, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3982>
- Souza, M. C. O.; Corazza, R. I. Do protocolo Kyoto ao acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 42, 52-80, 2017. doi: 10.5380/dma.v42i0.51298
- US EIA – United States Energy Information Administration.

International energy outlook 2019 with projections to 2050, 2019. Disponível em: <<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>>. Acesso em: abr. 2022.

Wang, H.; Fu, L.; Zhou, Y.; Du, X.; Ge, W. Trends in vehicular emissions in China's mega cities from 1995 to 2005. *Environmental Pollution*, 158(2), 394-400, 2010. doi: 10.1016/j.envpol.2009.09.002