

TECNOLOGIAS APLICADAS AOS MOTORES CONVENCIONAIS PARA REDUÇÃO DA EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO SETOR DE TRANSPORTES

Data de submissão: 02/01/2025

Data de aceite: 02/01/2025

Ana Flávia Rodrigues Alcântara

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

RESUMO: O setor automotivo, um dos maiores responsáveis pelas emissões de poluentes atmosféricos, enfrenta um desafio crescente na busca por alternativas energéticas mais sustentáveis. Este artigo aborda as inovações tecnológicas no desenvolvimento de veículos com menores impactos ambientais, focando em soluções para a redução das emissões de poluentes. Analisa as tecnologias de motorização, incluindo motores de combustão interna de alta eficiência, além de explorar o papel crescente dos combustíveis renováveis, como etanol e biodiesel. A transição para veículos elétricos é também discutida, destacando suas vantagens em relação à redução de emissões, mas também as limitações associadas à infraestrutura de recarga e à produção de baterias. O objetivo desse trabalho é, portanto, identificar quais melhorias tecnológicas podem ser aplicadas aos motores convencionais usados nos sistemas de transporte, a fim de mitigar a emissão de poluentes atmosféricos. O

método adotado é uma revisão bibliográfica integrativa da literatura encontrada no Portal de Periódicos da CAPES, Portal de Revistas da USP, Google Acadêmico e SCIELO. Foram estudadas tecnologias já usadas nos motores convencionais: catalisadores automotivos, sistema start-stop e filtros de partícula diesel. Soma-se a isso os impactos da transição para uma indústria automotiva mais sustentável, com o uso de biocombustíveis e o incentivo ao uso de veículos elétricos.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclo Otto/Diesel. Motores convencionais. Biocombustíveis. Veículos elétricos. Sustentabilidade.

ABSTRACT: The automotive sector, one of the largest contributors to atmospheric pollutant emissions, faces a growing challenge in the search for more sustainable energy alternatives. This article addresses technological innovations in the development of vehicles with lower environmental impacts, focusing on solutions to reduce pollutant emissions. It analyzes motorization technologies, including high-efficiency internal combustion engines, and explores the growing role of renewable fuels, such as ethanol and biodiesel. The transition to electric vehicles is also discussed,

highlighting its advantages in terms of reducing emissions, but also the limitations associated with charging infrastructure and battery production. The objective of this work is, therefore, to identify which technological improvements can be applied to conventional engines used in transportation systems in order to mitigate atmospheric pollutant emissions. The method adopted is an integrative bibliographic review of the literature found in the CAPES Journal Portal, the USP Journal Portal, Google Scholar and SCIELO. Technologies already used in conventional engines were studied: automotive catalysts, start-stop systems and diesel particle filters. Added to this are the impacts of the transition to a more sustainable automotive industry, with the use of biofuels and the encouragement of the use of electric vehicles.

KEYWORDS: Otto/Diesel cycle. Conventional engines. Biofuels. Electric vehicles. Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

Desde o fim da Revolução Industrial, os combustíveis fósseis têm sido a principal fonte de energia, mas seu uso tem gerado uma série de problemas ambientais, especialmente no que diz respeito à poluição atmosférica. A Resolução CONAMA 491/2018 estabelece o padrão de qualidade do ar como a concentração de um poluente específico na atmosfera, dado um determinado período de exposição, a fim de proteger o meio ambiente e a saúde da população.

O tráfego veicular é a maior causa da poluição atmosférica nos grandes centros urbanos. Conforme o IBPT (2024), a frota de veículos em circulação no Brasil chegou a 119.227.657 unidades, em dezembro de 2023, e esse número tem crescido ano após ano. A maior parte dos veículos usa combustíveis fósseis e uma fração de etanol como fonte de energia, liberando vários gases: D de carbono (CO), HHID de carbono (CO₂), hidrocarbonetos (HC), aldeídos (RCHO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP) (MMA, 2011).

A quantidade e o poluente emitido dependem do combustível usado, motor, frequência de manutenção e forma de manuseio do veículo. No cenário atual, a maior parte dos automóveis, movidos à gasolina, etanol ou GNV (gás natural veicular), são equipados com motores de combustão interna de ignição por centelha baseados no ciclo Otto, ciclo termodinâmico em que um certo gás executa uma série de transformações termodinâmicas que resultam em trabalho (STEIN; KUREK; POZZAGNOLO, 2015)

Enquanto as concentrações de CO e de HC basicamente derivam de veículos de ciclo Otto, para os veículos a diesel (motores com ignição espontânea), as principais concentrações das espécies poluentes são as partículas e NO_x (ANDERSON, 2009). Portanto, as emissões relacionam-se ao modo de operação dos veículos. Veículos que operam em partida a frio, por exemplo, emitem quantidades significativamente maiores que em condições estabilizadas de temperatura do motor (ACHOUR; CARTON; OLABI, 2011).

A poluição atmosférica causada pelos sistemas de transporte corresponde a 25% da emissão de gases no mundo todo, sendo os carros de passeio responsáveis por 45%

de toda a emissão do setor (PEET et al., 2018). Tendo em vista o crescimento acelerado da frota de veículos, foi instituído o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), em 06 de maio de 1986, a fim de reduzir os níveis de emissões veiculares. Para tanto, seriam promovidos o desenvolvimento e a adoção de tecnologias menos poluentes, além da implementação de programas de inspeção veicular. Desde 1993, foram estabelecidos limites máximos de emissões, os quais resultaram em uma redução superior a 90% nas emissões unitárias de diversos poluentes pelos veículos (AGUIAR et al., 2015).

Segundo Pimentel (2019), a transição energética global para uma economia de baixo carbono, conforme estabelecido pelas nações signatárias do Acordo de Paris de 2015, depende dos esforços internos de cada país. Pouco será melhorado caso não ocorra um grande investimento, capaz de viabilizar a transição de um sistema fóssil para o novo modelo de fontes renováveis. Além disso, são necessários incentivos para encerrar os custos ligados à infraestrutura, os quais são indispensáveis para a transformação da matriz energética.

Em vista disso, criou-se o Renovabio, instituído pela Lei 13.576/2017. De modo geral, o programa é pautado em dois instrumentos: estabelecimento de metas de diminuição de emissões de poluentes para a matriz de combustíveis, em um período de 10 anos; e a validação da produção de biocombustíveis, mostrando a contribuição de cada produtor para a redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), em toneladas de CO₂ (BRANCO; BARTHOLOMEU; VETTORAZZI, 2020). No entanto, a ementa da Lei sugira a criação da Política Nacional de Biocombustíveis, a norma limitou-se a ações na área de sustentabilidade, efeito estufa e descarbonização, segundo as decisões estabelecidas no Acordo de Paris (PIMENTEL, 2019).

Fica clara, portanto, a necessidade de avaliação das tecnologias já existentes aplicadas aos sistemas de transporte, bem como o estudo e o investimento em mecanismos que viabilizem o cumprimento dos programas para redução da poluição atmosférica, de maneira sustentável e economicamente viável.

Assim sendo, o objetivo deste artigo é, através de uma revisão bibliográfica integrativa, analisar quais melhorias tecnológicas podem ser aplicadas aos motores convencionais usados nos sistemas de transporte, a fim de mitigar a emissão de poluentes atmosféricos.

Após esta introdução na Seção 1, o artigo segue com mais quatro seções. Na Seção 2, é apresentado o método utilizado. Em seguida, na Seção 3, são discutidos os resultados, com o estudo das diferentes tecnologias aplicadas aos motores dos veículos e seus impactos na sustentabilidade. A Seção 4 é dedicada às discussões sobre a viabilidade da implantação dessas melhorias, do ponto de vista econômico e ambiental. Por último, a Seção 5 apresenta as considerações finais dos autores deste trabalho.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O processo de revisão da literatura envolve a criação de uma síntese baseada em diversos tópicos, a fim de proporcionar uma compreensão abrangente sobre o tema (LIRA; CUNHA; MACEDO, 2011). Sendo assim, a revisão da literatura é a etapa inicial na construção do conhecimento científico, já que é por meio dela que novas teorias podem surgir, assim como lacunas podem ser identificadas para pesquisas futuras. Ingram *et al.* (2006) afirmam que este processo vai muito além de um resumo, mas corresponde a uma organização e discussão aprofundada sobre o tema de pesquisa.

2.1 Definição do modo de revisão bibliográfica

Trata-se de uma revisão integrativa qualitativa, a fim de garantir a síntese do conhecimento e a aplicabilidade de resultados de estudos significativos (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010). A revisão integrativa é a abordagem metodológica mais abrangente no campo das revisões, de modo a incluir tanto estudos experimentais quanto não experimentais. Desta forma, dados da literatura teórica e empírica são integrados, com a definição de conceitos, a revisão de teorias e evidências e a análise de questões metodológicas ligadas a um tema específico.

Para Whitemore e Knafl (2005), ao integrar diferentes opiniões, ideias e conceitos, nota-se o potencial para construir a ciência. Logo, uma revisão integrativa bem-feita possibilita a inclusão de estudos com variadas metodologias, favorecendo o desenvolvimento de novas teorias. Para facilitar o processo, Lira; Cunha; Macedo (2011) sugerem uma série de etapas bem definidas a serem seguidas, que partem da identificação do tema e seleção da questão de pesquisa, estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão e identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados.

2.2 Critérios de inclusão de artigos científicos

Sabe-se que uma pergunta de pesquisa bem formulada é fundamental para determinar com precisão as informações necessárias para resolver o problema investigado, otimizar a recuperação de evidências nas bases de dados, delimitar o escopo da pesquisa, evitando buscas desnecessárias. Para tanto, a pergunta de pesquisa foi definida a partir da estratégia PICO (SANTOS; PIMENTA; NOBRE, 2007) formulada da seguinte maneira:

P (população ou problema): alta emissão de poluentes atmosféricos pelos sistemas de transportes

I (intervenção): Melhorias tecnológicas nos motores convencionais

C (controle): Motores de ciclo Otto / Diesel

O (“outcome” – desfecho): Redução da poluição atmosférica

Assim, foi definida a pergunta de pesquisa abaixo:

“Quais inovações tecnológicas podem ser implementadas nos motores convencionais usados nos sistemas de transportes, a fim de mitigar a poluição atmosférica?”

Para responder à pergunta formulada, os estudos foram buscados no portal de Periódicos da CAPES e Portal de Revistas da USP, bem como nas bases de dados Google Acadêmico e SCIELO. As palavras-chave utilizadas foram “Poluição Atmosférica”, *Combustão*, “Veículos Elétricos” e “Ciclos Otto / Diesel”, com o uso do operador booleano AND.

Como critério de inclusão foram considerados estudos com qualquer direcionamento metodológico, publicados de 2010 até o momento atual (2024). A partir disso, foram selecionados artigos escritos em português e inglês.

Após a análise dos títulos e resumos dos artigos encontrados, foram descartados aqueles que tratavam de doenças respiratórias relacionadas à poluição atmosférica, assim como os que focavam na distribuição de eletropostos no contexto da eficiência de veículos elétricos.

2.3 Fluxograma de seleção de artigos científicos

A seleção dos artigos científicos usados no desenvolvimento da pesquisa pode ser representada pelo fluxograma da Figura 1.

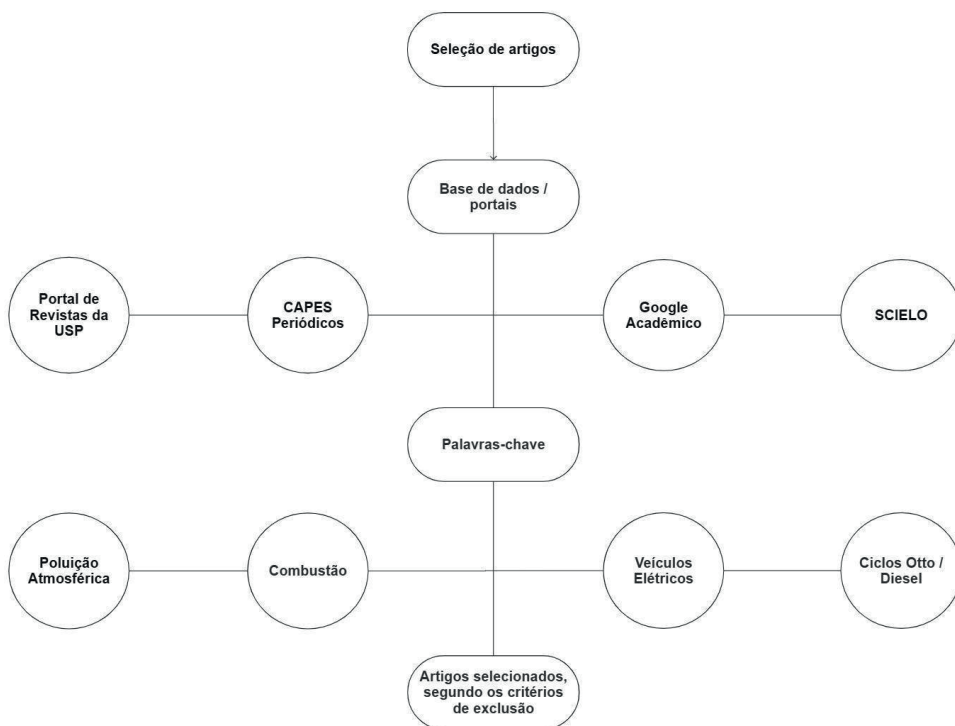


Figura 1: Fluxograma de seleção dos artigos científicos

Fonte: Autores (2024)

3 | RESULTADOS

Após a pesquisa nas bases de dados e portais citados, foi possível identificar as principais tecnologias e práticas adotadas pela indústria automotiva com o objetivo de reduzir os impactos ambientais e melhorar a eficiência dos veículos. A investigação abordou desde os motores convencionais de combustão interna, com foco em inovações como catalisadores e sistemas de filtragem, até as alternativas de biocombustíveis e a ascensão dos veículos elétricos. Além disso, foram estudados os desafios e as vantagens associadas ao uso de etanol e biodiesel, bem como as melhorias tecnológicas que tornam os veículos mais sustentáveis e eficientes.

3.1 Motores convencionais

Os motores tradicionais de combustão interna, como os de ciclo Otto e ciclo Diesel, são amplamente utilizados em veículos automotores. O primeiro é usado em veículos movidos à gasolina, etanol e Gás Natural Veicular (GNV). Já o segundo está presente em veículos movidos a diesel. Eles são assim classificados segundo o ciclo de funcionamento, que corresponde a uma série de transformações na massa gasosa dentro da câmara, desde a admissão do ar até a expulsão dos gases para o ambiente externo. É possível concluir que tanto o ciclo Otto, quanto o ciclo Diesel, podem ser concluídos em dois ou quatro cursos do pistão, sendo nomeados, respectivamente, motor de dois tempos e motor de quatro tempos (VARELLA, 2014).

Os motores do ciclo Otto usam a energia da centelha elétrica da vela de ignição para iniciar a reação de combustão. Tal processo ocorre em quatro tempos: admissão, compressão, combustão e exaustão. Os motores do ciclo Diesel, por sua vez, usam o aumento da temperatura causado pela compressão de uma massa de ar para iniciar a reação de combustão (VARELLA, 2014). A compressão é muito maior no ciclo Diesel, levando a uma maior eficiência térmica e força, apesar de também causar maiores emissões de óxidos de NOX e partículas finas.

A fim de reduzir a liberação de poluentes por veículos com motores de combustão interna, muitas tecnologias podem ser aplicadas, conforme detalhado nos próximos tópicos.

3.1.1 Catalisadores automotivos

Os catalisadores automotivos têm grande importância na redução da poluição atmosférica causada por veículos com motores de combustão interna. Esses dispositivos, instalados no sistema de exaustão dos veículos, são projetados para transformar gases prejudiciais emitidos pelos motores em substâncias menos nocivas ao meio ambiente. O funcionamento do catalisador é baseado em uma reação química que converte CO, NOx e HC não queimados em compostos como CO₂ e água (H₂O) (MACHADO, 2022). O uso dessa tecnologia tem se mostrado um dos principais fatores para o cumprimento das

normas ambientais cada vez mais rigorosas em diversas partes do mundo, especialmente em países com grandes concentrações de veículos. No Brasil, os catalisadores são obrigatórios a todos os automóveis 0 km do Brasil desde 1997 (LIRA, 2021).

Do ponto de vista econômico, os catalisadores têm se mostrado uma solução eficiente para minimizar os custos sociais e de saúde relacionados à poluição. Embora a tecnologia exija um investimento inicial para a instalação, o custo operacional de um veículo com catalisador é relativamente baixo. Quando comparados aos custos de tratamentos de saúde provocados pela poluição ou os danos ambientais de longo prazo, o investimento em catalisadores automotivos se paga, tanto do ponto de vista financeiro quanto social.

Além disso, os avanços na tecnologia dos catalisadores têm contribuído para uma maior eficiência desses dispositivos, permitindo uma redução ainda mais significativa das emissões de poluentes. Nos últimos anos, os catalisadores de três vias se tornaram padrão, oferecendo a capacidade de reduzir simultaneamente CO, NOx e HC não queimados, em um processo integrado e mais eficaz (MACHADO, 2022). O desenvolvimento de novos materiais e a melhoria na tecnologia de reciclagem de catalisadores usados também têm contribuído para reduzir os custos de produção e tornar a solução mais acessível e sustentável a longo prazo.

3.1.2 Sistema start-stop

O sistema start-stop, desde 2012 presente em muitos veículos de combustão, tem ganhado destaque na indústria automotiva como uma solução eficiente para reduzir o consumo de combustível e as emissões de gases poluentes. O conceito do sistema é simples: o sistema percebe o veículo parado, verifica se o motorista está com o pé no freio e sem acionar a embreagem ou o acelerador, com marcha em ponto morto, além de identificar se o nível da bateria é suficiente para fazer uma nova partida. Se todas essas condições forem atendidas, o motor é desligado e, caso algum dos itens deixar de ser positivo, o motor do veículo volta a acionar em aproximadamente 350 ms (VERZIMIASI, 2012).

A tecnologia start-stop é considerada o menor nível de hibridização de um veículo, pois a tração elétrica atua somente no momento da partida do veículo (FONSECA; CASANOVA; VALDÉS, 2011). Apesar disso, em cidades com congestionamento frequentes, em que os veículos permanecem muito tempo parados no trânsito, ocorre uma maior atuação do sistema, que contribui para a diminuição do consumo de combustíveis, redução das emissões de poluentes e, até mesmo, de ruídos.

Soma-se às vantagens citadas a contribuição para a durabilidade do motor, já que, ao minimizar o tempo de funcionamento do motor em condições de inatividade, o sistema reduz o desgaste de componentes internos, como o cilindro, os pistões e as válvulas. Isso pode resultar em uma vida útil mais longa do motor e uma redução na necessidade de

manutenção, o que é uma vantagem tanto para os consumidores quanto para os fabricantes (“Sistema Start/Stop danifica ou reduz a vida útil do motor?”, 2018).

Todavia, o uso do sistema start-stop não está isento de malefícios e desafios. Um dos principais pontos negativos é o impacto sobre a durabilidade da bateria e do sistema de partida do veículo. Como o motor é desligado e reiniciado com frequência, a carga e o desgaste da bateria aumentam, o que pode resultar em uma vida útil mais curta da mesma. Além disso, os sistemas de partida automáticos, que são responsáveis por reiniciar o motor, podem sofrer desgaste adicional devido ao uso constante, exigindo manutenção mais frequente e aumento nos custos operacionais do veículo (NACCARI, 2022).

3.1.3 Filtros de partículas diesel

Seguindo as medidas do PROCONVE, a fim de reduzir a poluição veicular, através métricas e limites específicos para cada tipo de veículo, uma das maneiras de controlar as emissões se dá por meio de filtros de partículas de diesel (DPF, do inglês Diesel Particulate Filter). Esses dispositivos são instalados no sistema de exaustão dos veículos e são projetados para capturar e reter as partículas finas de fuligem, bem como outros compostos presentes nos gases de escape. Estando presa dentro do filtro, a “sujeira” é regenerada (LIMA, 2023).

O processo de regeneração pode ocorrer de três modos: passivo, quando os gases de escape atingem uma alta temperatura, após o veículo percorrer longos trajetos em velocidade contínua, certamente, em estradas ou rodovias; ativo, que ocorre quando o filtro DPF atinge o seu limite, sendo necessária uma nova injeção de combustível para forçar os gases de escape a atingirem altas temperaturas; e, por último, forçado, o qual depende de um diagnóstico mais completo, em razão de um alto grau de entupimento da peça (SOUSA, 2021).

Logo, os principais benefícios do uso dos filtros DPF são a melhoria da qualidade do ar e, como consequência, a proteção da saúde pública. Ao capturar as partículas finas presentes nos gases de escape, o DPF contribui para a redução da poluição atmosférica em áreas com grande concentração de veículos a diesel, como cidades e zonas industriais. A eliminação ou redução dessas partículas nocivas ajuda a diminuir a incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares, como asma, bronquite e infarto do miocárdio (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Apesar dos benefícios, o uso de filtros de partículas de diesel não é isento de malefícios e desafios. Um dos principais problemas é a necessidade de manutenção regular do sistema, uma vez que o filtro acumula partículas ao longo do tempo e precisa ser regenerado periodicamente. Se a regeneração não ocorrer corretamente, as partículas podem se acumular de forma excessiva, prejudicando o desempenho do motor e, até mesmo, danificando o filtro. Além disso, os custos de manutenção do DPF podem ser altos,

o que representa um obstáculo para alguns proprietários de veículos, especialmente os de modelos mais antigos ou de baixo custo (LIMA, 2023).

3.2 Etanol

O uso de etanol como combustível para veículos de combustão interna tem se mostrado uma alternativa viável para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e, assim, os impactos ambientais da mobilidade urbana. O etanol é uma substância pura composta por uma única molécula de C_2H_5OH , sendo encontrado, no mercado nacional, sob a forma de etanol anidro (AEAC) e etanol etílico hidratado combustível (AEHC) (SCHIRMER; RIBEIRO, 2017). Por se tratar de um álcool derivado principalmente da cana-de-açúcar, possui um ciclo de carbono mais curto em comparação com os combustíveis fósseis, o que contribui para a diminuição das emissões de poluentes atmosféricos.

Sendo assim, a partir de 2003, foi introduzida a tecnologia Flex Fuel Vehicle (FFV) nos automóveis, possibilitando o uso de gasolina, etanol e misturas (GOLDEMBERG, 2008) e, desde então, a frota de veículos foi se modificando cada vez mais rápido, até que em 2017, a produção de carros Flex alcançou 1,9 milhões de unidades, cerca de 84,7% da produção total de automóveis no Brasil. Como consequência, o consumo de etanol aumentou mais de 60% em dez anos, partindo de 16,6 milhões de m^3 , em 2007, para 26,7 milhões de m^3 (LEITE, 2018). Em 2023, ano precedente a esta pesquisa, a produção de etanol foi 15,5% maior do que a do ano anterior, alcançando a marca histórica de 35,4 milhões de m^3 . O etanol hidratado mostrou maior competitividade de preços em comparação com a gasolina C, o que levou a um aumento de 5,1% nas vendas desse combustível (ANP, 2024).

O etanol pode ser utilizado puro ou misturado à gasolina em diferentes proporções, com o etanol anidro geralmente sendo adicionado à gasolina em cerca de 27% para formar o combustível comum no Brasil, concentração permitida na gasolina C pela legislação atual, o que reduz o teor de carbono nas emissões dos veículos (MARTINS et al., 2016). Além disso, o etanol é um combustível renovável, o que significa que sua produção pode ser realizada de forma contínua, sem esgotar os recursos naturais, desde que seja manejado de forma responsável. Essa característica confere a ele uma vantagem em relação aos combustíveis fósseis, que são limitados e emitem grandes quantidades de CO_2 quando queimados.

Os principais benefícios do uso do etanol em veículos de combustão interna incluem a redução das emissões de gases poluentes e a contribuição para a segurança energética. De acordo com dados da IEA (Agência Internacional de Energia), o uso de etanol produzido a partir da cana-de-açúcar reduz, em média, 89% as emissões de gases de efeito estufa, como CO_2 , metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), em comparação com a gasolina (SILVA, 2024). O etanol derivado de outras fontes também contribui para a redução desse impacto,

mas em menor proporção: 46% de redução para o etanol de beterraba e 31% para o etanol proveniente de grãos (SILVA, 2024). Além disso, o etanol pode ser produzido localmente, reduzindo a dependência de importações de petróleo e contribuindo para a segurança energética de países produtores.

Entretanto, o uso de etanol também apresenta alguns desafios que precisam ser considerados. O principal deles está relacionado ao impacto ambiental da produção do etanol, especialmente no que se refere ao uso intensivo de água e ao desmatamento. Entre 2002 e 2008, o cerrado perdeu em torno de 14,2 mil quilômetros quadrados de vegetação por ano, principalmente devido à expansão de culturas como a cana-de-açúcar, permanecendo apenas cerca de 20% dos seus remanescentes intactos. Estima-se que 20% das espécies nativas e endêmicas já não sejam encontradas em áreas protegidas, e que ao menos 137 espécies de animais do Cerrado estejam ameaçadas de extinção (PUGLIESE; LOURENCETTI; RIBEIRO, 2017).

Estudos feitos por Goldemberg, Coelho e Guardabassi (2008) indicam que o consumo de agrotóxicos por km² em plantações de cana-de-açúcar é menor do que ocorre em citros, milho, café e soja, e está dentro dos padrões exigidos por lei. Todavia, as várias aplicações durante o ciclo de cultivo, juntamente com a grande extensão das áreas plantadas com cana-de-açúcar, levantam um alerta sobre a quantidade significativa de agrotóxicos utilizada (GOLDEMBERG; COELHO; GUARDABASSI, 2018).

Além disso, a quantidade de pragas pode aumentar gradativamente devido à sobrevivência de indivíduos mais resistentes aos agroquímicos, já que o cruzamento desses indivíduos fortalece a população, resultando em um retorno maior e mais resistente da praga. Uma solução para esse problema seria a produção em pequenas áreas, consorciada com outras culturas, ao contrário do que ocorre nas grandes monoculturas de cana-de-açúcar. Alternativas menos impactantes, como produtos biológicos ou substâncias naturais, são boas alternativas para o controle de pragas (PUGLIESE; LOURENCETTI; RIBEIRO, 2017).

3.3 Biodiesel

O Brasil é o único país no mundo onde a utilização de biocombustíveis supera 10% da demanda de energia no setor de transportes (VIDAL, 2022). Em 2021, as energias renováveis representaram 23% da matriz energética dos transportes no Brasil. Nesse período, a demanda por biodiesel registrou um aumento de 6,5% em comparação a 2020, impulsionada pelo crescimento do consumo de combustíveis fósseis e pela implementação do B13, biocombustível que contém 13% de biodiesel e 87% de diesel convencional, no primeiro trimestre do ano (BEN, 2022).

O biodiesel é um combustível renovável obtido a partir de matérias-primas vegetais, como óleos vegetais e gorduras animais, ou resíduos orgânicos. Sua produção e uso

visam substituir parcialmente o diesel de origem fóssil, contribuindo para a redução das emissões de gases poluentes, como CO₂, NO_x e partículas, que são gerados pela queima de combustíveis fósseis em veículos e indústrias (MME, [s.d.]).

O Brasil é o segundo maior produtor e consumidor mundial de biodiesel, cuja capacidade total de processamento em 2017 foi de 7,3 milhões de m³. Em contrapartida, ainda há uma significativa capacidade ociosa em todas as regiões (tabela 1). De 51 unidades produtoras, em 2017, somente 37 produziram, com a concentração da produção (m³/ano) no Sul e Centro-Oeste. Isso ocorre devido à grande participação da soja como matéria-prima, certa de 71,6% das matérias-primas usadas para produção de biodiesel em 2017 (ANP, 2018).

Região	Capacidade	Produção	%
Norte	241,6	7,8	3,2
Nordeste	455,4	290,9	63,9
Sudeste	664,0	334,1	50,3
Centro-Oeste	3.026,3	1.896,3	62,7
Sul	2.918,3	1.762,2	60,4
Brasil	7.305,6	4.291,3	58,7

Tabela 1: Capacidade normal e produção de biodiesel (B100) no Brasil por região (mil m³/ano) em 2017

Fonte: ANP (2018)

Iniciativas como o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que tem como objetivo ampliar a oferta de biodiesel no Brasil, incentivam um aumento na demanda por biocombustíveis e atraem investimentos privados para o setor. O PNPB reconhece que os investimentos econômicos necessários para promover o uso do biodiesel no país estão diretamente ligados ao crescimento do mercado interno e à expansão para o mercado internacional. Para que as empresas operem de forma eficiente, é essencial que as políticas públicas criem um ambiente propício, garantindo condições adequadas ao funcionamento das empresas, ao mesmo tempo em que promovem a inclusão social e o desenvolvimento regional, conforme o conceito amplo de sustentabilidade (MURTA; FREITAS; MURTA, 2023).

É essencial considerar o fator econômico ao escolher a matéria-prima para produção do biodiesel, já que os custos de produção em nível amplo podem se tornar financeiramente inviáveis. Em usinas de grande porte que produzem em grande escala, os custos de conversão, que envolvem álcool, catalisadores e energia, podem representar até 10% do custo total. Já em unidades menores e médias, esse custo pode variar entre 25% e 40% do preço final do produto. Atualmente, o custo da matéria-prima no processo de produção de biodiesel pode representar até 85% do custo final (RAMOS, 2011).

A crescente demanda por matérias-primas para a produção de biodiesel pode

resultar na conversão de áreas agrícolas destinadas ao cultivo de alimentos para o cultivo de oleaginosas, o que eleva o risco de insegurança alimentar e contribui para o desmatamento e a perda de biodiversidade. Além disso, em alguns casos, a produção de biodiesel envolve o uso de pesticidas e fertilizantes químicos, o que pode ter efeitos prejudiciais no solo e comprometer a qualidade da água (GAZZONI, 2014). Também é válido afirmar que, embora apresente uma melhoria considerável em relação aos combustíveis fósseis, o uso de biodiesel ainda resulta em emissões de poluentes, como NOx, que podem contribuir para a formação de smog e a poluição do ar. Em alguns casos, as propriedades do biodiesel podem até aumentar a emissão de NOx em comparação ao diesel convencional, dependendo da mistura e da composição do combustível (MIRAGAYA 2020).

3.4 Veículos elétricos

O conceito de veículo elétrico (VE) é simples: trata-se de um meio de transporte movido por motores elétricos, que utilizam baterias recarregáveis como fonte de energia. Diferentemente dos veículos convencionais, que funcionam com motores a combustão interna alimentados por gasolina ou diesel, os veículos elétricos não emitem CO₂ nem outros poluentes atmosféricos durante o seu funcionamento. Isso torna os VEs uma alternativa atraente para enfrentar a poluição do ar e a emissão de gases prejudiciais à saúde humana, como NOx e MP (VONBUN, 2015).

As configurações de montagem de um carro elétrico são consideravelmente mais simples do que as de veículos a combustão. Estes últimos exigem uma variedade de peças e lubrificantes, o que os torna mais pesados em comparação aos carros elétricos. Entre esses componentes, destacam-se: um monobloco do motor, que é maior e mais pesado do que um motor elétrico de potência equivalente, além de peças como o motor de partida, sistemas de captação de ar e escapamento, conforme demonstrado na figura 2. Já os carros elétricos possuem motores muito menores e mais leves, não necessitam de sistema de escape e têm caixas de marcha significativamente menores, como mostra a figura 3. Essas características contribuem para a maior eficiência dos carros elétricos, já que, para uma potência similar, é necessária menos energia para movimentar um veículo mais leve (DE SOUSA; CÔRTE- REAL, 2017).



Figura 2: Motor à combustão

Fonte: AUTOentusiastas Classis, 2023

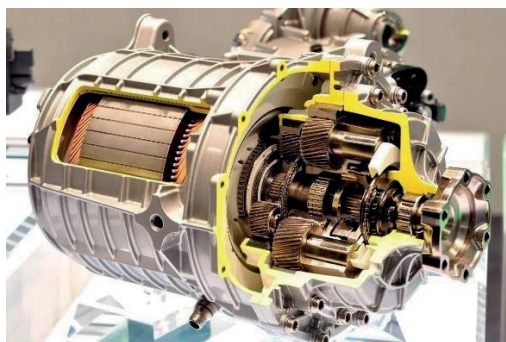


Figura 3: Motor elétrico

Fonte: Webmotors, 2023

O maior impulsionador nos investimentos para desenvolvimento de veículos elétricos sempre foram os ganhos ambientais. Todavia, a maior parte dos veículos elétricos não satisfaz todas as necessidades dos condutores, já que eles ainda apresentam uma baixa autonomia. Logo, o aumento de automóveis elétricos está diretamente relacionado à diminuição do custo das baterias, que, por sua vez, está ligado à evolução tecnológica. À medida em que os custos das baterias diminuírem, os preços finais dos carros elétricos também serão reduzidos, o que será um grande atrativo aos condutores (AJANOVIC, 2014).

A partir da análise das variações nas emissões de CO₂ entre veículos elétricos e convencionais, considerando a origem da eletricidade utilizada, sabe-se que países como França, Noruega, Alemanha, Reino Unido, Holanda, Suécia, Áustria, Itália, Espanha, Dinamarca, Bélgica e Portugal possuem uma matriz energética favorável para a adoção de veículos elétricos, o que leva a uma redução nas emissões de CO₂. No entanto, países que dependem de fontes de energia poluentes devem primeiro reestruturar seu sistema energético para viabilizar a transição para a mobilidade elétrica. Mesmo quando

a mobilidade elétrica não for suficiente para reduzir as emissões de CO₂, ela pode gerar benefícios, como a redução da dependência da União Europeia em relação ao petróleo estrangeiro (CASALS; MARTINEZ-LASERNA; GARCÍA, 2016).

4 | DISCUSSÃO

A análise dos fatores que contribuem para a redução das emissões de poluentes gerados pelos veículos automotores aponta para uma série de tecnologias e alternativas que, quando aplicadas de forma integrada, podem trazer resultados positivos para a qualidade do ar, redução do impacto ambiental e promoção de práticas mais sustentáveis na mobilidade urbana.

Ao permitir a conversão de gases tóxicos, como o CO, NOX e HC não queimados, em compostos menos prejudiciais, os catalisadores automotivos desempenham um papel crucial na conformidade com as normas ambientais cada vez mais rigorosas (MACHADO, 2022). O sistema start- stop, por sua vez, destaca-se como uma tecnologia eficaz na redução do consumo de combustível e das emissões de gases poluentes, especialmente em cenários urbanos, onde o tráfego intenso é constante. A redução do tempo de funcionamento do motor durante períodos de inatividade, como em semáforos ou congestionamentos, não só contribui para uma menor emissão de CO₂, mas também resulta em menor desgaste do motor e maior eficiência no consumo de combustível (VERZIMIASSI, 2012).

No entanto, Naccari (2022) afirma que a adoção dessa tecnologia não é isenta de desafios, como o desgaste acelerado das baterias e componentes do sistema de partida, o que pode gerar custos adicionais e diminuir a durabilidade do veículo. A eficiência dessa tecnologia também depende da estrutura elétrica do veículo e da gestão de suas baterias, sendo um fator limitante para a sua implementação em modelos mais antigos ou com sistemas de bateria menos avançados.

Os filtros de partículas de diesel (DPF) têm uma importância fundamental na captura e retenção das partículas finas que são responsáveis por problemas respiratórios e cardiovasculares. Sua aplicação em veículos a diesel, sobretudo aqueles que circulam em áreas urbanas densamente povoadas, tem um impacto direto na melhoria da saúde pública. De acordo com Lima (2023), no entanto, a manutenção dos filtros DPF é um desafio, já que, se não realizada adequadamente, pode levar à obstrução do sistema, prejudicando o desempenho do motor e aumentando os custos operacionais. Portanto, a durabilidade e a eficiência dos filtros de partículas são temas importantes para garantir que esta tecnologia seja realmente sustentável e eficaz no longo prazo. A implementação de políticas públicas de incentivo à manutenção correta desses dispositivos pode maximizar os benefícios de saúde e ambientais que eles proporcionam.

Tratando-se de biocombustíveis, o etanol, especialmente o produzido a partir da cana-de- açúcar no Brasil, surge como uma alternativa renovável e de baixo impacto para

a substituição de combustíveis fósseis. Dados da IEA (Agência Internacional de Energia) provam que seus benefícios são evidentes na redução das emissões de gases de efeito estufa, além de contribuírem para a diversificação da matriz energética do país. O etanol, todavia, apresenta desafios consideráveis, especialmente em relação ao impacto ambiental causado pela expansão das plantações de cana-de-açúcar, que podem resultar em desmatamento e degradação dos ecossistemas. O aumento do consumo de etanol também pode afetar a segurança alimentar, caso haja conversão de áreas agrícolas voltadas para a produção de alimentos em áreas de cultivo de cana. A adoção de práticas agrícolas sustentáveis, como a integração de culturas e o uso de tecnologias mais eficientes, pode mitigar esses impactos negativos e garantir que a produção de etanol se mantenha como uma alternativa ambientalmente responsável (PUGLIESE; LOURENCETTI; RIBEIRO, 2017).

O biodiesel, por sua vez, representa uma importante solução para a redução das emissões de poluentes gerados pelo diesel de origem fóssil. Sua produção a partir de óleos vegetais e gorduras animais oferece a oportunidade de substituir parcialmente o diesel convencional, com benefícios ambientais diretos. Em contrapartida, Gazzoni (2014) conclui que a dependência de matérias-primas como a soja pode levar a uma pressão sobre a agricultura, promovendo a conversão de áreas naturais em áreas de cultivo, com o consequente risco de desmatamento e perda de biodiversidade. Logo, a diversificação das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel, incorporando fontes não alimentícias e resíduos orgânicos, é essencial para minimizar esses impactos. Além disso, a ampliação da capacidade produtiva do biodiesel, com foco em regiões ainda subutilizadas, pode ajudar a reduzir a ociosidade das unidades de produção e expandir o uso desse combustível sustentável.

Finalmente, os veículos elétricos (VEs) representam o futuro da mobilidade urbana, oferecendo uma alternativa sem emissões de poluentes atmosféricos durante o funcionamento. A tecnologia dos VEs tem evoluído rapidamente, especialmente em relação à eficiência das baterias, o que está reduzindo o custo e aumentando a autonomia desses veículos. No entanto, o benefício ambiental dos veículos elétricos está diretamente relacionado à matriz energética de cada país. Países com uma matriz elétrica baseada em fontes limpas, como a França ou a Noruega, podem reduzir significativamente suas emissões de CO₂ com a adoção de veículos elétricos.

No Brasil, embora a geração de energia seja majoritariamente renovável, ainda existem desafios em relação à infraestrutura de recarga e ao alto custo das baterias, que limitam a adoção massiva dessa tecnologia. AJANOVIC (2014) garante que o aumento dos automóveis elétricos está ligado à redução do custo das baterias, que é impulsionada pela evolução tecnológica. Com a queda dos preços das baterias, o valor final dos carros elétricos também diminuirá, tornando-os mais atraentes para os consumidores.

Em resumo, a combinação de tecnologias, como catalisadores automotivos, sistema

start-stop, filtros de partículas, biocombustíveis e veículos elétricos, pode desempenhar um papel fundamental na redução das emissões de poluentes e no avanço rumo a uma mobilidade mais limpa e sustentável. No entanto, é imprescindível que essas tecnologias sejam acompanhadas de políticas públicas eficazes, incentivos à pesquisa e inovação, e uma gestão responsável dos impactos ambientais e sociais gerados por cada alternativa.

Futuros estudos poderiam investigar a eficiência combinada de tecnologias de redução de emissões, como catalisadores automotivos, sistemas start-stop, filtros de partículas e biocombustíveis, em diferentes contextos urbanos e rurais. Análises comparativas que avaliem o impacto dessas soluções integradas sobre a qualidade do ar e a redução de poluentes, considerando cenários de tráfego intenso e variações climáticas, são fundamentais para entender como otimizar essas tecnologias de forma coordenada.

Além disso, seria relevante realizar pesquisas sobre a evolução da infraestrutura de recarga para veículos elétricos no Brasil, abordando novas soluções de recarga ultrarrápida e modelos de implementação que atendam tanto áreas urbanas quanto rurais. A ampliação da infraestrutura de recarga pode ser um fator chave para acelerar a adoção de veículos elétricos, e um estudo aprofundado sobre os desafios e possíveis soluções nesse campo ajudaria a orientar políticas públicas eficazes para fomentar a mobilidade elétrica sustentável.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo identificar, através de uma revisão bibliográfica integrativa, melhorias tecnológicas que podem ser aplicadas aos motores convencionais usados nos sistemas de transporte, a fim de mitigar a emissão de poluentes atmosféricos. Os resultados incluem uma síntese e avaliação de pesquisas feitas nos últimos 14 anos, analisando os impactos positivos e negativos de novas tecnologias, bem como os desafios de implantação ligados à adesão dos condutores a tais inovações.

Conclui-se que a adoção de tecnologias inovadoras e sustentáveis desempenha um papel crucial na redução das emissões de poluentes e na melhoria da qualidade ambiental, principalmente no contexto urbano. A combinação de tecnologias como catalisadores automotivos, sistemas start-stop, filtros de partículas e biocombustíveis já se demonstra eficaz, mas ainda enfrenta desafios operacionais e técnicos, como a durabilidade de certos dispositivos e o impacto ambiental de suas matérias-primas. Nesse sentido, políticas públicas que incentivem a inovação tecnológica e a manutenção adequada desses sistemas, aliadas à educação e conscientização ambiental, são essenciais para potencializar os benefícios dessas tecnologias.

Além disso, os veículos elétricos se apresentam como uma solução promissora, especialmente à medida que o custo das baterias diminui e a infraestrutura de recarga é ampliada. Contudo, sua eficiência ambiental está intimamente ligada à matriz energética

de cada país, o que demanda uma análise mais aprofundada para garantir que sua adoção traga, de fato, os benefícios esperados. No Brasil, a expansão dessa tecnologia ainda enfrenta obstáculos relacionados à infraestrutura de recarga e ao alto custo dos veículos, mas o cenário tende a evoluir com o avanço tecnológico e a adoção de políticas públicas de incentivo.

Portanto, é evidente que, para alcançar uma mobilidade mais limpa e sustentável, é necessário um esforço integrado entre a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a implementação de políticas públicas eficazes. O futuro da mobilidade urbana dependerá da capacidade de superar os desafios atuais, ao mesmo tempo em que se fomenta uma transição gradual e responsável para soluções de transporte que minimizem os impactos ambientais e sociais.

REFERÊNCIAS:

ACHOUR, H.; CARTON, J.; OLABI, A. **Estimating vehicle emissions from road transport, case study: Dublin City**. *Applied Energy*, v. 88, n. 5, p. 1957–1964, 2011.

AGUIAR, S. et al. **Perfis das emissões instantâneas (CO, NO e SO₂) derivadas de veículos ciclos otto e diesel para diferentes tipos de combustível e condições de rotação do motor**. 2015.

AJANOVIC, A. **Promoting environmentally benign electric vehicles**. *Energy Procedia*. Elsevier Ltd, 2014.

ANDERSON, H. R. **Air pollution and mortality: A history**. *Atmospheric Environment*, v. 43, n.1, p. 142– 152, 2009.

ANP - Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2018/anuario_2018.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2024.

ANP divulga dados consolidados do setor regulado em 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-municados/anp-divulga-dados-consolidados-do-setor-regulado-em-2023>. Acesso em: 24 nov. 2024.

Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. ANFAVEA, 2018.

Balanco Energético Nacional. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022.

Benefícios em usar etanol. Disponível em: <<https://www.novacana.com/noticias/beneficios>>. Acesso em: 25 nov. 2024.

Biodiesel ameaça elevar emissão de poluentes em motor. Disponível em: <<https://automotivebusiness.com.br/noticias/biodiesel-ameaca-elevar-emissao-de-poluentes-em-motor-euro-6>>. Acesso em: 26 nov. 2024.

BRANCO, J. E. H.; BARTHOLOMEU, D. B.; VETTORAZZI, A. C. **Avaliação das emissões de co₂ na etapa de transporte do etanol: aplicação de um modelo de otimização**. *TRANSPORTES*, v. 28, n. 1, p. 63–80, 30 abr. 2020.

Carro elétrico ou a combustão: Qual a diferença e qual o mais econômico? Disponível em: <<https://frotas.localiza.com/blog/diferenca-carro-eletrico-e-combustao>>. Acesso em: 25 nov. 2024.

CASALS, L.; MARTINEZ-LASERNA, E.; GARCÍA, B. **Sustainability analysis of the electric vehicle use in Europe for CO2 emissions reduction**. *Journal of cleaner production*, v. 127, p. 425–437, 2016.

DE SOUSA, L.; CÔRTE-REAL, C. **A transição para uma Economia em baixo carbono: O setor dos transportes e a transição para a mobilidade elétrica**. [s.l.: s.n.].

Filtro DPF, entenda como funciona e os principais cuidados. Disponível em: <<https://prodaditivos.com.br/filtro-dpf/>>. Acesso em: 14 dez. 2024.

FONSECA, N.; CASANOVA, J.; VALDÉS, M. **Influence of the stop/start system on CO2 emissions of a diesel in urban traffic**. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 16, p. 194–200, 2011.

GAZZONI, D. L. **O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.cnpso.embrapa.br>.

GOLDEMBERG, J. **The Brazilian biofuels industry**. *Biotechnology for biofuels*, v. 1, p. 1–7, 2008.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. **The sustainability of ethanol production from sugarcane**. *Renewable Energy*, Four Volume Set, v. 3–4, p. 321–345, 14 dez. 2018.

LIMA, V. **Como funciona o filtro de partículas em veículos com motor a diesel**. Disponível em: <<https://omecanico.com.br/como-funciona-o-filtro-de-particulas-dpf-motores-a-diesel/>>. Acesso em: 23 nov. 2024.

LIRA, B. **Catalisador: fundamental para o seu veículo e para o meio ambiente**. Disponível em: <<https://www.instacarro.com/blog/manutencao-automotiva/importancia-do-catalisador-automotivo>>. Acesso em: 22 nov. 2024.

LIRA, L.; CUNHA, C.; MACEDO, M. **O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais – The integrative review method in organizational studies**, 2011.

MACHADO, S. **Catalisador é precioso e alvo de ladrões: o que é e para que serve a peça**. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/carros/faq/catalisador-o-que-e-e-para-que-serve.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2024.

MARTINS, J. C. et al. **Determinação da concentração de etanol na gasolina comum através da técnica de espectroscopia Raman**. *Unisanta Science and Technology*, v. 16, p. 3, 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Biodiesel**. Disponível em: <<https://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-iocombustiveis/acoes-e-programas/programas/biodiesel#:~:text=Sobre%20o%20Biodiesel,de%20riqueza%20e%20inclus%C3%A3o%20social.>>. Acesso em: 26 nov. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários - Relatório Final**. Brasília: [s.n.].

MURTA, A.; FREITAS, M.; MURTA, M. **Redução de emissões de CO2 por uso de biodiesel na frota de ônibus urbana do Rio de Janeiro**. Volta Redonda: [s.n.].

NACCARI, F. **O sistema start-stop: vantagens e desvantagens**. Disponível em: <<https://www.instacarro.com/blog/tecnologia-automotiva/sistema-start-stop-como-funciona>>. Acesso em: 22 nov. 2024.

PEET, K. et al. **Transport and Climate Change Global Status Report 2018**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://slocat.net/tcc-gsr>>.

PIMENTEL, C. C. **Transição energética, governança ambiental e a formulação de políticas econômicas: o Programa RENOVABIO como modelo de governança multilateral**. *Revista Videre*, v. 11, n. 22, p. 171–184, 3 dez. 2019.

Poluição do ar, câncer e outras doenças: o que você precisa saber?. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//cartilha_poluicao_do_ar_web.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2024.

PUGLIESE, L.; LOURENCETTI, C.; RIBEIRO, M. L. **Impactos ambientais na produção do etanol brasileiro: uma breve discussão do campo à indústria**. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 20, n. 1, p. 142, 12 jan. 2017.

RAMOS, L. **Biodiesel production technologies**. *Revista Virtual de Química*, v. 3, 2011.

SANTOS, C. M. D. C.; PIMENTA, C. A. D. M.; NOBRE, M. R. C. **A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências**. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 15, n. 3, p. 508–511, 2007.

SCHIRMER, W. N.; RIBEIRO, C. B. **Panorama dos combustíveis e biocombustíveis no Brasil e as emissões gasosas decorrentes do uso da gasolina / etanol**. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 2, n. 2, p. 16, 10 ago. 2017.

SILVA, SR. C. **PROJETO DE LEI N.º 3.013**. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2467906&filename=Avuls_o%20PL%203013/2024>. Acesso em: 24 nov. 2024.

Sistema Start/Stop danifica ou reduz a vida útil do motor? Disponível em: <<https://www.icarros.com.br/noticias/tudo-sobre/sistema-start/stop-danifica-ou-reduz-a-vida-util-do-motor-/24122.html>>. Acesso em: 22 nov. 2024.

SOUZA, M. T. DE; SILVA, M. D. DA; CARVALHO, R. DE. **Revisão integrativa: o que é e como fazer**. *Einstein (São Paulo)*, v. 8, n. 1, p. 102–106, mar. 2010.

STEIN, R.; KUREK, R.; POZZAGNOLO, M. **ESTUDO DA EMISSÃO DE GASES DE VEÍCULOS DO CICLO OTTO NO MUNICÍPIO DE LAJEADO/RS**, 2015.

VARELLA, C. **Princípios de funcionamento dos motores de combustão interna**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014.

VERZIMIASI, W. **Análise do sistema stop/start do motor**. Disponível em: <https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C14&q=An%C3%A1lise+do+sistema+stop%2Fstart+do+motor&btnG=>>. Acesso em: 25 nov. 2024.

VIDAL, M. **Biocombustíveis: Biodiesel e Etanol**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.bnb.>>.

VONBUN, C. **Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in: uma revisão de literatura**. [s.l: s.n.].