



IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS GERADOS PELOS VEÍCULOS AUTOMOTORES E A IMPORTÂNCIA DO PROCONVE E PROMOT

Kellen Rocha de Souza

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)

kellen.souza@unifal-mg.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-4178-7543>

Resume

Apesar dos benefícios gerados pelos veículos automotores rodoviários, também foram gerados impactos a partir do uso destes, como emissões, congestionamentos, ruídos, geração de resíduos sólidos, entre outros. No que se referem às emissões veiculares, no Brasil, foi essencial para a redução destas, a implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (Promot). Dado tal contexto, a presente pesquisa objetiva explicitar, a partir de pesquisa do tipo bibliográfica, qualitativa descritiva de base documental, os diversos impactos ambientais e socioeconômicos gerados pelos veículos automotores rodoviários, e a importância da legislação ambiental por meio do Proconve e Promot. Além da grande redução de emissões veiculares totais no país, mesmo com o crescimento da frota e o envelhecimento desta, tais programas possibilitaram a modernização do parque industrial brasileiro, adoção de novas tecnologias, como o uso de injeção eletrônica, melhora da qualidade do combustível, o que inclui a ampliação do uso de biocombustíveis, e especificamente na área da saúde e economia, evitou mortes, internações, perda de produtividade, e consequentemente de gastos públicos e privados com hospitalização.

Palavras-chave: Emissões veiculares; Congestionamentos; Poluição do ar; Legislação.

Abstract

Although motor vehicles provide benefits, their use has also led to negative impacts, such as emissions, traffic congestion, noise, and the generation of solid waste, among others. Regarding vehicle emissions in Brazil, the implementation of the Program for the Control of Air Pollution from Motor Vehicles (Proconve) and the Program for the Control of Air Pollution from Motorcycles and Similar Vehicles (Promot) was essential for reducing these emissions. Given this context, this study aims to elucidate through a bibliographic, qualitative, descriptive, and document-based analysis the various environmental and socioeconomic impacts generated by road motor vehicles, as well as the importance of environmental legislation through Proconve and Promot. In addition to significantly reducing total vehicle emissions nationwide even as the fleet has grown and aged these programs have enabled the modernization of Brazil's industrial sector, the adoption of new technologies such as electronic fuel injection, and improvements in fuel quality, including the expanded use of biofuels, and, specifically in the areas of health and the economy, have prevented deaths, hospitalizations, and loss of productivity and consequently reduced public and private spending on hospitalization.

Keywords: Vehicle emissions; Traffic congestion; Air pollution; Legislation.

JEL Codes: N76; Q52; Q53; Q58; R42.



1. Introdução

Diferentemente do que se observa nos países desenvolvidos, onde a maior parte das emissões de gases de efeito estufa¹ (GEE), tais como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), é proveniente do uso energético de combustíveis fósseis, no Brasil, historicamente, outras fontes têm sido importantes, como as emissões por mudança de uso da terra e florestas (MUT), o que inclui o desmatamento, e a atividade agropecuária (Observatório do Clima, 2023). Nos grandes centros urbanos, no entanto, as emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários, conceito que inclui automóveis, comerciais leves, motocicletas, caminhões e ônibus, se destacam. Ademais, para além das emissões de gases poluentes, outros impactos também estão associados ao crescimento do uso destes veículos, tanto individual quanto coletivo, para transporte de cargas e pessoas.

Assim, apesar dos benefícios gerados desde a invenção do veículo, como a facilidade do transporte de carga e de passageiros e a diminuição do tempo de viagem, é importante destacar, no entanto, que ele também trouxe consigo vários malefícios, alguns mais conhecidos pela população em geral do que outros. Sendo que um dos impactos mais visíveis, normalmente, é a geração de congestionamentos e as emissões de gases

poluentes, ou seja, a poluição atmosférica, decorrente do uso ainda predominante de motores a combustão interna e consequentemente a queima de combustíveis fósseis. Ambos os impactos são visivelmente imediatos na qualidade de vida e saúde da população, principalmente no aumento do estresse e de problemas respiratórios, respectivamente.

Além destes, outros impactos gerados pelo uso dos veículos são a poluição sonora e visual, e a geração de resíduos sólidos, em particular, a formação de grandes “cemitérios” de veículos velhos, ou seja, a enorme quantidade desses que são abandonados após o fim de sua vida útil. Tais impactos, assim como os previamente citados, atingem a sociedade e o planeta como um todo, mesmo porque conforme defendido por Georgescu-Roegen e pela Economia Ecológica, o sistema econômico é aberto tanto para a entrada de materiais e energia, quanto para a saída de resíduos, ou seja, não é fechado como se pressupõe a abordagem convencional da Economia (Georgescu-Roegen, 1971; Cechin, 2018).

Em consequência dos números crescentes da frota de veículos automotores no Brasil na década de 1980, bem como devido às precárias situações de manutenção desta frota, foi instituído em 1986, por meio da Resolução nº 18 do Conselho Nacional do

contribuem para o fenômeno do aquecimento global. O principal deles é o CO₂”.

¹ De acordo com CETESB (2016, p.40), os gases de efeito estufa “não causam prejuízos significativos à saúde nos níveis ambientais encontrados, mas



Meio Ambiente (CONAMA), o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve). Ademais, dado o crescimento também da frota de motocicletas e veículos similares, foi criado em 2002, pela Resolução nº 297 do CONAMA, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (Promot) com o objetivo de estender para estes veículos o controle estabelecido pelo Proconve, de forma a reduzir as emissões de poluentes também por essas fontes móveis.

Assim, dado o crescente aumento da frota de veículos no Brasil e no mundo, a presente pesquisa objetiva explicitar, a partir de pesquisa bibliográfica e documental, os diversos impactos ambientais gerados pelos veículos automotores rodoviários, tais como congestionamentos, acidentes, depleção dos recursos naturais, geração de resíduos, emissões de gases poluentes, entre outros, e a importância de legislações como o Proconve e Promot para, por exemplo, a redução drástica, por veículo, das emissões de poluentes, modernização do parque automotivo e adoção de novas tecnologias.

Além desta introdução, a presente pesquisa está dividida em mais quatro seções, sendo que na seguinte são apresentados os impactos gerados pelos veículos automotores e a forma como as Ciências Econômicas tratam tais impactos, a saber, por meio do conceito de externalidades negativas. Na seção três são apresentados os dois programas do governo que contribuíram para

o desenvolvimento tecnológico e a redução de emissões veiculares no Brasil, a saber, o Proconve e o Promot. Na quarta seção é apresentada a metodologia adotada nesta pesquisa, sendo que as discussões sobre a importância dos programas citados e algumas características da frota de veículos automotores rodoviários brasileiros estão presentes na seção cinco. Por fim, na sexta e última seção são apresentadas as considerações finais.

2. Impactos gerados pelos veículos automotores: para além do visível

Os impactos gerados pelas atividades antrópicas, que podem ser econômicos, ambientais e/ou sociais, são denominados pelas Ciências Econômicas como externalidades, uma falha de mercado que descreve uma situação em que a ação de um agente econômico, seja ele uma firma ou um indivíduo, afeta positivamente ou negativamente outros agentes, gerando, portanto, respectivamente, benefícios ou malefícios a outrem (Andrade, 2004; Giambiagi & Além, 2016).

Dada as dificuldades de se resolver voluntariamente uma situação que envolva externalidades, em tais situações se justifica a intervenção do Estado, que pode se dar através das seguintes formas: estabelecimento do direito de propriedade; intervenção governamental por meio de soluções baseadas no mercado, como a



colocação de impostos (ou multas), concessão de subsídios e a venda de direitos de poluição; e por meio da regulamentação (Andrade, 2004; Giambiagi & Além, 2016). Tratando o tema da externalidade negativa sob a ótica da economia da poluição, Cánepa (2018) cita três abordagens de política pública para avaliar e definir como deve se dar a internalização dos danos provocados ao meio ambiente e à sociedade: solução pigouviana, Análise de Custo-Efetividade (ACE) e Análise de Custo-Benefício (ACB).

A despeito das diversas possibilidades de corrigir as externalidades negativas, diferentemente, no entanto, do que as Ciências Econômicas nos fazem acreditar, é importante ressaltar que nem todos os impactos gerados pelas atividades antrópicas podem ser reversíveis (Marques, 2023), tal como no caso dos já gerados pelas emissões de gases poluentes e que impactaram na intensificação do efeito estufa e aumento da temperatura média na Terra.

No que se referem aos impactos gerados pelo uso de veículos automotores rodoviários, de acordo com Carvalho (2011) o transporte tanto de pessoas quanto de mercadorias sempre esteve associado à geração de algum tipo de poluição, seja atmosférica (resíduos emitidos no ar), sonora (ruídos) ou pela intrusão visual (degradação da paisagem urbana). Vale ressaltar que mesmo quando se utilizava, nos centros urbanos, o transporte com a tração animal, havia o despejo de dejetos animais nas vias, o que

consequentemente gerava tanto sujeira quanto mau cheiro.

Os congestionamentos, um dos impactos gerados e fruto do efeito escala devido principalmente à priorização do transporte individual e do transporte de cargas pelo modal rodoviário, podem gerar efeitos significativos na saúde da população. Apesar de poder ser um conceito subjetivo e assim estar relacionado à percepção de cada indivíduo, normalmente uma via é considerada congestionada quando a velocidade média dos usuários dela estiver abaixo daquela para a qual ela foi projetada (Downs, 2004; Bertini, 2005). De acordo com Castro (2013) os custos de congestionamento incluem: a) o acréscimo de tempo de viagem de pessoas e veículos comerciais; b) custos de consumo de combustível e demais custos operacionais gerados pela redução de velocidade; c) o aumento da variabilidade do tempo de viagem; e d) o aumento do desgaste de motoristas e passageiros.

Assim, o congestionamento faz com que o tempo de viagem aumente e em alguns casos, como em momentos de trânsito na cidade de São Paulo, de acordo com reportagens citadas por Abramovay (2012), frequentemente, e paradoxalmente, a marcha a pé é mais rápida do que o transporte de carro. Ademais, 32% das pessoas de municípios brasileiros com mais de 100 mil habitantes levam mais de uma hora por dia para chegar ao trabalho, complementa o autor. Dito de outro forma, portanto,



atualmente, nem sempre o uso do veículo é sinônimo de deslocamento mais rápido.

Ademais, ficar parado no trânsito de forma improdutiva provoca a sensação de tempo e dinheiro perdidos (Resende & Sousa, 2009), desperdiça energia, causa poluição e estresse, diminui a produtividade e gera custos à sociedade estimados em 2 a 3% do Produto Interno Bruto (PIB), no caso dos EUA, segundo Bertini (2005). Referente à poluição, segundo Resende e Sousa (2009, p.25), utilizando dados internacionais, “a cada hora de acréscimo em congestionamentos, tem-se uma média de aumento de 20% na emissão de poluentes”. Já na saúde, os impactos negativos se refletem no esgotamento físico, estresse e danos psicológicos (Cintra, 2008), principalmente quando se consideram motoristas profissionais (Sá & Sampaio, 2022; Alcantara et al., 2020).

Além dos efeitos na saúde, também são observados impactos na atividade econômica devido aos congestionamentos, sendo que por meio de simulações com um modelo espacial de equilíbrio geral computável, Haddad e Vieira (2015) concluíram que uma redução generalizada de 27,63% no tempo de viagem de um trabalhador da região metropolitana de São Paulo proporcionaria um aumento potencial de 15,75% na produtividade dos trabalhadores dessa região, com variações de 12,6% a 18,9% por município de destino. Esse aumento de produtividade, no longo prazo, poderia resultar em um Produto Interno Bruto (PIB)

2,83% (aproximadamente R\$ 110 bilhões) maior do que o obtido em 2010. Além destes benefícios, o nível de consumo real da população também seria 2,83% (R\$ 64,5 bilhões) maior nestas condições.

Para se diminuir o congestionamento crescente e problemático de veículos automotores rodoviários, tão característico de grande parte das regiões metropolitanas do mundo e atualmente também perceptível em cidades interioranas, no entanto, deve-se pensar em um novo desenho estrutural para as cidades e repensar a priorização do transporte individual, em detrimento de investimentos na melhora da qualidade e eficiência do transporte coletivo.

Outro impacto muito importante gerado pelos veículos automotores, mas que é infelizmente pouco discutido é a formação de grandes “cemitérios” de veículos velhos, ou seja, a enorme quantidade desses que são abandonados após o fim de sua vida útil. Minimizar os resíduos gerados pelos veículos e torná-los mais recicláveis, no entanto, é uma tarefa difícil devido à grande diversidade de materiais que são utilizados na produção destes meios de transporte. Materiais estes que, em muitos casos, não são facilmente separáveis apesar de serem feitos de compostos reconhecidamente recicláveis como o plástico e o alumínio. Isto ocorre porque, segundo Medina (2001), o automóvel é produzido a partir de 20 a 25 mil peças de distintos materiais e utiliza mais de 40 tipos de



plásticos diferentes, dificultando assim a separação do que pode ser reciclado.

Ademais, apesar de atualmente todos os materiais presentes nos veículos serem tecnicamente recicláveis isso não garante que eles serão de fato reciclados, pois a reciclagem além de poder não apresentar viabilidade econômica, ainda pode fazer com o que o material perca suas propriedades essenciais, inviabilizando o seu uso em determinadas atividades. Conforme ressaltam Medina e Gomes (2003, p.32), um material reciclável “é aquele que tem aptidão técnica para ser reciclado o que não assegura, portanto que ele efetivamente o será”.

Devido à tais perdas, os materiais automotivos reciclados dificilmente serão utilizados pela própria indústria automobilística e mesmo que o sejam não será na mesma função e uso anteriores. Isto devido às próprias características requeridas de um veículo, a saber, segurança e durabilidade, conceitos que exigem que os materiais empregados em sua produção sejam de elevada qualidade e de grande resistência.

Além do plástico, outro material que, após ser reciclado, dificilmente é utilizado dentro da própria indústria automotiva é o alumínio. Isto porque apesar do alumínio apresentar o que Kiperstok (2000) classifica como reciclabilidade vertical, ou seja, pode ser dado ao material reciclado o mesmo emprego que antes da reciclagem, no que se refere ao

alumínio automotivo isso não ocorre já que a reciclagem dele sempre gera perda de qualidade, impedindo, portanto, que ele seja utilizado na produção dos veículos na mesma proporção e no mesmo uso que inicialmente. A qualidade do alumínio automotivo reciclado é menor devido à presença de resíduos contaminantes, o que degrada as propriedades originais do alumínio e dificulta seu uso pela indústria automobilística. Assim, se por um lado o uso de materiais mais leves fabricados com diversos elementos, como as ligas de alumínio, reduz o peso dos automóveis; por outro, dificulta o processo de reciclagem dos materiais empregados nos mesmos.

Quanto às emissões de gases poluentes, segundo Toledo e Nardocci (2011), até a década de 1980, a principal fonte de emissões destes no ar nas capitais brasileiras eram as indústrias. No entanto, com a migração destas para o interior das cidades na década seguinte, os veículos automotores passaram a ser os principais responsáveis pela poluição do ar nos conglomerados urbanos. De acordo com Castro (2013) os transportes em geral consomem em torno de 28% da energia total do Brasil; sendo que o rodoviário, por sua vez, é responsável por 92% deste consumo. Além disso, o setor de transportes também responde por 51% de todos os derivados de petróleo consumidos no país, acrescenta o autor.

De acordo com CETESB (2016), as emissões veiculares ocorrem de três maneiras: pela



queima de combustível do motor (emissão de escapamento), pela evaporação do combustível armazenado no veículo, seja durante o uso ou o repouso do veículo, (emissão evaporativa), e por gases gerados durante o processo de abastecimento do tanque de combustível do veículo (emissão de abastecimento). Esta última forma de emissão passou a ser analisada com mais detalhes pela CETESB a partir de 2015.

As emissões de escapamento são responsáveis pela liberação na atmosfera de distintas substâncias, tais como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarbonetos (HC), aldeídos (RCHO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP). As emissões evaporativas são constituídas pelos hidrocarbonetos (THC) e ocorrem durante os seguintes processos (BRASIL, 2011): emissões diurnas, originadas no sistema de alimentação de combustível, com o veículo em repouso; perdas em movimento, quando o veículo está em circulação; emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor quente, geradas após o uso do veículo.

As emissões de gases poluentes no ar, principalmente nos grandes centros urbanos, podem acarretar diversos problemas tanto na saúde da população quanto no meio ambiente como um todo, sendo que de acordo com estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2012 cerca de sete milhões de pessoas no mundo morreram devido à exposição à poluição do ar (UNEP, 2015).

Para o estado de São Paulo, se os atuais níveis de poluição do ar se mantiverem, Vormittag e Saldiva (2017) estimam, para os próximos 15 anos, 250 mil mortes precoces e 1 milhão de internações hospitalares, o que resulta também em gastos públicos de mais de R\$ 1,5 bilhão.

Em termos globais, segundo pesquisa de Greenstone e Fan (2018), entre 1998 e 2016, as doenças relacionadas à poluição atmosférica reduziu em 1 ano e 8 meses a expectativa de vida da população global, redução superior à de outras causas, como fumo (1,6 anos), álcool ou drogas (11 meses), poluição da água ou falta de saneamento (7 meses), acidente de carro (4,5 meses), HIV/AIDS (4 meses), malária (4 meses), tuberculose (3,5 meses) e conflitos e terrorismo (22 dias).

Além dos efeitos para a saúde humana, é imprescindível ressaltar que as emissões de gases poluentes na atmosfera, independente da fonte geradora, causam importantes impactos ambientais nos ecossistemas, podendo afetar diretamente a vegetação, a fauna, a qualidade da água e do solo e os serviços ecossistêmicos (EEA, 2020). Além disto, a poluição do ar também pode contribuir para as alterações climáticas, bem como prejudicar, por exemplo, edifícios e obras de arte, devido à possibilidade de corrosão, biodegradação, sujeira, intemperismo e desbotamento de cores. De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (EEA, da sigla em inglês, 2020), tal condição pode resultar



em perdas históricas e culturais em decorrência dos impactos sobre o patrimônio cultural da humanidade.

Os impactos econômicos decorrentes da poluição do ar, por sua vez, incluem custos, mensurados pelo mercado, devido, por exemplo, à perda de produtividade da mão-de-obra, gastos adicionais com saúde e perdas na produtividade de cultivos agrícolas e florestais, e custos não mensurados, tais como os associados ao aumento da mortalidade e morbidade, à piora da qualidade do ar e água, e os decorrentes dos impactos nos ecossistemas e mudanças climáticas (EEA, 2020). Por fim, a ausência de um funcionário em seu local de trabalho devido a problemas respiratórios provocados pela alta concentração de poluentes no ar, por exemplo, significa que além da atividade antrópica contribuir para a piora na saúde da população, também gera um custo econômico devido ao dia de trabalho perdido pelo trabalhador doente.

Por fim, é possível observar que muitos e distintos são os impactos gerados pelos veículos automotores e, mais especificamente, para minimizar um deles, a saber as emissões de gases poluentes, diversos países têm implementado políticas de comando e controle no setor automotivo, via regulamentações, a exemplo, dos EUA na década de 1960, Brasil em 1986 e Europa em 1992 (Savio & Souza, 2018). Visando elucidar o surgimento e as principais fases e características dos Programas de Controle da

Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) e por Motociclos e Veículos Similares (Promot), implementados no Brasil, estes programas são discutidos na próxima seção.

3. Os programas Proconve e Promot: pressões para o desenvolvimento tecnológico

No que se refere à legislação brasileira sobre o controle das emissões de poluentes por fontes móveis, em especial por veículos automotores, destacam-se o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (Promot). A partir da imposição de limites de emissões aos fabricantes de veículos, são estes programas que contribuíram para o desenvolvimento tecnológico e para a queda nos níveis de emissões de veículos novos.

O Proconve, coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), foi instituído em 1986, por meio da Resolução nº 18 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em resposta ao crescimento da frota de veículos automotores no Brasil nesta década e às precárias situações de manutenção desta frota. O Proconve definiu os primeiros limites de emissão de poluentes para veículos leves no país o que, ao tornar obrigatória a redução dos níveis de emissão



de origem veicular (Lei nº 8.723, de 28/10/1993), contribuiu para o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes tanto de combustíveis quanto de motores e autopeças.

Com o crescimento das motocicletas e veículos similares e seu perfil de utilização, predominantemente no segmento de entregas em regiões urbanas, tornou-se primordial a implementação de um programa de controle da poluição do ar também para este segmento. Nas grandes metrópoles estima-se que um carro percorra em média 30 quilômetros por dia, enquanto as motocicletas de entrega rodam até 180 quilômetros, o que consequentemente faz com que as emissões de motocicletas sejam expressivas (BRASIL, 2015). Assim, foi criado em 2002, pela Resolução nº 297 do CONAMA, o Promot, com o objetivo de estender para os motociclos e veículos similares o controle estabelecido pelo Proconve, de forma a reduzir as

emissões de poluentes também por essas fontes móveis.

Para ambos os programas são definidas “fases” para a implantação das normas definidas. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2015, p.1) as fases são os “interregnos de tempo entre a vigência de um determinado limite de emissão dado pela legislação e a entrada em vigor de novos limites mais restritivos”. Desde que tais políticas públicas foram criadas tem-se observado, dentre outros avanços, uma redução nas emissões, por veículo, de gases poluentes, tal como pode-se observar nos Quadros 1 e 2. Os limites de emissões são estabelecidos de forma gradativa, por fases de implantação, e atualmente estão em vigência as fases L8, P8 e M5 (Quadro 1 e Quadro 2).



Quadro 1 – Implantação e algumas características de cada uma das fases do Proconve

Veículos Leves		
Fases	Implantação	Características
L-1	1988-1991	Eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção; início do controle das emissões evaporativas
L-2	1992-1996	Investimentos na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo
L-3	1997-2004	Reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores em face da exigência de atender aos limites em 01/01/1997 (Resolução CONAMA nº15/1995)
L-4	2005-2008	Prioridade: redução das emissões de HC e NO _x (substâncias precursoras de Ozônio), tendo como referência a Resolução CONAMA nº315/2002
L-5	2009-2013	Prioridade: redução das emissões de HC e NO. Outras ações: redução de 31% das emissões de hidrocarbonetos não metano para veículos do ciclo Otto e de 48% (para os do ciclo Otto) e 42% (para os a Diesel) para as emissões de NO _x ; redução das emissões de aldeídos (≈67%) para os veículos do ciclo Otto
L-6	2014-2021	Novos limites máximos para a emissão de escapamento de veículos novos de passageiros de massa ≤ a 1.700 Kg e de comerciais com massa > a 1.700 Kg
L-7	2022-2025	Limite de 80 mg/km de Nmog + Nox para carros de passeio, 140 mg/km para comerciais leves a gasolina ou flex e 320 mg/km para utilitários a diesel
L-8	2025	Redução rigorosa dos limites; limite de 50 mg/km de Nmog + Nox para automóveis e de 50 mg/l de vapores durante o abastecimento; utilização obrigatória da tecnologia ORVR (“Onboard Refueling Vapor Recovery”) em todos os veículos novos (gasolina e flex); redução nos índices de fumaça (veículos a diesel) e de ruídos nos comerciais; introdução de testes em condições reais de tráfego
Veículos Pesados		
Fases	Implantação	Características
P-1 e P-2	1990-1993	Limites para emissão gasosa (fase P-1) e material particulado (fase P-2) não foram exigidos legalmente
P-3	1994-1997	Redução drástica das emissões de CO (43%) e HC (50%)
P-4	1998-2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P-3
P-5	2003-2008	Objetivo: redução de emissões de material particulado, NO _x e HC
P-6	2009-2011	Objetivo principal: redução de emissões de material particulado (MP), NO _x e HC
P-7	2012-2021	Meta de reduzir 60% das emissões de óxidos de nitrogênio; produção do diesel com no máximo 10 ppm de enxofre, o que eliminou a emissão de fumaça preta; sistema de diagnose de bordo para controle dos parâmetros ambientais.
P-8	2022	Comprovação da durabilidade das emissões: os veículos pesados passam a ter que comprovar que, em condições de manutenção, de acordo com o estabelecido pelo fabricante, atendem os limites da fase por até 700 mil quilômetros

Fonte: Elaboração própria a partir de Souza (2017), IBAMA (2022, 2024), Garcia e Felix (2025).



Quadro 2 – Implantação e algumas características de cada uma das fases do Promot

Motociclos e veículos similares		
Fases	Implantação	Características
M-1	2003-2005	Limites iniciais máximos de emissão de gases de escapamento para ciclomotores novos (veículos de duas rodas e seus similares, providos de um motor de combustão interna, cuja cilindrada não exceda a cinquenta centímetros cúbicos);
M-2	2006-2008	Reduções drásticas dos limites estabelecidos pela 1ª fase (CO = redução de 83% na emissão; Hidrocarbonetos + NOx = redução de 60%)
M-3	2009-2014	Contemplou todos os modelos de ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos e veículos em produção; redução significativa das emissões de poluentes sendo, em alguns casos, superiores a 50% dos limites previstos na fase anterior
M-4	2014-2024	Procedimentos de ensaios para a determinação dos gases de escapamento passam a ser os previstos na regulamentação da Comunidade Europeia; instituição, com periodicidade semestral, do Relatório de Valores de Emissão da Produção-RVEP; realização dos ensaios de emissões em laboratórios acreditados pelo INMETRO ou aceitos pelo IBAMA
M-5	2025	Limite máximo de emissão evaporativa: de 1.500 mg/ensaio, por permeabilidade dos materiais de 1.500 mg/(m ² *dia) para o reservatório de combustível e de 15.000 mg/(m ² *dia) para as linhas de alimentação de combustível provenientes de triciclos e quadriciclos; determinação dos fatores de deterioração.

Fonte: Elaboração própria a partir de Souza (2017) e CONAMA (2019).

Pelas características e metas implementadas em cada fase dos programas Proconve e Promot (Quadros 1 e 2) é possível observar que apesar de eles não conseguirem sanar e/ou minimizar os diversos impactos gerados pelos veículos, mesmo porque não é essa a sua finalidade, tem possibilitado significativas reduções nas emissões, por veículo, a principal fonte de poluição atmosférica dos conglomerados urbanos, conforme ressaltam Toledo e Nardocci (2011).

4. Metodologia

Para atender os objetivos propostos, a presente pesquisa é do tipo bibliográfica, qualitativa descritiva de base documental, utilizando informações coletadas em artigos científicos e também dados presentes em documentos de instituições como Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), Associação Brasileira da Indústria de Autopeças (Abipeças), Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (Sindipeças), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Companhia Ambiental



do Estado de São Paulo (CETESB), entre outras.

Para a seleção dos artigos utilizou-se a plataforma *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), sendo realizadas buscas, em todos os índices de pesquisa, com as seguintes palavras-chave e encontradas as seguintes quantidades de referências: Proconve (1); programa de emissões AND automóveis (1, igual à encontrada com a busca anterior) e Promot (2, mas sem relação com o tema). O único artigo encontrado na busca foi de Salvo Junior e Souza (2018), denominado A regulamentação como indutora de tecnologias ambientais para a redução de emissões tóxicas em veículos leves no Brasil. Dada tal dificuldade na busca de referências, foram utilizados livros de autores da área de Economia do Meio Ambiente que, em algum momento, trataram dos assuntos poluição e automóveis, e foram pesquisados relatórios de instituições de pesquisa, que eram principalmente da área da saúde.

5. Características da frota de veículos automotores rodoviários no Brasil e discussões sobre a importância do Proconve e do Promot

De 2015 para 2024, a frota circulante de autoveículos (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) e motocicletas aumentou mais de 5,5 milhões de unidades, chegando, em 2024, a um total de 62.095.171 veículos, sendo que a relação habitantes por veículo

passou de 4,8, em 2015, para 4,4, em 2024, valor este superior ao de países como China (4,3), Rússia (2,5), México (2,4) e Estados Unidos (1,2), mas inferior ao de Índia (15,5), Indonésia (11,3) e África do Sul (5,7) (Abipeças/Sindipeças, 2025).

Além do tamanho da frota, um dos fatores que influencia negativamente nas emissões de gases poluentes por veículos e consequentemente na qualidade do ar é a idade média desta frota circulante, visto que veículos mais antigos foram produzidos para atender a fases anteriores do Proconve, além de estarem sujeitos a emitirem mais poluentes devido ao desgaste acumulado com o uso e possivelmente pela baixa manutenção (CETESB, 2024). Para o Brasil como um todo é possível observar um envelhecimento desta frota, sendo que de 2015 a 2024 a idade média da frota passou de 8 anos e 10 meses para 10 anos e 11 meses, para autoveículos, e de 6 anos e 5 meses para 8 anos, para as motocicletas. Ademais, com exceção das motocicletas, cuja maior parte da frota (42,5% dela), em 2024, tinha de 0 a 5 anos, todos os demais tipos de veículos automotores tinham, também em 2024, maior parte de sua frota composta por veículos com idade entre 11 e 15 anos, sendo automóveis (31,0% do total de sua frota), comerciais leves (33,3%), caminhões (29,7%) e ônibus (34%), segundo dados da Abipeças/Sindipeças (2025).

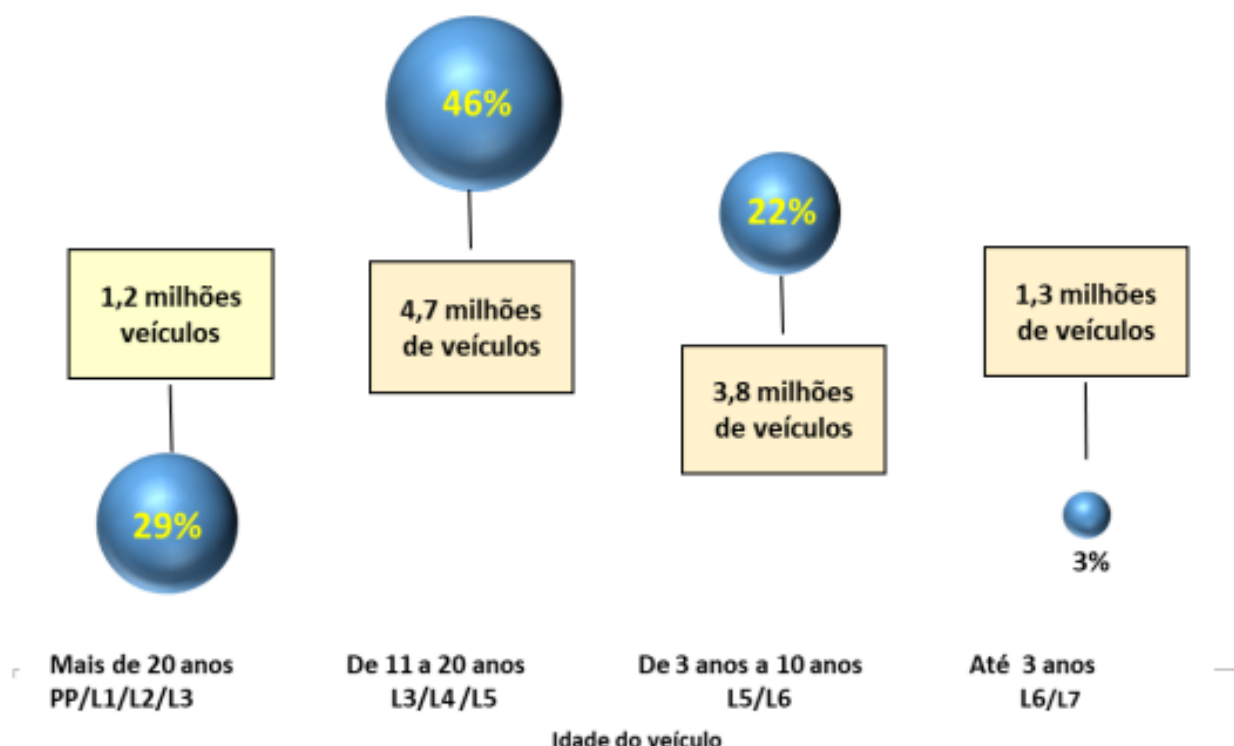
No estado de São Paulo, detentor da maior frota de veículos automotores rodoviários do país e onde a idade média desta frota foi de



11 anos em 2023, é possível observar o impacto do envelhecimento desta frota na quantidade de emissões a partir dos dados presentes na Figura 1. Nesta estão representadas a participação percentual média de emissão de automóveis e comerciais leves segundo a fase do Proconve e a idade, representada pelo diâmetro das esferas, e o tamanho respectivamente de cada frota, indicado nos retângulos. Apesar de não incluir todos os tipos de veículos, pode-se observar, pela Figura 1, que os automóveis e comerciais leves com até 3 anos e, portanto, produzidos para atender as fases L6 e L7 do

Proconve, emitiram 3% do total das emissões veiculares de 2023, com uma frota composta por 1,3 milhões de veículos. Tamanho este semelhante ao da frota com mais de 20 anos, produzida para atender as fases iniciais do Proconve (PP, L1, L2, L3) ou ainda anteriores a estas, mas que, no entanto, foi responsável por 29% do total de emissões veiculares de 2023 (Figura 1). Ademais, ao se considerar em conjunto os veículos com mais de 10 anos chega-se a um total de 75% do total das emissões.

Figura 1 – Participação percentual da emissão de automóveis e comerciais leves em função da fase do Proconve no estado de São Paulo no ano de 2023



Fonte: CETESB (2024).

As reduções nas emissões veiculares, proporcionadas pela implementação do

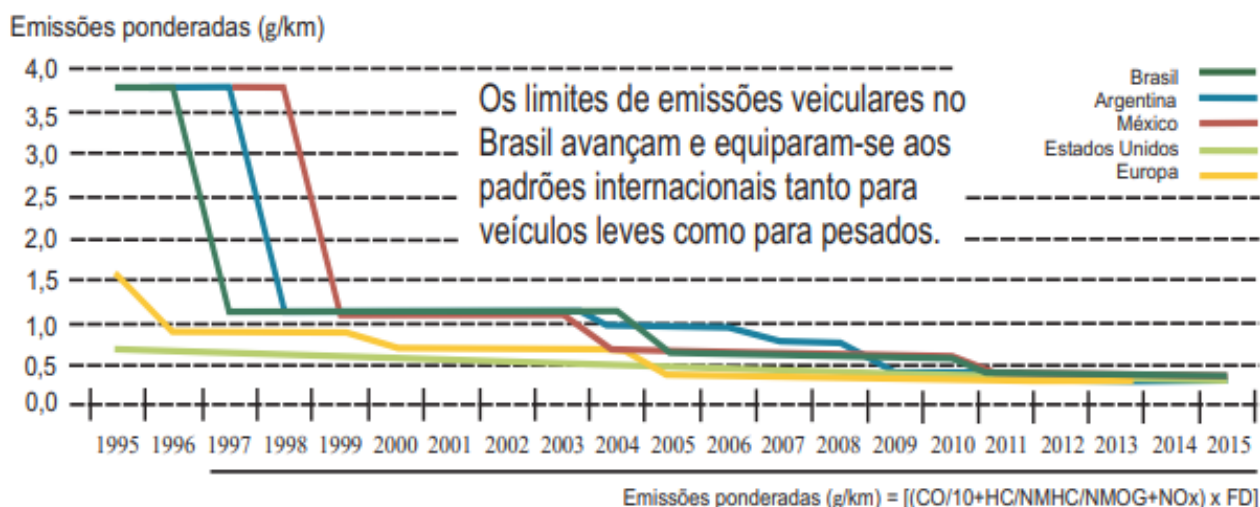
Proconve e Promot possibilitaram ao país se adequar a padrões semelhantes já



estabelecidos em outros países. Ademais, o fato de outros países já terem regulamentações de controle de emissões veiculares facilita a implementação de tecnologias transfronteiriças. Assim, analisando o impacto da regulamentação ambiental, mais precisamente de emissões automotivas, na difusão de novas tecnologias por meio do sistema de patentes, Dechezleprêtre, Neumayer e Perkins (2015) concluíram que conforme tal diferença regulatória entre países diminui, aumenta-se o fluxo transfronteiriço de tecnologia entre eles, de onde depreendem que o mais importante para este fluxo é a distância regulatória e não o rigor regulatório em si. Por isso, por conseguinte, se torna tão importante, em termos globais, a implementação por parte do Estado de políticas ambientais, como a regulamentação, em distintos países.

No Brasil, nos seus primeiros 15 anos de vigência, o Proconve reduziu 90% de poluentes (Vormittag et al., 2019) e de acordo com dados da Confederação Nacional da Indústria e da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (CNI/ANFAVEA, 2012), entre os anos de 1985 e 2011, o Brasil conseguiu reduzir em 97% os níveis de emissões veiculares, sendo que desde 1997, quando já tinham sido implementadas as fases L-1 (1988-1991), L-2 (1992-1996) e P-1 e P-2 (1990-1993) e P-3 (1994-1997), o país tem reduzido os seus limites de emissões, se equiparando desde 2011 a limites estabelecidos nos EUA e em países europeus, conforme pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 – Limites de emissões em veículos leves em países selecionados no mundo no período de 1995 a 2015



Fonte: CNI/ANFAVEA (2012).



Ademais, corroborando com as reduções de limites de emissões apresentadas na Figura 2, estudo do laboratório de poluição atmosférica da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) com a consultoria *Environmentality*, observou que sem o Proconve o nível de emissões de monóxido de carbono seria três vezes maior, redução esta obtida mesmo com uma frota de veículos 2,5 vezes maior do que a de 1986, quando entrou em vigor a primeira fase do Proconve (Câmara, 2016). Ademais, comparativamente aos veículos de 1986, os atuais têm níveis de emissões 95% menores, segundo pesquisa supracitada.

Quanto aos resultados obtidos para as motocicletas, cujos limites de emissões passaram a vigorar em 2002, com a primeira fase do Promot, tal legislação fez com que estes veículos poluíssem 80% do que em 1989, quando “a emissão de uma moto era entre seis e dez vezes pior do que a de um automóvel”, sendo que, no entanto, as motocicletas ainda poluem “duas vezes mais que um automóvel” (Câmara, 2016, p. 52).

Em seu conjunto, documento da CNI/ANFAVEA (2012) cita cinco ganhos tecnológicos e ambientais proporcionados pelo Proconve. O primeiro referente à modernização do parque industrial automotivo do país, o que foi feito via fabricação de produtos de nível internacional, implantação de processos produtivos modernos e o aumento da produtividade. Outro ganho foi a adoção, atualização e desenvolvimento de

novas tecnologias, o que inclui o uso da injeção eletrônica, sistema que substitui o antigo carburador e é responsável por controlar e injetar a quantidade ideal de combustível no motor; do catalisador, equipamento do sistema de escapamento responsável por neutralizar os gases poluentes gerados pela queima de combustíveis, tornando-os menos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente; e dos cânters, filtros de carvão ativado utilizados para coletar os vapores de combustível liberados no tanque do veículo.

O terceiro ganho proporcionado pelo Proconve foi a melhoria da qualidade do combustível, via eliminação do chumbo, redução do enxofre e ampliação do uso de biocombustíveis. A formação de técnicos altamente qualificados foi o quarto ganho citado pela CNI/ANFAVEA (2012), o que proporcionou o desenvolvimento de tecnologia brasileira, o uso de biocombustíveis e o desenvolvimento do sistema *flex fuel*. Por fim, o último ganho citado pelas instituições foi a realização de investimentos tanto na cadeia produtiva, quanto também em novos produtos e em laboratórios de controle. Nota-se assim que tais ganhos tecnológicos e ambientais proporcionam também benefícios econômicos e sociais, via, por exemplo, aumento da competitividade no setor automotivo, redução das emissões e consequente redução nos impactos já provocados à saúde, como mortes precoces e internações devido ao



agravamento das doenças respiratórias (Vormittag & Saldiva, 2017) e redução da expectativa de vida (Greenstone & Fan, 2018).

Na saúde da população também foram notados importantes contribuições com o Proconve, tanto na qualidade do ar como um todo quanto nas repercussões desta, como na quantidade de mortes evitadas e na redução dos custos públicos com o sistema de saúde. Assim, segundo estudo da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) com a consultoria *Environmentality*, de 1996 a 2005 estima-se que 50 mil mortes foram evitadas, em seis capitais brasileiras, devido à implantação do Proconve, o que, por sua vez, provocou uma economia de gastos de 4,5 bilhões de dólares com a saúde pública (Câmara, 2016).

Com a implementação da fase P-8, correspondente à norma europeia Euro 6, para veículos pesados (ônibus e/ou caminhões pesados), a partir de 2023, Vormittag et al. (2019, p. 5) estimam, para o período de 2023 a 2050, 148.048 mortes evitadas ou vidas salvas, “a um custo evitado em perda de produtividades de R\$ 63,4 bi (bilhões de reais) (ou US\$ 221,1 bi)” nas seis regiões metropolitanas brasileiras conjuntamente, a saber, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Curitiba e Porto Alegre. Ademais, tal fase do Proconve evitará, entre 2023 e 2050, 145.295 internações públicas e privadas, o que resultará numa economia de R\$ 539 mi

(milhões) (ou US\$ 1,8 bi) em gastos públicos (Sistema Único de Saúde) e privados (Sistema de Saúde Suplementar), segundo Vormittag et al. (2019). Por fim, o atraso na implementação da fase P-8, de 2020 para 2023, resultará, segundo estimativas dos autores, na morte de 9.939 mil pessoas e 9.732 internações hospitalares, públicas e privadas.

A despeito disso, Abramovay (2012) e Hawken et al. (2007) consideram a indústria automobilística ineficiente e, desde meados da década de 1990, moribunda e isto porque, apesar de sua longa existência, ela não implementou inovações que se reflitam na economia de combustíveis e de materiais, por exemplo, e mesmo quando passou a utilizar materiais mais leves, conforme já discutido, não conseguiu garantir a reciclabilidade dos mesmos (Medina, 2001). A ineficiência energética vem do fato de que pelo menos 80% de toda energia do combustível consumida pelo veículo é perdida, principalmente nas etapas de aquecimento do motor e por meio do escapamento. Assim, somente os 20% restantes de energia é que são, de fato, utilizados para movimentar as rodas do automóvel, sendo que dessa parcela, 95% são responsáveis por mover o automóvel e, portanto, apenas 5% para mover o motorista, respeitando a proporção de seus respectivos pesos. A ineficiência se traduz no fato de que, como 5% de 20% são iguais a 1%, a cada ano os automóveis americanos



estão queimando o seu próprio peso em gasolina, sintetizam Hawken et al. (2007).

No tocante às inovações, a indústria automobilística tornou-se moribunda, segundo Hawken et al. (2007), que corroboram tal adjetivação com a afirmação de Womack (1999, apud Hawken et al., 2007, p.22): “A gente sabe que está em uma indústria estagnada quando a grande inovação do produto, no último decênio, foi acrescentar mais porta-copos”. De fato, a implementação de algumas tecnologias, principalmente ambientais, não são implementadas por iniciativa das próprias empresas, no entanto, regulamentações, como o Proconve e Promot, têm contribuído para pressionar a indústria automobilística a investir em tecnologias limpas e/ou em alternativas que diminuam o consumo de combustível pelos veículos, percepção também evidenciada por Salvo Junior e Souza (2018).

O uso deste tipo de política de comando e controle também é observada em outros países, como na Alemanha, onde segundo Horbach (2008) verificou-se que o principal indutor das inovações ambientais, ou ecoinovações, comparativamente às outras, é a regulamentação, com o mercado tendo pouca influência sobre isso. Por conseguinte, no caso da geração de impactos pela atividade antrópica, ou externalidades negativas (Andrade, 2004; Giambiagi & Além, 2016), é essencial a atuação do Estado, mesmo que, como no caso do Proconve e

Promot, tais programas não sejam capazes de reverter as emissões já geradas nacionalmente e globalmente (Marques, 2023) e nem mesmo de resolver todos os impactos gerados e relatados nesta pesquisa.

Outro fator que pode alterar o montante de emissões veiculares é o tipo de veículo mais consumido pela sociedade, já que esta escolha interfere na autonomia e nível de emissão. Em termos individuais, de acordo com informações da tabela de consumo e eficiência energética de 2025 (INMETRO, 2025), compreendendo 41 marcas e 895 modelos/versões de automóveis, um automóvel de categoria média da marca Chevrolet, modelo Onix, versão MT, motor a combustão 1.0-12V, combustível *flex* e transmissão manual 6 velocidades, possuía autonomia, movido a gasolina, de 13,8 km/l na cidade e 16,9 km/l na estrada e emitia 152 mg/km de monóxido de carbono (CO). Já um automóvel, da mesma marca, também médio, modelo Spin (MY 26.5), versão AT, motor a combustão 1.8L-8V, combustível *flex* e transmissão automática 6 velocidades, possuía autonomia, também movido a gasolina, de 10,1 km/l na cidade e 13,1 km/l na estrada e emitia 800 mg/km de CO, ou seja, tem menor autonomia e emite mais de cinco vezes mais do que o modelo anterior.

Assim, a despeito do decréscimo dos fatores de emissão de gases poluentes dos veículos novos e dos ganhos atingidos pelos avanços tecnológicos, o que no Brasil foi possível a partir do Proconve e Promot, outras variáveis,



como a utilização do diesel no transporte público, o aumento da frota de veículos, em particular de veículos um pouco mais potentes e pesados, como os modelos conhecidos como SUV (da sigla em inglês *Sport Utility Vehicle*) e modelos esportivos, podem aumentar, no longo prazo, as emissões no país. Soma-se a este cenário a intensidade de utilização do transporte individual pela população, o que aumentam os congestionamentos das vias e consequentemente as emissões (Resende & Sousa, 2009), e resulta em baixa eficiência já que, segundo estimativa da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2014), cada automóvel transportava apenas 1,5 passageiro em 2012. Ademais, outros impactos socioeconômicos e ambientais ainda continuam sendo gerados, tais como geração de resíduos, poluição visual e sonora, contribuição para as alterações climáticas, estresse, entre outros.

6. Considerações Finais

De inegável importância para as sociedades, os veículos automotores rodoviários, no entanto, geram e contribuem para distintos impactos, o que inclui a poluição atmosférica, sonora e visual, além também de congestionamentos e da geração de resíduos sólidos, alguns de difícil separação e reciclabilidade. As consequências de tais impactos, por sua vez, são sentidas tanto nas atividades econômicas, via redução na

produtividade e produção, como na saúde da população e dos ecossistemas como um todo, tais como aumento do estresse, adoecimento, mortalidade, mudanças climáticas, entre outras.

Ainda que não resolva todos os impactos gerados, mesmo porque alguns nem são mensurados, no Brasil, os programas Promot e Proconve, implantados via regulamentação, foram essenciais para a redução das emissões veiculares, visto que mesmo com a frota brasileira de veículos automotores rodoviários aumentando 2,5 vezes desde 1986, as emissões de monóxido de carbono foram três vezes menores em 2016, segundo pesquisa citada por Câmara (2016). Além disso, outros ganhos foram a modernização do parque industrial brasileiro, adoção de novas tecnologias, como o uso de injeção eletrônica, melhora da qualidade do combustível, o que inclui a ampliação do uso de biocombustíveis, e especificamente na área da saúde, as quantidades de mortes evitadas e a economia dos gastos públicos, o que só foi possível devido à drástica redução nas emissões mesmo diante do aumento da frota. Para a saúde também foram observados ganhos, como mortes evitadas e redução nas internações hospitalares, e consequente redução de gastos públicos e privados (Vormittag et al., 2019).

A despeito de tais reduções nas emissões, a implementação de novas tecnologias pela própria indústria automotiva não é percebida por Abramovay (2012) e Hawken et al. (2007)



como realmente relevantes em termos de eficiência e de economia de combustíveis e de materiais. Dito de outra forma, o efeito escala e fatores como o aumento da frota de veículos (em alguns casos de veículos mais potentes e pesados), o uso predominante de combustíveis fósseis na indústria automobilística nacional e internacional, bem

como o envelhecimento da frota, a priorização do transporte individual em detrimento do transporte coletivo, entre outros e em resumo, a insustentabilidade em seu consumo, exercem pressão cada vez maior para o aumento das emissões.

Referências

ABIPÊÇAS/SINDIPEÇAS (2025). Relatório da Frota Circulante: Edição de 2025. Associação Brasileira da Indústria de Autopeças e o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. (2025).

https://sindipecas.org.br/uploads/documentos/1745606295_Relatorio%20da%20frota%20circulante%20-%20abril25.pdf

Abramovay, R. (2012). Muito além da economia verde. Abril.

Alcantara, V. C. G. de., Silva, R. M. C. A., Pereira, E. R., Silva, D. M. da., & Flores, I. P. (2020). O trânsito urbano e os fatores estressantes percebidos por motoristas de ônibus: estudo fenomenológico. *Revista Enfermagem UERJ*, 28, e44289. <https://doi.org/10.12957/reuerj.2020.44289>

Andrade, E. C. (2004). Externalidades. Em: Biderman, C., & Arvate, P. (Org.). *Economia do Setor Público no Brasil*. Elsevier.

ANTP (2014). Informações da Mobilidade Urbana (SIMOB): Relatório Geral 2012. Associação Nacional de Transportes Públicos. Sistema de http://antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf

Bertini, R. L. (2005). You are the traffic jam: an examination of congestion measures. Em:

85th Annual meeting of the transportation research board. Washington, DC.

BRASIL (1993). Lei nº 8.723 de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissões de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. Presidência da República.

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm

Câmara, J. B. D (2016). Avaliação dos impactos econômicos e dos benefícios socioambientais do Proconve. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Edições Ibama. <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/LI VROPROCONVEDIGITAL.pdf>

Cánepa, E. M. (2018). Economia da poluição. Em: MAY, P.H. (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. Elsevier.

Castro, N. (2013). Mensuração de externalidades do transporte de carga brasileiro. *Journal of Transport Literature*, 7(1), p. 163-181. <https://www.scielo.br/j/jtl/a/7r3cXLXqLwZZFXfGjS39jG/abstract/?lang=pt>

Cechin, A (2018). Fundamento Central da Economia Ecológica. In: May, P.H. (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. (2a edição). Elsevier.



CETESB (2016). Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2015. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/Relatorio-Emissoes-Veiculares-2015-v4_.pdf

CETESB (2024). Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2023. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2024/11/Relatorio-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo-2023.pdf>

Cintra, M. (2008). Os custos do congestionamento na capital paulista. *Revista Conjuntura Econômica*.

CNI/ANFAVEA (2012). Indústria Automobilística e Sustentabilidade: encontro da Indústria para a Sustentabilidade. Confederação Nacional da Indústria/Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Cadernos setoriais Rio +20. https://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/09/23/4970/20131002175420378115i.pdf

CONAMA. Resolução nº 493, de 24 de junho de 2019. Conselho Nacional do Meio Ambiente. https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=785

Dechezleprêtre, A.; Neumayer, E.; Perkins, R. (2015). Environmental regulation and the cross-border diffusion of new technology: evidence from automobile patents. *Research Policy*, 44 (85). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.07.017>

DOWNS, A. (2004). Still stuck in traffic: coping with peak-hour congestion. Washington, DC: Brookings Institution Press. <https://www.jstor.org/stable/10.7864/j.ctt1vjqp rt>

EEA (2020). Air quality in Europe – 2020 report. European Environment Agency.

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/air-quality-in-europe-2020-report>

Garcia, I., & Felix, L. (2025). Proconve L8: nova lei de emissões muda, e muito, os carros brasileiros. *Revista Auto esporte*. <https://autoesporte.globo.com/setor-automotivo/industria-automotiva/noticia/2025/01/proconve-l8-nova-lei-emissoes-carros-brasileiros.ghml>

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy law and the economic process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Giambiagi, F., & Além, A. C. (2016). *Finanças Públicas: teoria e prática no Brasil*. Elsevier.

Greenstone, M., & Fan, C. Q. (2018). Introducing the Air Quality Life Index: Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy. *Air Quality Life Index*. <https://static1.squarespace.com/static/569711e642f552f123ce31d2/t/5cabcd8de2c483c59ff13bc3/1554763168401/AQLI-Annual-Report-V13.pdf>

Haddad, E. A., & Vieira, R. S. (2015). Mobilidade, acessibilidade e produtividade: nota sobre a valoração econômica do tempo de viagem na região metropolitana de São Paulo. *Revista de Economia Contemporânea*, 19(3). <https://doi.org/10.1590/198055271931>

Hawken, P., Lovins, A., & Lovins, L.H. (2007). *Capitalismo natural: criando a próxima revolução industrial*. Cultrix.

Horbach, J. (2008). Determinants of environmental innovation: new evidence from German panel data sources. *Research Policy*, 37(1). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.08.006>

IBAMA. (2022). Programa de controle de emissões veiculares (Proconve). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e->



residuos/emissoes/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve

IBAMA. (2024). Proconve resulta em ganhos ambientais no controle da qualidade do ar. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/proconve-resulta-em-ganhos-ambientais-no-controle-da-qualidade-do-ar#:~:text=As%20fases%20atualmente%20em%20vigor,Saiba%20mais:>

INMETRO. (2025). Tabela de Consumo/Eficiência Energética. Instituto Nacional De Metrologia, Qualidade E Tecnologia. <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>

Kiperstok, A. (2000). Tendências ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidades de negócio. *Revista Nexos* (UFBA), Salvador.

Marques, L. (2023). O decênio decisivo: propostas para uma política de sobrevivência. *Elefante*.

Medina, H. V. de. (2001). Inovação em materiais na indústria automobilística. CETEM/MCT. Série Estudo & Documentos. https://www.cetem.gov.br/antigo/series/serie-estudos-e-documentos/item/download/273_a2b51014402b33ca5d38bb219d3879c6

Observatório do Clima. (2023). Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2021. <https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2023/04/SEEG-10-anos-v5.pdf>

Resende, P. T. V. de, & Sousa, P. R. de. (2009). Mobilidade Urbana nas Grandes Cidades Brasileiras: Um Estudo Sobre os Impactos do Congestionamento. *Caderno de*

Ideias CI0910. Fundação Dom Cabral. https://www.researchgate.net/publication/377075826_CADERNO_DE_IDEIAS_CI0910_MOBILIDADE_URBANA_NAS_GRANDES_CIDADES_BRASILEIRAS_UM_ESTUDO SOBRE_OS_IMPACTOS_DO_CONGESTIONAMENTO

Sá, L. S., & Sampaio, L. R. (2022). Qualidade do sono, estresse e qualidade de vida em motoristas profissionais. *Revista de Ciências e Psicologia do Trabalho*, 42. <https://doi.org/10.1590/1982-3703003236404>

SALVO JUNIOR, O., & SOUZA, M. T. S. de. (2018). A regulamentação como indutora de tecnologias ambientais para a redução de emissões tóxicas em veículos leves no Brasil. *Cadernos EBAPE.BR*, v. 16, nº 4, Rio de Janeiro, out./dez. 2018. <https://doi.org/10.1590/1679-395164314>

SOUZA, K. R. de. (2017). Estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas e sua relação com a saúde. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. doi:10.11606/T.11.2018.tde-15032018-101122.

UNEP. (2015). Our Planet: healthy planet, healthy people. United Nations Environment Programme. http://apps.unep.org/publications/pmtdocuments/-Our_Planet_Healthy_planet_healthy_people-2015Our_Planet_May_2015_fa.pdf.pdf

Vormittag, E. M. P. A., & Saldiva, P. H. N. (2017). Qualidade do ar no estado de São Paulo 2015 sob a visão da saúde. Instituto Saúde e Sustentabilidade. http://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/08/Cetesb_Saude_FIN_AL_4_WEB.pdf

Vormittag, E. M. P. A., André, P. A. de, Delgado, J. A. S., Rodrigues, P. F., & Saldiva, P. H. N. (2019). Avaliação do impacto da



implementação da fase P-8 do PROCONVE para a frota de veículos pesados na saúde pública com sua respectiva valoração econômica em seis regiões metropolitanas brasileira. Instituto Saúde e Sustentabilidade & Instituto Clima e Sociedade. <https://institutoar.org.br/wp-content/uploads/2025/09/instituto-ar-publicacoes-impactos-do-proconve-na-saude.pdf>