



Impactos ambientais e econômicos advindos da renovação de frota no transporte rodoviário de cargas no Brasil

Resumo

À medida que o país vem avançando nas fases do Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve), implementado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) em 1986, os veículos têm se tornado cada vez mais eficientes e menos poluentes. Por isso, esse Programa tem um papel fundamental para o transporte rodoviário, pois seus objetivos visam à promoção da sustentabilidade ambiental e à inovação do parque automobilístico e das formas de medição de emissões de poluentes no país.

Neste contexto, esta edição do **Transporte em Foco** mostra o potencial de redução de emissões no Brasil mediante investimentos orientados à renovação da frota de caminhões. O estudo evidencia diferentes cenários que demonstram ganhos ambientais e o volume de recursos necessários para viabilizá-los. A renovação de frota pode gerar um ganho ambiental significativo para a qualidade do ar, de até 86,3%, a depender do investimento no setor.

1. Introdução

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) foi instituído a partir da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama nº 118, de 06 de maio de 1986¹, com os objetivos de: a) reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores; b) promover o desenvolvimento tecnológico na engenharia automobilística e dos métodos e

equipamentos para ensaios e medições das emissões de poluentes; c) criar cronogramas para a inspeção e a manutenção dos veículos automotores; d) fomentar a conscientização sobre a poluição do ar; e e) viabilizar a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos disponíveis para a frota nacional.

¹ Segundo Ibama (2021). Disponível em: ibama.gov.br/programasilencio/118-emissao-e-residuos/emissoes/veiculos-automotores/720-programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve. Acesso em: 24 jul. 2024.

2. Desafios da qualidade do ar

2.1. Principais gases da atmosfera

Os gases do efeito estufa (GEE) são importantes para regular a temperatura do planeta Terra, tornando-o habitável. Essa manutenção do clima ocorre mediante a retenção de energia proveniente do Sol². Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCCC)³, a emissão em excesso de GEE desequilibra a quantidade de energia mantida no planeta, causando mudanças climáticas e seus eventos extremos, como chuvas em excesso, ondas de calor, deslizamentos de terra, vendavais e escassez hídrica.

O dióxido de carbono (CO₂) é um dos principais gases de efeito estufa, emitido pela queima de combustíveis fósseis. A sua quantidade na atmosfera pode aumentar com o desmatamento de florestas, que leva à redução da cobertura vegetal no planeta e compromete a sua capacidade de absorção deste gás.

Outros GEE emitidos pela atividade humana são o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os

hidrofluorcarbonetos (HFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆)⁴.

O CH₄ tem potencial de aquecimento do planeta 27 vezes maior do que o CO₂. No caso do N₂O, ele é 273 vezes mais “aquecedor” na atmosfera que a mesma quantidade de CO₂. Desse modo, visando quantificar as emissões de GEE com diferentes potenciais de aquecimento global em uma única medida, é utilizado, como padrão, o termo dióxido de carbono equivalente (CO_{2e})⁵.

Neste contexto, os gases e as partículas poluentes, ao serem inaladas, causam danos graves à saúde humana, além de provocar problemas ambientais como o aquecimento de microclimas. Atualmente, há sete poluentes atmosféricos regulados no Brasil: partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP₁₀), fumaça preta, dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O₃). Alguns desses também podem ter efeitos climáticos, sendo considerados gases de efeito estufa indiretos, como o CO, o NO₂ e o O₃⁶.

2.2. Impactos da poluição na saúde humana

Existem desafios sociais complexos que envolvem a saúde humana quando se trata da poluição atmosférica. Isto porque muitos órgãos do corpo podem ser afetados pela inalação de contaminantes presentes no ar

que, a depender da duração de tempo e recorrência, se tornam altamente prejudiciais ao trabalhador do setor de transporte e à população em geral⁷. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), algumas doenças

² Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA (2022). Disponível em: energiaambiente.org.br/qual-a-diferenca-entre-gases-de-efeito-estufa-e-poluente-atmosfericos-20220511. Acesso realizado em: 24 jul. 2024.

³ Painel Intergovernamental de Mudança Climática – IPCC (2022). Disponível em: ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf. Acesso em: 02 ago. 2024.

⁴ Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas da Unicamp. Disponível em: alcscens.cpa.unicamp.br/abc/abc/18-gases-de-efeito-estufa-gee. Acesso realizado em: 01 ago. 2024.

⁵ Greenhouse Gas Protocol (2024). *Global Warming Potential Values - AR6 values*. Disponível em: ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf. Acesso realizado em: 06 set. 2024.

⁶ Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA (2022). Disponível em: energiaambiente.org.br/qual-a-diferenca-entre-gases-de-efeito-estufa-e-poluente-atmosfericos-20220511. Acesso em: 24 jul. 2024.

⁷ Instituto de Recursos Mundiais – WRI (World Resources Institute). Disponível em: shorturl.at/4DaXj. Acesso realizado em: 31 jul. 2024.

são ocasionadas em decorrência da exposição constante aos agentes nocivos presentes no ar, como derrames, doenças cardíacas, doenças pulmonares, problemas respiratórios, desenvolvimento de cânceres, diabetes, comprometimentos cognitivos e doenças neurológicas.

Ainda de acordo com a OMS, os impactos mais nocivos à saúde humana em decorrência da

poluição do ar podem ser sentidos cronicamente em crianças, gestantes e idosos, sendo, em alguns casos, a depender do acometimento e do tempo de exposição às substâncias tóxicas, letais à vida⁸.

3. Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve)

O Proconve, instituído pelo Ibama, tem evoluído no Brasil por meio de fases que, gradativamente, estabelecem limites máximos cada vez mais restritivos de

emissões de poluentes e, também, de ruídos para os veículos leves e pesados dos ciclos Otto e diesel fabricados e/ou comercializados no país.

3.1. Principais metas ambientais por fase do Proconve

1989 – P1

A primeira fase do Programa (P1), instituída para todos os veículos pesados a diesel, ocorreu em 1989, mediante a Resolução Conama nº 18/1986. Essa fase tinha como objetivo a redução das emissões de material particulado (MP) dos veículos pesados em 20% e de óxido de nitrogênio (NO_x) em 12% em relação aos veículos anteriores à P1. O método utilizado para a redução foi a realização da recalibragem dos sistemas de injeção de combustível.

1996 – P2

A segunda fase do Programa (P2), instituída pela Resolução Conama nº 08/1993, tinha como principal meta impor limites relacionados aos ruídos produzidos pelos veículos em aceleração e enquanto parados, e estabeleceu diretrizes mais claras sobre o

processo de inspeção veicular do ciclo diesel.

2000 – P3

A terceira fase do Programa (P3), também determinada pela Resolução Conama nº 08/1993 e integralmente implementada em 2000, estabeleceu os limites de emissão de gases poluentes e de enxofre, tornando-os mais restritivos em relação às fases anteriores. Desta maneira, os fabricantes dos veículos precisaram realizar mudanças para adaptação aos novos limites de emissão, com a adoção de tecnologias como o *intercooler*⁹ e motores turbo.

2002 – P4

A quarta fase do Programa (P4) foi preconizada pela Resolução Conama nº 08/1993, confirmada pela Resolução Conama nº 226/1997 e completamente instituída para caminhões e ônibus em 2002. Nesta etapa, os limites de emissão foram

⁸ Organização Mundial da Saúde – OMS (2024). Disponível em: [who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-energy-and-health/health-impacts](https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-energy-and-health/health-impacts). Acesso realizado em: 24 jul. 2024.

⁹ De acordo com Lima (2018), o *intercooler* é um componente responsável por permutar calor, a fim de aprimorar a performance do motor, aumentando a sua eficiência energética e, portanto, a autonomia veicular.

reduzidos em 28% em relação à fase anterior.

2006 – P5

A quinta fase do Programa (P5), instituída em 2006 pela Resolução Conama nº 315/2002, representou a busca por acordos entre montadoras e refinarias para implementar inovações com o foco na otimização dos combustíveis e motores que passaram a contar com injeção eletrônica de alta pressão. Nesta fase, surgiram os motores eletrônicos.

Não aplicável – P6

A fase P6, cujo início estava previsto para 2009, não foi implementada no Brasil. Isso ocorreu pois era necessária a utilização de diesel com baixo teor de enxofre, que o país não dispunha na época. Assim, houve o avanço direto da fase P5 para a P7.

2012 – P7

A sétima fase do Programa (P7), iniciada em 2012, mediante a Resolução Conama nº 403/2008, e vigente até o final de 2022, teve por objetivo a redução em 60% das emissões de NO_x, um dos principais gases responsáveis por danos à saúde humana e ocorrência das chuvas ácidas.

Para o cumprimento dos limites preconizados nesta fase, foram adotados dois sistemas de pós-tratamento de gases distintos. A tecnologia consistiu na utilização do sistema de redução catalítica seletiva (*selective catalytic reduction* – SCR), que necessita, para seu correto funcionamento, do uso do Agente Redutor Líquido Automotivo (ARLA 32), capaz de reduzir em até 98% as emissões de NO_x.

A segunda opção foi o sistema de recirculação de gases de escape (*exhaust*

gas recirculation – EGR), que também leva à redução de NO_x e de materiais particulados¹⁰. Nessa fase, passou a ser exigida a utilização obrigatória do combustível do tipo S10 para ambas as tecnologias. Este diesel possui, apenas, 10 partes por milhão de teor de enxofre, valor menor que o diesel comercial S500, que contém 500 partes por milhão de enxofre.

2023 – P8

A oitava fase do Programa (P8) foi instituída pela Resolução Conama nº 490/2018 e iniciada em 2022 apenas para modelos novos de veículos e, em 2023, aplicada para todos os modelos existentes. Ela corresponde à norma europeia Euro VI, que entrou em vigor oito anos antes da brasileira, sendo estabelecida pelo Regulamento da Comissão Europeia nº 595/2009 e complementada pelo Regulamento da União Europeia nº 582/2011.

Esta fase é conhecida como a mais avançada para os veículos pesados a combustão do ciclo diesel. Seus sistemas de motores combinam as tecnologias de pós-tratamento dos gases e partículas, utilizadas na fase P7 (SCR e EGR)¹¹. Como resultado, houve uma redução das emissões de NO_x em 80% e de 50% para MP, ambas porcentagens em relação à fase anterior (P7).

O **Infográfico 1**, mais adiante, apresenta, em uma linha temporal, as fases de implementação do Proconve e seu tempo de vigência no Brasil. Nota-se que a etapa que mais demorou para ser alterada no país foi a fase P7, iniciada em 2012 e finalizada somente em 2022.

¹⁰ CNT (2018). Disponível em: despoluir.org.br/cartilhas. Acesso em: 19 jul. 2024.

¹¹ CNT (2020), Caderno CNT de Perguntas e Respostas da fase P8 do Proconve. Disponível em: cdn.cnt.org.br/diretorioVirtual/0e8733db-0f86-47c2-856b-f296b1a8573f.pdf. Acesso em: 01 ago. 2024.

Infográfico 1: Fases do Proconve e anos de início de sua implementação no Brasil



Fonte: Elaboração CNT, com base nas resoluções do Conama.

Nota: Considera-se que as fases do Proconve iniciaram, apenas, no ano em que a tecnologia passou a ser 100% comercializada para todos os modelos no Brasil.

3.2. Limites de emissões de poluentes estabelecidos pelo Proconve

Em cada fase do Proconve foram estabelecidos limites máximos de poluentes, conforme determinado pelas resoluções do Conama e demonstrado na **Tabela 1**. Para a melhor compreensão dos

dados listados, é importante esclarecer que foi considerado que as fases iniciaram apenas no ano em que a tecnologia passou a ser 100% comercializada para todos os modelos de veículos no Brasil.

Tabela 1: Limites máximos das emissões por fases do Proconve para veículos pesados

Fase do Proconve	Anos em que a fase foi totalmente implementada	Limite máximo previsto por fase			
		CO (mg/kWh)	THC (mg/kWh)	NO _x (mg/kWh)	MP (mg/kWh)
P1	1989	14.000	3.500	18.000	-
P2	1996	11.200	2.450	14.400	600
P3	2000	4.900	1.230	9.000	400 ou 700
P4	2002	4.000	1.100	7.000	150
P5	2006	2.100	660	5.000	100 ou 130
P7	2012	1.500	460	2.000	20
P8	2023	1.500	130	400	10

Fonte: Elaboração CNT, com base em resoluções do Conama e do MMA.

Notas: Os limites dos poluentes informados na fase P1 e apenas para material particulado na fase P2 não foram exigidos legalmente¹². Na fase P3, o limite de 700 mg/kWh de MP foi definido para motores até 85 kW de potência. Já para veículos acima de 85 kW, o limite de emissão foi de 400 mg/kWh. Na fase P5, o limite determinado para o MP foi de 130 mg/kWh para motores com cilindrada unitária inferior a 0,75 dm³ e rotação nominal superior a 3 mil rotações por minuto (RPM). Para os demais motores da mesma fase, o limite era de 100 mg/kWh.

A partir dos limites representados na **Tabela 1**, é possível observar, no conjunto de **Gráficos 1 a 4**, uma ampla redução dos níveis máximos permitidos para cada poluente a partir da evolução de fases do

Proconve. Veículos de 2022 (P8) reduzem, em média, 95% das emissões de gases

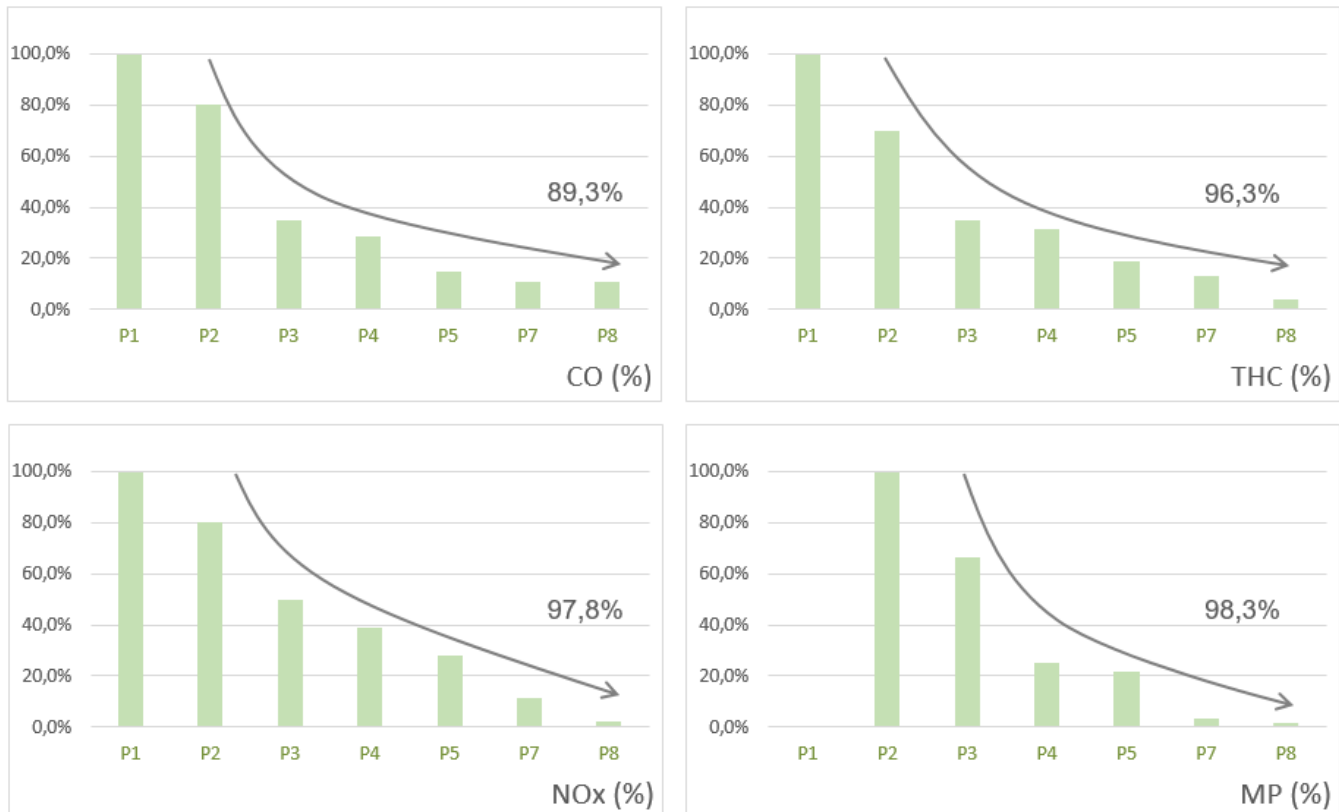
¹² Ministério do Meio Ambiente (MMA, s/d). Proconve: Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores. Disponível em: antigo.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf. Acesso realizado em: 02 ago. 2024.

poluentes em comparação com os veículos de fases mais antigos.

Destaca-se, ainda, a redução expressiva de mais de 98% nas emissões de MP em veículos da fase P8 comparados com os da fase P2. Essa redução é especialmente

positiva, pois esse poluente está associado a doenças respiratórias e, em casos mais graves, ao câncer de pulmão. Os veículos da fase P8 reduzem 89,3% de CO, 96,3% de hidrocarbonetos (THC) e 97,8% de NO_x em relação à fase P1.

Conjunto de Gráficos 1 a 4: Redução dos limites de emissões ao longo das fases do Proconve (P1 a P8) para veículos pesados, por poluente



Fonte: Elaboração CNT, com base em resoluções do Conama e do MMA.

Nota: Os limites de poluentes da fase P1 (para CO, THC e NO_x) foram definidos pelo Ibama, sem exigência legal¹³. No caso de MP, o limite de emissão passou a ser definido na fase P2, com exigência legal da fase P3 em diante.

4. Renovação de frota

O segmento rodoviário de cargas é protagonista na matriz de transporte brasileira, sendo responsável por 65% da movimentação de produtos e insumos no país e contando com 1.290.645 caminhões cadastrados no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC). A média de idade dessa frota

supera 15 anos, podendo alcançar até 22,20 para os transportadores autônomos¹⁴.

Dado o contexto da idade média da frota nacional, é fundamental o avanço de programas que estimulem a renovação de frota visando à substituição de veículos com tecnologias defasadas e poluidoras

¹³ Segundo Ministério do Meio Ambiente (MMA, s/d). Disponível em:

antigo.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf. Acesso realizado em: 18 jul. 2024.

¹⁴ ANTT (2024). RNTRC em números. Disponível em: shorturl.at/I6VMZ. Acesso realizado em: 01 ago. 2024.

por frotas que possuem inovações automotivas mais limpas, de maneira a promover a redução da emissão de poluentes e a melhoria da qualidade do ar e da saúde humana.

Tal renovação é primordial sob o aspecto financeiro, pois veículos mais novos levam a ganhos econômicos importantes ao setor, pois tendem a reduzir os custos de manutenção e promovem a eficiência energética da atividade transportadora,

diminuindo o consumo de combustíveis fósseis.

Além de ganhos ambientais e financeiros, não se pode deixar de mencionar as melhorias sociais advindas da atualização da frota nacional, como o aumento da segurança viária, uma vez que veículos mais novos são fabricados com atualizações embarcadas que aprimoram os sistemas de bordo e sinalizadores de alertas – implementos inteligentes que contribuem com a redução de acidentes rodoviários.

4.1. Perfil da frota nacional em relação às fases do Proconve

A **Tabela 2** demonstra a quantidade de caminhões e seus respectivos percentuais de participação por fase do Proconve, segundo registros do RNTRC.

Observa-se que quase 55% da frota nacional, ou seja, mais da metade dos veículos circulantes no país, possui tecnologias embarcadas correspondentes até a fase P5.

No **Gráfico 5**, consta o número de caminhões registrados no RNTRC, discriminados por ano de fabricação, sendo a curva azul escura a representação que contempla a somatória de todos os caminhões circulantes no país. Já as demais curvas – de cor azul clara, laranja e roxa – expressam o número de veículos por

categoria do transporte rodoviário: Empresas do Transporte de Cargas (ETC), Transporte Autônomo de Cargas (TAC) e Cooperativas de Transporte de Cargas (CTC).

Neste contexto, o **Gráfico 5** exprime que grande parte dos veículos antigos se concentra na categoria de autônomos, enquanto os de fases mais recentes (P7 e P8) pertencem, em grande parte, às empresas do transporte de cargas. Isso pode ser justificado pelo alto valor dos veículos mais modernos, o que gera aos operadores de pequeno porte uma grande barreira financeira para a sua aquisição.

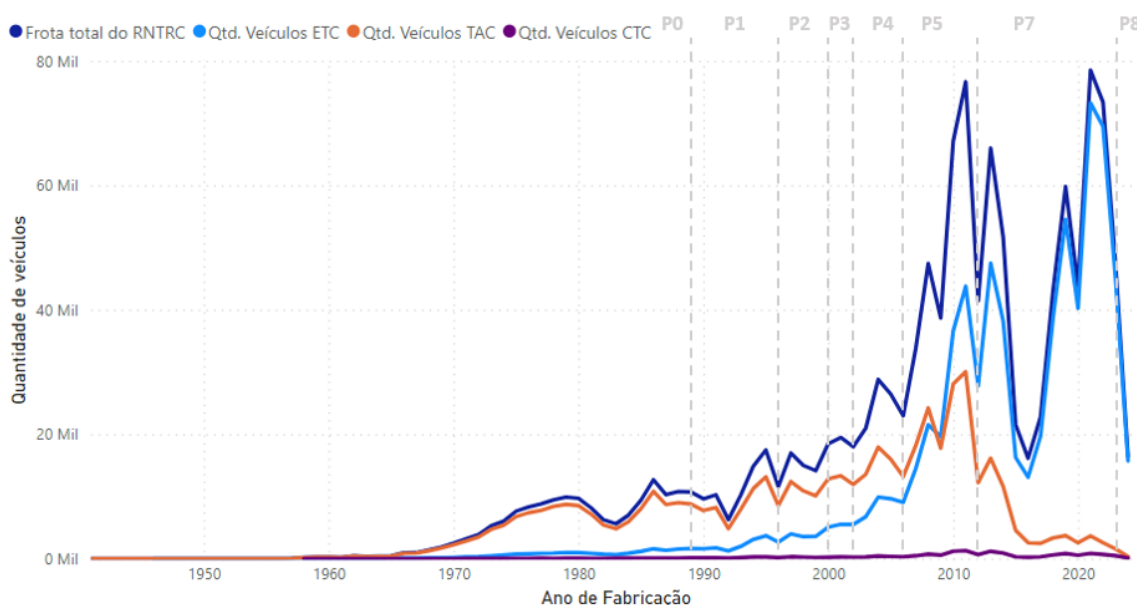
Tabela 2: Quantidade de veículos, % em relação à frota nacional e % acumulado de veículos por fase do Proconve e seu período de vigência

Fase do Proconve	Período de vigência das fases do Proconve	Quantidade de veículos por fase do Proconve	Participação de veículos em relação à frota total	% acumulado de veículos por fase do Proconve
Anterior a P1 (P0)	-	152.491	11,8%	11,8%
P1	1989-1995	79.494	6,2%	18,0%
P2	1996-1999	57.691	4,5%	22,4%
P3	2000-2001	37.971	2,9%	25,4%
P4	2002-2005	94.188	7,3%	32,7%
P5	2006-2011	286.631	22,2%	54,9%
P7	2012-2022	518.312	40,2%	95,1%
P8	2023-presente	63.867	4,9%	100,0%
Total	-	1.290.645	100,0%	-

Fonte: Elaboração CNT, com base nas resoluções Proconve do Conama e nos dados do RNTRC (2024).

Notas: Na contabilização de veículos foram considerados caminhões leves, simples, trator e trator especial. Os veículos P0 compreendem àqueles fabricados em data anterior à implementação da fase P1 do Proconve. Além disso, considera-se que as fases do Proconve começaram, apenas, no ano em que a tecnologia passou a ser 100% comercializada para todos os modelos no Brasil.

Gráfico 5: Número de veículos ativos registrados por categoria por fase do Proconve



Fonte: Elaboração CNT, com base nos dados do RNTRC (2024).

Notas: Os veículos considerados neste gráfico incluem caminhão leve, caminhão simples, caminhão-trator e caminhão-trator especial. Os veículos P0 compreendem àqueles fabricados em data anterior à implementação da fase P1 do Proconve. Além disso, foi considerado que as fases do Proconve iniciaram, apenas, no ano em que a tecnologia passou a ser 100% comercializada para todos os modelos no Brasil.

Ao se observar os limites de emissão por fase do Proconve da **Tabela 1** e os percentuais de veículos antigos indicados na **Tabela 2**, fica evidente a importância de impulsionar a modernização da frota nacional, a fim de promover ganhos ambientais importantes para a melhoria da qualidade do ar e da saúde humana. Para isso, é primordial que ocorra investimentos orientados à renovação da frota. Contudo, um dos maiores entraves é o

desenvolvimento de políticas públicas de incentivo econômico para acelerar esse processo, visando a descarbonização do setor transportador. Sob essa perspectiva, a próxima seção traz a análise de diferentes cenários de renovação de frota de caminhões que demonstram os ganhos ambientais e estimam o volume de recursos financeiros necessários para a sua viabilização.

5. Projeção de cenários

5.1. Método

O estudo teve como premissa a identificação da frota rodoviária brasileira do segmento de cargas contemplando as categorias caminhões leves, simples, trator e trator especial. Atrelado a isso, foram realizadas projeções de cenários com base em dados públicos e no quantitativo de veículos disponível no RNTRC da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

As análises ambientais visam demonstrar diferentes alternativas que objetivam à descarbonização do transporte rodoviário de cargas por meio da renovação de frota. Para isso, foi feito um levantamento minucioso referente aos limites máximos de emissões de poluentes previstos em cada fase do Proconve, considerando o CO, o NO_x, o MP e o teor de THC.

Em seguida, foram elaboradas projeções de renovação de frota que compreendem a substituição de todos os veículos fabricados até uma certa fase do Proconve por seus similares da fase P8, conforme apresenta o **Infográfico 2**. Dessa forma, o cenário “P0→P8” propõe a substituição de veículos anteriores aos contemplados na fase P1 para os de fase P8. Já a conjuntura “até P1 → P8” considera a troca de todos os veículos fabricados até o final da vigência da fase P1

para os da fase P8, incluindo os apresentados no cenário “P0→P8”.

Com base nos dados do RNTRC que apresentam uma fotografia da situação atual no que tange aos caminhões circulantes discriminados por ano de fabricação (**Gráfico 5**) e os limites de poluentes para as fases do Proconve (**Tabela 1**), foi calculada a redução percentual de emissão de cada poluente mencionado na citada tabela para os diferentes cenários propostos comparados com a situação atual. Ressalta-se que foram utilizados os limites da fase P1 também para os veículos fabricados antes de sua implementação (“P0”), uma vez que não havia valores de referência de emissões de poluentes para caminhões fabricados em anos anteriores a 1989.

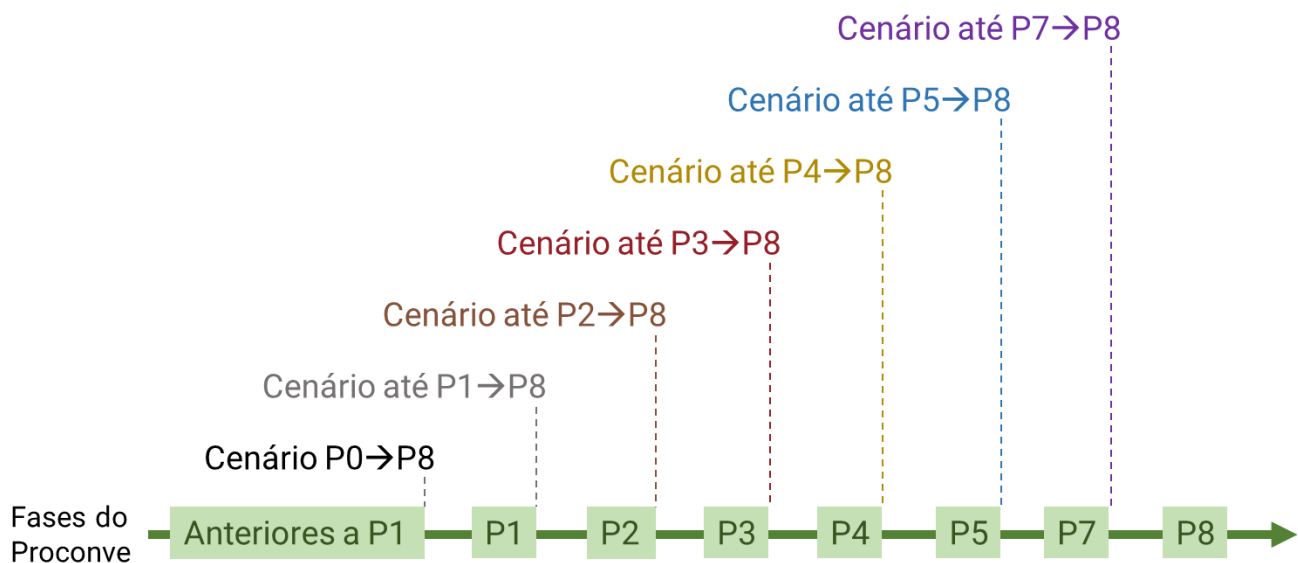
Para determinar os ganhos ambientais das alternativas propostas, foi calculada a média percentual de redução dos poluentes por cenário, demonstrado na próxima seção.

Adicionalmente, foi estimada a necessidade de recursos financeiros para a renovação de frota, considerando a substituição dos veículos de cada fase do Proconve por um similar novo (zero quilômetro), de mesma categoria e capacidade de transporte, utilizando o preço de referência do mês de agosto de

2024. Foram levantados os veículos mais vendidos em junho de 2023 para cada uma das categorias (leve, simples, trator e trator especial), conforme dados da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (Fenabrave), e, a partir disso, obtidos os preços de veículos compatíveis em anos anteriores. Os valores foram consultados na Tabela Fipe (Fundação

Instituto de Pesquisas Econômicas), que expressa preços médios de veículos anunciados pelos vendedores no mercado nacional e é utilizada como parâmetro para as negociações. Os preços efetivamente praticados variam conforme o estado de conservação e características do veículo e a região.

Infográfico 2: Cenários de substituição de caminhões de acordo com as fases do Proconve



Fonte: Elaboração CNT, com base nas fases do Proconve estipuladas nas resoluções do Conama.

5.2. Análise de cenários

O **Gráfico 6** demonstra a redução de emissões dos poluentes (CO, THC, NO_x e MP) nos diferentes cenários propositivos de renovação de frota. O poluente que obteve a maior diminuição frente à situação atual em todas as projeções avaliadas foi o material particulado, que variou de 37,1% a 94,7%.

É importante mencionar que altos níveis de concentração de MP podem contribuir sobremaneira com a incidência de problemas cardiorrespiratórios, como arritmias, inflamações ou até a doenças como câncer de pulmão, em casos mais graves¹⁵. Assim, a renovação de frota pode potencialmente reduzir a incidência de

internações hospitalares atreladas a inalação de poluentes como o MP.

Ainda sobre o mesmo **Gráfico 6**, nota-se que o indicador denominado ganho ambiental (representado pela linha tracejada) variou da média de 33,5% (P0 → P8) a 86,3% (até P7→P8). Apesar do alto ganho observado no cenário “até P7 → P8” comparado com os demais, é importante dimensionar o esforço econômico necessário para o atingimento

¹⁵ EPA (2024). Disponível em: epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm. Acesso realizado em: 26 ago. 2024.

desse ganho, mediante a quantidade de veículos que precisariam ser renovados.

Sob essa perspectiva, o **Gráfico 7** ilustra o ganho ambiental (linha verde) para cada quantitativo acumulado de veículos (indicados nas barras azuis) a serem substituídos por caminhões mais novos.

Para reduzir a emissão média de poluentes em 33,5%, conforme apresenta a projeção “P0→P8”, seria necessária a substituição de 152.491 veículos, o que corresponde a 11,8% da frota analisada. O cenário “até P1 → P8”, por sua vez, prevê uma redução média de emissões de 51,0% ao trocar 231.985 veículos, o que significa um aumento de ganho na qualidade do ar de 17,5% mediante a adição de 79.494 caminhões em relação ao cenário anterior.

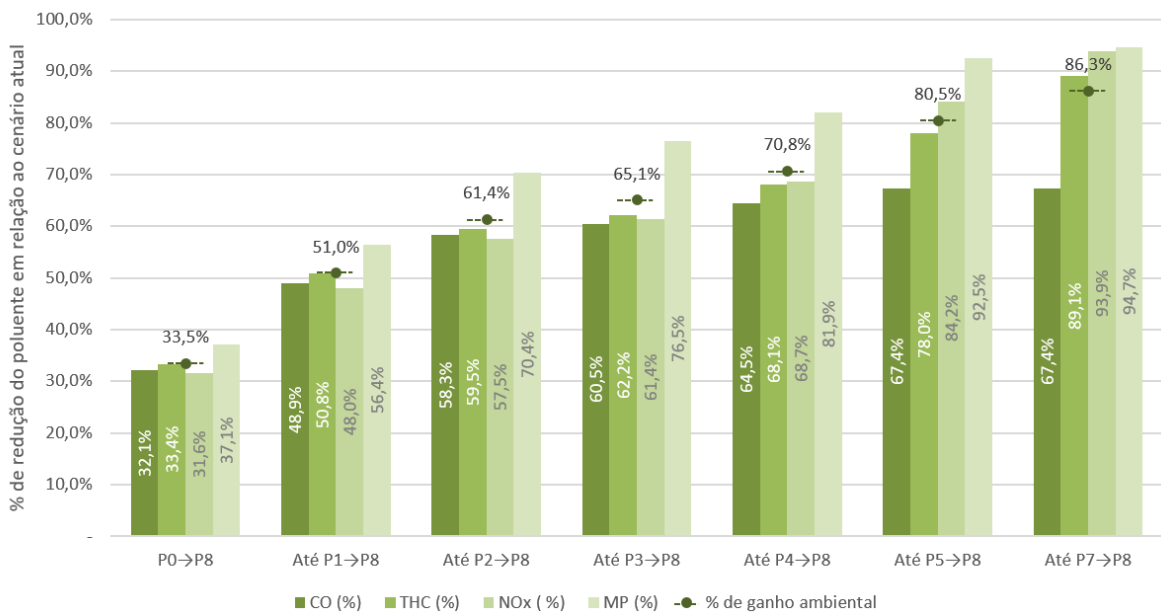
Já para atingir o ganho ambiental de 80,5% proposto na projeção “até P5→P8”, seria preciso substituir mais de 708 mil veículos (54,9% da frota deste estudo), enquanto o cenário “até P7→P8”, que proporciona uma

redução de emissão de poluentes de 86,3%, necessita renovar um pouco mais de 1,22 milhão de caminhões (95,1% da frota total).

Ao se avaliar as projeções levantadas, a “até P7→P8” é a única cujo percentual de ganho ambiental (86,3%) é menor que o percentual da frota a ser substituída (95,1%). Isso pode ser justificado pela diferença de limites máximos de emissão de poluentes entre os veículos da fase P8 para a P7 ser menor se comparada com a diferença de P8 em relação às fases anteriores. A relativa proximidade dos limites de emissão de P8 para P7 ocorre pelo fato de ambas as tecnologias embarcadas possuírem sistemas de pós-tratamento de gases e partículas, algo tido como marco no âmbito do Proconve.

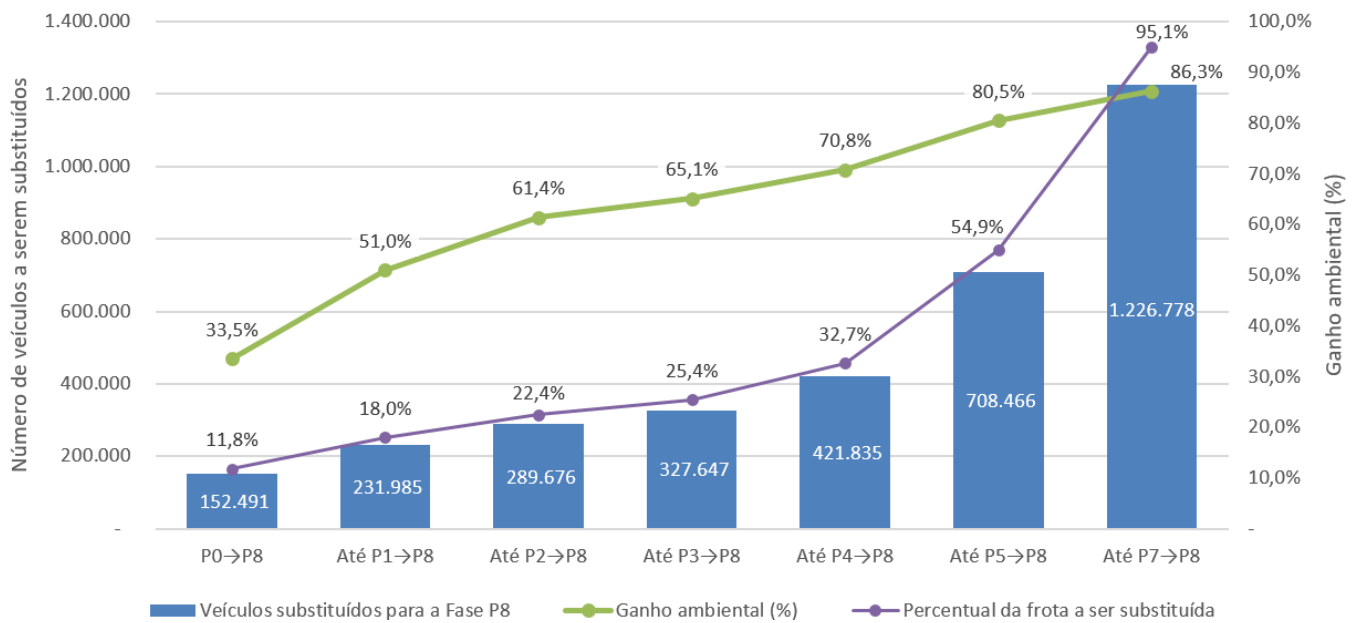
Existem, ainda, outros fatores que devem ser considerados na avaliação dos cenários projetados, como o aporte financeiro para viabilizar a renovação da frota – tema que será abordado na próxima seção desta publicação.

Gráfico 6: Cenários de ganhos ambientais com a substituição de veículos anteriores à fase P7 para a P8, discriminados por redução de poluentes



Fonte: Elaboração CNT, com base nos dados do RNTRC, 2024 e de resoluções do Conama. Acesso em: julho de 2024.

Gráfico 7: Cenários com a substituição de veículos anteriores à fase P7 para a P8



Fonte: Elaboração CNT, com base nos dados do RNTRC (2024) e de resoluções do Conama. Acesso em: julho de 2024.
 Nota: Os veículos considerados neste gráfico incluem caminhões leves, caminhões simples, caminhões trator e caminhões trator especial.

6. Necessidade de investimento para renovação da frota

O investimento necessário para modernizar a frota de veículos pesados para o transporte rodoviário de cargas e alinhá-la aos padrões ambientais mais recentes é significativamente elevado. Para substituir todos os veículos fabricados até a fase P7 (95,1% da frota nacional) por veículos da fase P8, será necessário o investimento de R\$ 1,16 trilhão, como mostra a Tabela 3. Porém cabe destacar que o estoque de ativos dos transportadores foi estimado em R\$ 315,39 bilhões, de modo que o desembolso efetivo será de R\$ 845,58 bilhões para a substituição de 1.226.778 caminhões.

A Tabela 3 apresenta o custo de substituição da frota de veículos conforme as fases do Proconve. A fase anterior à P1 (P0) demanda R\$ 104,82 bilhões para renovação, representando o maior desafio financeiro, dada a idade avançada e o número significativo de veículos (152.491

caminhões, o que equivale a 11,8% da frota nacional).

À medida que as fases avançam, como P1 e P2, os custos de substituição de frota diminuem, mas ainda são substanciais, atingindo R\$ 72,74 bilhões e R\$ 52,70 bilhões, respectivamente. Também se destacam os R\$ 266,61 bilhões para a renovação dos caminhões da fase P5 para a P8.

O investimento necessário para substituir toda a frota produzida até o final da fase P5 do Proconve, que encerrou em 2011 (há 13 anos) por caminhões da fase P8, que foi efetivamente implementada em 2023, alcança R\$ 613,48 bilhões – 52,8% da necessidade total estimada.

É importante observar que as ETC concentram 79,8% da sua frota de caminhões das fases P5 e P7, enquanto os TAC possuem apenas 37,9% da sua frota total de caminhões produzidos nas fases P5 e P7 (Tabela 4).

Vale considerar que, ao substituir caminhões antigos, ainda há um valor de mercado

residual. O Programa de Aumento da Produtividade da Frota Rodoviária (Programa Renovar), uma iniciativa de âmbito nacional para renovação de frota que envolve toda a cadeia de produção e distribuição de caminhões e ônibus, no seu projeto-piloto com caminhões, ofereceu *voucher* de até R\$ 30 mil aos proprietários

de caminhões com pelo menos 30 anos de uso, que foram desmontados. Além disso, há um mercado de caminhões de segunda mão. Essas considerações são essenciais para o planejamento estratégico do investimento necessário para garantir uma frota moderna e mais limpa em relação aos veículos mais antigos.

Tabela 3: Número de veículos e custos de substituição da frota

Cenários de substituição	Número de veículos de cada fase do Proconve	Custo de substituição do cenário considerado (R\$ bilhões)	Custo de substituição acumulado (R\$ bilhões)
P0 → P8	152.491	104,82	104,82
P1 → P8	79.494	72,74	177,56
P2 → P8	57.691	52,70	230,26
P3 → P8	37.971	32,62	262,88
P4 → P8	94.188	83,99	346,87
P5 → P8	286.631	266,61	613,48
P7 → P8	518.312	547,49	1.160,97

Fonte: Elaboração CNT, com dados de RNTRC, Fenabrave e Fipe.

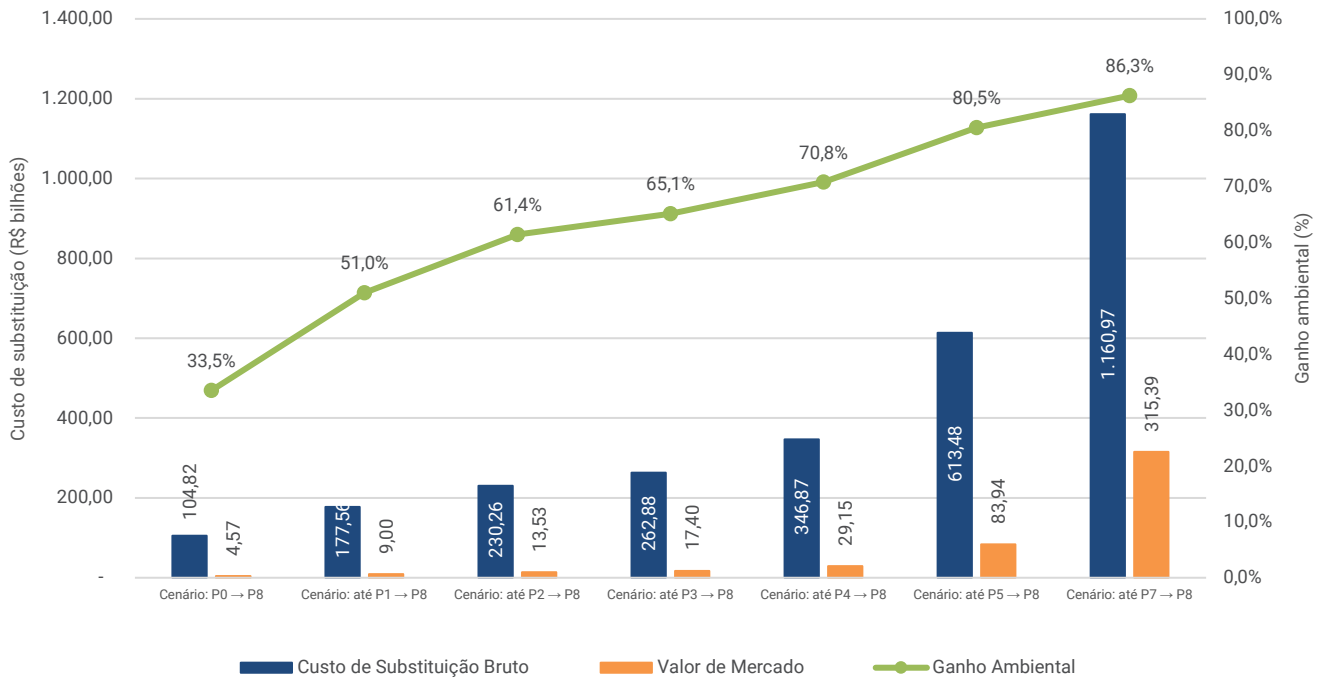
Tabela 4: Distribuição da frota entre ETC, CTC, TAC e outros (não especificados no RNTRC) e custo de renovação da frota (R\$ bilhões)

Cenários	ETC		CTC		TAC		Outros		Total	
	Custo de renovação da frota	Nº de caminhões da fase	Custo de renovação da frota	Nº de caminhões da fase	Custo de renovação da frota	Nº de caminhões da fase	Custo de renovação da frota	Nº de caminhões da fase	Custo de renovação da frota	Nº de caminhões da fase
P0 → P8	12,45	16.364	1,22	1.175	89,84	133.142	1,31	1.810	104,82	152.491
P1 → P8	14,74	14.973	1,53	1.258	55,24	61.991	1,22	1.272	72,74	79.494
P2 → P8	13,66	13.779	1,13	935	36,95	41.958	0,96	1.019	52,70	57.691
P3 → P8	10,04	10.598	0,60	512	21,39	26.193	0,59	668	32,62	37.971
P4 → P8	30,90	31.763	1,53	1.314	50,00	59.395	1,56	1.716	83,99	94.188
P5 → P8	144,66	145.061	5,13	4.523	111,82	131.464	5,00	5.583	266,61	286.631
P7 → P8	475,94	438.791	7,75	7.015	57,51	65.346	6,30	7.160	547,49	518.312
P8	-	60.768	-	595	-	1.894	-	610	-	63.867
Subtotal P0 → P8	702,40	671.329	18,90	16.732	422,75	519.489	16,93	19.228	1.160,97	1.226.778
Total	702,40	732.097	18,90	17.327	422,75	521.383	16,93	19.838	1.160,97	1.290.645

Fonte: Elaboração CNT, com dados de RNTRC, Fenabrave e Fipe.

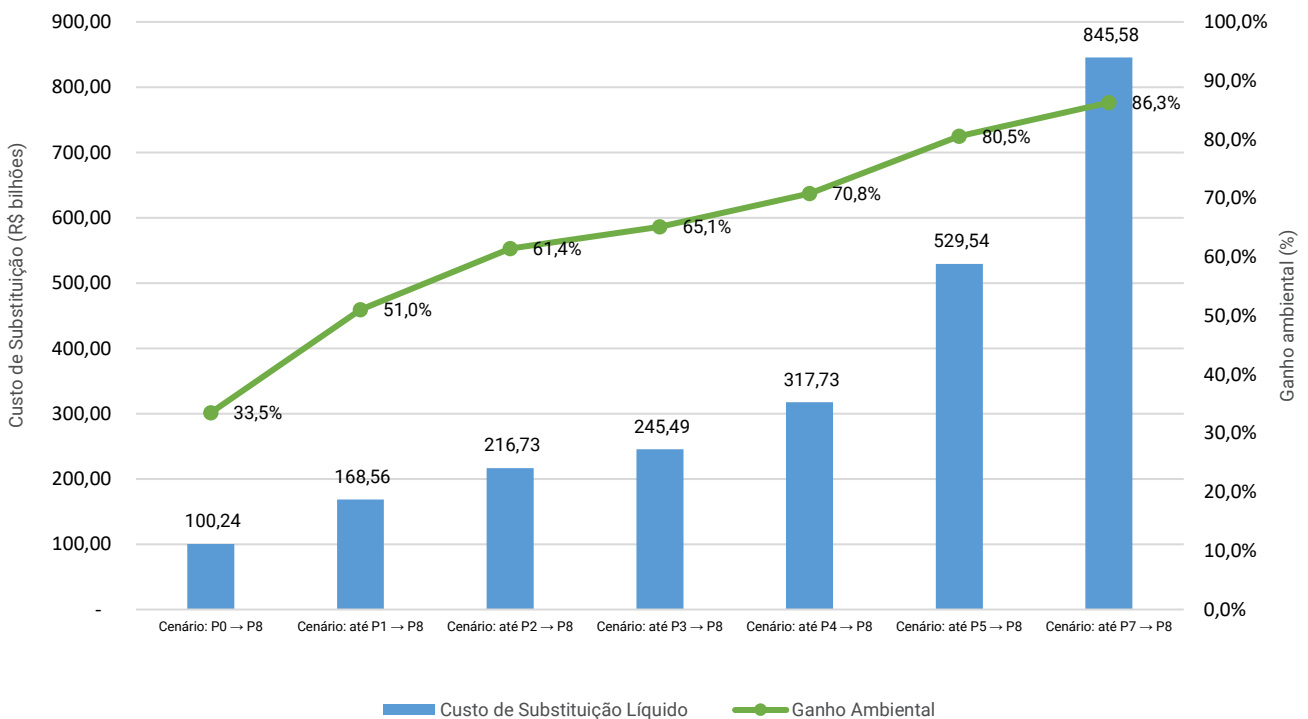
Nota: O número de caminhões refere-se à fase inicial de cada cenário.

Gráfico 8: Custo de substituição da frota, valor de mercado do estoque de caminhões dos transportadores e ganho ambiental da renovação de frota, por fase do Proconve



Fonte: Elaboração CNT, com dados de RNTRC, Fenabrave e Fipe.

Gráfico 9: Custo líquido de substituição (R\$ bilhões) e ganho ambiental (%)



Fonte: Elaboração CNT, com dados de RNTRC, Fenabrave e Fipe.

7. Considerações finais e propostas da CNT

Este volume do **Transporte em Foco** demonstrou os possíveis ganhos ambientais proporcionados pela redução da emissão de poluentes advinda da renovação de frota no transporte rodoviário de cargas no Brasil. Em termos de limites de emissões estipulados pelo Proconve, nota-se uma redução média de 95% dos veículos P8 em comparação com os fabricados na sua primeira fase (P1). Adicionalmente, destaca-se que há uma redução expressiva de mais de 98% do limite de emissões de MP em veículos da fase P8 se comparados com os da P2.

No que concerne aos cenários levantados, a análise de dados aponta uma redução média das emissões de poluentes em relação à frota atual, variando de 33,5% a 86,3%, em que seria necessária a renovação de 152.491 a 1.226.778 veículos, respectivamente. Em todas as conjunturas idealizadas, com exceção da denominada “Até P7→P8”, o ganho ambiental superou o percentual da frota a ser substituída.

Já no contexto econômico, o investimento necessário para a substituição dos 1.226.778 caminhões em circulação produzidos até o final da fase P7 para veículos da fase P8 alcança R\$ 1,16 trilhão. O custo é mais elevado para a substituição dos veículos em circulação produzidos nas fases P0 e P5, em função do grande número de caminhões ainda em circulação produzidos nessas fases.

Com base em todo o exposto, conclui-se que a descarbonização do setor transportador é um desafio que envolve o setor público e a iniciativa privada para a sua viabilização e aceleração. Nesse sentido, a CNT propõe:

- Promover políticas de incentivo à renovação da frota de caminhões de forma escalonada;
- Fomentar o mercado de veículos usados com tecnologias embarcadas

mais limpas e seguras do que os veículos mais antigos;

- Tornar os programas de incentivo de renovação de frota mais claros e acessíveis aos transportadores, principalmente aos autônomos, que possuem maior quantidade de veículos antigos e menor capacidade financeira para viabilizar a sua substituição;
- Criar um fórum de discussão com representantes dos principais atores do transporte voltado à elaboração e acompanhamento de políticas públicas focadas na renovação e descarbonização do transporte rodoviário de cargas;
- Acrescentar incentivos financeiros efetivos que abarquem o ETC, propiciando a sua renovação de frota com maior isonomia em relação aos incentivos às demais categorias (TAC e CTC);
- Garantir que a renovação de frota tenha como princípio a economia circular, de maneira que demais setores sejam beneficiados com a reciclagem automotiva;
- Estimular parcerias entre a academia e entidades públicas e privadas para promover novos estudos voltados ao levantamento de incentivos financeiros e o atingimento da melhoria da qualidade do ar advinda da renovação de frota; e
- Aplicar novos mecanismos de incentivos à renovação de frota, como a redução de impostos para veículos mais modernos, melhores condições de financiamento e outras formas indutoras que promovam a renovação.

Referências

- ALCSCES (2024). **Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas da Unicamp**. Gases de Efeito Estufa (GEE). Disponível em: alcscens.cpa.unicamp.br/abc/abc/18-gases-de-efeito-estufa-gee. Acesso realizado em: 01 de agosto de 2024.
- ANTT (2024). Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Consulta à base de dados de veículos ativos do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC)**. Acesso realizado em: 10 de julho de 2024.
- ANTT (2024). Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Idade Média da Frota do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC)**. Disponível em: powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaOTczNzdmYzktNzU3NS00NGJkLTk0ZjktNDY2MDV%20kZjQzMU3liwidCI6Ijg3YmJlOWRILWE4OTltNGNkZS1hNDY2LTg4Zjk4MmZiYzQ5MCJ9. Acesso realizado em: 01 de agosto de 2024.
- BRASIL (2022). Ministério da Economia. **Programa de Aumento da Produtividade da Frota Rodoviária (Programa Renovar)**. Disponível em: gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2022/dezembro/governo-regulamenta-programa-para-renovar-frota-rodoviaria. Acesso realizado em: 30 de julho de 2024.
- CNT (2018). Confederação Nacional do Transporte. **ARLA-32: Uso Correto**. Disponível em: despoluir.org.br/cartilhas. Acesso realizado em: 19 de julho de 2024.
- CNT (2020). Confederação Nacional do Transporte. **Caderno CNT de perguntas e respostas sobre a fase P8 do programa de controle da poluição do ar por veículos automotores (Proconve)**. Disponível em: cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/0e8733db-0f86-47c2-856b-f296b1a8573f.pdf. Acesso realizado em: 18 de julho de 2024.
- CONAMA (2018). Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 490, de 16 de novembro de 2018**. Estabelece a fase Proconve P8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário e dá outras providências. Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=767. Acesso realizado em: 18 de julho de 2024.
- CONAMA (2008). Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 403, de 11 de novembro de 2008**. Dispõe sobre a nova fase de exigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências. Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=572. Acesso realizado em: 18 de julho de 2024.
- CONAMA (2002). Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 315, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre as novas etapas do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve (L4, L5, P5 e P6). Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=333. Acesso realizado em: 18 de julho de 2024.
- CONAMA (1997). Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 226, de 20 de agosto de 1997**. Estabelece os limites para a Fase P4 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve e as datas da sua implantação. Disponível em: ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0226-200897.PDF. Acesso realizado em: 18 de julho de 2024.
- CONAMA (1993). Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 8, de 31 de agosto de 1993**. Complementa a Resolução nº 18/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos (fases P1 a P4). Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=133. Acesso realizado em: 18 de julho de 2024.

CONAMA (1986). Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986**. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – Proconve. Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo_download&id=41. Acesso realizado em: 24 de julho de 2024.

EPA (2024). United States Environmental Protection Agency. **Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM)**. Disponível em: epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm. Acesso realizado em: 26 de agosto de 2024.

IBAMA (2021). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Programa de Controle de Emissões Veiculares** (Proconve). Disponível em: ibama.gov.br/programasilencio/118-emissao-e-residuos/emissoes/veiculos-automotores/720-programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve. Acesso realizado em: 24 de julho de 2024.

IEMA (2022). Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Qual a diferença entre gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos**. Disponível em: energiaambiente.org.br/qual-a-diferenca-entre-gases-de-efeito-estufa-e-poluentes-atmosfericos-20220511. Acesso realizado em: 24 de julho de 2024.

IPCC (2022). Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Disponível em: ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf. Acesso realizado em: 02 de agosto de 2024.

FENABRAVE (2024). Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. **Relatório dos mais vendidos – junho 2023**. Disponível em: fenabreve.org.br/rel_mais_vendidos.asp. Acesso realizado em: 29 de julho de 2024.

FIPE (2024). Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. **Tabela FIPE – julho 2024**. Disponível em: veiculos.fipec.org.br. Acesso realizado em: 29 de julho de 2024.

GREENHOUSE GAS PROTOCOL (2024). **Global Warming Potential Values – AR6 Values**. Disponível em: ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf. Acesso em: 06 set. 2024.

Lima, L. H. M. (2018). **Avaliação da influência do uso de intercooler no desempenho de um motor de combustão interna**. Disponível em: repositorio.ufu.br/handle/123456789/23942. Acesso realizado em: 31 de julho de 2024.

MMA (s/d). Ministério do Meio Ambiente. **Proconve: Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores**. Disponível em: antigo.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf. Acesso realizado em: 18 de julho de 2024.

OMS (2024). Organização Mundial da Saúde. **Da poluição atmosférica que paira sobre as cidades à fumaça dentro de casa, a poluição do ar representa uma grande ameaça à saúde e ao clima em todo o mundo**. Disponível em: who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-energy-and-health/health-impacts. Acesso realizado em: 24 de julho de 2024.

WRI (2019). World Resources Institute. **Cinco impactos pouco conhecidos da poluição do ar**. Disponível em: wribrasil.org.br/noticias/5-impactos-pouco-conhecidos-da-poluicao-do-ar. Acesso realizado em: 31 de julho de 2024.

Equipe Técnica da CNT

Elaboração

Bruno Batista, Diretor Executivo
Fernanda Rezende, Diretora Executiva Adjunta
Érica Marcos, Gerente Executiva Ambiental
Fernanda Schwantes, Gerente Executiva de Economia
Gustavo Willy, Analista em Transporte
Williane Magna, Técnico de Nível Superior
Carlos Espinel, Analista em Transporte
Rodrigo Curi, Analista em Transporte
Matheus Castro, Estagiário de Economia

Revisão e comunicação

Anna Guedes, Revisora
Hércules Barros, Divulgação
Vanessa Montenegro, Atendimento

Documento finalizado em: 01/10/2024.

A série Transporte em Foco tem por objetivo analisar temáticas técnicas, econômicas e ambientais do setor de transporte, com base em assuntos de destaque na mídia ou demandados pelos associados, auxiliando nas tomadas de decisão. Para ler as edições deste e de outros informes e boletins temáticos para o transporte, consulte cnt.org.br.