



ARTIGO TÉCNICO Nº 19

ESTUDO DE CASO

Programa Despoluir da CNT

Análise de Dados 2022-2024

Análise Técnica Completa
Conformidade Ambiental de Veículos Pesados
Programa de Controle de Poluição do Ar (PROCONVE)

Julho/ 2026

 [infraaoficial](#)
 [infra.official](#)
 [infra-oficial](#)
 [infraa.official](#)

 observatório@infra.gov.br
 institucional@infra.gov.br
 www.ontl.infrasa.gov.br
 www.infrasa.gov.br



INFRA S.A.



**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

George Andre Palermo Santoro

INFRA S.A.**DIRETOR-PRESIDENTE**

Jorge Luiz Macedo Bastos

DIRETORA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Elisabeth Alves da Silva Braga

DIRETOR DE EMPREENDIMENTOS

André Luís Ludolfo da Silva

DIRETOR DE PLANEJAMENTO

Cristiano Della Giustina

DIRETOR DE MERCADO E INOVAÇÃO

Marcelo Vinaud Prado

SUPERINTENDENTE DE INTELIGÊNCIA DE MERCADO

Lilian de Alencar Pinto Campos

GERENTE DE INOVAÇÃO

Sirléa de Fátima Ferreira Leal Moura

SUPERINTENDENTE DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Alexandre Muñoz Lopes de Oliveira

GERENTE DE DESENVOLVIMENTO DO DT-e

Juliane da Silva Heman

COLABORADORES

Adriana Vanessa Mendes Moreira- Diagramação

Observatório Nacional de Transporte e Logística – ONTL

Infra S.A.

Endereço: SAUS, Quadra 01, Bloco G, Lotes 3 e 5, Asa Sul,
Brasília - DF - 70.070-010

E-mail: ontl@infrasa.gov.br / institucional@infrasa.gov.br

Site: www.infrasa.gov.br / www.ontl.infrasa.gov.br

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT**PRESIDENTE**

Vander Francisco Costa

AUTORIA CONJUNTA

Infra S.A. – Observatório Nacional de Transporte
e Logística (ONTL)

Confederação Nacional do Transporte (CNT)

Nota: Este estudo de caso é um artefato do Protocolo de
Intenções nº 002/2025, de novembro de 2025, firmado entre a
Infra S.A. e a CNT (Processo nº 50050.003642/2025-18, Portaria
MT nº 192/2025).



RESUMO

O presente estudo de caso analisa os dados do Programa Despoluir, iniciativa da Confederação Nacional do Transporte (CNT), como instrumento de avaliação das emissões veiculares no transporte rodoviário brasileiro. A análise compreende o período de 2022 a 2024, abrangendo 1.048.575 registros de aferições correspondentes a aproximadamente 427.928 veículos únicos (estimativa; ver Seção 2), avaliados com base no coeficiente de opacidade (k_{medio}) conforme os parâmetros do PROCONVE. Os resultados evidenciam taxa de conformidade de 96,18% na primeira medição, um efeito modesto da idade da frota sobre a não conformidade no nível individual — que não se confirma como fator explicativo das disparidades entre estados — e expressivas disparidades regionais, com variação de 9,70 pontos percentuais entre os estados de melhor e pior desempenho. O protocolo de múltiplas medições do programa demonstra sua eficácia na indução à manutenção preventiva. Conclui-se que os dados consolidados pelo Programa constituem um referencial técnico e operacional de alta relevância para o aprimoramento de políticas públicas de controle de emissões, com interface direta com o Programa MelhorAR (Portaria MT nº 192/2025). Este trabalho é produto da cooperação técnica entre a Infra S.A. e a CNT, formalizada no Protocolo de Intenções assinado em novembro de 2025.

Palavras-chave: emissões veiculares; opacímetro; transporte rodoviário; controle ambiental; PROCONVE; políticas públicas.



1. INTRODUÇÃO

O Programa Ambiental do Transporte – Despoluir, uma iniciativa da Confederação Nacional do Transporte (CNT) em parceria com o SEST SENAT, foi lançado em julho de 2007 com o objetivo primordial de promover a sustentabilidade no setor de transporte brasileiro. Este programa visa incentivar transportadores, sejam empresas ou autônomos, a adotarem práticas ambientalmente responsáveis, reduzindo o impacto de suas operações na natureza e na saúde pública.

O Programa Despoluir complementa a regulação governamental ao detectar veículos mal mantidos ou com componentes defeituosos que emitem poluentes acima dos limites legais, mesmo em frotas modernas. Através de múltiplas medições por veículo e análise de coeficientes de opacidade, o programa poderá fornecer dados estratégicos para políticas públicas baseadas em evidências, incentivar a manutenção preventiva, contribuir para a redução de emissões atmosféricas e para a proteção da saúde pública brasileira.

Este estudo de caso analisa a trajetória, os resultados e o impacto do Programa Despoluir, utilizando dados estatísticos e analíticos fornecidos, bem como informações complementares obtidas de fontes oficiais. A análise abrange a representatividade do programa, a evolução das avaliações veiculares ambientais, o desempenho por região e idade da frota, e a avaliação da opacidade da fumaça (valores de K).

1.1 Contexto Ambiental

A poluição atmosférica é um dos maiores desafios ambientais e de saúde pública enfrentados pelo Brasil contemporâneo. O setor de transportes é responsável por uma parcela significativa das emissões de poluentes atmosféricos nas principais regiões metropolitanas do país.

Os veículos comerciais pesados – caminhões e ônibus – constituem uma fonte particularmente crítica de poluição, apesar de representarem apenas uma fração da frota total. Estes veículos, movidos predominantemente por motores diesel, emitem quantidades substanciais de poluentes que degradam a qualidade do ar e afetam diretamente a saúde da população urbana.



2. METODOLOGIA

A metodologia para este estudo de caso envolveu a análise de dados primários do Programa Despoluir fornecidos em formato Excel, cobrindo o período de 2022 a 2024. O *dataset* contém 1.048.575 registros de aferições, correspondendo a aproximadamente 427.928 veículos únicos.

Nota metodológica: a planilha de origem não contém identificador de veículo (placa ou chassi). O número de veículos únicos foi estimado agrupando-se marca, modelo, ano de fabricação e cidade de aferição dentro de uma janela de 7 dias entre medições — critério consistente com os intervalos típicos entre medições do mesmo veículo descritos na Seção 2.1.1. Essa estimativa (427.928) é a base usada em toda a análise por veículo único deste estudo (Seções 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, 3.2.9).

2.1 Tratamento de Dados

Uma característica importante do programa é que cada veículo é submetido a múltiplas medições (tipicamente 3) com minutos de diferença. Isso permite detectar variabilidade nas emissões e validar resultados. Para esta análise, foram consideradas duas abordagens: (1) análise com todas as medições e (2) análise considerando apenas a primeira medição de cada veículo único. A segunda abordagem reflete a conformidade real da frota, enquanto a primeira reflete conformidade após intervenções de manutenção.

2.1.1. Padrão de Intervalos Identificado

Tipo de Intervalo	Tempo Típico	Frequência	Objetivo
1ª → 2ª Medição	5-20 minutos	~90%	Validação imediata
2ª → 3ª Medição	1-3 dias	~7%	Manutenção simples
Remarcação Completa	7-30 dias	~3%	Manutenção complexa

2.1.2 Considerações Técnicas sobre Medição de Opacidade

Não houve conversão de unidades nos dados analisados, uma vez que as medições de opacidade já estavam expressas em m^{-1} (metros inversos) — unidade padrão utilizada pelo PROCONVE. O coeficiente K (*k_medio*) representa o coeficiente de extinção de luz pela fumaça emitida, medido em m^{-1} , sendo proporcional à concentração de material particulado. A medição é realizada através de um caminho óptico de 0.43 m, conforme ABNT NBR 13037:2021. O coeficiente K aumenta quanto pior a qualidade da queima do combustível.

2.2 Critério de Aprovação

O critério de aprovação utilizado é baseado no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) Fase P-7, que estabelece como limite máximo de opacidade média (*k_medio*) o valor de $1,0 m^{-1}$ (metros inversos). Este padrão foi identificado através de análise estatística dos dados, onde 97.60% dos veículos com $k_medio \leq 1,0 m^{-1}$ foram aprovados, enquanto apenas 23.04% dos veículos com *k_medio* entre 1,5-2,0 m^{-1} foram aprovados.



3. RESULTADOS E ANÁLISE

3.1 Visão Geral do Programa

O Programa Despoluir realiza avaliações veiculares ambientais, avaliação da qualidade do diesel e serviços de orientação aos transportadores.

3.2 Análise Estatística Detalhada

3.2.1 Total de Aferições e Aprovações

Métrica	Valor
Total de registros (todas as medições)	1.048.575
Total de veículos únicos (estimativa)	427.928
Veículos aprovados (1ª medição)	411.565
Veículos reprovados (1ª medição)	11.911
Veículos rejeitados (1ª medição)	4.452 (1,04%)
Taxa de aprovação	96,18%

Obs.: Taxa de rejeição significa que 1,04% dos veículos (1ª medição) não puderam ser avaliados por razões administrativas ou técnicas.

3.2.2 Impacto das Múltiplas Medições

Uma descoberta relevante é que 59,19% dos registros correspondem a medições adicionais (2ª, 3ª medição ou remarcações) do mesmo veículo, além da primeira. Isso resulta em uma taxa de aprovação aparente de 97,27% quando todas as medições são consideradas, mas apenas 96,18% quando se considera apenas a primeira medição. Esta diferença de 1,09 pontos percentuais representa 620.647 registros correspondentes a medições repetidas do mesmo veículo.

Métrica	Base completa	1ª medição	Diferença	Impacto
Taxa de Aprovação	97,27%	96,18%	-1,09 pp	-1,12%
Taxa de Reprovação	2,07%	2,78%	+0,71 pp	+34,3%
Taxa de Rejeição	0,66%	1,04%	+0,38 pp	+57,6%

3.2.2.1 Protocolo de Múltiplas Medições

O protocolo de múltiplas medições:

- (a) permite que transportadores façam manutenção corretiva entre medições;
- (b) reduz falsos positivos causados por problemas temporários;
- (c) aumenta a conformidade real da frota;
- (d) a análise de 1ª medição (96,18%) reflete conformidade real da frota no momento da inspeção;
- (e) a análise de todas as medições (97,27%) reflete conformidade após intervenções de manutenção.



3.2.3 Aprovação por Estado

Conforme a base do estudo, a tabela abaixo apresenta a aprovação por estado, incluindo todos os 27 estados/DF que realizaram aferições e o registro de estado não identificado (N/I):

Posição	Estado	Total Aferições	Aprovados	Reprovados	Rejeitados	Taxa Aprovação	Taxa Reprovação	Taxa Rejeição
1	MG	64.207	62.935	1.146	126	98,02%	1,78%	0,20%
2	SP	45.739	44.642	874	223	97,60%	1,91%	0,49%
3	RS	42.685	41.045	1.299	341	96,16%	3,04%	0,80%
4	PR	34.292	32.890	954	448	95,91%	2,78%	1,31%
5	ES	30.330	28.640	936	754	94,43%	3,09%	2,49%
6	PE	28.255	25.865	1.718	672	91,54%	6,08%	2,38%
7	BA	27.675	26.795	826	54	96,82%	2,98%	0,20%
8	RJ	20.257	19.747	366	144	97,48%	1,81%	0,71%
9	SC	20.154	19.537	451	166	96,94%	2,24%	0,82%
10	SE	12.665	11.495	902	268	90,76%	7,12%	2,12%
11	MT	12.427	11.970	447	10	96,32%	3,60%	0,08%
12	GO	10.913	10.710	187	16	98,14%	1,71%	0,15%
13	PI	9.528	9.186	150	192	96,41%	1,57%	2,02%
14	CE	8.659	8.346	240	73	96,39%	2,77%	0,84%
15	RO	8.230	7.825	162	243	95,08%	1,97%	2,95%
16	PA	8.092	8.067	25	0	99,69%	0,31%	0,00%
17	AM	7.089	6.718	282	89	94,77%	3,98%	1,26%
18	AL	6.461	5.826	371	264	90,17%	5,74%	4,09%
19	RN	6.041	6.033	7	1	99,87%	0,12%	0,02%
20	MS	5.696	5.490	168	38	96,38%	2,95%	0,67%
21	MA	5.553	5.409	131	13	97,41%	2,36%	0,23%
22	PB	5.057	4.924	96	37	97,37%	1,90%	0,73%
23	RR	4.407	4.217	72	118	95,69%	1,63%	2,68%
24	DF	1.057	973	84	0	92,05%	7,95%	0,00%
25	AP	1.027	1.025	2	0	99,81%	0,19%	0,00%
26	AC	881	878	3	0	99,66%	0,34%	0,00%
27	TO	392	377	12	3	96,17%	3,06%	0,77%
28	N/I	159	0	0	159	0,00%	0,00%	100,00%
Veículos Únicos (1ª medição)		427.928	411.565	11.911	4.452	96,18%	2,78%	1,04%

N/I: registros com estado afer vazio/nulo na base. Nesta tabela (veículos únicos), 159 casos, dos quais a maior parte é classificada como rejeitada por dados incompletos.



A diferença entre o estado com melhor desempenho (Rio Grande do Norte, 99,87%) e o com pior desempenho (Alagoas, 90,17%) é de 9,70 pontos percentuais em conformidade com padrão PROCONVE P-7 ($k_{\text{medio}} \leq 1.0 \text{ m}^{-1}$). Isto significa que no Rio Grande do Norte, 99,87% dos veículos avaliados apresentam coeficiente de opacidade dentro do limite permitido, enquanto em Alagoas apenas 90,17% dos veículos apresentam este nível de conformidade.

Quatro estados apresentam conformidade abaixo de 94% (Pernambuco, Sergipe, Alagoas e Distrito Federal), concentrando 26,41% de toda a não conformidade nacional (excluído N/I). Alagoas é particularmente crítico: de 6.461 aferições no estado, 5,74% resultaram em reprovação e 4,09% em rejeição adicional — a combinação mais alta de não conformidade entre todos os estados da tabela.

A idade média da frota não explica, por si só e de forma direta as disparidades entre estados: o Rio Grande do Norte, estado com melhor taxa de aprovação (99,87%), apresenta a maior idade média de frota entre todos os estados (12,15 anos), enquanto Alagoas, o estado com pior desempenho, tem idade média de 8,11 anos. Considerando todos os estados, a correlação entre idade média da frota e taxa de aprovação é fraca ($r = 0,22$) — no nível estadual, fatores como capacidade de investimento em manutenção, disponibilidade de infraestrutura técnica, qualidade do combustível e perfil operacional das frotas parecem pesar mais do que a idade da frota isoladamente. Um efeito da idade mais consistente aparece no nível individual do veículo (ver Seção 3.2.4).



Tabela de referência — Visão Geral (Todas as Medições): apresentada a seguir para fins de transparência e rastreabilidade, com todos os registros da planilha-fonte, sem deduplicação por veículo.

Posição	Estado	Total Aferições	Aprovados	Reprovados	Rejeitados	Taxa Aprovação	Taxa Reprovação	Taxa Rejeição
1	MG	156.382	153.319	2.839	224	98,04%	1,82%	0,14%
2	PE	100.664	97.471	2.285	908	96,83%	2,27%	0,90%
3	SP	95.263	93.725	1.224	314	98,39%	1,28%	0,33%
4	RS	75.396	72.682	2.264	450	96,40%	3,00%	0,60%
5	RJ	72.629	71.431	1.011	187	98,35%	1,39%	0,26%
6	BA	68.968	67.272	1.613	83	97,54%	2,34%	0,12%
7	ES	67.994	65.214	1.538	1.242	95,91%	2,26%	1,83%
8	PR	64.870	62.768	1.484	618	96,76%	2,29%	0,95%
9	SC	34.022	33.099	744	179	97,29%	2,19%	0,53%
10	SE	30.862	28.174	2.077	611	91,29%	6,73%	1,98%
11	MT	28.144	27.473	656	15	97,62%	2,33%	0,05%
12	RN	27.247	27.234	12	1	99,95%	0,04%	0,00%
13	GO	26.125	25.841	265	19	98,91%	1,01%	0,07%
14	MA	25.694	25.391	277	26	98,82%	1,08%	0,10%
15	PI	22.981	22.456	226	299	97,72%	0,98%	1,30%
16	CE	21.178	20.450	603	125	96,56%	2,85%	0,59%
17	AL	19.936	18.533	807	596	92,96%	4,05%	2,99%
18	AM	19.016	17.836	923	257	93,79%	4,85%	1,35%
19	PA	17.504	17.460	44	0	99,75%	0,25%	0,00%
20	PB	17.459	17.283	129	47	98,99%	0,74%	0,27%
21	RO	16.802	16.320	204	278	97,13%	1,21%	1,65%
22	MS	12.805	12.503	233	69	97,64%	1,82%	0,54%
23	DF	12.492	12.383	105	4	99,13%	0,84%	0,03%
24	RR	7.975	7.656	112	207	96,00%	1,40%	2,60%
25	TO	2.886	2.869	13	4	99,41%	0,45%	0,14%
26	AP	1.677	1.675	2	0	99,88%	0,12%	0,00%
27	AC	1.437	1.434	3	0	99,79%	0,21%	0,00%
28	N/I	167	0	0	166	0,00%	0,00%	99,40%
TOTAL Brasil		1.048.575	1.019.952	21.693	6.929	97,27%	2,07%	0,66%

N/I: registros com estado_afer vazio/nulo na base (167 registros). Destes, 166 têm resultado REJEITADO e 1 registro está totalmente em branco (estado_afer, cidade_afer e resultado nulos).



3.2.4 Aprovação por Faixa Etária do Veículo

Faixa Etária	Taxa Aprovação	Taxa Reprovação
0-3 anos	99,04%	0,96%
4-5 anos	98,79%	1,21%
6-7 anos	98,62%	1,38%
8-10 anos	97,87%	2,13%
11-15 anos	94,94%	5,06%
16-20 anos	91,05%	8,95%
20+ anos	88,17%	11,83%

3.2.5 Correlação com Fases PROCONVE

3.2.5.1 Evolução Tecnológica PROCONVE

Fase	Período	% da Frota	Taxa de Aprovação	Tecnologia Principal
P5	2006–2008	4,59%	93,61%	Diesel S-500
P6	2009–2013 (prevista, não aplicada)	29,40%	95,78%	—
P7	2014–2021	53,22%	98,63%	SCR + ARLA 32 + Diesel S-10
P8	2022+	9,38%	99,22%	OBD III

Nota: 3,42% da frota é composta por veículos fabricados antes de 2006 (pré-P5), com taxa de aprovação de 88,59% — categoria não coberta nas fases regulatórias vigentes e incluída aqui para completude da análise.

A análise dos dados evidencia correlação entre a fase PROCONVE de fabricação e o nível de conformidade ambiental observado. Veículos enquadrados na Fase P8 (2022 em diante) apresentam taxa média de conformidade de 99,22%, enquanto os fabricados sob a Fase P5 (2006–2008) registram 93,61%, resultando em incremento de 5,61 pontos percentuais. Chama atenção que 29,40% da frota avaliada foi fabricada no período correspondente à Fase P6 (2009–2013), a qual não chegou a ser implementada como padrão distinto, mas que corresponde a uma parcela expressiva e não desprezível do parque avaliado. Os resultados demonstram que a evolução normativa do PROCONVE produziu ganhos de desempenho ambiental, ainda que de forma mais gradual do que o observado apenas nos extremos da série (P5 vs. P8).



3.2.6 Estatísticas dos Valores de K (Opacidade da Fumaça)

Métrica Estatística	k_max (m ⁻¹)	k_medio (m ⁻¹)	k_ml (m ⁻¹)
Mínimo	0,10	0,00	0,00
Máximo	2,80	9,99	9,99
Média	0,861	0,176	0,018
Mediana	0,80	0,09	0,00
Desvio Padrão	0,342	0,348	0,088
Percentil 25	0,62	0,03	0,00
Percentil 75	1,01	0,21	0,01
Percentil 95	1,58	0,60	0,05

Nota: os valores máximos de k_medio e k_ml (9,99 m⁻¹) refletem outliers extremos presentes na base bruta e superam os limites de faixa reportados anteriormente para essas métricas.

3.2.6.1 Interpretação Prática dos Coeficientes K

Métrica	Significado	Quando Usar	Limite P-6
k_max	Pico máximo de opacidade durante aceleração	Detecta problemas intermitentes	2.0 m ⁻¹
k_medio	Média das medições durante operação normal	CRITÉRIO PRINCIPAL de aprovação	1.0 m ⁻¹
k_ml	Leitura mínima/baseline do equipamento	Validação de funcionamento do equipamento	0.1 m ⁻¹

Um veículo pode ter k_max elevado (picos ocasionais durante acelerações) mas k_medio baixo (operação normal limpa). Por exemplo, um veículo pode ter k_max = 1.5 m⁻¹ (picos) mas k_medio = 0.5 m⁻¹ (média) e ser aprovado. Inversamente, veículos reprovados têm k_medio 638,8% maior que aprovados porque operam constantemente em níveis altos de emissão, não apenas em picos ocasionais.

3.2.7 Diferenças Críticas: Aprovados vs. Reprovados

Métrica	Aprovados	Reprovados	Diferença Absoluta	Diferença Relativa
k_max (m ⁻¹)	0,857	0,994	+0,137	+16,0%
k_medio (m ⁻¹)	0,155	1,148	+0,993	+638,8%
k_ml (m ⁻¹)	0,018	0,028	+0,010	+56,5%

A análise comparativa revela diferenças significativas entre veículos aprovados e reprovados. Enquanto k_max dos reprovados é apenas 16,0% maior que os aprovados, o k_medio é 638,8% maior. Esta diferença massiva indica que os veículos reprovados não apenas ultrapassam os limites, mas operam em um patamar completamente distinto de ineficiência. O k_ml, por sua vez, apresenta diferença relativa bem mais modesta (+56,5%) do que o k_medio, o que é esperado dado que essa métrica serve apenas para validação de funcionamento do equipamento, não como critério de conformidade.



3.2.8 Impacto Ambiental Quantificado

3.2.8.1 Metodologia de Cálculo de Impacto

PASSO 1 - CONVERSÃO DE K PARA EMISSÃO:

O coeficiente k_{medio} é proporcional a material particulado (PM2.5). Baseado nos dados: Veículos reprovados: $k_{\text{medio}} = 1,148 \text{ m}^{-1}$; Veículos aprovados: $k_{\text{medio}} = 0,155 \text{ m}^{-1}$; Razão: $1,148 / 0,155 = 7,41x$ (arredondado para 6,41x por conservadorismo, assumindo que nem toda variação em K se traduz em emissão proporcional).

PASSO 2 - CÁLCULO DE EMISSÃO TOTAL:

Reprovados: $2,78\% \times 6,41 = 17,82\%$ das emissões totais (unidades ponderadas); Aprovados: $97,22\% \times 1,0 = 97,22\%$ das emissões totais; Razão de concentração: $17,82 / 2,78 = 6,41$ vezes a emissão média.

Considerando apenas veículos reprovados (excluindo rejeitados), 2,78% da frota (11.911 veículos, base de veículos únicos) apresenta coeficientes de opacidade (k_{medio}) 6,41 vezes superiores aos veículos aprovados ($1,148 \text{ m}^{-1}$ vs. $0,155 \text{ m}^{-1}$). Assumindo proporcionalidade entre opacidade e emissões de material particulado, estes veículos seriam responsáveis por aproximadamente 15,5% das emissões totais de PM2.5. A remoção destes veículos da circulação reduziria as emissões de material particulado em aproximadamente 13-18%, dependendo da metodologia de cálculo e fatores operacionais, equivalente a uma redução estimada de 1.950-2.330 toneladas anuais de PM2.5.

3.2.9 Aferições e Reprovações por Ano (2022-2024)

Ano	Total Aferições (estim.)	Aprovados	Taxa Aprovação	Variação YoY
2022	162.123	156.539	96,56%	—
2023	171.689	164.621	95,88%	-0,67 pp
2024*	94.116	90.405	96,06%	+0,17 pp

*Dados até julho de 2024. Valores estimados na base de veículos únicos (ver Seção 2).

A análise temporal revela crescimento do programa, com aumento de 5,9% nas aferições (veículos únicos) entre 2022 e 2023. A taxa de aprovação mantém-se relativamente estável, variando de 95,88% a 96,56% ao longo do período, com diferença de até 0,67 pp entre anos, sem indicar tendência de deterioração ou melhora sistemática dos parâmetros técnicos de avaliação.

Verifica-se um padrão definido de sazonalidade nas aferições (considerando todas as medições): picos entre março e junho (9,56–10,00% das aferições mensais) e reduções no último trimestre do ano, entre setembro e dezembro (6,32–6,77%), janeiro, em particular, concentra 9,16% das aferições mensais, acima da média do segundo semestre.

3.3 Perfil da Frota Avaliada e Distribuição de Segmentos

Segmento Principal – Popular/Média (73,42% da frota): composto por veículos das marcas Mercedes-Benz (52,08%), Volkswagen (19,11%) e Iveco (2,24%). O modelo Mercedes-Benz OF 1721 representa 10,17% de todo o parque avaliado. Este segmento apresenta idade média de 7,98 anos e taxa de aprovação de 97,30%. A concentração de marca única (Mercedes-Benz = 52%) sugere que transportadores deste segmento operam frotas padronizadas, embora a planilha não contenha dados específicos sobre uniformidade de frota ou perfil de transportador.



4. DISCUSSÃO

Os resultados da análise reforçam a relevância do Programa Despoluir na promoção da sustentabilidade no transporte brasileiro. A taxa de aprovação de 96,18% (considerando apenas a primeira medição, base de veículos únicos) indica que a grande maioria dos veículos inspecionados está em conformidade com os padrões ambientais PROCONVE P-7. Isso pode ser atribuído tanto à conscientização dos transportadores quanto à eficácia das avaliações e orientações oferecidas pelo programa.

O fato de que 59,19% dos registros correspondem a medições adicionais do mesmo veículo (além da primeira) é significativo. Isso indica que muitos veículos apresentam variabilidade, sugerindo problemas intermitentes que podem ser corrigidos com manutenção simples.

A variação nas taxas de aprovação por estado é substancial, com Alagoas apresentando 90,17% de aprovação contra 99,87% no Rio Grande do Norte. Essa disparidade de 9,70 pontos percentuais (p.p.) sugere que estados com conformidade abaixo de 94% podem requerer campanhas de conscientização mais intensivas.

A análise integrada por faixa etária e fase do PROCONVE indica que a idade veicular tem influência mensurável, porém moderada, sobre a reprovação — e não se confirma como o principal fator explicativo das disparidades regionais observadas na Seção 3.2.3. No nível individual do veículo, a taxa de reprovação cresce de forma consistente com a idade (Seção 3.2.4), e veículos enquadrados na fase P8 (2022 em diante) apresentam 99,22% de aprovação, contra 93,61% nos fabricados entre 2006 e 2008 (fase P5) — uma diferença de 5,61 pontos percentuais. No nível estadual, contudo, o estado com melhor desempenho (Rio Grande do Norte) tem a frota mais antiga entre todos os estados avaliados, o que indica que fatores como capacidade de manutenção, infraestrutura técnica local e perfil operacional das frotas podem ter impacto na eficiência e nas emissões, somando-se à idade média do veículo.

É crucial ressaltar que, dada a idade média da frota nacional (14,2 anos, segundo o RNTRC em Números), a maioria dos veículos em circulação se enquadra justamente na fase P5 ou em fases anteriores. Para esses veículos, a regulação vigente à época de sua fabricação focava exclusivamente no controle da opacidade (fumaça preta), não havendo normatização para outros gases poluentes. Esse contexto normativo valida a centralidade do Programa Despoluir e, por extensão, deste estudo, na utilização de opacímetros como ferramenta primária de avaliação de emissões, visto que a opacidade era o único parâmetro regulado para grande parte da frota.

A diferença de 5,61 pontos percentuais entre as fases P8 e P5 evidencia tanto a efetividade das normas de controle de emissões mais recentes quanto o impacto da obsolescência tecnológica, reforçando a necessidade de políticas públicas voltadas à renovação e modernização da frota, a fim de ampliar a conformidade ambiental e reduzir as emissões — sem que essa seja, isoladamente, a explicação para as disparidades regionais identificadas.



5. CONCLUSÃO DA ANÁLISE DO PROGRAMA DESPOLUIR

5.1 Resultados Principais

O Programa Despoluir realiza avaliações veiculares ambientais, avaliação da qualidade do diesel e serviços de orientação aos transportadores. Nos dados analisados (2022-2024), foram avaliados aproximadamente 427.928 veículos únicos, com taxa de conformidade de 96,18% conforme padrão PROCONVE P-7 ($k_{\text{medio}} \leq 1,0 \text{ m}^{-1}$) e superior. A frota avaliada é composta predominantemente por veículos fabricados sob as Fases P7 (2014-2021) e P8 (2022+), que apresentam conformidade de 98,63% e 99,22%, respectivamente. A conformidade observada de 96,18% indica que 2,78% da frota (11.911 veículos) apresenta reprovação, e 1,04% adicional (4.452 veículos) resulta em rejeição por razões administrativas ou técnicas, com padrões de emissão relativamente estáveis ao longo do período analisado (96,56% em 2022, 96,06% em 2024).

5.2 Desafios Identificados

Envelhecimento da frota: veículos com 11-15 anos apresentam taxa de reprovação de 5,06%, comparada a 0,96% em veículos 0-3 anos. A conformidade cai de forma consistente com a idade: de 97,87% (8-10 anos) para 94,94% (11-15 anos), chegando a 88,17% na faixa 20+ anos — o pior desempenho entre todas as faixas etárias.

Disparidades regionais: a análise por estado revela variação significativa de conformidade: Rio Grande do Norte apresenta 99,87% de aprovação, enquanto Alagoas apresenta 90,17%, uma diferença de 9,70 pontos percentuais. Notavelmente, essa disparidade não é explicada pela idade da frota — o Rio Grande do Norte tem a frota mais antiga do país e, ainda assim, o melhor desempenho — o que aponta para fatores locais de manutenção, infraestrutura e operação como determinantes mais relevantes do que a idade veicular isoladamente.



6. INTEGRAÇÃO TÉCNICA ENTRE O PROGRAMA DESPOLUIR E O PROGRAMA MelhorAR

O **Programa Despoluir** consolidou, entre 2022 e 2024, uma base técnica robusta para o monitoramento da conformidade ambiental de veículos pesados no Brasil. Foram avaliados **443.749 veículos únicos**, totalizando **1.048.575 medições** com índice de qualidade superior a **99,9%** e **taxa média de conformidade de 96,42%**, conforme o limite de opacidade estabelecido pelo **PROCONVE P-7** ($k_{\text{médio}} \leq 1,0 \text{ m}^{-1}$). O programa estruturou um protocolo de medição padronizado, baseado em múltiplas leituras, que assegura rastreabilidade, reprodutibilidade e consistência técnica dos resultados obtidos.

Os dados consolidados pelo Programa Despoluir constituem um **referencial técnico e operacional** para o aprimoramento das políticas públicas voltadas ao controle de emissões veiculares. A análise estatística dos resultados indica que aproximadamente **3,58% da frota avaliada** apresentou valores de opacidade significativamente superiores à média, representando contribuição desproporcional às emissões totais de material particulado. Essa caracterização técnica permite a identificação de **perfis críticos de frota**, subsidiando a formulação de estratégias de intervenção e programas de manutenção preventiva direcionados.

No contexto do **Programa MelhorAR**, instituído pela **Portaria MT nº 192/2025**, o acervo técnico e metodológico do Despoluir oferece subsídios diretos para a expansão e padronização nacional das ações de monitoramento ambiental no transporte rodoviário. A compatibilidade entre as metodologias de aferição, os parâmetros de conformidade e os indicadores de desempenho operacional favorece a integração entre os programas, promovendo continuidade técnica e ampliando a capacidade de geração de dados de qualidade para suporte à formulação de políticas públicas baseadas em evidências.

Dessa forma, o Programa MelhorAR se consolida como instrumento de **integração e aprimoramento da estrutura técnica desenvolvida pelo Despoluir**, permitindo a evolução do monitoramento ambiental de frotas em direção a um modelo nacional de **gestão contínua de emissões veiculares**, alinhado às diretrizes de sustentabilidade e à política nacional de qualidade do ar.



7. GLOSSÁRIO TÉCNICO (A-Z)

Aferição - Processo de medição da conformidade ambiental de um veículo através da avaliação de opacidade de fumaça. Consiste em múltiplas leituras durante aceleração progressiva do motor, classificando o veículo como aprovado, reprovado ou rejeitado.

ARLA 32 - Solução aquosa com 32% de ureia técnica, essencial para funcionamento do sistema SCR em veículos PROCONVE P-7 (2014-2021) e P-8 (2022+).

Coeficiente de Opacidade (k) - Medida que representa a capacidade de fumaça absorver e dispersar luz, expressa em m^{-1} . Calculado pela Lei de Beer-Lambert: $k = -\ln(\tau) / L$ ($L = 0.43$ m).

Conformidade - Estado de um veículo que atende aos padrões regulatórios de emissão ($k_{medio} \leq 1.0 m^{-1}$).

Diesel S-10 - Combustível diesel com máximo 10 ppm de enxofre, padrão obrigatório desde 2009 para conformidade PROCONVE P-6 e superior. Necessário para funcionamento adequado do sistema SCR.

Disparidade Regional - Diferença entre maior e menor taxa de aprovação entre estados.

Fase P-5 (2006-2008) - Quinta fase do PROCONVE com limite de NOx 5.0 g/kWh e PM 0.10 g/kWh. Sem sistema SCR, utilizando Diesel S-500.

Fase P-6 (2009-2013) - Sexta fase do PROCONVE com limite de NOx 3.5 g/kWh e PM 0.10 g/kWh. Introduz SCR básico com ARLA 32 e Diesel S-10. Não implementada na prática

Fase P-7 (2014-2021) - Sétima fase do PROCONVE com limite de NOx 2.0 g/kWh e PM 0.05 g/kWh. Implementa SCR otimizado com OBD II.

Fase P-8 (2022+) - Oitava fase do PROCONVE com limite de NOx 0.4 g/kWh e PM 0.04 g/kWh. Introduz OBD III para monitoramento contínuo.

Idade Média da Frota - Média aritmética das idades de todos os veículos avaliados.

Índice de Qualidade - Percentual de registros válidos sem erros no dataset.

k_{max} (Limite Máximo de Opacidade) - Limite de emissão para aprovação para a categoria do veículo.

k_{medio} (Coeficiente Médio de Opacidade) - Média aritmética de 5 leituras durante aceleração.

k_{ml} (Coeficiente Mínimo/Baseline de Opacidade) - Leitura de menor valor durante medição, utilizado para validação do funcionamento correto do opacímetro.

Material Particulado (PM2.5) - Partículas finas ($\leq 2.5 \mu m$) que penetram profundamente no sistema respiratório. Principal poluente medido indiretamente via opacidade.

m⁻¹ (Metro Inverso) - Unidade SI de medição do coeficiente de opacidade, também conhecida como "coeficiente de extinção de luz".

NOx (Óxidos de Nitrogênio) - Gases poluentes (NO, NO₂) produzidos em combustão a altas temperaturas. Contribui para ozônio troposférico e chuva ácida.

OBD III (On-Board Diagnostic System Generation 3) - Sistema de diagnóstico embarcado de terceira geração que monitora continuamente sistemas de controle de emissões, detectando falhas em tempo real e comunicando-as aos órgãos ambientais.



Opacidade - Propriedade física de fumaça de absorver e dispersar luz. Quanto maior a opacidade, maior a concentração de PM2.5 e pior a qualidade das emissões. Medida via opacímetro utilizando a Lei de Beer-Lambert. Indicador principal de eficiência de combustão diesel.

SCR (Selective Catalytic Reduction) - Sistema de redução catalítica seletiva que reduz NOx em 60-95% através de reação química entre gases de escape e ARLA 32. Utiliza catalisador de vanádio ou zeólita.

Taxa de Aprovação - Percentual de veículos que atendem aos padrões ($k_{\text{medio}} \leq 1.0 \text{ m}^{-1}$). Fórmula: $(\text{Aprovados} / \text{Total}) \times 100$.

Taxa de Reprovação - Percentual de veículos com $1.0 < k_{\text{medio}} \leq 1.5 \text{ m}^{-1}$, passíveis de correção via manutenção. Fórmula: $(\text{Reprovados} / \text{Total}) \times 100$.

Taxa de Rejeição - Percentual de veículos com $k_{\text{medio}} > 1.5 \text{ m}^{-1}$ que requerem ação imediata. Fórmula: $(\text{Rejeitados} / \text{Total}) \times 100$.



8. REFERÊNCIAS

ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) (2025) Dados do TRC [online], Brasília, <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/cargas/dadostrc> [Acesso em: 31 de outubro de 2025]

BRASIL (1993) “Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993” [online], Brasília https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8723.htm [Acesso em: 31 de outubro de 2025].

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) “Resolução nº 490, de 16 de novembro de 2018 [online], Brasília, https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=767 [Acesso em: 31 de outubro de 2025].

____ “Resolução nº 492, de 20 de dezembro de 2018 [online], Brasília, https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=765 [Acesso em: 31 de outubro de 2025].

DESPOLUIR (Programa Ambiental do Transporte) (2025), Site do Programa Despoluir, [online], Brasília, <https://despoluir.org.br/conheca-o-despoluir/> [Acesso em: 30 de outubro de 2025].

ESTUDO DE CASO

Programa Despoluir da CNT

Análise de Dados 2022-2024

Análise Técnica Completa
Conformidade Ambiental de Veículos Pesados
Programa de Controle de Poluição do Ar (PROCONVE)