

ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO (AIR)



]

MÁQUINAS AGRÍCOLAS E RODOVIÁRIAS

PROPOSTA MAR-II

POLUENTES ATMOSFÉRICOS



BRASÍLIA - 2025

Índice de Ilustrações

Figura 1. Sumário executivo da análise de impacto regulatório. Fonte: Elaboração Própria.	8
Figura 2. Identificação do problema regulatório.....	16
Figura 3. Impacto da concentração de Material Particulado nas taxas de mortalidade da população.	19
Figura 4. Impacto da concentração de Material Particulado nos níveis de severidade de cada doença.	19
Figura 5. Transporte de Poluentes Atmosféricos de regiões rurais para urbanas.	20
Figura 6. Comparação de emissões entre máquinas Tier 0 e 4.....	21
Figura 7. Variação horária da concentração de MP _{2,5} em áreas urbanas.	22
Figura 8. Contribuição Percentual de Fontes de MP em regiões metropolitanas.	23
Figura 9. Foto das obras na Santo Amaro, estas que causam transtornos para a população.	24
Figura 10. Inventário de Emissões de máquinas versus veículos comerciais pesados.....	27
Figura 11. Emissão média das máquinas versus veículos comerciais.	28
Figura 12. Limites de emissões por poluentes. MAR I versus proposto MAR II.....	57
Figura 13. Estimativa de venda para o ano base 2040.	58
Figura 14. Inventário das emissão de NOx (toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.	59
Figura 15. Inventário das emissão de Material Particulado (MP - toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.	60
Figura 16. Inventário das emissão de Monóxido de carbono (CO - toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.	61
Figura 17. Inventário das emissão de Hidrocarbonetos (HC - toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.	61
Figura 18. Cenários propostos para simular a implementação de um novo limite de emissões para máquinas agrícolas e rodoviárias.	62
Figura 19. Legislação de emissões para máquinas ao redor do mundo.	81



Índice de Tabelas

Tabela 1. Contribuição de Emissões por Faixa de Potência.....	13
Tabela 2. Agentes econômicos impactados pela regulação.	40
Tabela 3. Limites máximos de concentração de poluentes por tempo de exposição.....	45
Tabela 4. Análise qualitativa das alternativas identificadas através da metodologia 5W2H.	67
Tabela 5. Análise qualitativa de cada proposta com os seus possíveis impactos.....	68
Tabela 6. Análise qualitativa de cada proposta com os seus possíveis impactos focados nos atores envolvidos.....	71
Tabela 7. Fabricantes, fornecedores e especialistas em controle de emissões da AEA.....	82



Sumário

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	6
2. Identificação do problema regulatório	9
2.1 Definição do problema	17
2.2 Identificação das causas do problema	26
2.3 Identificação das consequências do problema	30
2.4 Extensão do Problema	32
3. Identificação dos agentes econômicos	34
3.1. Indústria (Montadoras de veículos e indústria de autopeças)	34
3.2. Instituições Técnicas (Instituto Mauá, CETESB etc.)	35
3.3. Governo e Reguladores (IBAMA, MMA, ANAMMA etc.)	35
3.4. Academia e Centros de Pesquisa e Tecnologia	36
3.5. Associações Setoriais (ANFAVEA, SINDIPEÇAS, ABIMAQ, AFEEVAS, AEA, CNI etc.)	36
3.6. Sociedade Civil	37
3.7. Órgãos e instituições públicas de Meio Ambiente	37
3.8 Importadores e distribuidores de Máquina Móveis Não Rodoviárias (MMNR)	38
4. Fundamentação legal	41
5. Objetivos	51
5.1 Objetivos específicos	51
6. Alternativas possíveis ao enfrentamento do problema regulatório identificado	54
Alternativa A – Manutenção do status quo (ausência de nova legislação)	55
Alternativa B – Implementação escalonada da MAR-II (proposta preferida)	55
Alternativa C – Implementação imediata da MAR-II	63
Alternativa D – Implementação escalonada da MAR-II com limites iguais ao Stage V Europeu	63
Alternativa E – Implementação imediata da MAR-II com limites iguais ao Stage V Europeu	64
Alternativa F – Regulação restrita a aplicações urbanas ou regiões críticas de poluição	65
7. Análise dos Impactos	66
7.1 Análise Qualitativa das alternativas identificadas	66
7.2 Possíveis impactos das alternativas identificadas	68
7.3 Possíveis impactos das alternativas identificadas em relação aos atores envolvidos	69
8. Estratégia de implementação, fiscalização e monitoramento	73



9.	Experiencia Internacional	77
10.	PARTICIPAÇÃO SOCIAL	82
11.	MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO FUTURA.....	84
12.	CONCLUSÃO	86
13.	REFERÊNCIAS [1]	87
14.	Anexos.....	88



1. SUMÁRIO EXECUTIVO

A Análise de Impacto Regulatório (AIR) é uma ferramenta essencial no processo de elaboração normativa, utilizada para avaliar, de forma prévia, a existência de um problema regulatório e oferecer alternativas fundamentadas para sua resolução. Trata-se de um procedimento técnico que visa garantir maior racionalidade, transparência e eficiência na tomada de decisões, contribuindo para a formulação de políticas públicas mais eficazes e alinhadas ao interesse coletivo.

Este relatório de AIR tem como principal objetivo fornecer suporte técnico qualificado aos gestores públicos, auxiliando-os na escolha da melhor alternativa regulatória. A proposta é assegurar que os recursos públicos sejam aplicados de maneira eficiente, respeitando os princípios da legalidade, economicidade e eficiência administrativa. Além disso, o documento enfatiza a importância da adoção de medidas que contribuam para a preservação ambiental, especialmente no que se refere à redução da poluição atmosférica, um dos grandes desafios enfrentados atualmente.

As etapas que compõem este processo seguiram rigorosamente as diretrizes estabelecidas pelo Decreto nº 10.411, de 30 de junho de 2020, que regulamenta a AIR no âmbito da administração pública federal. O conteúdo aqui apresentado possui caráter técnico e histórico, com o intuito de oferecer soluções concretas ao problema identificado — neste caso, os desafios envolvem a melhoria da qualidade do ar e a mitigação das emissões de poluentes provenientes do uso de máquinas autopropelidas agrícolas e rodoviárias, que representam uma fonte significativa de poluição atmosférica em áreas urbanas e rurais.

Considerando o cenário atual, marcado por avanços tecnológicos e por uma crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental, foram identificadas oportunidades para a integração de novas ações regulatórias. Entre elas, destaca-se a necessidade de revisão da norma vigente, o MAR-I (Máquinas Agrícolas e Rodoviárias – Fase



I), com o objetivo de atualizá-la frente às exigências ambientais contemporâneas e fortalecer os instrumentos de controle. Essa revisão busca alinhar a regulamentação brasileira às melhores práticas internacionais, promovendo maior efetividade na redução das emissões e incentivando a inovação no setor. É sabido que chegar ao nível de haver veículos com zero emissões é uma longa jornada, na qual as singularidades de cada região e aplicação precisam ser observadas. Nesse sentido, o avanço na regulamentação atual, com a adoção de novos limites de emissões de escapamento, alinhado com níveis já conhecidos internacionalmente, nos colocam na trajetória correta, rumo à melhoria da qualidade do ar com tecnologias já conhecidas e disponíveis atualmente, com baixo nível de impacto para o usuário, mão de obra, infraestrutura, rede de manutenção e pós vendas.

Durante a análise regulatória, considerando o problema posto, a equipe técnica concluiu que a norma atual MAR-I (equivalente aos programas estadunidense Tier 3 e Europeu Stage IIIA) está obsoleta, especialmente pela emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) , cuja previsão de emissão da frota é crescente nos próximos anos, bem como no que diz respeito à definição de limites de emissão e a disponibilidade tecnológica. Diante disso, foi considerada urgente a revisão e atualização, com a proposição de um novo ato normativo que contemple os avanços tecnológicos disponíveis e as demandas ambientais emergentes. Assim, este documento busca estabelecer critérios técnicos e estratégicos que orientem a definição de prioridades, promovendo maior segurança jurídica, previsibilidade e efetividade na implementação das políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade do ar.



Figura 1. Sumário executivo da análise de impacto regulatório. Fonte: Elaboração Própria.



2. Identificação do problema regulatório

O avanço das atividades industriais e urbanas, o aumento expressivo da frota de veículos, além do desmatamento e das queimadas — sejam naturais ou provocadas — refletem mudanças significativas no comportamento da sociedade e impactam diretamente a qualidade do ar que respiramos. A elevação das concentrações de poluentes no solo, na água e especialmente no ar representa uma ameaça à saúde humana e ao equilíbrio dos ecossistemas.

Nos últimos anos, tanto os governos quanto a sociedade civil vêm, de forma gradual, assumindo maior responsabilidade em relação às questões ambientais e aos impactos do desenvolvimento econômico. Esse movimento tem impulsionado a busca por modelos mais sustentáveis e equilibrados de crescimento.

A preocupação com a continuidade da vida no planeta, diante das mudanças ambientais e climáticas, tem sido um dos principais motivadores dessa transformação. Nesse contexto, a qualidade do ar se destaca como um fator crucial, pois influencia diretamente as condições ambientais e a saúde pública. A poluição atmosférica é reconhecida como um risco significativo à saúde, contribuindo para o surgimento de doenças e, em casos mais graves, até mesmo para a mortalidade. Embora nem sempre seja possível estabelecer uma relação causal direta, os efeitos da má qualidade do ar são especialmente perceptíveis em grandes centros urbanos, regiões industriais e áreas com alta incidência de queimadas, independentemente de sua origem.

Segundo os dados apresentados no AIR do Pronar, estima-se que poluição do ar tenha sido responsável por aproximadamente 58% das mortes prematuras por doenças cardíacas e infarto agudo do miocárdio ocorridas no mundo, em 2016; por 18% das mortes por doença pulmonar obstrutiva crônica ou infecção respiratória aguda baixa; e por 6% das mortes por câncer de pulmão (OMS, 2016). No Brasil, segundo levantamento da OMS, a poluição do ar ambiente provoca a morte de mais de 50 mil pessoas por ano. Ratificando



essa informação, o Ministério da Saúde (MS) realizou o estudo Saúde Brasil 2018, que demonstrou um aumento de casos de mortes decorrentes de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), atribuídas à poluição do ar, de 38.782 em 2006 para 44.228 em 2016 (Brasil, 2019). No Saúde Brasil 2018, o grupo de DCNT levadas em consideração no estudo foram: isquêmica do coração (DIC); pulmonar obstrutiva crônica (DPOC); os cânceres de pulmão, traqueia e brônquios, atribuíveis ou não à poluição do ar em homens e mulheres de todas as idades no Brasil nos anos de 2006 e de 2016. Também foi avaliada a exposição da população ao Ozônio (O3) e ao material particulado atmosférico (MP2,5). As DIC atribuídas à poluição do ar foram responsáveis pelo maior número de mortes, tanto em homens (180,9 óbitos por 100 mil habitantes, em 2006; 141,3 óbitos por 100 mil habitantes em 2016) quanto em mulheres (111,0 óbitos por 100 mil habitantes, em 2006; 84,4 óbitos por 100 mil habitantes em 2016). Em seguida, ficaram as doenças cerebrovasculares (DCV), com taxas que declinaram de 112,7 por 100 mil habitantes, em 2006, para 80,7 por 100 mil habitantes em 2016, nos homens; e de 70,6 por 100 mil habitantes em 2006 a 51,2 por 100 mil habitantes em 2016, nas mulheres. Comparando-se os resultados encontrados para óbitos em homens e mulheres, verificou-se, no Brasil, aumento nas mortes por câncer de pulmão, traqueia e brônquios e DPOC atribuídas à poluição em ambos os sexos. No entanto, os casos em mulheres para câncer de pulmão, traqueia e brônquios (37,6%) e DPOC (18,9%) foram maiores que nos homens (11,4%). Dados disponibilizados no site do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS), demonstram que as doenças do aparelho respiratório e circulatório estão entre as primeiras causas de internação hospitalar no Brasil (Ministério da Saúde, 2021).

A poluição do ar continua a representar uma grave ameaça à saúde pública no Brasil. Dados mais recentes indicam que, entre 2019 e 2021, aproximadamente 326.478 mortes prematuras foram atribuídas à exposição à poluição atmosférica no país. Essas mortes estão associadas principalmente a doenças cardiovasculares, respiratórias, infarto do miocárdio, diabetes, AVC, demência e câncer.



A exposição prolongada a poluentes como material particulado fino ($MP_{2,5}$), ozônio (O_3) e dióxido de nitrogênio (NO_2) tem sido associada a um aumento significativo no risco de morte prematura. Estudos indicam que, para cada aumento de $10 \mu g/m^3$ na concentração de $MP_{2,5}$, o risco de morte por doenças respiratórias aumenta em 2,93%. Além disso, cada aumento de 10 ppb no nível de ozônio está associado a um aumento de 2,21% no risco de morte por todas as causas na faixa etária de 46 a 65 anos.

A poluição do ar afeta desproporcionalmente populações vulneráveis, incluindo crianças, idosos e pessoas com doenças pré-existentes. Estima-se que a poluição do ar seja responsável por mais de 700 mil mortes anuais entre crianças com menos de cinco anos em todo o mundo, com cerca de 2 mil mortes infantis diárias.

No Brasil, as principais fontes de poluição atmosférica são emissões veiculares, atividades industriais, queimadas e desmatamento. A região Sudeste, especialmente o estado de São Paulo, apresenta níveis elevados de poluição do ar, com concentrações de $MP_{2,5}$ frequentemente acima dos limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Além dos impactos diretos na saúde, a poluição do ar também gera custos econômicos significativos. Estima-se que os custos relacionados à poluição do ar representem cerca de 6,1% do PIB global, considerando despesas com saúde e perda de produtividade.

Diante desse cenário, é urgente a implementação de políticas públicas eficazes para reduzir as emissões de poluentes atmosféricos, promover o uso de tecnologias mais limpas e fortalecer o monitoramento da qualidade do ar, visando proteger a saúde da população e cumprir os compromissos climáticos assumidos no Acordo de Paris¹.



A qualidade do ar adequada é fundamental para a manutenção da vida e do bem-estar. A presença de poluição do ar traz uma piora da saúde da população, com doenças crônicas que tendem a se agravar como irritação nos olhos e nas vias aéreas, alergias, bronquite, asma e câncer. Idosos, crianças, mulheres grávidas, indivíduos com doenças cardiorrespiratórias ou doenças crônicas prévias apresentam um risco maior de adoecer ou de agravar um quadro clínico preexistente se expostos à poluição do ar. Destaca-se ainda que, em elevada escala, a poluição do ar intensifica o efeito estufa e interfere no aumento das temperaturas do planeta, o que catalisa as mudanças climáticas. A poluição do ar é uma preocupação global abordada em acordos internacionais como o Protocolo de Kyoto¹ e o Acordo de Paris². Seu aumento provoca impactos negativos de curto, médio e longo prazo para o meio ambiente, para a saúde humana e para as condições de tempo e do clima em diferentes escalas territoriais. Quando direcionamos a atenção para o ar, sua qualidade pode sofrer alterações por ações antrópicas e/ou naturais, com resultados prejudiciais à qualidade de vida das pessoas. A poluição do ar ou poluição da atmosfera é a alteração de suas propriedades, ocasionada por agentes químicos, físicos ou biológicos.

A atual regulamentação brasileira referente às emissões atmosféricas de máquinas móveis não rodoviárias (MMNR), representada pela fase MAR-I, encontra-se defasada técnica e temporalmente. Publicada em 2011, essa regulamentação não acompanhou a evolução das tecnologias de controle de emissões disponíveis no mercado internacional, nem as mudanças no perfil da frota nacional e nas exigências ambientais urbanas e rurais.

Estudos técnicos realizados pela Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), com base em inventários nacionais de emissões, demonstram que as MMNR são responsáveis por uma parcela relevante da emissão de poluentes atmosféricos, especialmente NOx e MP, com destaque para as faixas de potência entre 75 kW e 560 kW. Tais máquinas, utilizadas intensivamente nas atividades agrícolas, florestais e de construção, frequentemente operam em ambientes próximos a populações vulneráveis e contribuem de forma significativa para a degradação da qualidade do ar.

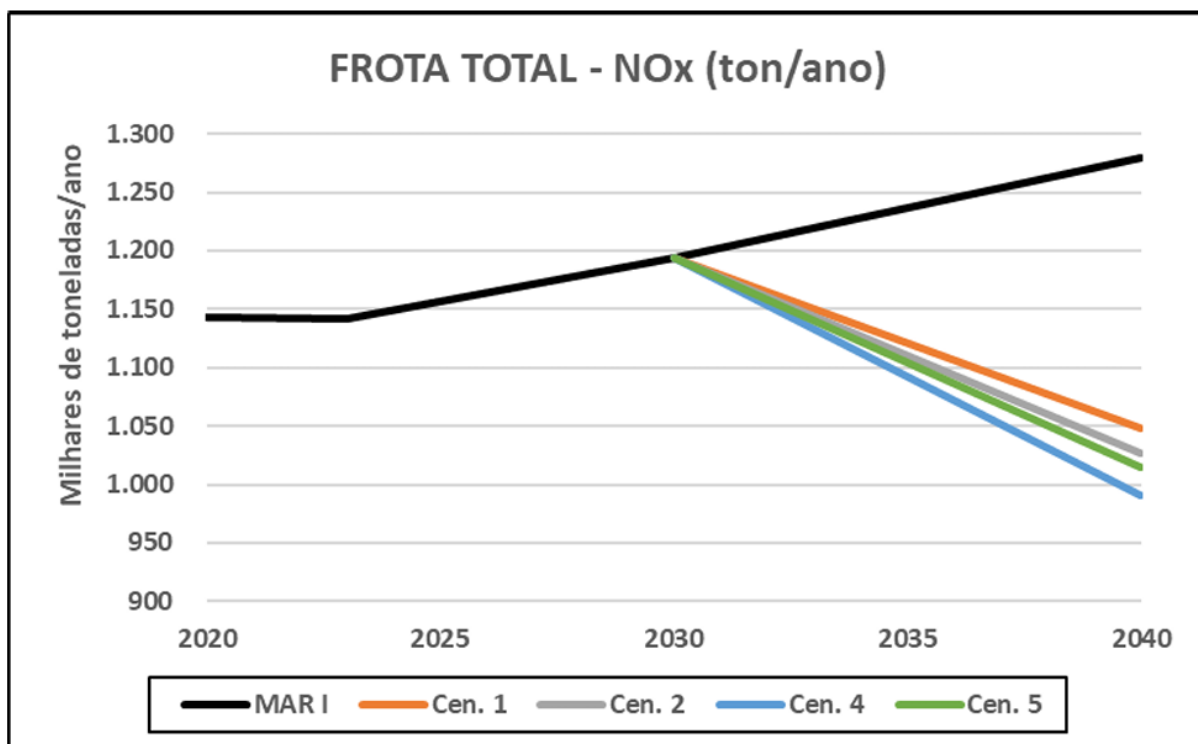


Tabela 1. Contribuição de Emissões por Faixa de Potência.

Potencia (P) em kW	CO	HC	NOx	MP	CO2
$130 \leq P \leq 560$	43%	40%	44%	37%	46%
$75 \leq P < 130$	34%	37%	33%	34%	33%
$37 \leq P < 75$	23%	23%	23%	29%	21%
$19 \leq P < 37$	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Afeevas – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

Ademais, se estima que as emissões de NOx aumentem nos próximos anos, como pode ser vista na reta preta ascendente da figura seguinte isto se deve ao fato da taxa de sucateamento destas máquinas serem baixas, fazendo com que as emissões aumentem à medida que a frota aumenta. O aumento da emissão deste poluente afetará as taxas de morbidade e mortalidade da população exposta. As demais curvas desta figura mostram que em diversos cenários de implantação de uma nova fase de controle as emissões de poluentes, a emissão de NOx voltará a cair.



Fonte: Afeevs – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

Além dos impactos ambientais e sanitários, a manutenção da regulamentação atual acarreta prejuízos à competitividade da indústria nacional. Produtos fabricados no Brasil com base em parâmetros MAR-I enfrentam barreiras técnicas para exportação, sobretudo para países que adotam regulamentações equivalentes ao Stage V europeu ou ao Tier 4 final norte-americano. Por outro lado, a ausência de controle mais rigoroso estimula a entrada de equipamentos usados e obsoletos no país, com alto potencial poluidor.

Diante desse cenário, a ausência de atualização normativa caracteriza um problema regulatório sistêmico: há um descompasso entre o arcabouço normativo brasileiro e as exigências técnicas, ambientais e comerciais contemporâneas. Esse descompasso gera externalidades negativas, como sobrecarga nos sistemas de saúde, aumento da pegada de carbono setorial, perda de eficiência energética, restrições comerciais e obsolescência nos



processos produtivos. Portanto, torna-se imprescindível a adoção de medidas regulatórias que garantam a redução efetiva de emissões, a competitividade industrial e a sustentabilidade ambiental das MMNR.

¹ O Protocolo de Kyoto é um tratado complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, o qual define metas de redução de emissões para os países desenvolvidos e os que, à época, apresentavam economia em transição para o capitalismo, considerados os responsáveis históricos pela mudança atual do clima. Foi criado em 1997 e entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, após atender às condições que exigiam a ratificação por, no mínimo, 55% do total de países-membros da Convenção e que fossem responsáveis por, pelo menos, 55% do total das emissões de 1990.

² O Acordo de Paris é um tratado internacional que apresenta o compromisso de reduzir as emissões de GEEs para limitar até o final do século o aumento médio de temperatura global abaixo dos 2C (se possível, a um limite de 1,5C), diminuindo o aquecimento global. Foi deliberado durante a COP21, em Paris, e aprovado em 12 de dezembro de 2015, entrando em vigor oficialmente no dia 4 de novembro de 2016. A partir de 2020, as medidas que este acordo rege para a redução de emissão de dióxido de carbono (CO₂) iniciaram-se. O Acordo prevê que cada um dos países membros deve apresentar sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês – *Nationally Determined Contribution*), que deve incluir a meta de redução de emissões de GEEs que o país entende justa e adequada para que contribua com os esforços globais de se evitar o aumento de temperatura perigoso (Meta de Temperatura Global).

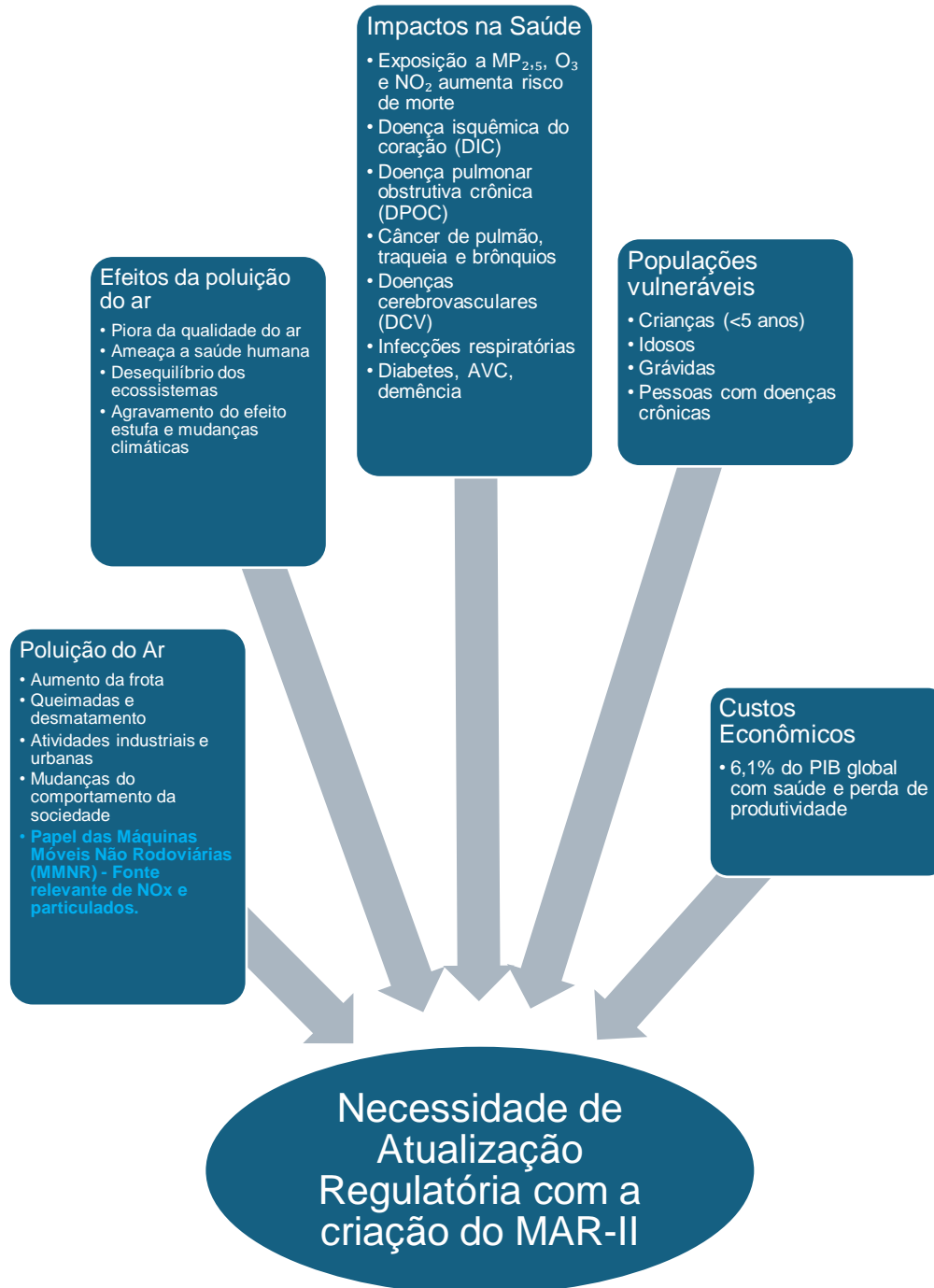


Figura 2. Identificação do problema regulatório.
Fonte: Elaboração própria



2.1 Definição do problema

O Problema das Emissões Provenientes de Máquinas Agrícolas e de Construção a Diesel e seus Impactos Regionais

O uso intensivo de máquinas móveis fora de estrada, especialmente nos setores agrícola e da construção civil, representa um desafio significativo para a qualidade do ar e para a saúde pública. Essas máquinas operam majoritariamente com motores a diesel, combustível que, embora eficiente para aplicações de alta demanda, é responsável por emissões relevantes de poluentes atmosféricos, como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP), entre outros.

No Brasil, a poluição do ar é responsável por mais de 51 mil óbitos anuais, afetando diretamente doenças cardíacas, respiratórias, câncer, acidentes vasculares cerebrais (AVC), demência e diabetes. Estima-se que os custos econômicos decorrentes da poluição atmosférica atingiram cerca de 3,3% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional em 2015, devido a mortes precoces e redução da produtividade. Crianças, idosos e grupos vulneráveis são particularmente afetados de forma mais grave.

Além disso, poluentes como o material particulado fino (MP_{2.5}) e o ozônio permanecem acima dos níveis recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em várias regiões metropolitanas do país, incluindo a Grande São Paulo. Segundo dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), embora haja melhorias na frota de veículos leves, os veículos pesados e outras fontes móveis continuam sendo os maiores responsáveis pelas emissões de poluentes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Entre os componentes do material particulado, destaca-se o carbono negro, que possui efeitos adversos tanto para a saúde humana quanto para o clima. O carbono negro contribui para o aquecimento global e está associado a doenças respiratórias e cardiovasculares. Reconhecendo sua gravidade, o Chile, por exemplo, comprometeu-se a



reduzir em 25% suas emissões de carbono negro até 2030, conforme estabelecido em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou o material particulado ultrafino, gerado por motores a diesel, como substância carcinogênica para seres humanos. Estudos indicam que a exposição contínua a esses poluentes está relacionada ao desenvolvimento de doenças crônicas, como câncer de pulmão, além de agravar condições cardiovasculares. Esse risco é particularmente elevado em áreas urbanas densamente povoadas, regiões industriais e zonas com alta concentração de queimadas.

Em diversas regiões do país, como Campinas e sua área metropolitana por exemplo, se concentram intensa atividade agrícola, industrial e de construção civil, com uso expressivo de maquinário pesado movido a diesel, todos muito próximo à população. Ademais, os poluentes gerados nessas áreas não permanecem restritos ao local de origem. Devido às condições meteorológicas e à dinâmica atmosférica da região sudeste, massas de ar poluídas podem ser transportadas por dezenas de quilômetros, atingindo a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que já enfrenta altos níveis de poluição devido ao tráfego urbano, atividade industrial e à concentração populacional.

Esse transporte de poluentes agrava ainda mais a qualidade do ar na capital paulista, contribuindo para episódios de inversão térmica e aumento da concentração de material particulado inalável (como o MP2,5), especialmente durante os meses mais secos e frios do ano. Como resultado, há um impacto direto na saúde da população, com aumento de internações por doenças respiratórias e cardiovasculares, além de prejuízos econômicos associados à perda de produtividade e ao aumento dos custos com saúde pública.

A Figura 3, publicada no New England Journal of Medicine representa bem o impacto do aumento da concentração de Material Particulado, tanto $PM_{2,5}$ quanto PM_{10} , sobre

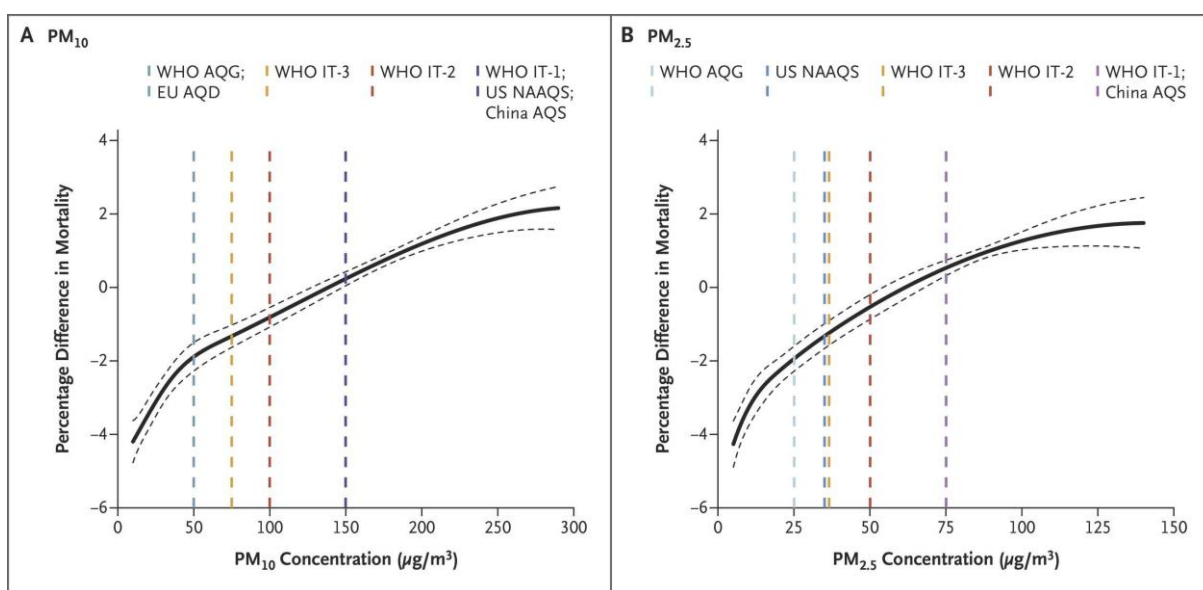


Figura 3. Impacto da concentração de Material Particulado nas taxas de mortalidade da população.

incrementos nas taxas de mortalidade na população.

Fonte: Material da apresentação do Prof. Saldiva (USP) no Simpósio de Eficiência Energética, Emissões e Combustíveis da AEA em 16/04/2025

Fonte: Material da apresentação do Prof. Saldiva (USP) no Simpósio de Eficiência Energética, Emissões e Combustíveis da AEA em 16/04/2025

A Figura 4 mostra a relação entre o aumento da severidade de diversas doenças em

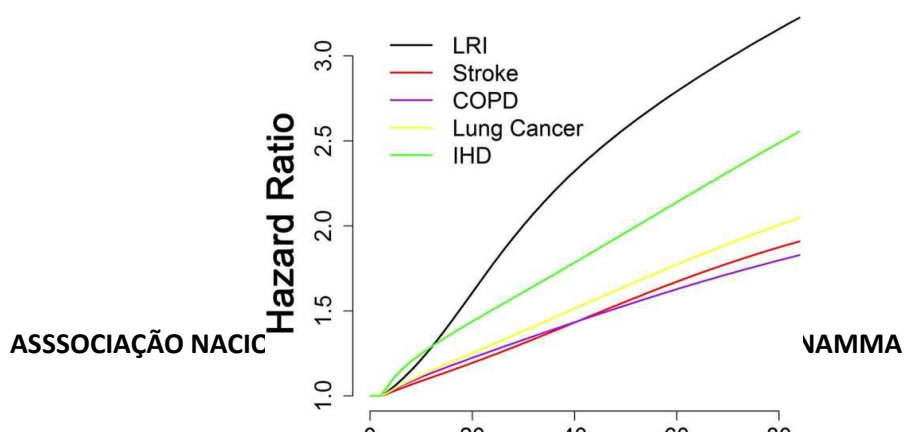


Figura 4. Impacto da concentração de Material Particulado nos níveis de severidade de cada doença.



relação ao aumento da concentração de $PM_{2,5}$ na atmosfera.

Além disso, é importante destacar que o material particulado gerado em áreas rurais — como regiões agrícolas com uso intensivo de tratores, colheitadeiras e outras máquinas movidas a diesel — também pode alcançar centros urbanos. Esse transporte ocorre por meio de correntes atmosféricas que carregam partículas finas por longas distâncias. Em períodos de estiagem, a situação se agrava, pois a ausência de chuvas reduz a dispersão e remoção natural desses poluentes do ar. Assim, populações urbanas podem também ser expostas a níveis elevados de poluição trazidas das zonas rurais, o que reforça a necessidade de políticas integradas de controle de emissões em todo o território.

Ilustração do Transporte de Poluentes Atmosféricos

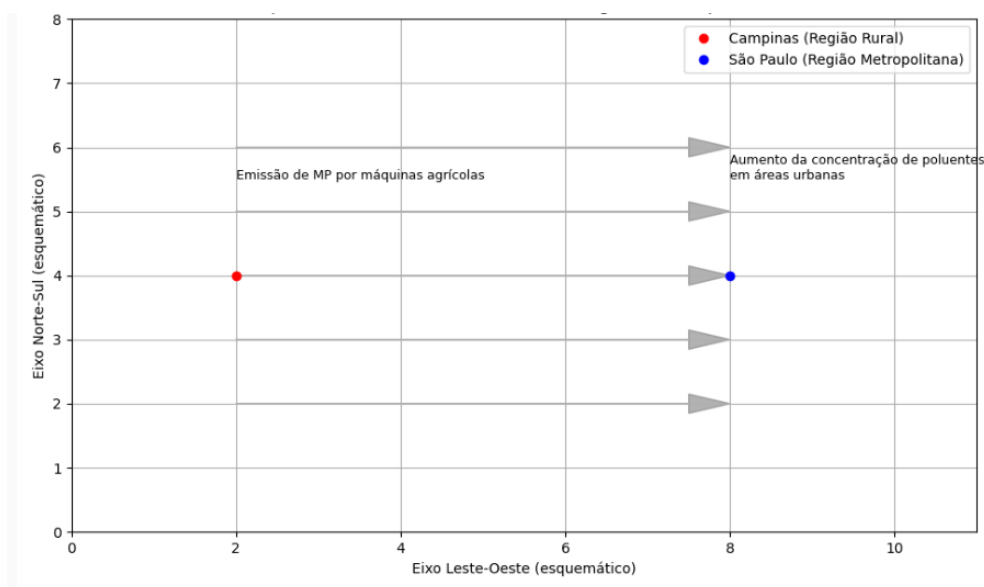


Figura 5. Transporte de Poluentes Atmosféricos de regiões rurais para urbanas.

Fonte: Elaboração própria



Comparação de Emissões entre Máquinas Tier 0 e Tier 4

A Figura 6, gráfico de barras, mostra a diferença significativa entre os limites de emissões de material particulado (MP) e óxidos de nitrogênio (NOx) entre máquinas sem controle de emissões (Tier 0) e aquelas com tecnologia avançada (Tier 4).

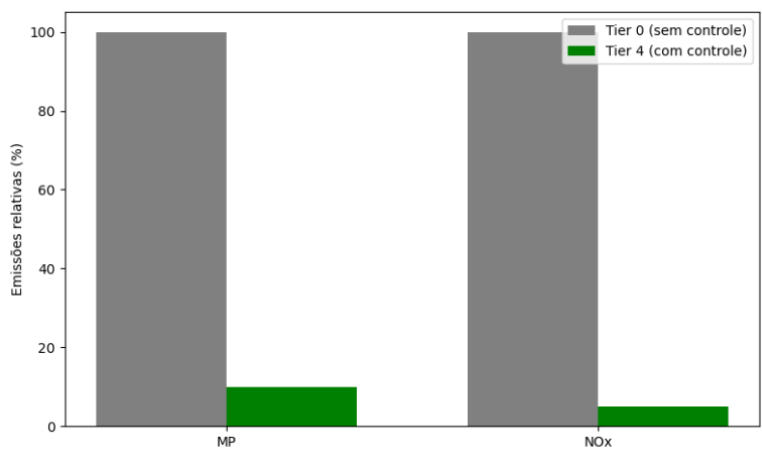


Figura 6. Comparação de emissões entre máquinas Tier 0 e 4.

Fonte: elaboração própria a partir de textos de normas

Variação Horária da Concentração de MP_{2,5} em Área Urbana

A Figura 7, gráfico de linha, ilustra como a concentração de material particulado fino (MP2.5) varia ao longo do dia em uma área urbana, evidenciando picos durante horários de maior

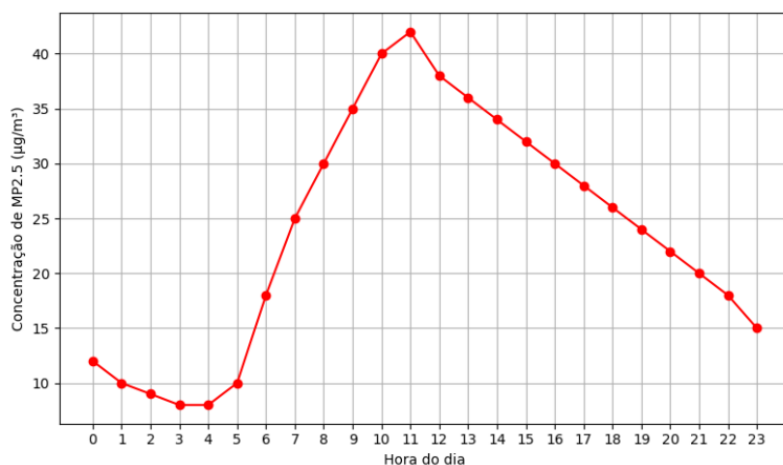


Figura 7. Variação horária da concentração de $MP_{2.5}$ em áreas urbanas.

atividade e transporte de poluentes.

Fonte: Elaboração própria com base em dados de literatura especializada

Contribuição Percentual de Fontes de MP em Regiões Metropolitanas

A Figura 8, gráfico de pizza desenvolvido com base em dados da Cetesb, apresenta a distribuição estimada das principais fontes de emissão de material particulado em áreas metropolitanas, destacando a relevância das máquinas fora de estrada no contexto urbano.

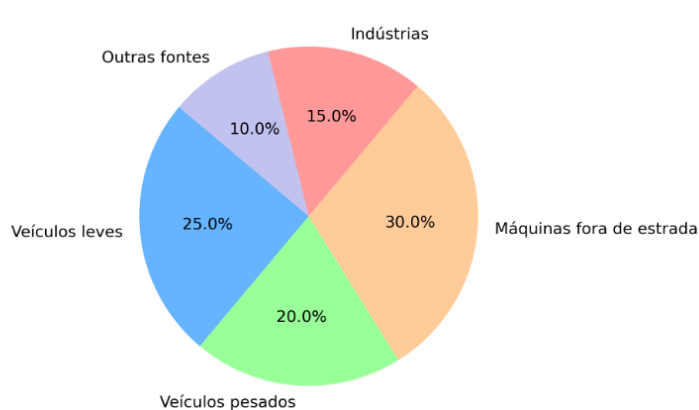


Figura 8. Contribuição Percentual de Fontes de MP em regiões metropolitanas.

Fonte: Dados estimados com base em inventários de emissões e relatórios técnicos sobre qualidade do ar na RMSP.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível garantir um nível adequado de proteção às pessoas que trabalham, residem ou circulam nas proximidades dessas máquinas. A exposição acumulativa a esses poluentes deve ser minimizada por meio da adoção das melhores tecnologias disponíveis, como os filtros de partículas, que demonstram eficácia na redução significativa das emissões. Além disso, a qualidade do combustível disponível atualmente, o diesel comercial S10, já permite a implementação dessas tecnologias de controle de emissões.

Portanto, é necessária a adoção de medidas regulatórias que estabeleçam novos limites máximos de emissão para novas máquinas móveis que venham a operar no país.

A Figura 9 ilustra um canteiro de obras típico, onde veículos de passageiros e caminhões ao redor são obrigados a cumprir normas ambientais rigorosas, como Proconve P-7 (Euro V) e P-8 (Euro VI). No entanto, as máquinas móveis não rodoviárias (MMNR) utilizadas na obra seguem limites menos rigorosos, como os da fase MAR-I (equivalente ao

Tier 3), ou muitas vezes sequer possuem controle de emissões, especialmente quando fabricadas antes de 2017.



Figura 9. Foto das obras na Santo Amaro, estas que causam transtornos para a população.

Fonte: Gazeta SP.

Essa discrepância regulatória é preocupante, pois toda a população que vive, trabalha ou se desloca ao redor sofre diretamente com as emissões dessas máquinas.

Na Região Metropolitana de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) destaca que, apesar dos avanços tecnológicos nos veículos leves, os veículos pesados, como caminhões e ônibus, junto com as máquinas móveis utilizadas em canteiros de obras, são os maiores emissores locais de NO_x e MP_{2,5}. O uso intensivo dessas máquinas, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas e durante obras simultâneas, eleva ainda mais a concentração desses poluentes, agravando os impactos à saúde da população.

A disparidade entre os níveis de controle exigidos para veículos leves e pesados, e a regulamentação defasada para máquinas móveis, reforça a urgência da atualização normativa por meio de uma nova fase do PROCONVE, que poderá ser conhecida por MAR-II, em continuidade à atual fase MAR-1. Essa atualização permitirá a adoção de tecnologias



mais limpas e eficientes, promovendo a redução efetiva das emissões, proteção da saúde pública e alinhamento com os compromissos ambientais globais.



2.2 Identificação das causas do problema

Entende-se por poluente atmosférico qualquer substância sólida, líquida ou gasosa presente no ar em concentrações, durações ou características que possam comprometer sua qualidade natural. Quando esses elementos atingem determinados níveis, tornam o ar potencialmente prejudicial à saúde humana, à fauna e à flora, além de causarem desconforto à população e danos a edificações, veículos, monumentos e outros bens materiais. A presença desses poluentes pode ser resultado direto de atividades antrópicas, como processos industriais, transporte, geração de energia e práticas agrícolas, ou ainda de fontes naturais, embora estas últimas sejam menos frequentes em áreas urbanizadas.

Para mitigar os impactos negativos da poluição atmosférica, são estabelecidos limites máximos de emissões, que funcionam como instrumentos regulatórios. Esses limites definem a quantidade máxima de poluentes que pode ser legalmente emitida por uma fonte específica, com o objetivo de preservar a qualidade do ar e proteger a saúde pública e o meio ambiente. Entre os principais poluentes atmosféricos regulados estão o material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), e compostos orgânicos voláteis (COVs), todos com efeitos adversos bem documentados.

Grande parte desses poluentes é gerada por processos que envolvem a queima de combustíveis fósseis, como carvão, óleo diesel, gasolina e gás natural. Isso inclui desde a produção de energia elétrica até o funcionamento de veículos automotores, passando por atividades industriais pesadas, incineração de resíduos e uso de maquinário agrícola. Em especial, as chamadas fontes móveis — como caminhões, ônibus, tratores e máquinas fora de estrada — representam uma parcela significativa das emissões, principalmente em áreas urbanas e regiões com forte atividade agroindustrial ou de construção civil.

A quantificação dessas emissões é realizada por meio de estações de monitoramento da qualidade do ar, que medem diretamente a concentração de poluentes em tempo real,

ou por meio de inventários de emissões, que utilizam fatores de emissão e dados de atividade urbana para estimar a quantidade de poluentes lançados na atmosfera. Esses métodos são amplamente utilizados por órgãos ambientais e instituições de pesquisa, e

Inventário de Emissões Fora de Estrada

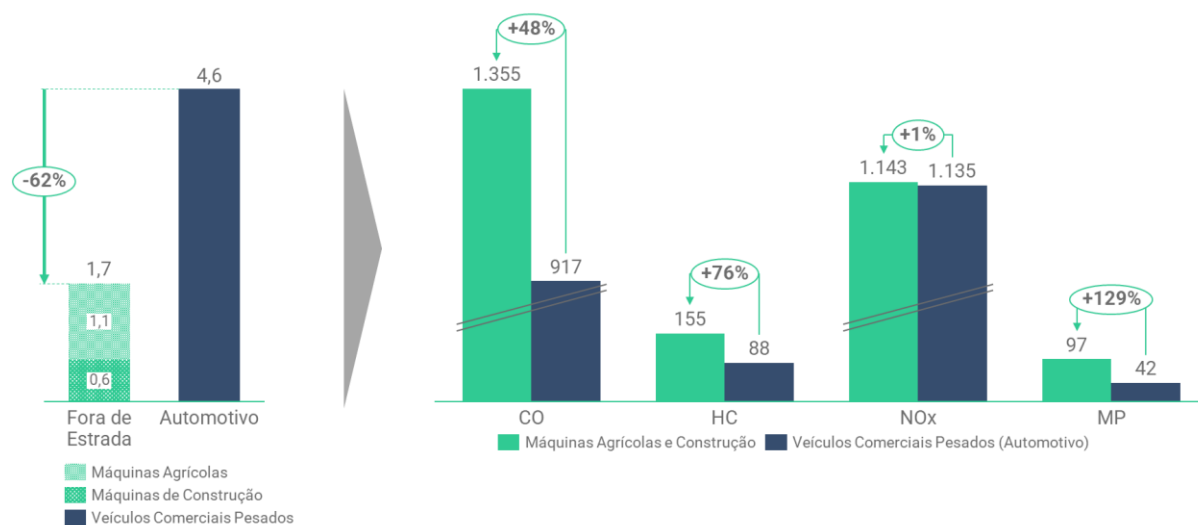


Figura 10. Inventário de Emissões de máquinas versus veículos comerciais pesados.

permitem extrapolações confiáveis para diferentes setores industriais, como a metalurgia, a indústria química e farmacêutica, a fabricação de papel e celulose, a produção de equipamentos eletrônicos e a indústria têxtil.

Fonte: Afeevas – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

Frota

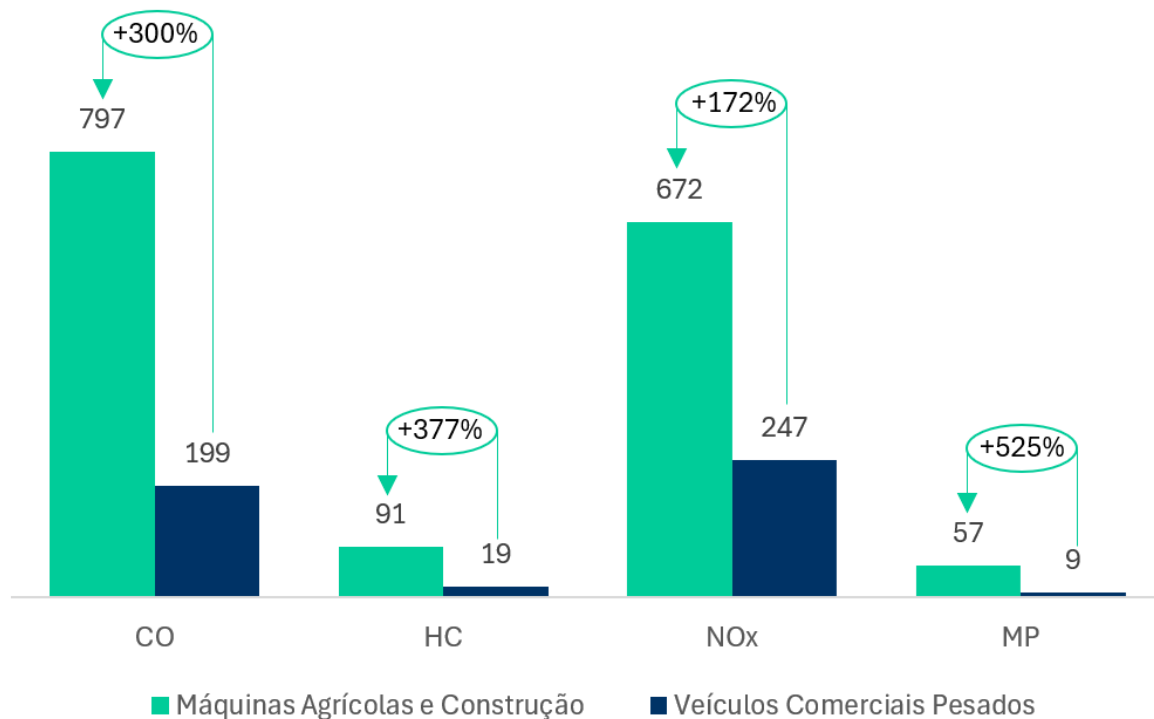


Figura 11. Emissão média das máquinas versus veículos comerciais.

Fonte: Autores com base nos dados do inventário da Afeevas. Emissões divididas pelos números da frota.

A Figura 11 enfatiza a necessidade de implementarmos um novo limite de emissões para máquinas agrícolas e de construção. Atualmente as mesmas emitem muito mais do que os veículos comerciais pesados.

Além das fontes emissoras, as condições meteorológicas e climáticas exercem papel fundamental na dispersão, concentração e transporte dos poluentes. Fatores como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, além da presença de inversões térmicas, influenciam diretamente na qualidade do ar em uma determinada região. Em situações desfavoráveis, esses fatores podem agravar os efeitos da poluição, aumentando a exposição da população a substâncias tóxicas.

Neste documento, o foco recai especialmente sobre as fontes móveis, que compreendem veículos e equipamentos com motores de combustão interna. Embora o



diesel seja o combustível mais comum nesse grupo, também são utilizados etanol e combustíveis gasosos. A regulamentação dessas fontes, por meio de normas como o Tier 4 Final (T4F) e Stage V, tem como objetivo reduzir significativamente as emissões de poluentes, exigindo o uso de tecnologias avançadas de controle, como sistemas de recirculação de gases de escape (EGR), catalisadores de redução seletiva (SCR) e filtros de partículas (DPF).



2.3 Identificação das consequências do problema

A poluição atmosférica gerada por máquinas agrícolas e de construção civil — classificadas como fontes móveis fora de estrada — representa uma preocupação crescente no contexto ambiental e de saúde pública. Equipadas majoritariamente com motores a diesel, essas máquinas emitem uma variedade de poluentes que afetam diretamente a qualidade do ar, especialmente em regiões com uso intensivo de mecanização agrícola ou obras de infraestrutura.

Os **poluentes primários** são liberados diretamente na atmosfera durante a combustão do diesel, incluindo óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP2,5 e MP10), hidrocarbonetos (HC) e dióxido de enxofre (SO_2). Já os **poluentes secundários** se formam a partir de reações químicas entre esses compostos e elementos naturais da atmosfera, como a luz solar, resultando, por exemplo, na formação de ozônio troposférico (O_3) e partículas secundárias finas¹ ([New study quantifies global health, environmental impacts of excess nitrogen oxide emissions from diesel vehicles - International Council on Clean Transportation](#))

Segundo o DieselNet, os motores a diesel são particularmente problemáticos por emitirem altas concentrações de NO_x e material particulado, ambos com efeitos comprovadamente nocivos à saúde humana e ao meio ambiente² ([NOx Health Fact Sheet global 2post.pdf](#)). O NO_x , por exemplo, contribui para a formação de ozônio e partículas finas, que estão associadas a doenças respiratórias, cardiovasculares e até câncer de pulmão

A seguir, destacam-se os principais fatores a serem considerados na análise dessas emissões:

i. Escala Geográfica:

- **Local:** Identificação das áreas de operação das máquinas e das fontes emissoras, como fazendas mecanizadas, canteiros de obras e áreas de mineração.



- **Regional:** Monitoramento da qualidade do ar por redes estaduais, especialmente em regiões com alta densidade de equipamentos pesados.
- **Nacional:** Elaboração de inventários de emissões atmosféricas específicas para o setor fora de estrada, fundamentais para políticas públicas e programas como o PROCONVE MAR-I e MAR-II.

ii. Frequência e Atualização de Dados:

- A coleta contínua de dados e a atualização dos padrões de emissão são essenciais para acompanhar a evolução tecnológica dos motores e a eficácia de medidas como o uso de tecnologias mais avançadas de controle de poluentes, como SCR (Redução Catalítica Seletiva) e DPF (Filtro de Partículas Diesel), que reduzem significativamente as emissões de NO_x e MP

iii. Populações e Grupos Afetados:

- Trabalhadores rurais, operadores de máquinas e comunidades próximas às áreas de operação estão entre os mais expostos. Grupos vulneráveis — como crianças, idosos, gestantes e pessoas com doenças crônicas — são especialmente sensíveis aos efeitos da poluição.
- ONGs, universidades, órgãos reguladores e a sociedade civil utilizam essas informações para avaliar riscos e propor soluções sustentáveis.

iv. Tipos de Poluentes:

- Os principais poluentes emitidos incluem: MP_{2,5} e MP₁₀, NO_x, CO, SO₂, HC e O₃. Além disso, há crescente preocupação com carbono negro (black carbon), partículas ultrafinas e poeiras geradas por movimentação de solo, que ainda carecem de regulamentação específica, mas têm alto potencial de impacto ambiental e climático



v. Impactos na Saúde e no Meio Ambiente:

- De acordo com o ICCT (International Council on Clean Transportation), as emissões de NO_x por veículos a diesel foram responsáveis por cerca de 38 mil mortes prematuras ao redor do mundo em 2015, com projeções de que esse número possa chegar a 183 mil até 2040 se medidas mais rigorosas não forem adotadas. A implementação de controles mais restritivos para as emissões de NO_x (Euro VI / Stage V), deve evitar cerca de 174 mil mortes relacionadas a poluição do ar e aumentar em 3 milhões de anos a expectativa de vida no mundo em 2040. Ref.
- Além dos impactos diretos na saúde, essas emissões contribuem para a degradação ambiental, acidificação do solo, redução da produtividade agrícola e intensificação das mudanças climáticas, especialmente por meio da emissão de carbono negro, um potente agente de aquecimento atmosférico de curto prazo.

2.4 Extensão do Problema

O problema em questão apresenta uma abrangência territorial ampla, especialmente quando se considera a dinâmica atmosférica. Regiões com altos níveis de poluição do ar podem influenciar negativamente áreas vizinhas, direta ou indiretamente, dependendo de fatores como condições climáticas, topografia e padrões de circulação atmosférica. Dessa forma, os efeitos da poluição não se restringem a limites geográficos locais, podendo se estender por grandes distâncias. Um exemplo desta situação é a ocorrência das chamadas chuvas pretas no Rio Grande do Sul, em função da fuligem gerada pelas queimadas florestais na região amazônica, milhares de quilômetros distante. Este fenômeno foi amplamente divulgado pela mídia em setembro de 2024, como por exemplo pelo Jornal da USP (<https://jornal.usp.br/atualidades/chuva-preta-fenomeno-atipico-que-traz-fuligem-de-queimadas-cinzas-e-compostos-quimicos/>). Nesse contexto, torna-se pertinente considerar



o problema como de abrangência nacional, sobretudo no que diz respeito à formulação e aplicação de normativas ambientais compatíveis com a realidade brasileira



3. Identificação dos agentes econômicos

A implementação do MAR-II, embora essencial para a proteção ambiental e a melhoria da qualidade do ar, traz impactos para diversos segmentos da cadeia produtiva, tanto de forma direta quanto indireta. Por isso, é importante que todos os envolvidos — desde o planejamento até a execução — avaliem os desafios e se preparem, a fim de garantir uma transição eficiente e minimizar possíveis consequências negativas. Ainda assim, é importante seguir avançando, assim como já foi feito nos principais mercados globais, que adotaram padrões mais rigorosos de emissões como parte de seus compromissos com a sustentabilidade.

3.1. Indústria (Montadoras de veículos e indústria de autopeças)

- **Impactos técnicos:**

Trazer a tecnologia de motores e pós-tratamento das respectivas matrizes ao Brasil, e quando necessário redesenhar motores e sistemas de pós-tratamento (como catalisadores, filtros de partículas, EGR, SCR), o que exige investimento em engenharia e testes.

- **Impactos econômicos:**

Aumento nos custos de produção e desenvolvimento, que podem afetar a competitividade, especialmente para empresas menores ou com menor capacidade de inovação. Impacto positivo na Engenharia Nacional, geração de empregos de qualidade e continuidade nos investimentos na manufatura nacional.

- **Impactos operacionais:**

Ajustes em linhas de montagem, cadeia de suprimentos e capacitação de equipes técnicas com avanços na Engenharia Nacional. Processos e produtos alinhados globalmente.

- **Impactos estratégicos:**



Pressão para acelerar a transição tecnológica e alinhar-se a padrões internacionais, o que pode abrir novos mercados e agregação de valor nos produtos manufaturados localmente.

3.2. Instituições Técnicas (Instituto Mauá, CETESB etc.)

- **Impactos operacionais:**

Aumento da demanda por ensaios de certificação, exigindo mais infraestrutura, pessoal qualificado e equipamentos de medição de alta precisão.

- **Impactos institucionais:**

Maior responsabilidade na validação técnica e credibilidade do processo regulatório. Precisam garantir imparcialidade, agilidade e qualidade nos resultados.

- **Impactos financeiros:**

Necessidade de investimentos públicos ou parcerias para ampliar a capacidade de atendimento.

3.3. Governo e Reguladores (IBAMA, MMA, ANAMMA etc.)

- **Impactos políticos:**

Pressão para equilibrar os interesses ambientais com os econômicos e sociais. A adoção do MAR-II, por um lado, pode gerar resistência de alguns setores produtivos. Entretanto, poderá haver setores que verão oportunidades de transposição de barreiras tecnológicas para possibilidade de exportação de produtos.

- **Impactos administrativos:**

Necessidade de revisar normas, fiscalizar o cumprimento, aplicar sanções e conduzir processos de consulta pública.



- **Impactos estratégicos:**

Cumprimento de compromissos internacionais de redução de emissões e alinhamento com políticas climáticas globais, colocando o Brasil numa posição de alinhamento global frente aos principais mercados internacionais.

3.4. Academia e Centros de Pesquisa e Tecnologia

- **Impactos positivos:**

Oportunidade de desenvolver pesquisas aplicadas, novas tecnologias e formar profissionais especializados em controle de emissões. Será estimulada a desenvolver novas soluções para controle de emissões, eficiência energética e combustíveis alternativos, reforçando a base nacional de inovação.

- **Impactos institucionais:**

Maior integração com a indústria e com o governo em projetos de inovação e desenvolvimento sustentável.

3.5. Associações Setoriais (ANFAVEA, SINDIPEÇAS, ABIMAQ, AFEEVAS, AEA, CNI etc.)

- **Impactos políticos e institucionais:**

Papel central na mediação entre governo e setor produtivo. Precisam representar os interesses dos associados e propor soluções viáveis alinhadas com as vozes de seus associados e assim garantir a representatividade do setor produtivo.

- **Impactos estratégicos:**

Devem atuar na construção de consensos, na defesa de incentivos e na promoção de boas práticas para a transição.



3.6. Sociedade Civil

- **Impactos sociais:**

Pode haver aumento nos preços de produtos e serviços ligados à agricultura e construção, devido ao repasse dos custos de adaptação tecnológica.

- **Impactos de percepção:**

A sociedade pode apoiar a medida pelos benefícios à saúde e ao bem-estar, mas também pode exigir transparência sobre os custos e os impactos econômicos, principalmente pelos usuários. Solicitação de taxas de juros reduzidas poderão ser apresentadas como contrapartida.

- **Pontos Principais:**

- Redução das taxas de mortalidade
- Redução das taxas de morbidade
- Acesso à informação clara sobre os benefícios e custos da medida
- Garantia de que os impactos econômicos sejam justos e equilibrados
- Participação em processos de consulta pública

3.7. Órgãos e instituições públicas de Meio Ambiente

- **Impactos no sistema de saúde:**

Redução dos investimentos no sistema de saúde devido as reduções das taxas de morbidade e mortalidade.

- **Impactos ambientais:**

Redução significativa de poluentes atmosféricos (principalmente o NOx), contribuindo para a melhoria da qualidade do ar, proteção da biodiversidade e mitigação das mudanças climáticas.



Caso a regulamentação use o Stage V como referência, o material particulado (MP) também será reduzido aos níveis mais saudáveis exigidos pela OMS.

- **Pontos Principais:**

- Adoção efetiva e sem atrasos de padrões mais rígidos de emissões
- Monitoramento contínuo dos resultados ambientais
- Compromisso de longo prazo com políticas sustentáveis

3.8 Importadores e distribuidores de Máquina Móveis Não Rodoviárias (MMNR)

- **Impactos administrativos:**

A implementação da MAR-II trará alguns impactos para importadores e comerciantes de máquinas fora de estrada no Brasil.

Com a exigência de limites de emissão mais rigorosos, alinhados ao padrão internacional Tier 4 Final ou Stage V, esses agentes precisarão adaptar seus portfólios, priorizando a importação e comercialização de máquinas que já estejam em conformidade com a nova regulamentação ambiental. Isso pode resultar em custos adicionais, tanto pela necessidade de negociação com fornecedores estrangeiros para garantir modelos adequados, quanto pelo aumento do valor das máquinas equipadas com tecnologias avançadas de controle de emissões, como filtros de partículas (DPF) e sistemas de recirculação de gases (EGR, SCR).

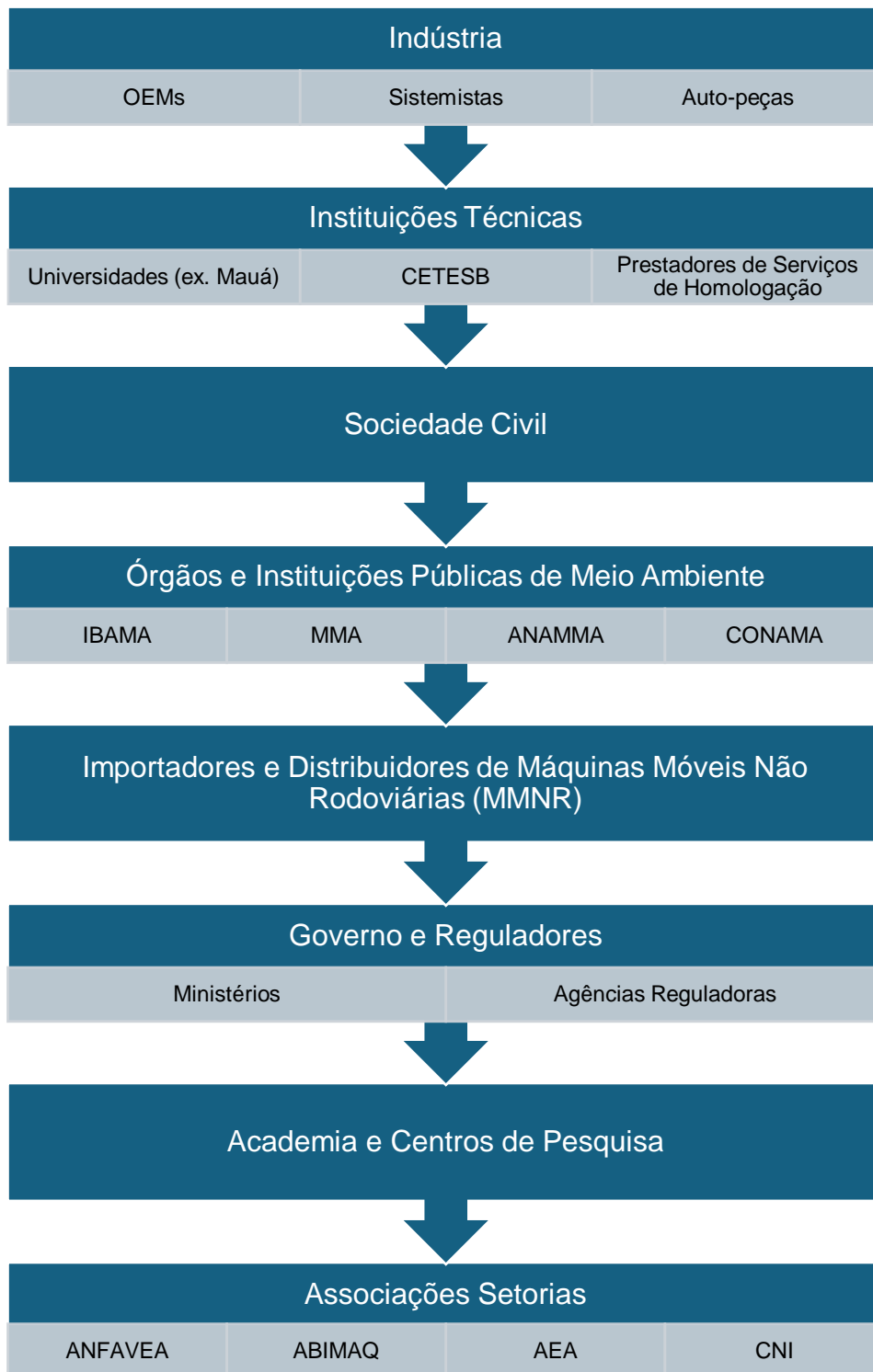
Além disso, haverá a necessidade de ajustes nos processos administrativos para garantir a correta certificação, desembaraço aduaneiro e manutenção de documentação técnica exigida pelas autoridades regulatórias.



Por outro lado, a adequação à MAR-II pode representar uma oportunidade estratégica para importadores e comerciantes que se anteciparem à transição, fortalecendo sua posição de mercado ao oferecer máquinas ambientalmente mais limpas e alinhadas a tendências globais de sustentabilidade. A conformidade com padrões internacionais tende a reduzir barreiras técnicas ao comércio exterior e a valorizar a imagem institucional das empresas. Contudo, a transição exigirá esforços de capacitação das equipes, atualização dos sistemas internos de controle e acompanhamento constante das exigências normativas para evitar penalidades e garantir a fluidez das operações comerciais no novo cenário regulatório.



Tabela 2. Agentes econômicos impactados pela regulação.



Fonte: Elaboração Própria.



4. Fundamentação legal

Durante o processo de industrialização e expansão econômica no Brasil, a poluição do ar tornou-se um problema visível, especialmente nas grandes metrópoles. Esse cenário despertou a necessidade de ações governamentais voltadas à preservação da qualidade do ar. Como resposta inicial, foi publicada a Portaria nº 231, em 27 de abril de 1976, pelo então Ministério do Interior. Esta medida estabeleceu padrões nacionais de qualidade do ar para poluentes como material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos, ao mesmo tempo em que permitia aos Estados a definição de padrões regionais de emissão.

Inicialmente, os esforços e regulamentações voltados ao controle da poluição do ar concentraram-se nas fontes móveis, com a publicação de portarias e resoluções que definiam padrões e limites específicos para esse tipo de emissão. Um avanço significativo ocorreu com a promulgação da Constituição Federal de 1988, que elevou o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado à categoria de direito fundamental. No artigo 23, inciso VI, a Constituição estabelece que a proteção ambiental e o combate à poluição, em todas as suas formas, são responsabilidades compartilhadas entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios. Já o artigo 24, inciso VI, determina que a competência para legislar sobre o controle da poluição é concorrente entre a União, os Estados e o Distrito Federal.

Complementando o disposto no artigo 23 da Constituição Federal, a Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, estabelece diretrizes para a cooperação entre os entes federativos — União, Estados, Distrito Federal e Municípios — no exercício das competências administrativas comuns. Essa legislação trata da proteção das paisagens naturais notáveis, da preservação do meio ambiente, do combate à poluição em todas as suas formas, bem como da conservação das florestas, da fauna e da flora.



A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), representa um marco na gestão ambiental brasileira ao estabelecer diretrizes e objetivos voltados à proteção e preservação do meio ambiente, promovendo também o desenvolvimento sustentável. Esta legislação define regras gerais para a formulação de políticas ambientais em todo o país.

Entre seus princípios, destaca-se o monitoramento contínuo da qualidade ambiental (art. 2º, VIII), e entre seus instrumentos, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental (art. 9º, I). Tais medidas contribuem significativamente para a gestão ambiental, especialmente no que se refere ao controle da qualidade do ar. A PNMA também prevê a formulação de estratégias em todos os níveis da federação, por meio de normas e planos, com o objetivo de orientar ações voltadas ao controle, à preservação e à recuperação da qualidade ambiental.

Nesse contexto, o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (Pronar) se destaca como uma das principais estratégias da gestão ambiental voltadas à proteção da saúde pública, ao bem-estar da população e à melhoria da qualidade de vida. O programa busca conciliar o desenvolvimento econômico e social com a segurança ambiental, por meio da limitação das emissões de poluentes provenientes de fontes atmosféricas. Seus objetivos incluem a melhoria da qualidade do ar, o cumprimento dos padrões estabelecidos e a preservação da qualidade do ar em áreas ainda não degradadas.

Além disso, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), atribuindo competências e responsabilidades às diferentes esferas de governo. A mesma lei também introduziu o licenciamento ambiental como um dos instrumentos fundamentais da política ambiental. Em seu Anexo VIII, são listadas as atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos naturais. No âmbito federal, cabe ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) exercer o poder de polícia ambiental e implementar ações relacionadas



ao licenciamento, controle da qualidade ambiental, autorização de uso de recursos naturais, bem como à fiscalização, monitoramento e controle ambiental.

Adicionalmente à Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), a Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, estabelece que o licenciamento ambiental deve ser conduzido por apenas um ente federativo, conforme disposto em seu artigo 13. Essa centralização tem como objetivo evitar sobreposição de competências e garantir maior eficiência no processo. Os demais entes federativos podem se manifestar durante o procedimento, mas de forma não vinculante, respeitando os prazos e procedimentos estabelecidos

A criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) pela Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) representou um avanço importante na institucionalização da gestão ambiental no Brasil. O Conama tem como responsabilidade principal a definição de normas, critérios e padrões voltados ao controle e à manutenção da qualidade ambiental, contribuindo significativamente para ampliar a atenção dedicada à qualidade do ar.

Entre os instrumentos normativos mais relevantes emitidos pelo Conama estão as resoluções, que desempenham papel fundamental na regulamentação ambiental. Destacam-se, nesse contexto, duas resoluções essenciais: a Resolução Conama nº 5, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (Pronar); e a Resolução Conama nº 3, de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os padrões de qualidade do ar previstos no Pronar. Esta última define os padrões primários e secundários de qualidade do ar, além de critérios específicos para a gestão de episódios agudos de poluição atmosférica.

Em continuidade ao processo de aprimoramento da gestão da qualidade do ar, a Resolução Conama nº 491, de 19 de novembro de 2018, revogou a Resolução Conama nº 3/1990, bem como os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 5/1989. Essa norma redefiniu os padrões de qualidade do ar, classificando-os em padrões intermediários (PI) e



padrão final (PF), sendo este último baseado nos valores-guia estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005.

Mais recentemente, a Resolução Conama nº 506, de 5 de julho de 2024, foi publicada com o objetivo de atualizar e consolidar os padrões nacionais de qualidade do ar. Essa nova norma revogou os artigos 1º a 8º, os artigos 12 a 14 e o Anexo I da Resolução nº 491/2018, além dos itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução nº 5/1989. A Resolução nº 506 estabelece diretrizes claras para a aplicação dos padrões de qualidade do ar, adotando como referência os valores definidos pela OMS em 2021 para o padrão final (PF), e mantendo os padrões intermediários (PI) como metas temporárias a serem alcançadas em etapas.

A Resolução Conama nº 506/2024 também altera os valores impostos para os padrões de qualidade, adotando como guia os valores definidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2021), conforme tabela que segue:



“Art. 3º Ficam estabelecidos os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, conforme Anexo I, devidamente integrados ao Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - Pronar, devendo ser adotados em todo o território nacional pelos órgãos e entidades

Tabela 3. Limites máximos de concentração de poluentes por tempo de exposição.

integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama.

Poluente atmosférico	Período de referência	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PF	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Material Particulado - MP_{10}	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Material Particulado - $\text{MP}_{2,5}$	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-
Dióxido de Enxofre - SO_2	24 horas	125	50	30	40	40	-
	Anual ¹	40	30	20	20	20	-
Dióxido de Nitrogênio - NO_2	1 hora ²	260	240	220	200	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	10	-
Ozônio - O_3	8 horas ³	140	130	120	100	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão – PTS	24 horas	-	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb_5	Anual ¹	-	-	-	-	0,5	-

¹ – média aritmética anual

² – média horária

³ – máxima média móvel obtida no dia

⁴ – média geométrica anual

⁵ – medido nas partículas totais em suspensão

Fonte: Resolução Conama nº 506/2024.”

A definição de padrões de qualidade do ar refere-se aos limites máximos de concentração de poluentes permitidos por lei, considerando um determinado tempo de exposição. Esses limites visam proteger a saúde da população. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), esses padrões podem variar entre países, sendo influenciados por



fatores como o contexto político, social, o nível de desenvolvimento e a capacidade de gestão da qualidade do ar em cada região.

As recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) buscam considerar as particularidades de cada país ao orientar a formulação de políticas de qualidade do ar. A ideia é que os governos avaliem suas condições locais antes de adotarem os valores sugeridos como padrões nacionais. Segundo a OMS (2015), o processo de definição desses padrões deve buscar as menores concentrações possíveis de poluentes, levando em conta limitações técnicas, prioridades de saúde pública e o contexto específico de cada região.

Vale destacar que a recém-publicada Resolução Conama nº 506/2024 também estabelece diretrizes que exigem a revisão da Resolução Conama nº 5/1989, reforçando o compromisso com a atualização e o aprimoramento das normas ambientais.

Art. 10. O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima deverá enviar ao CONAMA proposta de revisão da Resolução Conama nº 05, de 25 de Agosto de 1989, que dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - Pronar, em até cento e oitenta dias após a entrada em vigor desta Resolução.

Art. 11. Ficam revogados:

I - os arts. 1º ao 8º, os arts. 12 a 14 e o Anexo I da Resolução Conama nº 491, de 19 de novembro de 2018; e

II - os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 5, de 15 de junho de 1989.

Aqui são descritos os artigos ainda vigentes da Resolução Conama nº 491/2018:

Art. 9º O Ministério do Meio Ambiente elaborará relatório anual de acompanhamento e o apresentará na última reunião ordinária do Conama.

Art. 10. Os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão elaborar, com base nos níveis de atenção, de alerta e de emergência, um Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar, a ser submetido à autoridade competente do estado ou do Distrito



Federal, visando medidas preventivas com o objetivo de evitar graves e iminentes riscos à saúde da população, de acordo com os poluentes e concentrações, constantes no Anexo III. Parágrafo único. O Plano mencionado no caput deverá indicar os responsáveis pela declaração dos diversos níveis de criticidade, devendo essa declaração ser divulgada em quaisquer dos meios de comunicação de massa.

Art. 11. Os níveis de atenção, alerta e emergência a que se refere o art. 10 serão declarados quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 horas subsequentes, for excedida uma ou mais das condições especificadas no Anexo III. Parágrafo único. Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida, sujeitas às restrições previamente estabelecidas no Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar.

Há de se verificar a importância de tais normativas, considerando-se as recentes publicações, desde a PNQAr à Resolução Conama nº 506/2024 que alterou a Resolução Conama nº 491/2018 e que possui artigos transitórios, tornando clara, necessária e factível a necessidade da revisão da resolução aqui discutida.

Destacando-se que a observância das Resoluções Conama é condição necessária para fins de licenciamentos e recursos federais, conforme disposto no art. 23 DA PNQAr

Art. 23. A elaboração dos inventários, dos planos de qualidade do ar, dos programas de controle e dos relatórios de avaliação de qualidade do ar, nos termos previstos nesta Lei, é condição para os Estados e o Distrito Federal terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados às políticas públicas, a empreendimentos e a serviços relacionados à qualidade do ar e ao controle da poluição do ar, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou de fomento para essa finalidade.



Salientando que estas resoluções são elaboradas segundo critérios técnicos, considerando as boas práticas internacionais e as experiências exitosas existentes no país, sendo assegurados os procedimentos participativos com tomadas de subsídios e consultas públicas.

A proposta MAR-II encontra respaldo em um conjunto robusto de dispositivos legais e normativos que conferem competência e obrigatoriedade à atuação regulatória do Estado em matéria ambiental, especialmente no que tange ao controle da poluição do ar e à promoção do desenvolvimento sustentável. Entre os principais fundamentos legais, destacam-se:

- Constituição Federal de 1988

Art. 225: assegura o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e impõe ao Poder Público o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

- Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente)

Estabelece os instrumentos para preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, incluindo o controle e a fiscalização das atividades potencialmente poluidoras.

- Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais)

Define sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

- Lei nº 13.848/2019 (Lei das Agências Reguladoras)

Consolida o uso obrigatório da Análise de Impacto Regulatório como instrumento de planejamento e transparência na elaboração de normas por órgãos e entidades da administração pública federal.

- Decreto nº 10.411/2020



Regulamenta a obrigatoriedade da AIR e define seus elementos estruturantes, estabelecendo o procedimento de elaboração e as hipóteses de dispensa.

- Resolução CONAMA nº 433/2011 (MAR-I)

Define os limites vigentes de emissão para máquinas móveis não rodoviárias, que se pretende revisar por meio da proposta MAR-II.

- Acordos Internacionais

Acordo de Paris (ratificado pelo Brasil por meio do Decreto Legislativo nº 140/2016), que impõe compromissos de redução de emissões e transição para tecnologias limpas, alinhando a MAR-II às metas nacionais de mitigação das mudanças climáticas.

Ao considerar os impactos ambientais das emissões de máquinas móveis não rodoviárias, é importante destacar que os óxidos de nitrogênio (NOx), apesar de não serem gases de efeito estufa primários, contribuem indiretamente para o aquecimento global. Isso ocorre principalmente por meio da formação do ozônio troposférico, um gás com alto potencial de efeito estufa. Portanto, o controle rigoroso das emissões de NOx também está alinhado com os compromissos do Brasil no Acordo de Paris, ao contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

O avanço para o MAR-II está alinhado com os princípios **Resolução CONAMA Nº 5**, de 15 junho de 1989 que institui o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (**PRONAR**), com a **Lei nº 8.723/1993**, que trata da redução de emissões por veículos automotores como parte integrante da **Política Nacional do Meio Ambiente**, e com as diretrizes do **Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE)**, instituído pelo CONAMA por meio da Resolução nº 18/1986. Essa nova fase do programa reflete a necessidade de contínuo desenvolvimento e atualização das normas ambientais, em consonância com os avanços tecnológicos e os compromissos ambientais do país.



Portanto, a proposta está juridicamente fundamentada em princípios constitucionais, normas infralegais específicas e compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, assegurando legitimidade, legalidade e coerência à ação regulatória em curso.



5. Objetivos

A presente AIR tem por objetivo principal avaliar a efetividade da atual fase MAR-1 e propor a melhor alternativa para solução de eventuais problemas ambientais.

5.1 Objetivos específicos

Dar continuidade ao programa instituído pela Resolução Conama nº 433/2011 que dispõe sobre a inclusão no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores PROCONVE e estabelece limites máximos de emissão de poluentes para máquinas agrícolas e rodoviárias novas e de ruído de máquinas rodoviárias novas.

A progressão do controle dos níveis atuais MAR-I rumo ao nível de emissões MAR-II representa um passo fundamental na consolidação da política ambiental brasileira voltada à redução da poluição atmosférica causada por motores a diesel, especialmente em máquinas agrícolas e rodoviárias. Essa evolução normativa dá continuidade ao processo iniciado com a publicação do MAR-I, em 2011, que já havia estabelecido limites para a emissão de poluentes como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC) e material particulado (MP).

Entre os principais objetivos da regulamentação do MAR-II estão: melhorar a qualidade do ar por meio da limitação das emissões de poluentes; preservar o meio ambiente; fortalecer o Inventário Nacional de Fontes e Emissões; e garantir que o Brasil esteja alinhado com os níveis de emissões já maduros e aplicados a bastante tempo em mercados mais desenvolvidos como Estados Unidos, União Europeia, Índia e China, bom como o Chile aqui na América do Sul. Destacamos também a Colômbia que já ultrapassou o Brasil nos requisitos de controle de emissões para as máquinas fora de estrada.

Além disso, a implementação do MAR-II contribui para o fortalecimento institucional dos órgãos ambientais, promovendo a inovação tecnológica e incentivando a pesquisa e o desenvolvimento de soluções voltadas à redução da poluição atmosférica. Também reforça a articulação entre o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) e demais



entidades públicas e privadas, promovendo uma governança ambiental mais eficaz e integrada. Esse avanço também resultará em investimentos na Fabricação Nacional de Equipamentos, gerando também desenvolvimento da Engenharia brasileira, empregos de qualidade e remoção de barreiras tecnológicas para exportações das máquinas produzidas localmente.

Os objetivos específicos do ato regulatório são:

1. **Reduzir significativamente as emissões de poluentes atmosféricos** provenientes da operação de MMNR, com destaque para os óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC);
2. **Atualizar os limites de emissões vigentes**, de forma a refletir os avanços tecnológicos disponíveis e alinhar o Brasil às melhores práticas regulatórias internacionais, como o padrão Stage V da União Europeia e o Tier 4 final dos Estados Unidos;
3. **Contribuir para a melhoria da qualidade do ar**, especialmente em zonas urbanas e periurbanas, onde essas máquinas são amplamente utilizadas, promovendo benefícios diretos à saúde pública;
4. **Estimular a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial** no setor de máquinas e equipamentos, fomentando a competitividade nacional e a inserção dos produtos brasileiros em mercados internacionais;
5. **Reduzir barreiras técnicas ao comércio exterior**, harmonizando os requisitos nacionais com os regulamentos de países parceiros e atendendo aos compromissos assumidos no âmbito de acordos ambientais internacionais;
6. **Estabelecer uma transição regulatória justa e escalonada**, que considere a diversidade tecnológica e produtiva das empresas atuantes no setor, permitindo a adequada adaptação ao novo marco normativo;



7. **Fornecer segurança jurídica e previsibilidade ao setor regulado**, com regras claras, prazos definidos e mecanismos de monitoramento e avaliação da eficácia da norma ao longo do tempo.

Tais objetivos reforçam o papel do Estado como indutor de políticas públicas integradas de desenvolvimento sustentável, articulando interesses ambientais, econômicos e sociais.



6. Alternativas possíveis ao enfrentamento do problema regulatório identificado

De acordo com o art. 6º do Decreto nº 10.411/2020, o Relatório de Análise de Impacto Regulatório (AIR) deve apresentar uma descrição clara das alternativas possíveis para o enfrentamento do problema regulatório identificado. Essa análise deve considerar, sempre que aplicável, a opção pela não intervenção, bem como soluções normativas e não normativas.

Nesse contexto, a seguir serão exploradas possíveis alternativas para a resolução do problema em questão, com o objetivo de subsidiar o avanço da discussão e apoiar a tomada de decisão mais eficiente e fundamentada.

A elaboração da proposta MAR-II foi precedida da análise de diferentes alternativas regulatórias que buscassem resolver o problema identificado, com distintos graus de efetividade, viabilidade técnica e impacto econômico. As Máquinas Móveis Não Rodoviárias (MMNR), amplamente utilizadas nas atividades agrícolas e na construção civil, apresentam elevadas taxas de emissão de poluentes atmosféricos como óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC), sobretudo quando comparadas a veículos rodoviários. Em razão disso, diversos países adotaram regulações mais rígidas, como o padrão Stage V na União Europeia e o Tier 4 Final (T4F) nos Estados Unidos. A defasagem do Brasil nesse campo implica não apenas impactos ambientais, mas também barreiras comerciais e tecnológicas significativas, deixando a engenharia nacional para trás.

A proposta MAR-II visa introduzir limites mais restritivos de emissão, de forma escalonada conforme a faixa de potência das máquinas, com prazos de implementação definidos em 4, 6 e 8 anos, a depender da categoria. A construção dessa proposta contou com o apoio técnico da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA) e se baseou em inventários de emissões atualizados, projeções de frota e experiências internacionais bem-sucedidas.



O processo de elaboração da proposta envolveu diálogo com representantes do setor produtivo, órgãos ambientais e especialistas técnicos, e será complementado por consulta pública ampla. A implementação da MAR-II será acompanhada por indicadores de desempenho e revisões periódicas, assegurando sua efetividade e ajustabilidade futura.

Esta AIR fundamenta-se nas diretrizes estabelecidas pelo Decreto nº 10.411/2020, alinhando-se às boas práticas internacionais de regulação baseada em evidências, e constitui um passo estratégico para o avanço da política ambiental e industrial do país.

As opções avaliadas foram:

Alternativa A – Manutenção do status quo (ausência de nova legislação)

Consiste em manter os limites e procedimentos atualmente em vigor na fase MAR-I.

- **Vantagens:** ausência de custos imediatos de adaptação para a indústria; simplicidade administrativa;
- **Desvantagens:** Impacto no bem-estar público, vista a emissão crescente de NOx desta frota nos próximos anos, com crescimento das taxas de morbidade e mortalidade. A manutenção dos níveis atuais de emissões das máquinas. Limites que já estão completamente defasados, dando continuidade no descompasso regulatório internacional frente aos principais mercados como Estados Unidos, Europa, Índia e China; perpetuação de riscos ambientais e sanitários; risco de criação de barreiras comerciais para exportação das máquinas produzidas no Brasil; Engenharia brasileira não atuando em seu potencial técnico pleno.

Alternativa B – Implementação escalonada da MAR-II (proposta preferida)



Estabelece limites de emissão equivalentes com o padrão internacional americano **Tier 4F**, de forma graduada, com prazos de entrada em vigor diferenciados conforme faixas de potência (4, 6 e 8 anos após a publicação), permitindo adequação gradual da indústria.

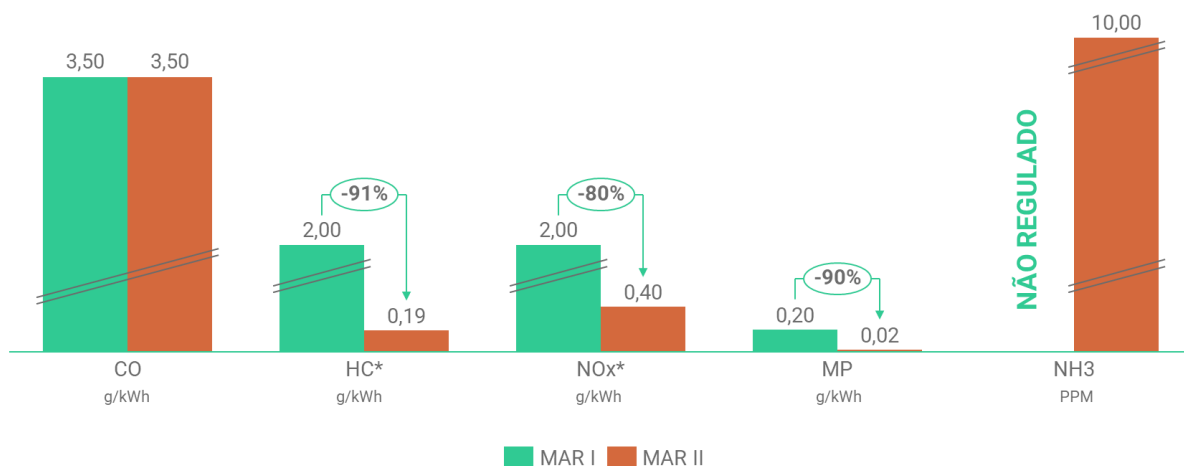
Essa proposta é tida como preferida, pois durante inúmeras reuniões que aconteceram no âmbito da Associação de Engenharia Automotiva (AEA), os produtores de Máquinas e Equipamentos, bem como os Sistemistas, Associações parceiras, Academia e representantes do poder público que ali estavam presentes puderam convergir com os termos dessa proposta.

- **Vantagens:** proposta convergente com a indústria, representada pela AEA, promove redução progressiva de emissões; incentiva a inovação; assegura viabilidade técnica e econômica; favorece o planejamento do setor; o início da implementação se daria 4 anos após a publicação pelas máquinas de grande porte, com maior impacto nas emissões e que tem como característica um menor impacto proporcional da tecnologia frente ao custo total da máquina, impactando menos os seus compradores, seguidas pelas de médio porte 6 anos após a publicação e terminando nas máquinas de pequeno porte 8 anos após a publicação, que possuem menor impacto ambiental e maior impacto econômico proporcional da tecnologia em comparação ao preço total da máquina. Formato possibilita o planejamento e nacionalização da produção de máquinas e sistema de pós-tratamento de gases de escapamento.
- **Desvantagens:** custos de transição para os fabricantes; necessidade de ajustes na cadeia produtiva. O escalonamento pode ser visto como não otimizado para implementação dos benefícios ambientais considerando os prazos que estão listados nessa opção (4, 6 e 8 anos após publicação).



Limites para Máquinas acima de 130kW (+40% da emissão de poluentes)

Proposta MAR II



***HC e NOx** passaram de limite combinado em MAR-I (4.0 g/kWh) para limites individuais em MAR-II (0.19 e 0.4 g/kWh respectivamente).

Figura 12. Limites de emissões por poluentes. MAR I versus proposto MAR II.

Fonte: Afeevas – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

A imagem acima nos apresenta um comparativo dos novos limites propostos para o MAR-II baseados no Tier 4F, em comparação com o MAR-I, que é comparável com o Tier 3 e Stage IIIA.

1. As estimativas de vendas calculadas no inventário preliminar foram mantidas até o ano de 2030, até que se disponham de dados mais atualizados
2. A projeção de vendas a partir de 2017, utilizada para a estimativa dos valores de 2030, não se mostra realista no cenário de 2040, devido à sazonalidade
3. Foi feita nova projeção, considerando as vendas reais e estimadas a partir de 1991, que inclui os ciclos sazonais recentes
4. A junção das curvas foi feita mantendo-se as estimativas anteriores, de estabilidade, fornecidas pela Bosch
5. As curvas de sucateamento utilizadas no inventário preliminar foram mantidas



Frotas estimadas			
	Total	Máquinas agrícolas	Máquinas de construção
2020	1.743.787	1.122.436	621.351
2023	1.844.727	1.170.078	674.649
2030	2.262.710	1.390.245	872.466
2040	2.930.974	1.757.231	1.173.742

Figura 13. Estimativa de venda para o ano base 2040.

Fonte: Afeevas – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

A Figura 13 nos apresenta uma curva de venda estimada com base em extrapolação do histórico de vendas desde 1990, prevendo um aumento do número de máquinas nos próximos anos, mostrando que a alguma ação precisa ser tomada imediatamente para reduzir os impactos das emissões oriundas dessas máquinas.

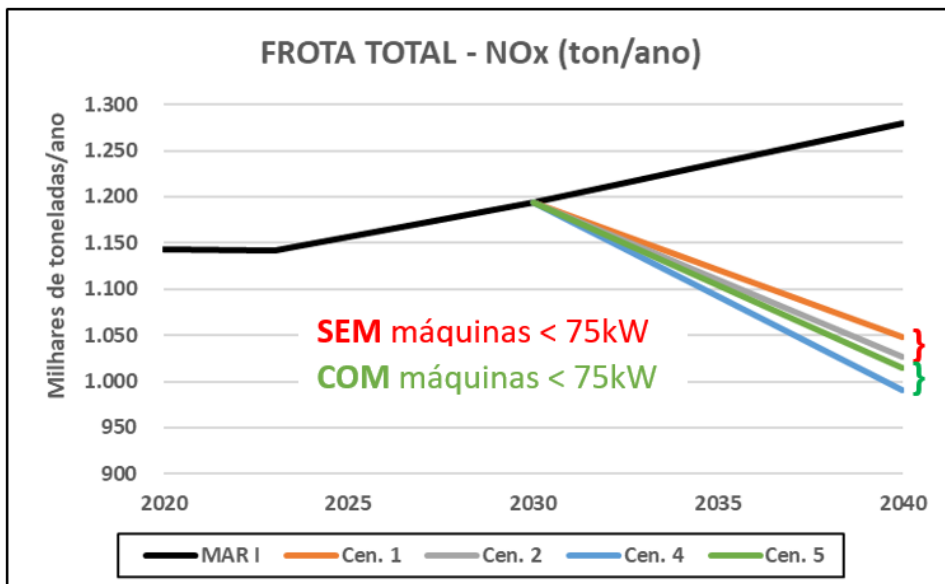


Figura 14. Inventário das emissões de NOx (toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.

Fonte: Afeevs – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

A Figura 14 mostra que o número total da emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) da frota circulante começará a sentir os efeitos em 2030 da introdução do MAR-II, reduzindo drasticamente as emissões de NOx. Nota-se que a inclusão do controle de emissões para as máquinas <75kW, ajudam a reduzir as emissões totais, entretanto, a depender do grau de dificuldade da sua adoção, esse ponto se torna discutível.

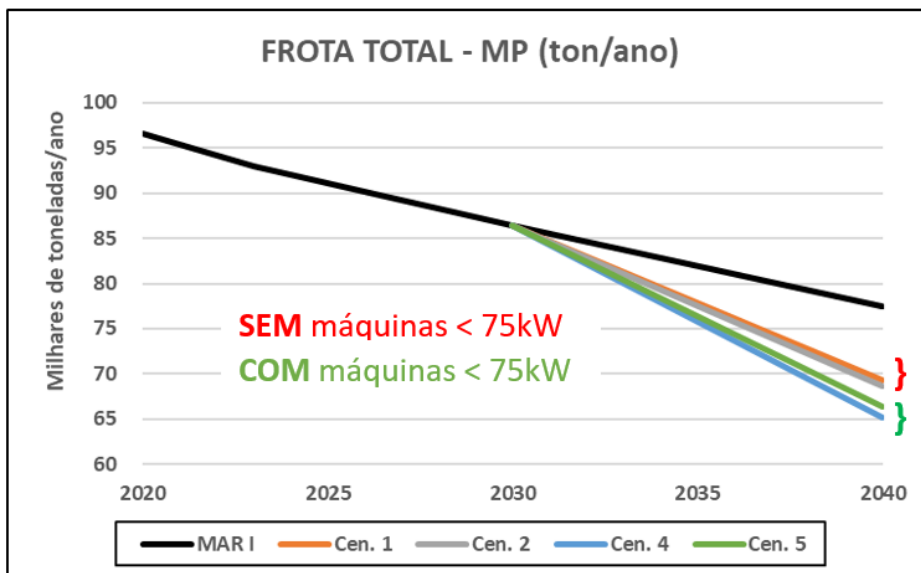


Figura 15. Inventário das emissões de Material Particulado (MP - toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.

Fonte: Afeevas – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

A Figura 15 mostra que o número total das emissões de Material Particulado (MP) da frota circulante começará a sentir os efeitos em 2030 da introdução do MAR-II, reduzindo drasticamente as emissões de MP. Nota-se que a inclusão do controle de emissões para as máquinas <75kW, ajudam a reduzir as emissões totais, entretanto, a depender do grau de dificuldade da sua adoção, esse ponto se torna discutível.

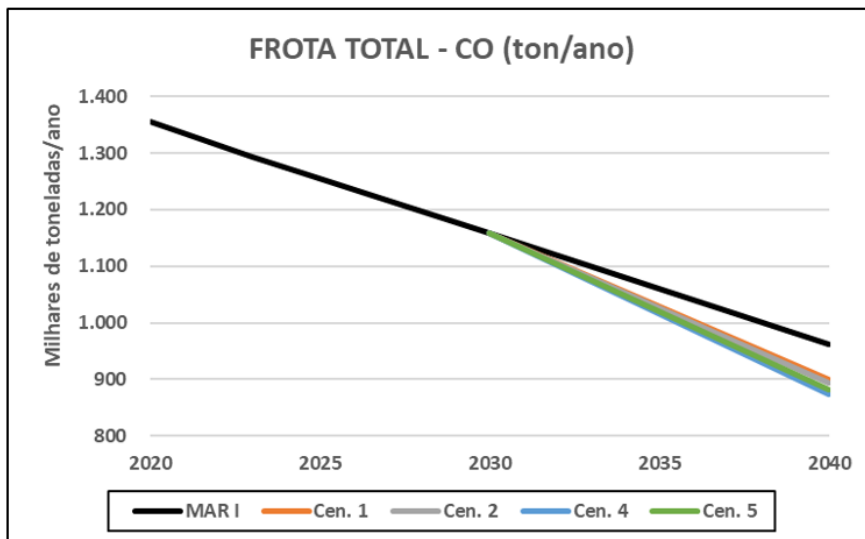
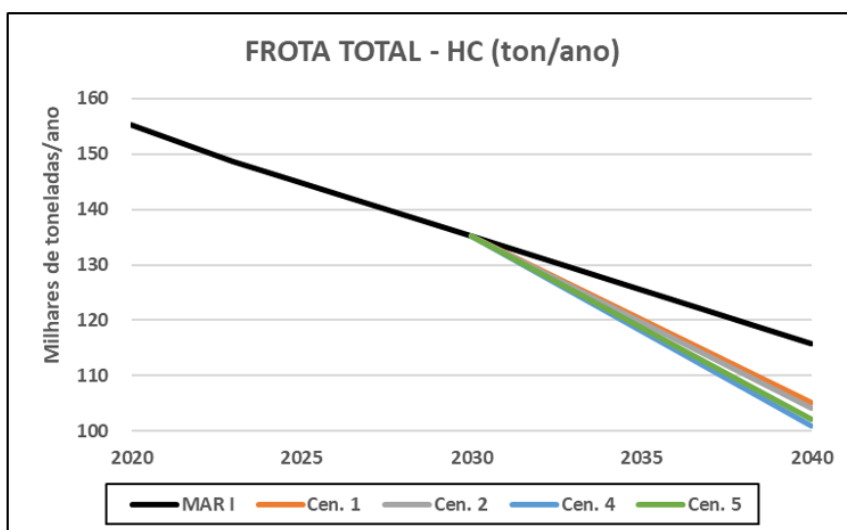


Figura 16. Inventário das emissões de Monóxido de carbono (CO - toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.

Fonte: Afeevs – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

A Figura 16 mostra que o número total das emissões de Monóxido de Carbono (CO) da frota circulante, por conta da introdução do MAR-I, já tende a reduzir à medida que a frota vai



ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS E MEIO AMBIENTE – ANAMMA
Figura 17. Inventário das emissões de Hidrocarbonetos (HC - toneladas / ano) para as máquinas agrícolas e rodoviárias.



sendo renovada. Entretanto a adoção do MAR-II acelerará em muita sua queda, antecipando assim os efeitos de sua redução.

Fonte: Afeevas – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

A Figura 17 acima nos mostra que o número total das emissões de Hidrocarbonetos (HC) da frota circulante, por conta da introdução do MAR-I, já tende a reduzir a medida que a frota vai sendo renovada. Entretanto a adoção do MAR-II acelerará em muita sua queda, antecipando assim os efeitos de sua redução.



Cenários adotados



Foram simulados quatro dos cinco cenários estabelecidos na reunião da AEA de 25/04, além do cenário-base (MAR I) para comparação. O cenário 3 foi descartado em comum acordo na última reunião (09/05).

Cenário 01

Faixa de Potência	Referência	Data estimada de publicação da Norma	Data de implementação
130 < P ≤ 560	Tier4 F	dez/25	2030
75 < P ≤ 130	Tier4 F	dez/25	2032
37 ≤ P ≤ 75	MAR-I	-	-

Cenário 02

Faixa de Potência	Referência	Data estimada de publicação da Norma	Data de implementação
130 < P ≤ 560	Tier4 F	dez/25	2029
75 < P ≤ 130	Tier4 F	dez/25	2031
37 ≤ P ≤ 75	MAR-I	-	-

Cenário 03

Faixa de Potência	Referência	Data estimada de publicação da Norma	Data de implementação
130 < P ≤ 560	Tier4 F	dez/25	2028
75 < P ≤ 130	Tier4 F	dez/25	2031
37 ≤ P ≤ 75	MAR-I	-	-

Cenário 04

Faixa de Potência	Referência	Data estimada de publicação da Norma	Data de implementação
130 < P ≤ 560	Tier4 F	dez/25	2029
75 < P ≤ 130	Tier4 F	dez/25	2031
56 < P ≤ 75	Tier4 F	dez/25	2033
37 ≤ P ≤ 56	Tier4 F	dez/25	2033

Cenário 05

Faixa de Potência	Referência	Data estimada de publicação da Norma	Data de implementação
130 < P ≤ 560	Tier4 F	dez/25	2030
75 < P ≤ 130	Tier4 F	dez/25	2032
56 < P ≤ 75	Tier4 F	dez/25	2034
37 ≤ P ≤ 56	Tier4 F	dez/25	2034

Figura 18. Cenários propostos para simular a implementação de um novo limite de emissões para máquinas agrícolas e rodoviárias.

Fonte: Afeevas – Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias



A implementação de uma norma equivalente à fase Tier 4, reconhecida internacionalmente por seus padrões rigorosos de controle de emissões, representa um passo fundamental para mitigar os impactos ambientais e proteger a saúde da população — não apenas localmente, mas em toda a região interligada por fatores climáticos e geográficos.

Alternativa C – Implementação imediata da MAR-II

Estabelece limites de emissão equivalentes com o padrão internacional americano **Tier 4F**, porém sua introdução seria plenamente em uma data a ser definida, ou seja, sem escalonamento de sua implementação.

- **Vantagens:** maior ganho ambiental em curto prazo; alinhamento técnico internacional num menor prazo possível;
- **Desvantagens:** inviabilidade técnica e econômica para parte do setor; risco de descontinuidade produtiva; exclusão de pequenos fabricantes devido aos custos de transição tecnológica no curto prazo; necessidade de ajustes na cadeia produtiva.

Alternativa D – Implementação escalonada da MAR-II com limites iguais ao Stage V Europeu

Estabelece limites de emissão equivalentes com o padrão europeu **Stage V**, de forma graduada, com prazos de entrada em vigor diferenciados conforme faixas de potência (4, 6 e 8 anos após a publicação), permitindo adequação gradual da indústria.

- **Vantagens:** promove redução progressiva de emissões; incentiva a inovação; assegura viabilidade técnica e econômica; favorece o planejamento do setor; o início da implementação se daria pela máquinas de grande porte, com maior impacto nas emissões e que tem como característica um menor impacto proporcional da tecnologia frente ao custo total da máquina, impactando menos os seus compradores, depois as máquinas de médio porte e terminando nas máquinas de



pequeno porte, que possuem menor impacto ambiental e maior impacto econômico proporcional da tecnologia em comparação ao preço total da máquina.

- **Desvantagens:** o Stage V Europeu é a regulamentação mundialmente mais avançada no momento, trazendo limites de emissões e requisitos de durabilidade e diagnose extremamente restritos; salto tecnológico grande em função da norma vigente (equivalente a Stage IIIA), impõe novo limite de controle de material particulado (MP) pela contagem do número de partículas emitidas, adicional à massa; custos elevados de transição para os fabricantes; necessidade de ajustes na cadeia produtiva. Altamente impactado pelo eventual uso indevido do Diesel S-500.

Alternativa E – Implementação imediata da MAR-II com limites iguais ao Stage V Europeu

Estabelece limites de emissão equivalentes com o padrão europeu **Stage V**, porém sua introdução seria plenamente em uma data a ser definida, ou seja, sem escalonamento de sua implementação.

- **Vantagens:** *maior ganho ambiental possível e em curto prazo; alinhamento técnico ao estado da arte internacional;*
- **Desvantagens:** o Stage V Europeu é a regulamentação mundialmente mais avançada no momento, trazendo limites de emissões e requisitos de durabilidade e diagnose extremamente restritos; salto tecnológico grande em função da norma vigente (equivalente a Stage IIIA), impõe novo limite de controle de material particulado (MP) pela contagem do número de partículas emitidas, adicional à massa, gerando inviabilidade técnica e econômica para parte do setor; risco de descontinuidade produtiva; exclusão de pequenos fabricantes devido aos elevados custos de transição tecnológica; necessidade de ajustes na cadeia produtiva. Altamente impactado pelo eventual uso indevido do Diesel S-500.



Alternativa F – Regulação restrita a aplicações urbanas ou regiões críticas de poluição

Foca a regulação apenas sobre MMNR operantes em áreas urbanas ou com grande densidade populacional.

- **Vantagens:** redução de impacto regulatório sobre o meio rural; aplicação seletiva;
- **Desvantagens:** complexidade na implementação e fiscalização; impacto ambiental limitado; risco de deslocamento da poluição para áreas não reguladas. Baixo volume de produção para adoção da rota tecnológica, podendo dificultar a nacionalização da produção de motores e sistemas de pós-tratamento de gases de escapamento.

A análise multicritério baseada em critérios de efetividade ambiental, viabilidade econômica, equidade e aplicabilidade institucional apontou a Alternativa B como a mais adequada ao contexto brasileiro. Essa alternativa permite avanços graduais, com benefícios ambientais consistentes e menor risco de disrupção industrial.

Dessa forma, o MAR-II não apenas representa um avanço técnico em relação ao MAR-I, mas também reafirma o compromisso do Brasil com a sustentabilidade, a saúde pública e a proteção ambiental, consolidando-se como um marco regulatório essencial para o futuro da mobilidade e da produção agrícola e industrial no país.



7. Análise dos Impactos

7.1 Análise Qualitativa das alternativas identificadas.

A metodologia **5W2H** é uma ferramenta amplamente utilizada no contexto da gestão, planejamento estratégico e análise de processos decisórios. Seu nome provém da combinação de sete perguntas norteadoras, originadas do inglês, que visam detalhar e esclarecer todos os aspectos relevantes de uma ação, alternativa ou proposta. As perguntas são:

- What: O que será feito?;
- Why: Por que será feito?;
- When: Quando será feito?;
- Where: Onde será feito?;
- Who: Quem será responsável?;
- How: Como será feito?;
- How much: Quanto custará?.

Essa abordagem tem como principal objetivo estruturar o pensamento crítico de forma lógica e sequencial, promovendo uma análise clara e completa de alternativas ou soluções possíveis para um determinado problema. No contexto da Análise de Impacto Regulatório (AIR), a aplicação do 5W2H permite não apenas comparar cenários regulatórios distintos, como também evidencia as implicações práticas, institucionais e econômicas de cada alternativa considerada, oferecendo uma base mais sólida para a tomada de decisão.

Diferentemente de outras metodologias que se concentram apenas em resultados esperados ou custos estimados, o 5W2H permite ampliar a compreensão das consequências envolvidas em cada alternativa. Ele facilita o mapeamento dos atores impactados, dos recursos necessários, dos prazos de implementação e dos riscos associados a cada escolha.



Ao responder de forma sistemática a essas sete perguntas, o analista garante maior consistência à comparação entre alternativas e maior transparência no processo decisório.

Tabela 4. Análise qualitativa das alternativas identificadas através da metodologia 5W2H.

Alternativa	What (O que é?)	Why (Por que?)	When (Quando?)	Where (Onde?)	Who (Quem será responsável?)	How (Como?)	How Much (Quanto?)
A – Manutenção do status quo	Manter MAR-I em vigor	Evita custos e mudanças imediatas	Imediata (sem mudança)	Em todo território nacional	Setor industrial, órgãos ambientais, sociedade civil.	Não há ação nova	Aumento do custo de internação hospitalar. Sobrecarga do sistema SUS. Baixo custo imediato, alto custo para o governo visto o impacto sanitário.
B – MAR-II escalonado (Tier 4F)	Implementar limites Tier 4F com prazos de 4, 6 e 8 anos por potência	Reduz emissões, permite planejamento e adaptação gradual	A partir da publicação da norma	Em todo território nacional	Setor industrial, órgãos ambientais, sociedade civil, academia e centros de pesquisa.	Escalonamento por faixas de potência	Médio
C – MAR-II imediato (Tier 4F)	Mesmos limites da B, porém com aplicação imediata	Maior impacto positivo ambiental e sanitário em curto prazo	Data única a ser definida	Em todo território nacional	Setor industrial, órgãos ambientais, sociedade civil, academia e centros de pesquisa.	Aplicação direta e integral	Alto
D – MAR-II escalonado (Stage V)	Limites europeus (Stage V), com prazos graduais por potência	Aumentar convergência com padrões mais rígidos	A partir da publicação da norma	Em todo território nacional	Setor industrial, órgãos ambientais, sociedade civil, academia e centros de pesquisa.	Escalonamento por faixas de potência com exigência de filtro de MP	Médio, porém superior à alternativa B.



E – MAR-II imediato (Stage V)	Aplicação imediata do Stage V	Alinhamento com o padrão internacional mais exigente	Data única a ser definida	Em todo território nacional	Setor industrial, órgãos ambientais, sociedade civil, academia e centros de pesquisa.	Aplicação direta e integral com exigência de filtro de MP	Alto, porém superior à alternativa C.
F – Regulação urbana/regiões críticas	Aplicar regulamentação apenas em áreas urbanas ou críticas	Foco nos locais com maior impacto populacional	Definido por região	Áreas urbanas ou de alta poluição	Setor industrial, órgãos ambientais, sociedade civil, academia e centros de pesquisa.	Regulação seletiva e segmentada	Médio

7.2 Possíveis impactos das alternativas identificadas.

Após a análise das alternativas utilizando a metodologia 5W2H, foi possível identificar os principais efeitos benéficos (impactos positivos) e os possíveis ônus (impactos negativos) relacionados a cada opção considerada. Esses resultados são organizados no quadro abaixo.

Tabela 5. Análise qualitativa de cada proposta com os seus possíveis impactos.

Alternativa	Impactos Positivos (Benefícios)	Impactos Negativos (Custos/Riscos)
A – Manutenção do status quo	- Evita custos de adaptação industrial	- Emissões permanecem elevadas (NOx, MP, CO, HC)
	- Simplificação administrativa	- Atraso tecnológico e descompasso com padrões internacionais
		- Risco de barreiras tecnológicas à exportação de MMNR produzidas no Brasil
		- Prejuízo à saúde pública devido às emissões elevadas e previsão de aumento de frota de MMNR
B – Implementação escalonada da MAR-II (Tier 4F)	- Redução significativa das emissões a partir das faixas mais críticas (até 90%)	- Investimentos iniciais em P&D, reestruturação fabril e tecnologia
	- Melhoria da qualidade do ar e da saúde pública	- Aumento temporário do custo dos equipamentos
	- Planejamento setorial viável, com incentivo à inovação nacional	- Benefícios ambientais e de saúde mais graduais
	- Possibilidade de nacionalização da cadeia de componentes e fortalecimento da engenharia local	
	- Mitigação de impacto sobre Micro e Pequenas Empresas (MPes) com prazos escalonados	
C – Implementação	- Rápido impacto na redução de poluentes	- Alto custo de transição imediata



imediate da MAR-II (Tier 4F)	- Antecipação dos benefícios à saúde e ao meio ambiente	- Risco de inviabilidade para fabricantes de menor porte
	- Alinhamento técnico com mercados internacionais	- Possível ruptura na cadeia de produção e exclusão de Micro e Pequenas Empresas (MPes)
D – MAR-II escalonado com padrão Stage V	- Redução do impacto ambiental ainda mais acentuada (especialmente MP)	- Salto tecnológico elevado para a indústria brasileira
	- Estímulo à adoção de tecnologias de ponta	- Dependência de infraestrutura adequada (uso exclusivo de Diesel S-10)
	- Aumento da competitividade global	- Riscos de atrasos na adoção devido à complexidade técnica e custo alto
E – MAR-II imediato com padrão Stage V	- Máximo ganho ambiental em curto prazo	- Alto risco de inviabilidade técnica/econômica
	- Convergência rápida com os padrões europeus mais avançados	- Exclusão de fabricantes menores
	- Potencial para posicionar o Brasil como referência regional	- Grande desafio para nacionalização e financiamento das tecnologias
F – Regulação restrita a áreas críticas	- Alívio ambiental e sanitário em regiões urbanas e densamente povoadas	- Dificuldade de fiscalização e controle territorial
	- Redução de carga regulatória no meio rural	- Risco de migração da poluição para áreas não reguladas
	- Possibilidade de programas-piloto regionais	- Baixa escala pode inviabilizar o desenvolvimento da cadeia nacional

7.3 Possíveis impactos das alternativas identificadas em relação aos atores envolvidos.

A elaboração da presente AIR buscou não apenas comparar alternativas regulatórias de forma geral, mas também compreender em profundidade como cada alternativa impacta os diferentes agentes econômicos envolvidos na cadeia produtiva e regulatória das Máquinas Móveis Não Rodoviárias (MMNR). Para isso, foi construída uma matriz ampliada de avaliação qualitativa, que associa as alternativas identificadas aos seus respectivos impactos positivos e negativos, agora discriminados por grupo de atores.

Essa abordagem permite uma avaliação mais realista, equilibrada e transparente, em consonância com as boas práticas internacionais de análise regulatória baseada em evidências. Considerar os diferentes agentes — como indústria, governo, instituições técnicas, academia, associações setoriais, sociedade civil e órgãos ambientais — é essencial



para identificar quem arca com os custos da transição regulatória e quem se beneficia de seus efeitos positivos.

A análise segmentada por atores também permite destacar aspectos estratégicos adicionais que muitas vezes não são captados em modelos tradicionais, como:

- O papel indutor de inovação e desenvolvimento tecnológico na engenharia nacional;
- A importância da previsibilidade regulatória para a reestruturação da cadeia produtiva;
- Os efeitos positivos de médio e longo prazo na saúde pública e no meio ambiente;
- Os desafios institucionais de fiscalização e monitoramento por parte do Estado.

Essa visão detalhada reforça a pertinência da alternativa B – implementação escalonada do MAR-II com base no Tier 4F, pois ela se mostra a mais equilibrada no conjunto de critérios técnicos, econômicos, sociais e institucionais. Sua adoção viabiliza uma transição sustentável, permitindo avanços significativos na qualidade do ar e na competitividade industrial, ao mesmo tempo em que minimiza os riscos de interrupção abrupta, especialmente para os atores mais vulneráveis do sistema produtivo. Assim, ao mapear os benefícios e os custos regulatórios com esse grau de detalhamento, esta AIR oferece subsídios robustos para a tomada de decisão fundamentada, garantindo maior transparência, legitimidade e eficácia na formulação e implementação da política pública.



Tabela 6. Análise qualitativa de cada proposta com os seus possíveis impactos focados nos atores envolvidos.

Alternativa	Atores Envolvidos	Impactos Positivos (Benefícios Direcionados)	Impactos Negativos (Custos/Riscos Direcionados)
A – Manutenção do status quo (MAR-I)	Indústria (OEMs, sistemistas), Governo, Sociedade Civil	- Evita custos imediatos para a indústria	- Indústria: estagnação tecnológica, risco de isolamento internacional
		- Menor complexidade administrativa	- Governo: descumprimento de compromissos ambientais
			- Sociedade: aumento da poluição e dos impactos à saúde
B – Implementação escalonada da MAR-II (Tier 4F)	Indústria, Governo, Instituições Técnicas, Sociedade, Academia, Meio Ambiente, Associações Setoriais	- Indústria: transição planejada, nacionalização e inovação tecnológica	- Indústria: investimentos em P&D, readequações fabris
		- Governo: alinhamento internacional e política climática fortalecida	- Governo: necessidade de estrutura para fiscalização e coordenação
		- Instituições Técnicas e Academia: maior demanda por P&D e certificação	- Sociedade: possível aumento gradual nos custos de produtos
		- Meio Ambiente: redução progressiva de NOx, MP, CO e HC	
		- Sociedade: benefícios à saúde e qualidade do ar	
		- Associações: construção de consenso setorial	
C – MAR-II imediato (Tier 4F)	Indústria, Governo, Sociedade Civil, Importadores, Associações	- Meio Ambiente: ganho ambiental mais rápido	- Indústria: inviabilidade técnica para pequenas empresas, risco de fechamento
		- Governo: demonstração de comprometimento com padrões globais	- Governo: maior pressão política e risco de judicialização
		- Exportadores: acesso a novos mercados regulados	- Sociedade: aumento abrupto nos custos finais, impactos na cadeia agrícola e de construção
D – MAR-II escalonado (Stage V)	Indústria, Governo, Instituições Técnicas, Sociedade, Associações, Meio Ambiente	- Meio Ambiente: maior redução de MP (graças ao controle mais rígido)	- Indústria: salto tecnológico complexo, necessidade de combustível Diesel S-10
		- Indústria: estímulo à modernização e inovação	- Instituições Técnicas: aumento da carga de certificações especializadas
		- Governo: avanço regulatório e inserção internacional	- Governo: risco de não conformidade pela limitação de infraestrutura de abastecimento
			- Sociedade: risco de repasse de custo e acesso limitado a máquinas em regiões remotas
E – MAR-II imediato (Stage V)	Indústria, Governo, Instituições Técnicas, Sociedade, Associações	- Meio Ambiente: máximo ganho ambiental em curto prazo	- Indústria: risco elevado de inviabilidade técnica e econômica, especialmente para Micro e Pequenas Empresas (MPes)
		- Governo: imagem de liderança ambiental	- Governo: necessidade urgente de infraestrutura regulatória e técnica
		- Academia: estímulo à P&D de ponta	- Sociedade: forte impacto econômico e possível exclusão de mercados sensíveis
F – Regulação para áreas urbanas/críticas	Governo, Indústria, Sociedade, Órgãos	- Meio Ambiente: melhora da qualidade do ar em zonas críticas	- Governo: complexidade elevada na fiscalização e regulação regionalizada
		- Governo: ação regulatória seletiva, com foco na saúde pública urbana	- Sociedade: desigualdade na distribuição dos benefícios ambientais



	Ambientais	- Indústria: redução do impacto em setores rurais	- Indústria: produção em baixa escala dificulta viabilidade da cadeia de suprimentos
			- Órgãos Ambientais: resultado limitado na mitigação global das emissões

A seguir, os principais efeitos esperados também foram detalhados para uma melhor compreensão.

- **Impactos ambientais**

Redução expressiva das emissões de NOx, MP, CO e HC, especialmente nas faixas de potência entre 75 e 560 kW, com potencial de diminuição superior a 90% em alguns casos. Melhoria significativa da qualidade do ar em áreas urbanas e periurbanas com grande circulação de MMNR, contribuindo para o cumprimento de metas climáticas e ambientais nacionais e internacionais. Estímulo ao uso de tecnologias mais limpas, como sistemas de pós-tratamento de gases, filtros de partículas e motores com maior eficiência energética.

- **Impactos econômicos**

Redução dos investimentos em saúde pública.

Necessidade de investimento por parte dos fabricantes em pesquisa, desenvolvimento e adequação fabril. Contudo, esses custos podem ser compensados ao longo do tempo por ganhos de eficiência, abertura de novos mercados e redução de passivos ambientais. Possível aumento do custo de aquisição inicial das MMNR para o consumidor final, com tendência à estabilização com a difusão da tecnologia. Aumento da competitividade internacional da indústria brasileira, com maior conformidade aos padrões internacionais de exportação.

- **Impactos sociais e de saúde pública**



Redução da exposição da população a poluentes tóxicos, com potencial de queda em internações por doenças respiratórias e cardiovasculares. Benefícios diretos à saúde de trabalhadores rurais, operários da construção civil e comunidades vizinhas a áreas de operação intensiva de MMNR. Fortalecimento de políticas públicas de saúde preventiva associadas à melhoria da qualidade ambiental.

- **Impactos tecnológicos e sobre a inovação**

Incentivo ao desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias de controle de emissões e eficiência energética. Fomento à cadeia de suprimentos nacional de componentes, sistemas eletrônicos e tecnologias limpas. Estímulo à pesquisa científica e à capacitação técnica no setor de engenharia mecânica, automotiva e ambiental.

- **Impactos sobre micro e pequenas empresas (MPEs)**

Embora parte das MPEs possa enfrentar desafios na adequação tecnológica, o escalonamento por faixas de potência e prazos diferenciados reduz os riscos de exclusão e permite planejamento e transição adaptativa. Possibilidade de acesso a programas de apoio à inovação e financiamento público ou privado voltado à modernização do parque industrial.

Em síntese, a proposta MAR-II apresenta impactos positivos amplos e estruturantes, com custos iniciais compensados por benefícios ambientais, sanitários, econômicos e tecnológicos sustentáveis ao longo do tempo.

8. Estratégia de implementação, fiscalização e monitoramento



A implementação, fiscalização e monitoramento da regulamentação MAR-II, que busca limitar as emissões de poluentes atmosféricos de Máquinas Móveis Não Rodoviárias (MMNR), exigem uma abordagem estratégica, abrangente e coordenada entre os diversos atores envolvidos.

A proposta MAR-II, conforme detalhado no documento de Análise de Impacto Regulatório, baseia-se em padrões internacionais como o Tier 4 Final (T4F) e estrutura sua adoção de forma escalonada, com prazos diferenciados para faixas de potência das máquinas. Essa abordagem gradual visa garantir a transição tecnológica, minimizando impactos econômicos e promovendo uma adaptação sustentável. Para que a regulamentação seja efetiva, é necessário estabelecer um plano robusto de implementação, fiscalização e monitoramento, que contemple mecanismos claros, responsabilidades definidas e transparência.

- **Estratégia de Implementação**

A implementação do MAR-II deve começar com uma ampla consulta pública e a publicação detalhada dos prazos e critérios técnicos para cada categoria de máquinas. O IBAMA, em parceria com a Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA) e outros órgãos técnicos, deve liderar essa fase, garantindo que fabricantes, importadores e usuários compreendam os requisitos normativos.

A proposta prevê prazos escalonados de 4, 6 e 8 anos para adequação conforme faixas de potência, permitindo que o setor produtivo se adapte gradualmente.

O governo poderá fomentar a inovação tecnológica por meio de incentivos fiscais e financiamentos específicos para que empresas nacionais possam desenvolver sistemas de pós-tratamento de gases, como filtros de partículas (DPF) e catalisadores SCR. Além disso,



parcerias com centros de pesquisa e universidades devem ser promovidas para acelerar o desenvolvimento de soluções tecnológicas, garantindo a nacionalização da cadeia produtiva.

- **Estratégia de Fiscalização**

A fiscalização será centralizada pelo IBAMA, com apoio técnico da CETESB no Estado de São Paulo e outras entidades estaduais e municipais. O processo de fiscalização deve incluir três elementos principais: certificação, inspeções técnicas e monitoramento de fontes. O IBAMA será responsável por emitir as certificações ambientais para MMNR, verificando a conformidade dos equipamentos com os limites de emissões estabelecidos.

As inspeções técnicas deverão ser realizadas em locais onde as máquinas estão em operação, como fazendas, obras de construção e áreas industriais. Para garantir a eficiência dessas inspeções, os órgãos fiscalizadores devem adotar tecnologias avançadas, como sensores remotos, que permitem identificar irregularidades em tempo real, mesmo em áreas de difícil acesso. E também, um canal de denúncia pode ser aberto para que a sociedade civil possa reportar infrações ambientais, ampliando o alcance das ações fiscalizatórias.

- **Estratégia de Monitoramento**

O monitoramento contínuo será essencial para avaliar os resultados da regulamentação MAR-II e propor ajustes futuros. Indicadores de desempenho, como redução de emissões de NOx, MP e CO, evolução da frota em conformidade com a norma e impactos na saúde pública, devem ser estabelecidos e publicados regularmente.



O monitoramento será realizado por meio de inventários nacionais e estaduais de emissões, acompanhamento da frota licenciada e análise de indicadores de saúde pública e qualidade do ar. Os indicadores principais serão:

- Redução percentual das emissões de NOx, MP, CO e HC por tipo de MMNR.
- Percentual da frota nova certificada conforme MAR-II.
- Números de certificações e auditorias realizadas anualmente.
- Evolução da qualidade do ar em regiões críticas.
- Redução das internações hospitalares relacionadas a doenças respiratórias em áreas de alta concentração de MMNR.

A CETESB, com sua expertise em inventários de emissões, será responsável por compilar dados sobre a qualidade do ar e os efeitos das MMNR no meio ambiente. Esses dados serão complementados por estudos de impacto realizados por instituições parceiras, como Fiocruz e universidades.

Relatórios de certificação emitidos pelo IBAMA também serão fontes valiosas para medir a conformidade do setor produtivo. A periodicidade das avaliações será de quatro anos, conforme descrito na proposta, permitindo revisões de metas e parâmetros com base em evidências coletadas.



9. Experiencia Internacional

A regulamentação de emissões para máquinas móveis não rodoviárias tem sido amplamente adotada por países com políticas ambientais avançadas, servindo como referência para a proposta brasileira MAR-II. As experiências internacionais demonstram que a adoção de padrões rigorosos de controle de emissões resulta em significativos ganhos ambientais e de saúde pública, ao mesmo tempo em que impulsiona a inovação e a competitividade industrial.

a) União Europeia – Stage V

O regulamento (UE) 2016/1628 instituiu os limites de emissões para MMNR em toda a Europa, com vigência a partir de 2019. Abrange uma ampla gama de potências e categorias de máquinas, exigindo a utilização de tecnologias avançadas como filtros de material particulado (DPF) e sistemas de recirculação de gases (EGR). Ressalta-se que esse limite europeu está três passos à frente dos atuais limites adotados no Brasil, o MAR-I, que é equivalente ao Stage IIIA Europeu, sendo que após este, houve o Stage IIIB, Stage IV e somente depois o Stage V.

Resultados: redução de até 95% nas emissões de NOx e MP em comparação aos padrões anteriores (Stage IIIA e IIIB); forte estímulo à modernização da indústria europeia e aumento da competitividade global.

b) Estados Unidos – Tier 4 Final (EPA)

Implementado pela Environmental Protection Agency (EPA), com cronograma finalizado entre 2014 e 2015. Exige níveis muito baixos de NOx e MP, comparáveis ao Stage V europeu, porém sem o controle de Material Particulado (PM) em medições em condições



reais de uso no ato da homologação. A estratégia de adoção incluiu incentivos à indústria, apoio à pesquisa e flexibilidades transitórias para determinados segmentos.

Resultados: ganhos expressivos na qualidade do ar urbano, notadamente em grandes centros industriais e agrícolas.

c) América Latina

O Chile, publicou em outubro de 2021 e desde outubro de 2023 implementou o controle de emissões para as Máquinas Móveis não Rodoviárias com base nos limites de emissões Europeus (Stage IV e V) ou americanos (Tier 4 Final), sendo facultado aos importadores escolher qual nível de certificação será adotado e este requisito vale para todas as máquinas, menos Agricultura, onde somente os tratores serão regulados, mas apenas iniciando em 2030. Cabe destacar que o emprego de máquinas agrícolas é bastante limitado pelas condições geográficas montanhosas e condições climáticas desérticas, portanto o impacto de uma regulação mais distante de máquinas agrícolas tem impacto reduzido sobre a melhoria da qualidade do ambiente.

A Colômbia também foi flexível, adotando ambos os padrões Americanos (Tier 4 interim) ou europeu (Stage IIIB), ou seja, limites mais avançados do que os atuais brasileiros, mas menos exigentes que os Chilenos. Entretanto, na prática, o que se observa é a adoção dos limites T4F e Stage V, que estão em vigor nos mercados de onde estes equipamentos são importados e facilitam sua adoção em mercados secundários.

O México está bastante evoluído também nas discussões sobre a regulamentação das Máquinas Móveis Não Rodoviárias e seu objetivo é publicar até o final de 2025 as metas de emissões, baseadas em níveis internacionais, com data de implementação que ainda segue incerta. O Governo Mexicano deseja que seja implementado após 6 meses da publicação da



norma, enquanto a Indústria de Máquinas tem demandado 18 meses ou, segundo eles, um mínimo aceitável de 12 meses após a publicação.

O Peru iniciou discussões em 2024 para regulamentação das máquinas fora de estrada, mas ainda não houve nenhuma publicação. Entretanto, já foi dito em evento no Chile, por representantes do Ministério de Meio Ambiente Peruano, que seguem trabalhando nessas definições.



d) Índia

O Bharat TREM V (ou Bharat Stage TREM V) é uma norma de emissões veiculares fora-de-estrada (off-road) implementada na Índia, voltada principalmente para máquinas agrícolas e de construção, como tratores, colheitadeiras e escavadeiras. **TREM** é a sigla para **Tractor and Earth Moving Machinery** (Tratores e Máquinas de Movimentação de Terra). Essas normas regulam os níveis de poluentes emitidos por motores a diesel usados nesses equipamentos.

Implementação: A norma Bharat TREM V deve ser implementada em 1 de abril de 2026 para novos equipamentos e é equivalente à norma europeia Stage V para motores a diesel.

Comparação direta:

- Bharat TREM IV \approx Stage IV da UE
- Bharat TREM V \approx Stage V da UE

e) China

O China NR Stage IV é a norma de emissões para máquinas fora-de-estrada (como tratores e escavadeiras) em vigor na China desde 1º de dezembro de 2022. Ela tem como objetivo reduzir significativamente a poluição do ar causada por motores a diesel.

- Abrangência: Máquinas agrícolas, de construção e geradores móveis.
- Tecnologias exigidas:
 - Filtro de partículas (DPF)
 - Controle de número de partículas (PN)
 - Monitoramento remoto via GPS



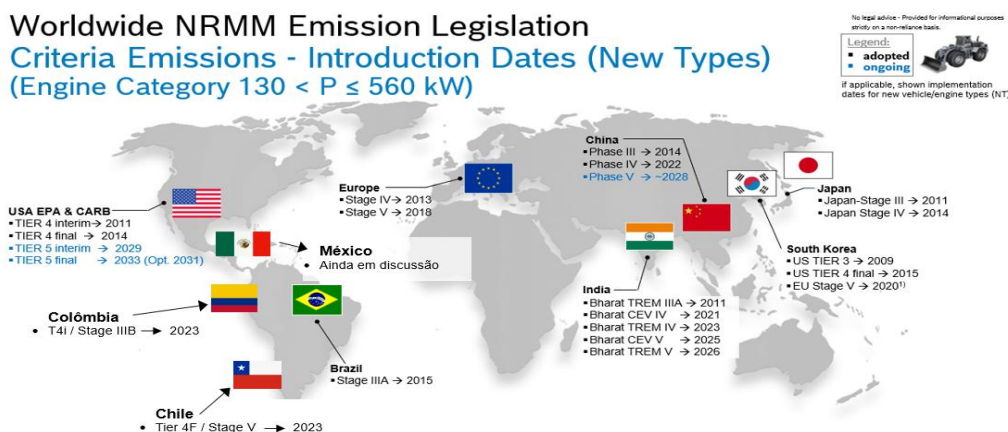
- Testes com PEMS (medição de emissões em uso real)
- Equivalência: Similar ao Stage IV europeu, mas com algumas exigências adicionais de monitoramento.

Essa norma representa um grande avanço ambiental na China, preparando o caminho para uma futura transição ao Stage V, que ainda não tem uma data oficial para ser implementado, mas é esperado que seja por volta de 2028.

f) Relevância para o Brasil

A convergência com esses padrões internacionais é estratégica para evitar a obsolescência tecnológica do parque industrial nacional. O alinhamento regulatório favorece a inserção do Brasil em cadeias globais de valor, reduz barreiras técnicas ao comércio e estimula o desenvolvimento de soluções inovadoras locais.

A experiência internacional demonstra que a transição para tecnologias limpas é viável, sobretudo quando combinada com planejamento regulatório, prazos escalonados e diálogo com o setor produtivo. Esses exemplos reforçam a robustez técnica da proposta MAR-II, ao promover uma atualização compatível com as exigências internacionais, sem ignorar as especificidades e capacidades do setor nacional.



Fonte: Robert Bosch Ltda



10. PARTICIPAÇÃO SOCIAL

A construção da proposta MAR-II envolveu processo contínuo de diálogo técnico e institucional com os principais atores afetados e interessados. A participação social é um dos pilares da regulação baseada em evidências e fortalece a legitimidade e efetividade do processo decisório.

a) Envolvimento de entidades representativas e especialistas

- A proposta foi elaborada com apoio técnico da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), ao longo de 14 reuniões da Comissão Técnica e de 19 reuniões do Grupo de Trabalho “MAR-II”, com participação da indústria, academia, institutos de pesquisa e representantes de órgãos públicos:

Tabela 7. Fabricantes, fornecedores e especialistas em controle de emissões da AEA.

ABEGÁS	ABIMAQ	ACTIOIL	AFEEVAS
AGCO	ALTAIR	ANFAVEA	AXENS
BASF	BOSCH	CATERPILLAR	CETESB
CNH	CONSULTOR – Vicente Pimenta	CONVIDADO – EnvironMentality	CORNING
CUMMINS	F8 Fuels	FPT	IAV
IBAMA	ICONIC	IDIADA	IMT
INDIVIDUAL – Paulo Roberto Rangel	INNOSPEC	INT	INTERTEK
JACTO	KUBOTA	MAHLE	MBBras
MWM	PHINIA	POWERSYS	PROMAX
SCANIA	TCA-HORIBA	TECCOM	TEKTER
UMICORE	VIBRA ENERGIA	VOLKSWAGEM	VOLVO

- Foram realizados encontros técnicos, reuniões interinstitucionais e oficinas de discussão com entidades como ANFAVEA, ABIMAQ, Sindipeças.



b) Articulação com órgãos públicos

- O processo regulatório foi articulado com o Ministério do Meio Ambiente (MMA).
- O IBAMA atuou como coordenador técnico para aspectos de certificação e fiscalização ambiental.

c) Tomada de subsídios e preparação para consulta pública

- Durante a fase preliminar, foi promovida a coleta informal de subsídios e sugestões junto ao setor produtivo, visando identificar eventuais barreiras, riscos e oportunidades associadas à regulamentação.
- Está prevista a realização de consulta pública formal, conforme exigido pela legislação vigente, com publicação da minuta da proposta e abertura de canal oficial para recebimento de comentários e contribuições por período determinado.

d) Transparência e governança regulatória

- Todo o processo seguiu os princípios da publicidade, transparência e participação previstos no Decreto nº 10.411/2020 e nas diretrizes da OCDE sobre melhoria da qualidade regulatória.
- O histórico de interações, justificativas técnicas e documentos de apoio será disponibilizado em plataforma pública, permitindo o acompanhamento da sociedade civil e dos agentes econômicos.

A ampla participação social assegura que a proposta MAR-II reflita os interesses coletivos e setoriais de forma equilibrada, conferindo maior eficácia à norma e reduzindo os riscos de judicialização ou resistência à sua implementação.



11. MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO FUTURA

A eficácia da proposta MAR-II dependerá não apenas da sua implementação normativa, mas da existência de um sistema contínuo de monitoramento e avaliação. Este processo é essencial para verificar se os objetivos regulatórios estão sendo alcançados e se ajustes futuros são necessários.

a) Indicadores de desempenho

- Emissões médias de NOx, MP, CO e HC por categoria de MMNR licenciada;
- Percentual da frota nacional de MMNR em conformidade com a MAR-II;
- Volume de certificações emitidas pelo IBAMA por ano e por faixa de potência;
- Redução de internações hospitalares por doenças respiratórias em regiões com alta concentração de MMNR;
- Evolução da participação de mercado de tecnologias limpas e inovadoras.

b) Fontes de informação

- Relatórios de certificação e homologação emitidos pelo IBAMA;
- Dados dos inventários nacionais de emissões coordenados pela AEA e MMA;
- Estudos de impacto em saúde pública elaborados por instituições parceiras como Fiocruz e universidades;
- Informações fornecidas por fabricantes, importadores e usuários por meio de sistemas de registro regulatório.

c) Periodicidade e responsabilidades

- A avaliação formal de resultados será realizada a cada quatro anos, com relatórios públicos e reuniões interinstitucionais para revisão de metas e parâmetros;



- O IBAMA será o responsável pela consolidação e publicação dos indicadores, com apoio técnico da AEA e acompanhamento do MMA;
- Caso identificado desvio significativo de metas ou barreiras tecnológicas inesperadas, poderá ser proposta revisão pontual dos prazos ou critérios da norma.

d) Ajustabilidade e melhoria contínua

- A regulamentação incorporará mecanismos de atualização normativa simplificada, com base em evidências técnicas e avanços tecnológicos;
- Estímulo a projetos-piloto, parcerias com centros de pesquisa e fomento à inovação regulatória para identificar boas práticas.

O monitoramento efetivo garantirá a coerência entre os objetivos traçados e os resultados obtidos, assegurando a transparência do processo regulatório e sua aderência às prioridades ambientais, sanitárias e industriais do país.



12. CONCLUSÃO

A proposta MAR-II representa uma evolução necessária e estratégica no marco regulatório ambiental brasileiro, alinhando o país às melhores práticas internacionais em controle de emissões de poluentes atmosféricos por máquinas móveis não rodoviárias (MMNR).

Com base em evidências técnicas robustas, projeções setoriais e inventários de emissões, ficou demonstrada a urgência da atualização normativa diante dos riscos ambientais, sanitários e econômicos gerados pela manutenção da fase MAR-I. A alternativa escolhida — adoção escalonada dos limites compatíveis com o padrão americano Tier 4 Final (T4F) — apresenta equilíbrio entre ambição ambiental e viabilidade técnica, permitindo uma transição justa e eficiente.

A análise de impacto regulatório identificou benefícios ambientais relevantes, ganhos esperados em saúde pública, estímulo à inovação tecnológica e aumento da competitividade internacional da indústria nacional. A construção participativa da proposta, a previsão de monitoramento contínuo e os mecanismos de revisão normativa conferem solidez institucional e adaptabilidade ao novo regulamento.

Assim, recomenda-se a implementação da proposta MAR-II como instrumento de política pública ambiental e industrial, com potencial de gerar ganhos estruturais ao país e promover o desenvolvimento sustentável com base em tecnologia limpa, responsabilidade regulatória e compromisso com as futuras gerações.



13. REFERÊNCIAS [1]

- [1] B. M. d. M. Ambiente, “ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO SOBRE A REVISÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA No 5, DE 15 JUNHO DE 1989 QUE INSTITUI O PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR (PRONAR),” Outubro 2024. [Online].
- [2] M. L. e. a. Cavalcante, “Impactos da poluição do ar na saúde no Brasil: uma revisão,” 2025. [Online]. Available: <https://www.scielo.org/article/csp/2025.v41n3/e00172924/>.
- [3] Q. e. a. Di, “Air pollution and mortality in the Medicare population,” 2020. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37879554/>.
- [4] ““Quase toda a população brasileira respira ar poluído, de acordo com estudo.”,” 2023. [Online]. Available: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/quase-toda-a-populacao-brasileira-respira-ar-poluido-de-acordo-com-estudo/>.
- [5] “Relatório de Emissões Veiculares 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2022/03/Relatorio-Emissoes-Veiculares-2020.pdf>.



14. Anexos

1. Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias elaborado pela consultoria Environmentality a serviço da Afeevas
2. Proposta de texto da norma MAR-II

Anexos

1. Inventário de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias elaborado pela consultoria Environmentality a serviço da Afeevas



Inventário Preliminar de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

Organização: Eduardo R. Oliveira
Membro do Conselho Diretor – AFEEVAS

Desenvolvimento: EnvironMentality
Consultoria Especializada – AFEEVAS

Colaboração Técnica: IMT – Instituto Mauá de Tecnologia
ATC – Agente Técnico Credenciado do IBAMA

Dezembro de 2023

Introdução



- O inventário de fontes de emissão é uma ferramenta que usa dados estatísticos da utilização de máquinas e seus fatores médios de emissão para estimar impactos ambientais.
- Os inventários não são verdades absolutas, mas estimativas exploratórias comparadas sob critérios semelhantes para verificar a necessidade de controle de emissões e estimar a intensidade necessária das ações propostas.
- **1ª fase** → inventário preliminar, com dados conservadores:
 - avaliar a necessidade de intensificação do controle de emissão, sem o risco de superestimar;
 - categorizar as fontes comparativamente, definindo prioridades de controle;
 - estimar a ordem de grandeza das reduções necessárias
- **2ª fase** → discutir o que será possível fazer à luz das necessidades apontadas pelo inventário preliminar
 - definir os limites de emissão técnica e economicamente viáveis;
 - criar cenários de implantação de limites por categoria;
 - refazer o inventário para cada cenário idealizado com dados mais realistas para que o programa de controle não seja definido a partir de expectativas muito otimistas e resultem ineficazes.

Este trabalho corresponde à 1ª fase e foi desenvolvido pela EnvironMentality por solicitação da AFEEVAS e discutido com as partes interessadas na Comissão Técnica Fora de Estrada e Geradores da AEA, tendo recebido das entidades participantes inúmeros ajustes em seus dados primários, especialmente os fatores de emissão que foram gentilmente compilados e fornecidos pelo Instituto Mauá de Tecnologia.

Introdução

- Existem muitos dados sobre a frota circulante de veículos automotivos no Brasil
- Também existem dados com a quantidade de Máquinas vendidas no Mercado Brasileiro



Dados do Sindipeças
[Frota Circulante](#)



Anuários da
[ANFAVEA](#)

- Entretanto, não há dados públicos disponíveis que determinem o tamanho da frota circulante das Máquinas Agrícolas e de Construção no Brasil

3

Introdução

Diante desse cenário, a AFEEVAS tomou a iniciativa de criar um inventário que não fosse tão complexo e caro, mas com nível de acurácia necessária que mostrasse a relevância das emissões oriundas das Máquinas Fora de Estrada.

PRINCIPAIS EIXOS DO TRABALHO

- Consolidação de dados de venda de máquinas dos Anuários da Anfavea e Relatório de Frota Circulante do Sindipeças (dados públicos)
- Extrapolação da venda de máquinas para 2023 e 2030
- Definição das curvas de sucateamento e ajuste para tratores de rodas, colhedadeiras e máquinas de construção, com base em dados do setor
- Determinação do tamanho da frota circulante em 2020 e projeções 2023 e 2030
- Cálculos das Emissões dos Gases de Escapamento
- Inclusão de dados compartilhados pelo Instituto Mauá Mauá
- Interpretação dos dados e conclusões

4

Venda de Máquinas - Histórico

Vendas Internas de Máquinas Nacionais e Importadas

Ano	CULTIVADORES MOTORIZADOS	TRATORES DE RODAS	TRATORES DE ESTERAS	COLHEITADORAS DE GRãos	COLHEIDORAS DE CANA	RETROSCAVADORAS	PAS CARREGADORAS	ESCAVADORAS HIDRÁULICAS	MOTONIVELADORAS	ROLOS COMPACTADORES	MINI CARREGADORAS	MANIPULADOR TELESCÓPICO	TOTAL
1960		37											37
1961	751	1.679											2.430
1962	1.240	7.586											8.826
1963	1.130	9.908											11.038
1964	1.765	11.525											13.300
1965	2.403	8.401											10.804
1966	3.120	9.543											12.663
1967	1.971	6.506	72										8.549
1968	2.535	9.376	104										12.015
1969	2.081	9.977	54			5							12.117
1970	2.241	14.586	24			154							17.005
...
2000	722	24.591	592	3.780		1.377							31.062
2001	856	28.303	496	4.098		1.870	1.538	834	574	304	137		38.910
2002	1.050	33.217	526	5.648		2.302	1.639	979	673	364	138		46.316
2003	1.596	29.476	450	5.440		1.796	1.509	654	312	186	90		40.851
2004	1.682	28.803	530	5.605		1.300	1.944	904	383	247	81		41.499
2005	2.141	17.729	409	1.534		1.672	1.905	1.380	583	325	170		27.828
2006	1.857	20.435	309	1.030		2.398	1.831	1.504	743	410	306		30.823
2007	1.548	31.300	439	2.377		3.396	2.753	2.091	1.000	477	643		46.024
2008	1.852	43.414	664	4.458		5.399	3.008	2.837	1.245	1.227	1.171		65.075
2009	1.759	45.437	612	3.817		5.119	2.252	2.522	1.245	1.432	583		64.778
2010	1.807	56.420	870	4.549		7.661	3.783	4.068	2.094	2.548	1.030		84.830
2011	1.307	52.296	1.022	5.343		8.239	3.986	4.284	1.922	2.177	2.947		83.523
2012	1.348	55.819	1.071	6.278		8.701	3.884	4.050	1.378	1.670	1.190		85.389
2013	1.628	65.089	927	8.539	1.406	11.295	4.467	3.899	4.132	1.774	2.646		105.792
2014	1.553	55.612	815	6.448	982	6.634	4.867	6.050	3.473	2.083	2.100	181	90.798
2015	1.099	37.381	408	3.917	713	6.273	2.614	3.728	399	798	806	87	58.183
2016	747	35.956	303	4.498	910	2.143	1.920	2.394	245	288	475	55	49.933
2017		35.622	295	4.537	721	2.016	1.905	2.325	372	290	489	56	48.628
2018		38.803	473	5.739	643	3.909	3.033	3.707	754	407	543	101	58.112
2019		33.148	547	5.580	645	5.772	1.661	5.465	938	640	790	150	57.305
2020		35.369	939	5.614	772	6.625	4.906	7.324	1.126	1.131	698	139	64.643

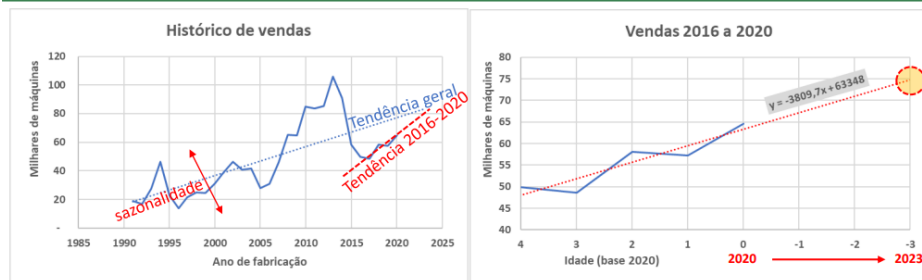
Fonte: Anuário da ANFAVEA e Abimaq (em azul)

Total 2.531.321

5

- Dados considerados desde 1960 até 2020
- Dados Abimaq (em azul) a partir de 2001
- Somatória > 2.5M de equipamentos vendidos

Venda de Máquinas – Atualização e projeção



Estimativa de venda de motores (fabricantes)			
Ano	Volume	mkt share	Vol. Est.
2023	42.000	56%	74.777
2024	49.000		87.240
2025	51.000		90.801
2026	56.000		99.703
2027	57.000		101.483
2028	58.000		103.264
2029	59.000		105.044
2030	59.000		105.044

Ano	CULTIV. MOT.	TRAT. RODAS	TRAT. ESTERAS	COLHEIT. GRãos	COLHEID. CANA	RETRO.	PAS CARB.	ESC. HDR.	MOTONIV.	ROLO COMP.	MINI CARB.	MANIP. TELESC.	TOTAL
2011	1.307	52.296	1.022	5.343		8.239	3.986	4.284	1.922	2.177	2.947		83.523
2012	1.348	55.819	1.071	6.278		8.701	3.884	4.050	1.378	1.670	1.190		85.389
2013	1.628	65.089	927	8.539	1.406	11.295	4.467	3.899	4.132	1.774	2.646		105.792
2014	1.553	55.612	815	6.448	982	6.634	4.867	6.050	3.473	2.083	2.100	181	90.798
2015	1.099	37.381	408	3.917	713	6.273	2.614	3.728	399	798	806	87	58.183
2016	747	35.956	303	4.498	910	2.143	1.920	2.394	245	288	475	55	49.933
2017		35.622	295	4.537	721	2.016	1.905	2.325	372	290	489	56	48.628
2018		38.803	473	5.739	643	3.909	3.033	3.707	754	407	543	101	58.112
2019		33.148	547	5.580	645	5.772	1.661	5.465	938	640	790	150	57.305
2020		35.369	939	5.614	772	6.625	4.906	7.324	1.126	1.131	698	139	64.643
2021		41.973	662	6.310	817	5.380	3.966	5.518	934	777	790	131	87.138
2022		42.000	989	6.666	863	5.685	4.191	5.831	887	750	792	138	90.967
2023		42.000	989	6.666	863	5.685	4.191	5.831	887	750	792	138	90.967
2024		49.000	1.437	1.061	6.885	5.551	7.558	7.725	844	864	961	170	127.772
2025		56.750	895	8.532	1.194	7.274	5.862	7.480	1.263	883	1.000	277	97.805
2026		62.214	983	9.368	1.212	7.587	5.887	8.152	1.388	1.080	1.099	294	99.703
2027		63.617	1.000	9.536	1.234	8.180	5.962	8.338	1.411	1.095	1.118	308	101.483
2028		64.540	1.018	9.703	1.256	8.273	6.058	8.484	1.438	1.118	1.138	301	103.264
2029		65.652	1.035	9.870	1.277	8.415	6.203	8.631	1.461	1.138	1.157	305	105.044
2030		65.652	1.035	9.870	1.277	8.415	6.203	8.631	1.461	1.138	1.157	305	105.044

Participação por tipo de máquina (média últimos 5 anos)

- 1) Avaliação dos dados histórico de vendas dos últimos 30 anos
- 2) Estimativa da tendência dos últimos 5 anos → extrapolação
- 3) Ajuste da projeção de vendas para o mercado total
- 4) Distribuição das vendas projetadas por tipo de máquina

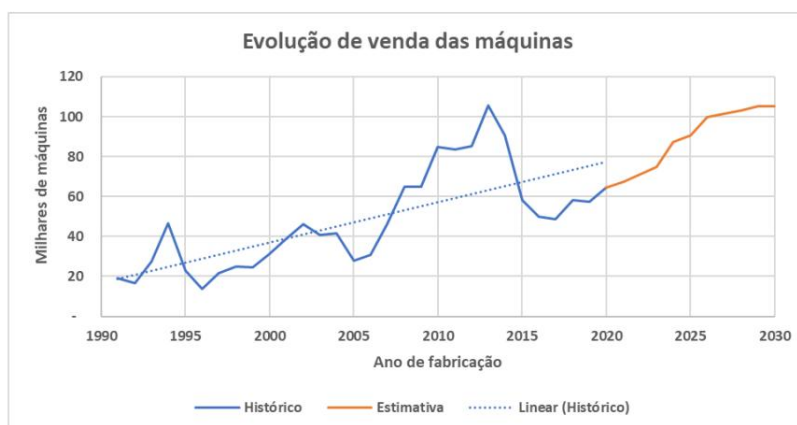
Anfavea: 65.000 em 2023
<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/anfavea-preve-queda-de-35-das-vendas-de-maquinas-agricolas-em-2023>

6

Estimativa de Venda de Máquinas (1990 – 2030)



ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS PARA CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES DA AMÉRICA DO SUL



Definição das Curvas de Sucateamento

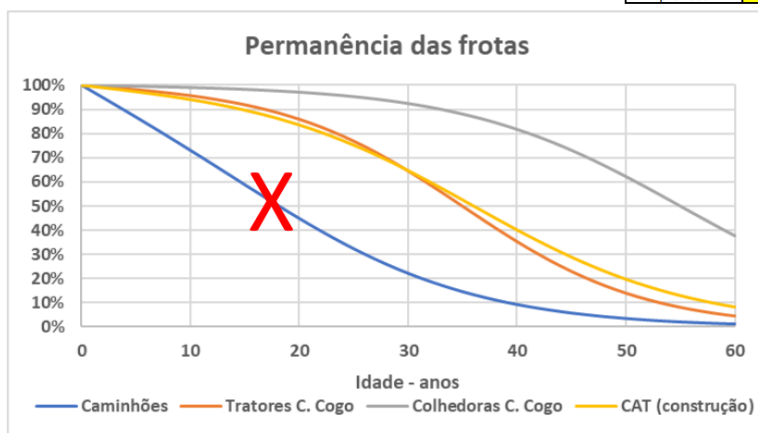


ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS PARA CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES DA AMÉRICA DO SUL

Gompertz: $(1/(1+EXP(a*(idade-t_0))))+(1/(1+EXP(a*(idade+t_0))))$

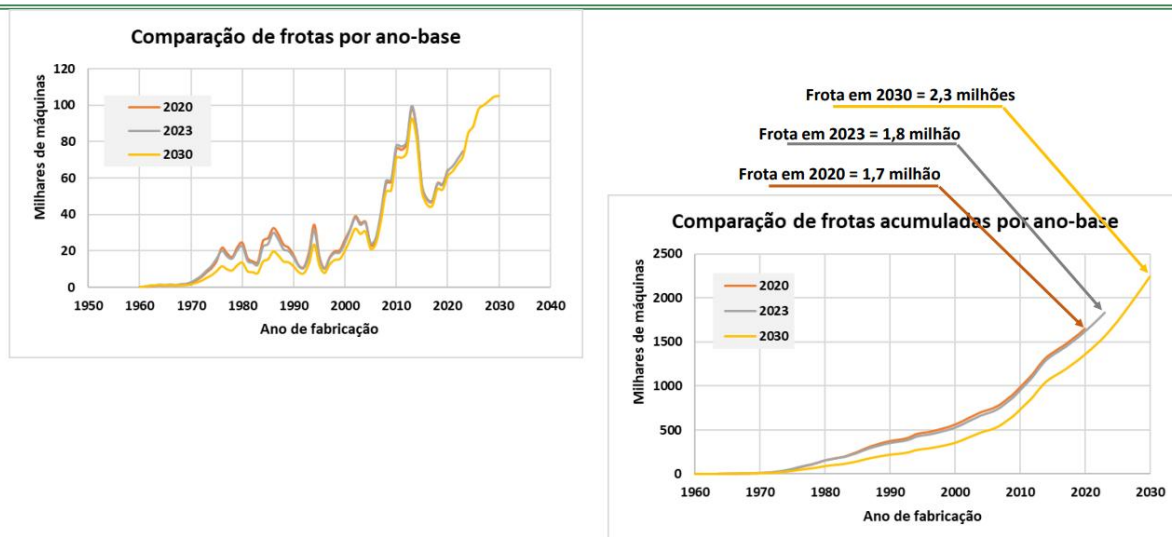
Constantes	Caminhões	Tratores Carlos Cogo	Colhedoras Carlos Cogo	Construção CAT
t0	0,1	35	55	36
a	0,1	0,12	0,1	0,1

ano de fabricação	Frota remanescente - aproximação por curva Gompertz			
	Caminhões	Tratores C. Cogo	Colhedoras C. Cogo	Construção CAT
2010 a 2020	79%	97%	99%	95%
1999 a 2009	48%	87%	97%	85%
1988 a 1998	23%	64%	92%	64%
pré 1988	6%	21%	65%	25%



- A experiência do Programa I/M de São Paulo mostrou que a permanência das frotas em função da idade segue curvas do tipo Gompertz
- A título de comparação foi tomada inicialmente a curva dos caminhões
- Os dados obtidos em campo para tratores, colhedoras e máquinas de construção permitiram a aproximação por novas curvas Gompertz
- As curvas mostraram comportamentos muito distintos dos caminhões, cuja curva foi abandonada nas estimativas

Estimativa da Frota Circulante



Estimativa da Frota Circulante - Premissas

Padrão de emissões	≤75 kW	>75 kW
Tier 1	Até 2018	até 2016
MAR-I	≥2019	≥2017

Distribuição de tamanhos			
Máquina	P	M	G
Tratores de rodas agrícolas	75%	22%	3%
Tratores de rodas construção	60%	30%	10%
Tratores de esteiras construção	45%	40%	15%
Pás carregadeiras construção	30%	17%	53%
Escavadoras hidráulicas construção	25%	60%	15%

Usos		
Tipo de máquina	Agrícola (%)	Construção (%)
CULTIVADORES MOTORIZADOS	100%	0%
TRATORES RODAS	70%	30%
TRATORES ESTEIRAS	30%	70%
COLHEITADEIRAS GRÃOS	100%	0%
COLHEIDORAS CANA	100%	0%
RETROSCAVADEIRAS	30%	70%
PÁS CARREGADEIRAS	0%	100%
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	10%	90%
MOTONIVELADORAS	0%	100%
ROLOS COMPACTADORES	0%	100%
MINI-CARREGADEIRAS	0%	100%
MANIPULADORES TELESÓPICOS	0%	100%

Estimativa da Frota Circulante – 2023

	Agrícola (frota)		Construção (frota)		Total
	Tier 1	MAR-I	Tier 1	MAR-I	
CULTIVADORES MOTORIZADOS	54.163	-	-	-	54.163
TRATORES RODAS - PEQUENOS	539.229	105.143	184.878	36.049	1.227.374
TRATORES RODAS - MÉDIOS	146.947	42.069	85.878	24.586	
TRATORES RODAS - GRANDES	20.038	5.737	28.626	8.195	
TRATORES ESTEIRAS	8.622	1.288	-	-	
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS	-	-	9.053	1.352	33.034
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS			8.047	1.202	
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES			3.018	451	
COLHEITADEIRAS GRÃOS	151.393	41.399	-	-	192.792
COLHEDORAS CANA	3.979	5.357	-	-	9.336
RETROESCAVADEIRAS	28.524	8.742	66.556	20.399	124.221
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS	-	-	13.394	6.276	65.567
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS			6.775	4.372	
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES			21.122	13.629	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	3.870	3.579	-	-	74.488
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS	-	-	10.025	6.735	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS			20.897	19.327	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES			5.224	4.832	
MOTONIVELADORAS	-	-	18.665	6.056	24.720
ROLOS COMPACTADORES	-	-	14.959	4.719	19.679
MINI-CARREGADEIRAS	-	-	14.403	3.794	18.197
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	-	-	308	849	1.157
TOTAL	956.764	213.314	511.827	162.823	1.844.727

Total agrícola	1.170.078	63%
Total construção	674.649	37%

Total MAR-I	376.136	20%
Total TIER 1	1.468.591	80%

Frota circulante em 2023

Projeção da Frota Circulante - 2030

	Agrícola (frota)		Construção (frota)		Total
	Tier 1	MAR-I	Tier 1	MAR-I	
CULTIVADORES MOTORIZADOS	38.411	-	-	-	38.411
TRATORES RODAS - PEQUENOS	435.636	326.812	149.361	112.050	1.452.281
TRATORES RODAS - MÉDIOS	117.008	106.644	68.381	62.324	
TRATORES RODAS - GRANDES	15.956	14.542	22.794	20.775	
TRATORES ESTEIRAS	6.311	3.248	-	-	
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS	-	-	6.627	3.410	31.864
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS			5.891	3.031	
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES			2.209	1.137	
COLHEITADEIRAS GRÃOS	139.845	106.026	-	-	245.871
COLHEDORAS CANA	3.937	13.721	-	-	17.657
RETROESCAVADEIRAS	24.825	24.762	57.926	57.777	165.290
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS	-	-	12.211	18.092	101.010
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS			6.146	11.026	
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES			19.161	34.374	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	3.537	9.026	-	-	125.629
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS	-	-	9.210	19.057	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS			19.101	48.739	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES			4.775	12.185	
MOTONIVELADORAS	-	-	17.022	15.273	32.295
ROLOS COMPACTADORES	-	-	13.664	11.900	25.564
MINI-CARREGADEIRAS	-	-	13.261	11.148	24.409
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	-	-	288	2.142	2.430
TOTAL	785.465	604.779	428.027	444.439	2.262.710

Total agrícola	1.390.245	75%
Total construção	872.466	47%

Total MAR-I	1.049.218	57%
Total TIER 1	1.213.492	66%

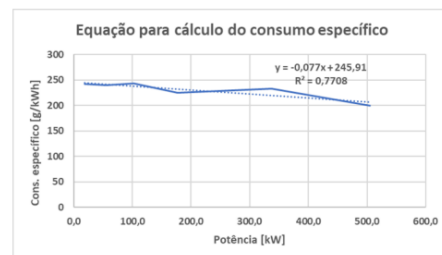
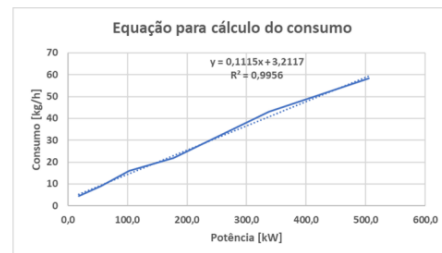
Frota circulante em 2030

Estimativas de Potência, Consumo e Trabalho

Agricultura	Potência média (kW)	Consumo (L/h)	Consumo (g/kWh)	trabalho (h/ano)
CULTIVADORES MOTORIZADOS	10	5	246	400
TRATORES RODAS - PEQUENOS	54	11	245	740
TRATORES RODAS - MÉDIOS	116	19	245	1.443
TRATORES RODAS - GRANDES	216	32	244	2.119
TRATORES ESTEIRAS	83	15	245	2.000
COLHEITADEIRAS GRÃOS	224	33	244	750
COLHEIDORAS CANA	224	33	244	2.420
RETROSCAVADEIRAS	43	9	246	1.875
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	89	16	245	2.400

Construção	Potência média (kW)	Consumo (L/h)	Consumo (g/kWh)	trabalho (h/ano)
TRATORES RODAS - PEQUENOS	54	11	245	800
TRATORES RODAS - MÉDIOS	116	19	245	1.500
TRATORES RODAS - GRANDES	216	32	244	4.000
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS	116	19	245	2.100
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS	140	22	245	2.500
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES	290	42	244	3.800
RETROSCAVADEIRAS	64	12	245	1.720
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS	74	14	245	2.300
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS	120	20	245	2.567
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES	220	33	244	3.100
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS	75	14	245	2.967
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS	118	19	245	2.733
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES	234	35	244	3.533
MOTONIVELADORAS	130	21	245	2.000
ROLOS COMPACTADORES	113	19	245	1.733
MINI-CARREGADEIRAS	45	10	246	1.067
MANIPULADORES TELESÓPICOS	78	14	245	1.000

Regressões de consumo e consumo específico feitas com base nos dados médios de certificação fornecidos pelo IMT



Premissas dos Cálculos dos Fatores de Emissões

EPA Tier 1 - nonroad diesel engine emission standards (g/kWh)

Engine power	Tier	Year	CO	HC	NMHC+NOx	NOx	PM
kW<8	1	2000	8	1,3	10,5	9,2	1
8≤kW<19	1	2000	6,6	1,2	9,5	8,3	0,8
19≤kW<37	1	1999	5,5	1,2	9,5	8,3	0,8
37≤kW<75	1	1998	11,4	1,3	-	9,2	1
75≤kW<130	1	1997	11,4	1,3	-	9,2	1
130≤kW<225	1	1996	11,4	1,3	-	9,2	0,54
225≤kW<450	1	1996	11,4	1,3	-	9,2	0,54
450≤kW<560	1	1996	11,4	1,3	-	9,2	0,54
kW≥560	1	2000	11,4	1,3	-	9,2	0,54

Dados de homologação IMT MAR-I - Emissões médias de escapamento - ciclo C1 (g/kWh)

Faixa de Potência	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NOx [g/kWh]	PM [g/kWh]
0 - 37 [kW]	2,224	0,628	5,281	0,247
37 - 75 [kW]	1,174	0,166	3,895	0,179
75 - 130 [kW]	1,082	0,169	3,391	0,131
130 - 225 [kW]	0,923	0,135	3,222	0,104
225 - 450 [kW]	1,237	0,093	3,357	0,093
450 - 560 [kW]	1,004	0,062	3,716	0,041

- Não é possível determinar as emissões de Máquinas não regulamentadas

- Por isso foi assumido (de forma conservadora) que todas as Máquinas atendem aos limites máximos do EPA/Tier 1.

- Para as Máquinas comercializadas após a vigência do MAR-I, foram utilizados os valores médios fornecidos pelo IMT

Metodologia do Inventário

Metodologia de cálculo exemplo	Frota	Dados estimados por máquina				Cálculo	Fatores de emissão (g/kWh)				Emissão por máquina (g/poluentes/kg combustível)				Emissão anual por máquina (kg/ano)			
		Potência média (kW)	Consumo (L/h)	trabalho (h/ano)	Consumo esp. (g/kWh)		CO	HC	NOx	MP	CO	HC	NOx	MP	CO	HC	NOx	MP
TRATORES RODAS - PEQUENOS	200.415	54	11,0	800	245	7.424	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	345	39	278	30
TRATORES RODAS - MÉDIOS	93.568	116	19,1	1500	245	24.216	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.127	128	909	99
TRATORES RODAS - GRANDES	31.189	216	32,3	4000	244	109.252	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	5.099	581	4.115	242
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS	10.181	116	19,1	2100	245	33.906	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.578	180	1.273	138
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS	9.049	140	22,3	2500	245	47.054	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	2.191	250	1.768	104
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES	3.394	290	42,1	3800	244	135.077	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	6.319	721	5.100	299
RETROSCAVADEIRAS	69.792	64	12,3	1720	245	17.823	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	828	94	668	73
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS	13.764	74	13,6	2300	245	26.364	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	1.225	140	989	107
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS	6.971	120	19,6	2567	245	42.585	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.982	226	1.599	174
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES	21.732	220	32,8	3100	244	85.999	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	4.014	458	3.240	190
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS	10.280	75	13,7	2967	245	34.337	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	38	4	1.596	182	1.288	140
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS	21.455	118	19,4	2733	245	44.741	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	2.082	237	1.680	183
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES	5.364	234	34,7	3533	244	103.536	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	4.835	551	3.902	229
MOTONIVELADORAS	19.174	130	21,0	2000	245	35.413	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	1.648	188	1.330	78
ROLOS COMPACTADORES	15.360	113	18,7	1733	245	27.325	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.271	145	1.026	112
MINI-CARREGADEIRAS	14.757	45	9,7	1067	246	8.778	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	407	46	329	36
MANIPULADORES TELESÓPICOS	314	78	14,1	1000	245	11.883	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	38	4	552	63	446	48

Densidade do diesel (0,845) x L/h x h/ano

1000*emissão/consumo g/kWh

Emissão (g/kg) * consumo (kg/ano)/1.000

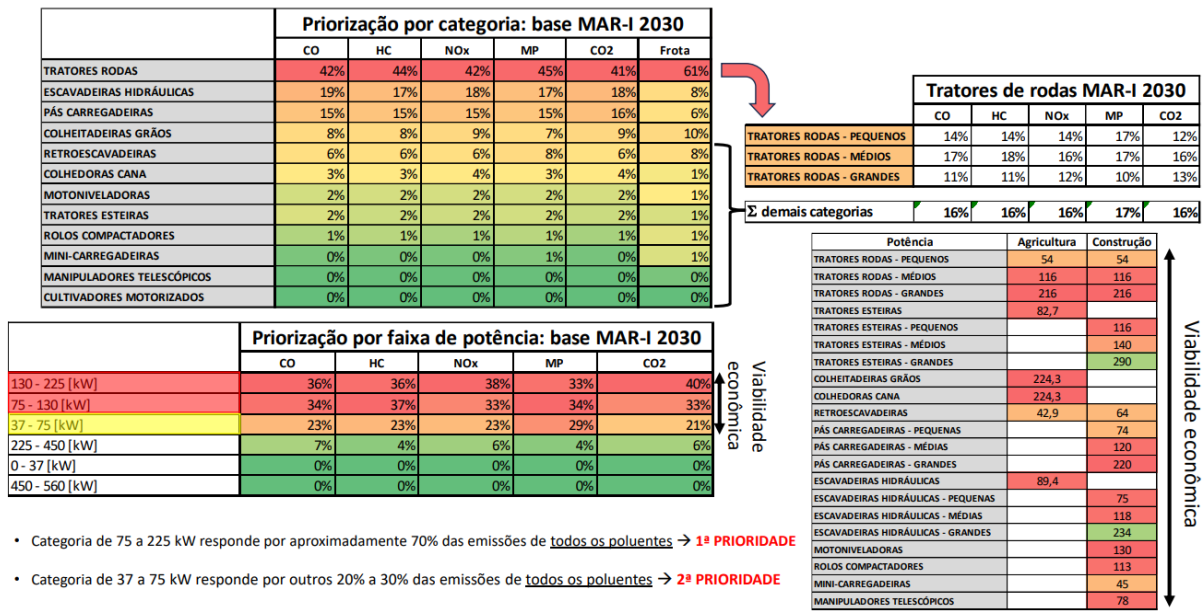
Resultados – Frota Total 2023

Emissões	ano-base	Frota	CO (ton/ano)	HC (ton/ano)	NOx (ton/ano)	MP (ton/ano)	CO2 (ton/ano)
Máquinas - Agricultura	2030	1.390.245	530.610	61.984	530.371	40.390	62.915.258
Máquinas - Construção	2030	872.466	627.112	73.255	663.195	46.068	85.160.992
Total 2030		2.262.710	1.157.722	135.239	1.193.566	86.457	148.076.250
Máquinas - Agricultura	2023	1.170.078	599.690	69.060	522.827	44.535	50.704.598
Máquinas - Construção	2023	674.649	692.516	79.638	619.165	48.439	63.205.050
Total 2023		1.844.727	1.292.206	148.697	1.141.991	92.974	113.909.648
Máquinas - Agricultura	2020	1.122.436	631.670	72.466	528.995	46.689	47.619.076
Máquinas - Construção	2020	621.351	723.219	82.802	613.589	49.868	57.008.531
Total 2020		1.743.787	1.354.889	155.267	1.142.584	96.557	104.627.607
Inventário MMA veículos pesados (previsão de 2007 para 2020)		4.620.000	917.000	88.000	1.135.000	42.225	258.000.000
		38%	148%	176%	101%	229%	41%

- Frota de máquinas é pouco maior que 1/3 do total de veículos diesel rodoviários (38%)
- Emissão da frota de máquinas pode ser até ~2,3 vezes maior (a depender do poluente)
 - A emissão de NOx por cada máquina é **2,5 vezes** maior que a automotiva.
 - A emissão de PM por cada máquina é **6 vezes** maior que a automotiva.
- A emissão de CO₂ (portanto o consumo de combustível) total das Máquinas é cerca de 40% da emissão dos veículos rodoviários.
- A Frota Total Circulante de máquinas emite menos CO₂, mas são até 2,3 vezes mais poluentes → **Necessidade de MAR-II**

O impacto das emissões das Máquinas Agrícolas e Rodoviárias é muito relevante, principalmente quando levamos em consideração que os Equipamentos de **Construção**, responsáveis pela maior parte das emissões, estão nos canteiros de obras de **grandes centros urbanos**.

Resultados – Participação de cada Categoria nas Emissões totais



Resultados – Estratégias de implantação

- Todo o racional utilizado na construção do inventário, que claramente sugere uma estratégia progressiva para a implantação de uma nova fase do Programa MAR-I, foi discutida e aprovada na CT Fora de Estrada da AEA.
- Como conclusão da Fase 1 do inventário, os autores consideram possível estudar estratégias que sejam viáveis tecnológica e economicamente em função dos recursos disponíveis, considerando, por exemplo, as seguintes hipóteses:

Faixas de Potência do MAR-I (Sub-divisão Mauá)	Potência (kW)				
	19 a 37	37 a 75	75 a 130	130 a 225	225 a 560
Prioridade em função do NOx (por faixa de potência)	0%	23%	33%	38%	6%
Anos após publicação	MAR-I	4	3	3	5

- Na fase MAR I foram definidas quatro categorias em função da potência do motor
- Nos dados levantados pelo IMT, a categoria de maior potência é subdividida em duas
- Pelo impacto sobre as emissões de NOx é possível priorizar a implantação da fase MAR II:
 - 75 a 225 kW → implantação 3 anos após a publicação;
 - 37 a 75 kW → implantação 4 anos após a publicação;
 - 225 a 560 kW → implantação 5 anos após a publicação;
 - 19 a 37 kW → mantidos na fase MAR I
- Considerando que o impacto no custo final do produto é maior para a atualização tecnológica das máquinas pequenas em comparação às máquinas grandes, pode-se subdividir a categoria de 37 a 75 kW (à exemplo do TIER IV final), concedendo um ano a mais para os motores de 37 a 56 kW, e reduzir para 3 anos o prazo para os motores acima de 225 kW

Panorama Global - Emissões NRMM

Escopo 1 – WW NRMM Emission

Roadmap

	Engine	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	...	2028 ...	
Emission		56 - 130 kW	EU Stage IV	EU Stage V NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kWh PM = 0.015 g/kWh PN = 1x10 ¹² */kW								
		130 - 560 kW	EU Stage V	NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kWh PM = 0.015 g/kWh PN = 1x10 ¹² */kW								
		56 - 130 kW	TIER 4 final	NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kWh PM = 0.02 g/kWh							CARB TIER 5 ¹⁰ planned	
		130 - 560 kW										
		56(75) - 130	Phase III	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 PM = 0.30 g/kWh				Phase IV NRSC / NRTC NO _x = 3.3 / PM = 0.025 g/kWh PN = 5x10 ¹² */kW		Phase V = EU St V Intro. assumed 2028		
		130 - 560 kW	Phase III	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 PM = 0.20 g/kWh				Phase IV NRSC / NRTC NO _x = 2.0 / PM = 0.025 g/kWh PN = 5x10 ¹² */kW				
		56(75) - 130	Bharat TREM III A	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 g/kwh PM = 0.30 g/kWh				Bharat TREM IV				Bharat TREM V NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kwh PM = 0.015 g/kwh PN = 1x10 ¹² */kW
		130 - 560 kW	Bharat TREM III A	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 g/kwh PM = 0.20 g/kWh				NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kwh PM = 0.025 g/kWh				

Fonte: AEA

Na América do Sul:

- Chile já adotou Tier 4F/Stage V, desde Outubro de 2023
- Colômbia já formalizou a adoção de Tier 4i/Stage IIIB, iniciando em Julho de 2024
- Peru está iniciando conversas sobre regular emissões, mas ainda não definida

Pode resultar em barreira tecnológica para exportações de Máquinas e Componentes brasileiros!

Panorama Global - Emissões NRMM (continuação)

PAÍS	NORMA ATUAL	PRÓXIMA FASE
Australia	Nenhum	Algumas licitações públicas já pedem Tier 4F/Stage V, mas sem definição formal de implementação nacional (possivelmente Tier 4F/Stage V - Jul/2026)
Singapura	Tier 2	Sem definição formal (possivelmente Tier 4F/Stage V - 2026)
Japão	Tier 4F Equiv.	-
Coreia do Sul	Stage V	-

Disponibilidade do Diesel S10

- O DIESEL S10 ESTÁ CADA VEZ MAIS DISPONÍVEL E JÁ SUPEROU OS 60% DO CONSUMO NACIONAL
- PETROBRÁS COLOCOU EM SEU PLANEJAMENTO O FIM DA COMERCIALIZAÇÃO DO DIESEL S500 ATÉ 2026
- ANP DISCUTIRÁ UM CRONOGRAMA DE DESCONTINUAÇÃO DO S500



"Ao final desse prazo, todo o óleo diesel produzido pela Petrobras será S-10", garante em nota.



Diesel S10 pode se tornar obrigatório no Brasil; PL tramita no Senado

Senado avalia a proposta de só permitir a venda do diesel S10 no uso rodoviário. Se aprovado o PL, o diesel S500 deixará de circular no País

21

Considerações finais

Agradecimento

Este inventário de emissões de máquinas agrícolas e rodoviárias contou com uma contribuição inestimável da Comissão Técnica de Veículos Fora de Estrada e Geradores da **AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva** e seus associados, cujas críticas e sugestões aprimoraram os critérios adotados e trouxeram maior equilíbrio ao inventário de emissões.

Os autores agradecem por estas contribuições e esperam continuar contando com estes colaboradores na próxima etapa dos trabalhos, que será voltada à discussão das melhores estratégias para a implantação de novas fases do Programa e deverá utilizar os mesmos conceitos aqui desenvolvidos para a análise de cenários para a segunda fase MAR II do PROCONVE a ser sugerida ao CONAMA.



22

99



2. Proposta de texto da norma MAR-II

Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Proposta de texto para Resolução CONAMA.

Dispõe sobre a inclusão no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos

Automotores-PROCONVE e estabelece limites máximos de emissão de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente-Conama, no uso das competências que lhe são conferidas pelo art. 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e pelo art. 2º, § 9º, e art. 3º da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno; e

Considerando a Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores, como parte integrante da Política Nacional de Meio Ambiente;

Considerando as prescrições do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE, instituído pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA através da Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986, e demais resoluções complementares; considerando a necessidade do contínuo desenvolvimento e atualização do PROCONVE, Resolve:

Capítulo I

Dos Limites Máximos de Emissão de Escapamento

Art. 1º Instituir a fase MAR-II no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE e estabelecer limites máximos de emissão de poluentes para máquinas agrícolas e rodoviárias novas do ciclo diesel e ruídos para rodoviárias novas.

Art. 2º Para fins desta Resolução são utilizadas as seguintes definições:

I - Configuração de Motor: combinação única de família de motores, a qual pode ser descrita pelos sistemas que afetam diretamente o controle de emissão;

II - Família de Motores: classificação básica para a linha de produção de um mesmo fabricante, determinada de tal forma que qualquer motor da mesma família tenha as mesmas características de emissão;

III - Máquina Rodoviária: máquina autopropelida de rodas, esteiras ou pernas, que possui equipamento ou acessórios projetados principalmente para realizar operações de abertura de valas, escavação, carregamento, transporte, dispersão ou compactação de terra e materiais similares;

IV - Máquina Agrícola: máquina autopropelida de rodas ou esteiras, que possui equipamentos ou acessórios projetados principalmente para realizar operações no preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita de produtos agrícolas e florestais;

V - Modelo de Máquina Agrícola ou Rodoviária: nome que caracteriza uma linha de produção de máquinas de um mesmo fabricante, com as mesmas características construtivas; e

VI - Novo Lançamento: introdução no mercado consumidor de configuração de máquina agrícola ou rodoviária, dotada de nova configuração de motor.



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Art. 3º Ficam estabelecidos os limites máximos de emissão de poluentes para os motores do ciclo Diesel, previstos na Tabela I do Anexo A desta Resolução, destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias automotrizes novas, nacionais e importadas, definidas através dos códigos Nomenclatura Comum do Mercosul-NCM conforme Anexo B desta Resolução.

Art. 4º Os motores com potência igual ou superior a 19 kW destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias, nacionais e importados, comercializados no Brasil, devem atender aos limites máximos de emissão definidos na Tabela I do Anexo A desta Resolução e às datas estabelecidas neste artigo.

§ 1º A partir de **4 anos** após data da publicação dessa resolução em D.O, todos os motores destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias novas, em produção ou importados de potência igual ou superior a 130 kW e até 560 kW, devem atender aos limites da fase MAR-II de acordo com a Tabela I do Anexo A desta Resolução.

§ 2º A partir de **6 anos** após data da publicação dessa resolução em D.O, todos os motores destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias novas, em produção ou importados, com potência igual ou superior a 75 kW e até 130 kW, devem atender aos limites da fase MAR-II de acordo com a Tabela I do Anexo A desta Resolução.

§ 3º A partir de **8 anos** após data da publicação dessa resolução em D.O, todos os motores destinados às máquinas agrícolas e rodoviárias novas, em produção ou importados, com potência igual ou superior a 19 kW e até 75 kW, devem atender aos limites da fase MAR-II de acordo com a Tabela I do Anexo A desta Resolução.

Art. 5º Os níveis de emissão medidos nos motores de máquinas agrícolas e rodoviárias são expressos em g/kWh e referem-se à massa do poluente emitida por hora por unidade de potência.

§ 1º As emissões de monóxidos de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP) devem observar a norma ISO 8178-1 nos ciclos de medição constantes (*Non Road Steady Cycle – Mode or Ramped*), transiente (*Non Road Transient Cycle – Cold & Hot*) e nas regiões de torque e rotação fora dos ciclos anteriormente citados com um fator a ser respeitado (*Not-To-Exceed*).

§ 2º A critério do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA, as normas ABNT NBR que forem equivalentes à norma ISO citada no parágrafo anterior poderão ser adotadas para a medição de que trata o caput deste artigo.

§ 3º No ciclo NRTC as emissões devem ser calculadas considerando 5% do ciclo com fase fria e 95% do ciclo fase quente.

§ 4º NTE - Deve-se demonstrar nas zonas fora dos ciclos de emissões que não excede 1,5x o limite de emissões no ponto, conforme norma dos Estados Unidos 40 CFR Seção C, parte 86 parágrafo 86.1370

Art. 6º Somente poderão ser comercializados os modelos de máquinas agrícolas e rodoviárias, nacionais ou importados, que possuam a LCVM - Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor, emitida pelo IBAMA.

§1º Para fins de obtenção da Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor (LCVM) para máquinas agrícolas ou rodoviárias novas e seus motores, nacionais ou importados, junto ao PROCONVE, os interessados devem fazer requerimento ao IBAMA, através do sistema INFOSERV.



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Art. 7º Quando necessária uma modificação de componentes e/ou sistemas dos motores, deve ser realizado registro de atualização das especificações por meio do sistema INFOSERV, que será analisado pelo ATC.

Parágrafo único. Nos casos em que o ATC considerar que a modificação de componentes e/ou sistemas dos motores altera significativamente os valores de emissão de poluentes ou ruído homologados, poderão ser exigidos novos ensaios testemunhados que comprovem a continuidade de atendimento aos limites vigentes.

Art. 8º Os seguintes componentes mínimos com relevância para emissões de gases e ruído, deverão ter seu número de identificação gravado de forma indelével e de fácil leitura: Motor, Silencioso, Ventilador(es), Bomba(s) hidráulica(s), Transmissão, ECU, Injetores de combustível, Bomba de combustível, Turbocompressor e Sistemas antipoluição (EGR, SCR, DPF, outros).

Art. 9º Para configuração de motor que utilizar o sistema de pós-tratamento por redução catalítica seletiva (SCR), este deve ter um mecanismo de avaliação que identifique o uso inadequado da solução de ureia ou do próprio sistema ou, ainda, sua presença, e deve assumir estratégia conforme os métodos e procedimentos estabelecidos nos parágrafos 4º e 5º, e seus respectivos subitens, do Apêndice I do Anexo I da Diretiva 2012/46, de 6 de dezembro de 2012, do Parlamento Europeu e do Conselho, e suas sucedâneas e complementos, até a publicação de Norma Brasileira equivalente.

Art. 10. Em caso de uso de tecnologias de pós-tratamento de gases de exaustão, o fabricante, no ato da homologação, deve informar e demonstrar as diagnoses (inducements) para assegurar o correto funcionamento do sistema.

Art. 11. As máquinas agrícolas ou rodoviárias novas cujos motores sejam equipados com sistemas de recirculação de gases de escapamento (EGR) devem ter garantido, por seus fabricantes e importadores, que este sistema tem condições técnicas de operar em altitudes de até 1.000 metros.

Parágrafo único. A comprovação da exigência do caput deste artigo poderá ser feita em laboratório, sendo permitida a simulação artificial da altitude na unidade de controle eletrônico do motor ou no dispositivo que exerça esta função.

Art. 12 A escolha das configurações de motores a serem tomadas como representativas, para fins de homologação e certificação, pode ser feita usando o critério de família de motores, conforme ABNT NBR ISO 8178-7 - Motores alternativos de combustão interna - Medição da emissão de gases de exaustão - Parte 7: Determinação de família de motor, Método 2, que deverá ser justificada pelo fabricante e submetido para aprovação ao IBAMA e ao seu Agente Técnico Conveniado - ATC, previamente à execução dos ensaios.

§ 1º O conceito de família proposto se aplica somente a motores com o mesmo número de cilindros, respeitados os demais parâmetros constantes da norma ABNT NBR ISO 8178-7.

§ 2º O motor representante da família deve ser selecionado pelo critério de maior débito de combustível por curso à velocidade de torque máximo declarado.

§ 3º No caso de dois ou mais motores satisfazerem o critério constante do § 2º deste art., o motor representante deve ser selecionado utilizando o critério de débito de combustível mais elevado por curso à velocidade de potência máxima declarada.



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

§ 4º O IBAMA ou seu ATC pode solicitar ensaio adicional em motor representado para comprovar atendimento aos níveis de emissões dos motores da família.

§ 5º No caso de um motor representado de uma família possuir alguma característica que possa elevar as emissões de escape acima das do representante adotado pelo critério do § 2º deste artigo, essa característica deve também ser identificada e ser considerada na seleção do motor representante.

§ 6º Será facultada a introdução futura de motores representados definidos pelo critério do § 2º deste artigo em uma família de motores já existente.

Art. 13 Para máquinas agrícolas e rodoviárias equipadas com mais de um motor propulsor considera-se a homologação individual de cada motor, nos casos em que os motores forem de famílias diferentes.

Parágrafo único. Para motores de mesma família, a homologação segue o mesmo critério de uma máquina com motor único.

Capítulo II

Do Combustível de Referência e suas Especificações

Art. 14 O combustível de referência para o ensaio de homologação será conforme Norma vigente, para Fase MAR-II, regulamentado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis-ANP.

§ 1º A especificação do óleo lubrificante utilizado no motor durante os ensaios de emissões deverá ser o recomendado no respectivo manual do proprietário da máquina agrícola ou rodoviária, podendo recomendar várias marcas de óleos lubrificantes, desde que possuam a especificação certificada nos ensaios.

Capítulo III

Da Emissão de Ruído Veicular

Art. 15 Art. 15 Os limites máximos de emissão de ruídos da fase MAR-II para as máquinas rodoviárias, quais sejam: escavadeiras hidráulicas, escavadeiras, tratores com lâmina, pás-carregadeiras, motoniveladoras, retroescavadeiras e rolos-compactadores com potência instalada igual ou superior a 19kW até inferior a 500 kW, nacionais ou importadas, para comercialização no mercado nacional passam a ser definidos conforme tabelas II e III.

§ 1º O nível de potência sonora deve ser medido sob as condições estabelecidas conforme a NBR-NM-ISO 6395, e não deve exceder o nível permissível Lwa em dB(A)/1 pW especificado com relação à potência instalada P em kW de acordo com as Tabelas II e III, constantes no Anexo A desta Resolução.

§ 2º As fórmulas previstas na Tabela II do Anexo A desta Resolução são válidas somente para valores maiores que os níveis mais baixos de potência sonora para os tipos de máquinas. Estes níveis mais baixos de potência sonora correspondem aos valores mais baixos da potência instalada para cada tipo de máquina.



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

§ 3º Para potências taladas abaixo destes valores, os níveis permissíveis de potência sonora são dados pelo nível mais baixo mostrado na Tabela III do Anexo A desta Resolução.

§ 4º A potência instalada P deve ser determinada conforme definido na Norma ISO 14396.

Art. 16 O equipamento, o local e o método de ensaio utilizados para medição dos níveis de ruído das máquinas, para fins desta Resolução, deverão estar de acordo com a NBRNM-ISO 6395 e suas referências normativas.

Art. 17. As configurações opcionais de mesmo modelo de máquinas do fabricante podem ser agrupadas em família que, pelo seu projeto, tenha características similares de emissão de ruídos, onde todos os seus membros devem atender aos limites aplicáveis de ruídos e ainda, com as seguintes características básicas comuns:

- a) Tipo de Sistema de rodado (metálico ou borracha);
- b) Motores da mesma família conforme definido no artigo 2º desta Resolução; e,
- c) Dentro do mesmo valor de limite de ruído conforme tabelas II e III.

§ 1º Para a certificação da conformidade dos níveis de potência sonora das máquinas rodoviárias pertencentes a uma mesma família, os ensaios poderão ser realizados em apenas uma máquina, considerada como configuração mestre de família.

§ 2º A configuração prevista no § 1º deste art. deve ser aquela com ruído mais alto, baseado em experiência anterior e conhecimento comum para aquele tipo de produto.

§ 3º A configuração ensaiada, e outras abrangidas pela mesma família, deve ser documentada de acordo com os critérios técnicos detalhados no Anexo C.

§ 4º O nível medido de potência sonora e o nível permissível de potência sonora (LWA) devem ser arredondados para o número inteiro mais próximo conforme norma ABNT 5891/1977

§ 5º Os equipamentos para realizar os ensaios de medição de níveis de ruído devem ser calibrados pelo INMETRO ou laboratório credenciado pertencente à Rede Brasileira de Calibração - RBC ou reconhecido pelo Inmetro em acordo de mútuo reconhecimento.

§ 6º Para o sistema de escapamento que tenha contato direto dos gases de exaustão com materiais fibrosos, este deve ser previamente submetido a um condicionamento em conformidade com o Anexo C da Resolução CONAMA nº 01/1993, antes que sejam realizados os ensaios de medição dos níveis de ruído

Capítulo IV

Da Durabilidade e dos Fatores de Deterioração das Emissões - FD

Art. 18 A durabilidade de emissões para os veículos que forem homologados na fase MAR-II deve ser garantida pelo fabricante e/ou importador da máquina, desde que o equipamento seja submetido às manutenções definidas nos manuais destinados ao cliente, com uso correto, combustível comercial regulamentado pela ANP e, quando aplicável, ARLA32 conforme normas vigentes da ABNT. Motores com faixas de potência igual ou superior a 19 kW e até 560 kW



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

devem manter os limites de emissões até 8000 h ou 10 anos, o que ocorrer primeiro. Pode ser usado na homologação fator de deterioração padrão conforme tabela no Anexo 1 ou o fabricante pode demonstrar ao IBAMA a durabilidade através de dados de testes em caso de demonstração de emissões para fatores menores que a mesma supracitada tabela. Em linha com as melhores práticas na norma americana a demonstração não deve ser menor que os seguintes critérios:

- 1000 horas de operação
- Que o intervalo de manutenção
- Que a garantia definida pelo fabricante.

Capítulo V

Das Disposições Gerais

Art. 19. Para os volumes anuais da produção ou importação de configurações de máquinas ou motores que não ultrapassem 50 unidades/ano, por configuração de veículo (marca/modelo) ou de motor, estará o fabricante/importador dispensado da exigência de realizar testes testemunhados pelo IBAMA ou seu ATC.

§ 1º Para fins de obtenção da LCVM nos casos previstos no caput deste artigo, o fabricante/importador deverá fornecer relatórios de ensaio de emissões conforme legislação brasileira, ficando a critério do IBAMA ou seu ATC a aceitação destes ensaios.

§ 2º Os relatórios previstos no § 1º deste art. são aceitos somente em português

Art. 20. Para um volume anual de vendas, no mercado nacional, de no máximo 20 unidades/ano por fabricante/importador, de até 2 (duas) marcas/modelos de máquinas agrícolas ou rodoviárias novas e seus motores, o IBAMA poderá dispensar o fabricante/importador, pessoa física ou jurídica, das exigências previstas no art. 2º desta Instrução Normativa.

§ 1º A dispensa de que trata este artigo não isenta o fabricante/importador de solicitar a respectiva LCVM, por meio do sistema INFOSERV

§ 2º Os veículos dotados de sistemas de propulsão alternativos ou que utilizem combustíveis não previstos nesta Resolução podem ser dispensados parcialmente das exigências determinadas neste regulamento, mediante decisão motivada e exclusiva do Ibama, por um período máximo de 24 (vinte e quatro) meses, podendo ser revalidada a qualquer momento a critério do IBAMA.

Art. 21. O fabricante ou importador deverá registrar anualmente no INFOSERV, relatório do volume de vendas dos modelos de máquinas agrícolas ou rodoviárias e motores comercializados no país por seu intermédio, no prazo de 90 dias após o término do ano civil vigente.

Art. 22. O fabricante ou importador assume a responsabilidade pela continuidade das especificações homologadas para as máquinas agrícolas ou rodoviárias e seus motores.



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Art. 23. Caberá ao IBAMA, através de Instrução Normativa, estabelecer procedimentos e exigências complementares necessárias à implementação das determinações desta Resolução.

Art. 24. O IBAMA deverá coordenar estudos e trabalhos relativos a qualquer revisão necessária aos limites máximos de emissão e prazos previstos nesta Resolução, convocando, a qualquer tempo, os órgãos e entidades afetos ao tema devendo apresentar ao CONAMA o relatório final com a proposta para apreciação.

Art. 25. Quando da entrada em vigor de novos limites de emissão de poluentes para máquinas agrícolas ou rodoviárias novas e seus motores, a validade das Licenças para Uso da Configuração de Veículo ou Motor - LCVm emitidas para modelos que não atendam aos novos limites fica prorrogada até 180 dias após a data de início dos novos limites.

Art. 26. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

XXXXXXXXXXXX

Presidente do Conselho



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Anexo A

Tabela I - Limites máximos de emissão para motores de máquinas agrícolas e rodoviárias (PROCONVE MAR-II)

(Potência P em kW)*	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	HC+NOx (g/kWh)	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	NH ₃ ¹ ppm
130 ≤ P ≤ 560	3.5	0,19	-	0,4	0,02	10
75 ≤ P < 130	5.0	0,19	-	0,4	0,02	10
56 ≤ P < 75	5.0	0,19	-	0,4	0,02	10
37 ≤ P < 56	5.0	-	4,7	-	0,03	10
19 ≤ P < 37	5.5	-	4,7	-	0,03	10

1 - Para motores equipados com sistema SCR

*Potência máxima de acordo com a Norma ISO 14396, que a critério do IBAMA poderá adotar norma ABNT equivalente.

Novo lançamento a partir do ano de vigência da regulação da potência.

Os fatores pré-definidos de deterioração de emissões conforme ECE...:

Ciclo	CO	HC	NOx	PM
NRTC	1.3	1.3	1.15	1.05
NRSC	1.3	1.3	1.15	1.05

TABELA II - Máquinas Rodoviárias > 55 kW

Tipo de máquina rodoviária	Fórmula de cálculo
Tratores com lâmina de esteiras, pás-carregadeiras de esteiras, retroescavadeiras de esteiras	$L_{wa} = 87 + 11 \log P$
Tratores com lâmina de rodas, pás-carregadeiras de rodas, retroescavadeiras de rodas, motoniveladoras, rolos compactadores não vibratórios	$L_{wa} = 85 + 11 \log P$
Rolos-compactadores vibratórios	$L_{wa} = 89 + 11 \log P$
Escavadeiras	$L_{wa} = 83 + 11 \log P$

TABELA III - Máquinas Rodoviárias ≤ 55 kW

Tipo de máquina rodoviária	Nível mais baixo de potência sonora em dB(A)/1 pW
Tratores com lâmina de esteiras, pás-carregadeiras de esteiras, retroescavadeiras de esteiras	106
Tratores com lâmina de rodas, pás-carregadeiras de rodas, retroescavadeiras de rodas, motoniveladoras, rolos compactadores não vibratórios	104
Rolos-compactadores vibratórios	109
Escavadeiras	96



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Anexo B

Maquinas Agrícolas e Rodoviárias abrangidas por esta Resolução

8424.49.00 – Outros

8426.41.90 – Outros

8426.49.10 - De lagartas (esteiras), com capacidade de elevação igual ou superior a 70 t

8429.11.10 De potência no volante igual ou superior a 387,76 kW (520 HP)

8429.11.90 Outros

8429.19.10 Bulldozers de potência no volante igual ou superior a 234,90 kW (315 HP)

8429.19.90 Outros

8429.20.10 Motoniveladores articulados, de potência no volante igual ou superior a 205,07 kW (275 HP)

8429.20.90 Outros

8429.30.00 - Raspo-transportadores (scrapers)

8429.40.00 - Compactadores e rolos ou cilindros com **pressores**

8429.51.11 Do tipo utilizado em minas subterrâneas

8429.51.19 Outras

8429.51.21 De potência no volante igual ou superior a 454,13 kW (609 HP)

8429.51.29 Outras

8429.51.91 De potência no volante igual ou superior a 297,5 kW (399 HP)

8429.51.92 De potência no volante inferior ou igual a 43,99 kW (59 HP)

8429.51.99 Outras

8429.52.11 De potência no volante igual ou superior a 484,7 kW (650 HP)

8429.52.12 De potência no volante inferior ou igual a 40,3 kW (54 HP)

8429.52.19 Outras

8429.52.20 Infraestruturas motoras, próprias para receber equipamentos das subposições

8430.49, 8430.61 ou 8430.69, mesmo com dispositivo de deslocamento sobre trilhos

8429.52.90 Outras

8429.59.00 -- Outros

8430.50.00 - Outras máquinas e aparelhos, autopropulsados

8432.41.00 - Espalhadores de estrume - Destaque 001: "Somente autopropelidos"

8432.42.00 - Distribuidores de adubos (fertilizantes)

8433.30.00 - Outras máquinas e aparelhos para colher e dispor o feno - Destaque 001:



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

"Somente autopropelidos"

Máquinas Agrícolas e Rodoviárias abrangidas por esta Resolução (MAR-II)

Revisão: 05/09/2024

8433.40.00 - Enfardadeiras de palha ou de forragem, incluindo as enfardadeiras, apanhadeiras -
Destaque 001: "Somente autopropelidos"

8433.51.00 -- Colheitadeiras combinadas com debulhadoras (ceifeiras-debulhadoras) -
Destaque 001: "Somente autopropelidos"

8433.52.00 -- Outras máquinas e aparelhos para debulha - Destaques 001: "Somente
autopropelidos"

8433.53.00 -- Máquinas para colheita de raízes ou tubérculos - Destaques 001: "Somente
autopropelidos"

8433.59.11 Com capacidade para trabalhar até dois sulcos de colheita e potência no volante
inferior ou igual a 59,7 kW (80 HP)

8433.59.19 Outras - Destaques 001: "Somente autopropelidos"

8433.59.90 Outros -- Destaques 001: "Somente autopropelidos"

8436.80.00 - Outras máquinas e aparelhos -- Destaques 001: "Somente autopropelidos"

8479.10.10 Automotrizes para espalhar e calcar pisos (pavimentos) betuminosos

8479.10.90 Outros

8701.10.00 - Tratores de eixo único

8701.30.00 - Tratores de lagartas (esteiras)

8701.92.00 -- Superior a 18 kW, mas não superior a 37 kW

8701.93.00 -- Superior a 37 kW, mas não superior a 75 kW

8701.94.10 Tratores especialmente concebidos para arrastar troncos (log skidders)

8701.94.90 Outros

8701.95.10 Tratores especialmente concebidos para arrastar troncos (log skidders)

8701.95.90 Outros

8704.10.10 Com capacidade de carga igual ou superior a 85 toneladas

8704.10.90 Outros

8705.10.20 Com todos os eixos de rodas direcionáveis e capacidade máxima de elevação
inferior a 100 t

8705.10.30 Com capacidade máxima de elevação igual ou superior a 100 t

8705.10.90 Outro



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Anexo C

Características da Configuração de Máquinas Agrícolas ou Rodoviárias

1. CONFIGURAÇÃO DO VEÍCULO

1.1. Fabricante: [Razão social e endereço completos] 1.2. Importador: [Razão social e endereço completos]

1.3. Marca / Modelo / Versão:

1.4. Tipo de combustível:

1.5. Motor utilizado:

1.6. Tipo de carroçaria do veículo (máquina):

1.8. Massa total máxima indicada/autorizada (t):

1.9. Massa máxima indicada/autorizada de veículo (máquina) combinado (t):

2. TRANSMISSÃO

2.1. Tipo: [manual / automática / hidráulica / hidrostática]

2.2. Nº de marchas:

2.3. Característica da transmissão

2.3.1. Relação máxima do conversor de torque

2.4. Relação do eixo traseiro

2.5. Tipo de tração

2.6. Número de eixos

3. RESERVATÓRIO DE COMBUSTÍVEL

3.1. Capacidade (l):

3.2. Posição no veículo (máquina): 3.3. Material construtivo:

4. SISTEMA DE ESCAPAMENTO

4.1. Descrição do sistema: [Anexar esquema]

4.2. Outros sistemas de controle de emissões no escapamento

4.3. Material fibroso em contato com gases do escapamento

5. Ventilador(es) [tipo, diâmetro, n.º pás] 5.1. Sistema de acionamento [direto / variação contínua / variação discreta]

6. Descrição do pacote acústico: [Anexar desenhos]

7. Sistema hidráulico: [Código, quantidade de bombas, pressão e vazão máximas]

8. RELAÇÃO DE COMPONENTES CITADOS NOS ITENS ANTERIORES

Componente	Item do anexo	Quantidade	Fabricante	Código	OBD

[Na relação dos componentes o código deve ser o estampado na peça]

)



Anexo 3 da carta AEA 026/2025

Notas:

- a) Quando um item não for aplicável, indicar "N.A.". Os itens derivados deste devem ser omitidos;
- b) No caso de motores ou sistemas não convencionais, indicar os dados equivalentes para os itens solicitados;
- c) Nos itens marcados com (*) devem ser especificadas as tolerâncias;
- d) As descrições e esquemas solicitados devem ser apresentados em "APÊNDICES" com a mesma numeração do item correspondente.

9. OUTRAS INFORMAÇÕES

9.1. Tipo do gás utilizado no ar condicionado. (quando couber)

Componentes que utilizam amianto em sua composição. (quando couber)