

Comentários sobre as críticas, sugestões e solicitações gerais enviadas para a Consulta Pública sobre a fase MAR II

Introdução

A proposta para o Programa de Controle de Emissões por Máquinas Rodoviárias, Agrícolas e de Construção MAR-II foi desenvolvida a partir de um inventário feito pela EnvironMentality para a AFEEVAS que levou às seguintes conclusões:

- O parque de máquinas mencionado tem a metade do número de veículos pesados da frota brasileira, o volume de combustível consumido por estas máquinas é similar e as emissões são duas vezes maiores que as dos caminhões;
- A fase MAR-I iniciada com as máquinas agrícolas e rodoviárias em 2015 produziu reduções expressivas da emissão de particulados e NOx, mas esta tendência deverá se inverter com o crescimento do parque de máquinas a partir de 2030 e o controle de emissões deve ser intensificado.

Este trabalho foi apresentado na AEA para que o setor industrial e órgãos ambientais trouxessem suas opiniões, o que permitiu aprimorar os dados utilizados e conferir maior precisão ao estudo, confirmando o diagnóstico inicial. Os trabalhos na AEA definiram os novos limites de emissão e um cronograma compatível com o mercado e os prazos de desenvolvimento dos produtos, que resultou na proposta MAR-II apresentada ao CONAMA pela ANAMMA.

Colocada em consulta pública, surgiram críticas e sugestões que merecem ser discutidas. Este documento sintetiza e consolida as críticas, sugestões e solicitações das cinco entidades consultadas (CSMIA/ABIMAQ, Jacto, John Deere, KUHN e STARA), comentando-as sem perder seus detalhes mais importantes, cruzando-as com os termos da legislação proposta para o MAR II apresentada pela ANAMMA e da proposta alternativa do IBAMA, agrupando-as por assunto para melhor clareza.

A análise dos documentos apresentados pelas diversas empresas e pela associação que as congrega (ABIMAQ), evidencia que as críticas levantadas e sugestões oferecidas são as mesmas, indicando tratar-se de um mesmo autor. Entretanto, optamos por comentá-las separadamente, uma vez que são documentos assinados por cada uma delas.

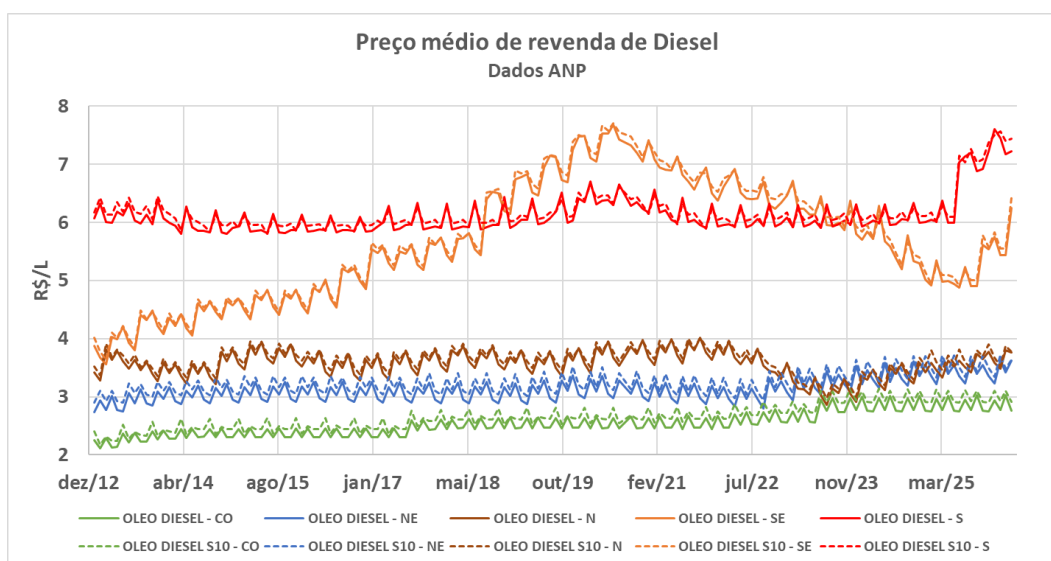
1. Críticas aos Impactos Econômicos e Sociais

As empresas são unânimes em apontar que a Fase MAR-II elevará significativamente os custos, prejudicando especialmente a base da pirâmide produtiva.

- **Aumento no Custo de Aquisição:** CSMIA/ABIMAQ, KUHN, John Deere, MOLDEMAQ e STARA estimam um aumento entre 15% e 25% no custo final dos equipamentos, com base em um estudo elaborado pela LCA Consultoria Econômica o qual, entretanto, não foi encontrado entre os documentos anexados à consulta pública.
 - **Resposta:** Números nesta faixa teriam um significado exacerbado nas grandes máquinas, atingindo centenas de milhares de Reais, o que parece absurdo quando se vê os mesmos percentuais nos pequenos tratores da agricultura

familiar, que tem custo total da ordem de 10 vezes menor que as grandes máquinas.

- **Impacto na Agricultura Familiar:** Todas as entidades destacam que, em máquinas menores (típicas da agricultura familiar), o custo subirá mais de 25%. John Deere, MOLDEMAQ e STARA alertam explicitamente para o risco de isolamento do pequeno produtor.
 - **Resposta:** Este aspecto foi considerado na proposição da Resolução. Por este motivo, as máquinas menores têm o dobro do prazo para início da implantação.
- **Elevação do Custo Operacional:** O uso obrigatório de Diesel S10 e ARLA-32 deve elevar os custos de operação em 9% a 20% segundo CSMIA/ABIMAQ, John Deere, MOLDEMAQ e KUHN.
 - **Resposta:** Não é verdade. Nos dados da ANP dos últimos 13 anos, as curvas de preço de Diesel comum e S10 são praticamente coincidentes, sendo difícil distingui-las. Segundo as suas estatísticas, as flutuações mensais do preço do Óleo Diesel são maiores do que o aumento de custo pelo uso de S10 e ARLA somados, sendo que as variações regionais no país são ainda maiores, conforme pode ser visto no gráfico e tabelas a seguir.



ARLA-32

Região	Preço mínimo (R\$/L)	Preço máximo (R\$/L)
S e SE	3,8	4,3
CO, N e NE	4,8	5,5

Consumo de ARLA = 5% consumo de diesel

Região	Acréscimo mínimo (R\$/L_diesel)	Acréscimo máximo (R\$/L_diesel)
S e SE	0,19	0,22
CO, N e NE	0,24	0,28

2. Críticas à Infraestrutura e Viabilidade Logística

Há uma preocupação generalizada sobre a capacidade de suporte para os novos insumos exigidos pela tecnologia MAR-II (SCR).

- **Distribuição de Diesel S10 e ARLA-32:** CSMIA/ABIMAQ, KUHN, MOLDEMAQ e STARA afirmam que a rede de distribuição desses produtos não é consolidada no interior do Brasil, o que pode gerar falta de suprimento no campo.
 - **Resposta:** As redes de distribuição de diesel S10 e de ARLA vêm sendo implantadas e expandidas há 14 anos para atender à demanda dos caminhões, ônibus e caminhonetes em todo o território brasileiro. Os locais onde se usam as máquinas agrícolas necessariamente são atendidos por caminhões e caminhonetes, portanto esta crítica não parece procedente.
- **Complexidade de Manutenção:** John Deere e STARA ressaltam que os sistemas de injeção e de pós-tratamento de emissões aumentam a complexidade de manutenção para o agricultor.
 - **Resposta:** Isto faz parte da evolução tecnológica, que em alguns casos pode demandar novos treinamentos para manutenção e reparação. Entretanto, esta expertise já se encontra difundida no Brasil para atendimento à frota de veículos rodoviários há mais de uma década. Em contrapartida, existem ganhos de desempenho e redução da necessidade de manutenção, compensando os custos no médio prazo.

3. Críticas ao Cronograma e Inexequibilidade Técnica

O setor considera os prazos estabelecidos na proposta (4, 6 e 8 anos dependendo da potência) como insuficientes para a realidade industrial brasileira.

- **Prazo de Desenvolvimento:** CSMIA/ABIMAQ, Jacto, KUHN, MOLDEMAQ e STARA consideram os prazos atuais inexequíveis, ressaltando que o ciclo típico de industrialização de uma máquina exige ao menos 4 anos após a publicação no DOU.
 - **Resposta:** Este aspecto foi amplamente debatido pelos participantes do GT-AEA responsável pela elaboração da proposta. Por este motivo a proposta já contempla o prazo mínimo de quatro anos para o primeiro grupo, que correspondem às maiores máquinas e de maior custo, com capacidade de absorver melhor os investimentos necessários, concedendo seis e oito anos para os demais, que se beneficiarão dos primeiros investimentos. Além disso, este programa também aproveita os investimentos em tecnologia já feitos no Brasil para os veículos de transporte rodoviário.

Esta visão justifica, inclusive, a proposta alternativa apresentada pelo IBAMA, que sugere a redução dos prazos para 3, 5 e 7 anos.
- **Inviabilidade de Projetos Existentes:** A Jacto alerta que as alterações mecânicas necessárias para acomodar o sistema de pós-tratamento e reservatórios de ARLA podem inviabilizar projetos de máquinas agrícolas já consolidados.

- **Resposta:** Evidentemente, quaisquer inovações demandam modificações de projeto para os novos modelos e as boas empresas nacionais têm plena capacidade de fazê-lo.
- **Dependência de Importação:** A STARA observa uma limitada disponibilidade de componentes nacionais para MAR-II, o que elevará a dependência de importações e custos produtivos.
 - **Resposta:** Dada a existência de motores para os veículos de uso rodoviário até mesmo mais avançados do que o padrão MAR II, tais limitações não devem ser significativas, se existentes. Além disso, a inclusão do MAR II neste padrão aumentará a viabilidade de nacionalização já iniciada para os veículos rodoviários.

4. Críticas à Estratégia de Controle Ambiental e Descarbonização

Um ponto central de crítica de todas as empresas é que a legislação foca em poluentes locais, mas ignora a descarbonização global.

- **Gases de Efeito Estufa (GEE):** CSMIA/ABIMAQ, Jacto, John Deere, KUHN, MOLDEMAQ e STARA criticam o fato de o MAR-II não contribuir para a redução de GEE.
- **Não considera os Biocombustíveis:** O setor afirma que a proposta imobiliza o capital das empresas em tecnologias fósseis e desconsidera rotas onde o Brasil é líder, como Etanol, Biometano e HVO. A John Deere argumenta que o esforço regulatório deveria priorizar trajetórias conectadas à valorização da matriz energética brasileira.

Resposta: Por princípio, o PROCONVE, assim como o MAR, não define tecnologia, mas sim limites de emissão de poluentes que podem ser atingidos com motores Diesel ou com combustíveis alternativos. Mas, para reduzir a emissão de CO₂ fóssil é preciso aumentar a eficiência (com pequenos ganhos possíveis) ou usar combustíveis renováveis, que potencializam ganhos significativamente mais expressivos.

O Programa MAR II foi idealizado como um primeiro passo para a redução de emissões dos poluentes locais necessária para a frota de máquinas em geral, focalizando os motores Diesel inicialmente, porque estes são largamente predominantes. Mas as mesmas exigências devem ser estendidas aos motores com combustíveis alternativos, assim que estes passem a representar uma parcela significativa do mercado. Desta forma, estes motores terão maior prazo para atendimento das metas de emissão de poluentes tóxicos, ao lado da redução de GEE que potencializam, ambas em vigor quando este mercado crescer. Por isso, os interessados neste segmento devem investir em ambas as frentes.

Não se deve negligenciar uma política pública voltada a determinados tipos de impactos na saúde porque outra política tem metas próprias para impactos sobre o clima. A política pública não deve escolher a prevenção de uma doença em detrimento da outra, mas a sua função é proteger a saúde em todos os aspectos para prolongar a vida.

Morrer é inevitável, mas ninguém escolhe morrer de câncer ou de AVC ou de problemas cardiorrespiratórios, o importante é viver mais e com qualidade.

5. Críticas sobre Competitividade e Mercado

- **Concentração de Mercado:** CSMIA/ABIMAQ, Jacto, MOLDEMAQ e KUHN alertam que empresas nacionais que compram motores de terceiros perderão competitividade para grupos globais verticalizados, gerando concentração de mercado.
 - **Resposta:** Sob outro ponto de vista, a demanda por motores com tecnologias próximas das utilizadas nos veículos de transporte rodoviário, reforça este mercado que já se instalou no Brasil, aumentando a viabilidade do desenvolvimento nacional. Além disso, a proposição da fase MAR II segue a tendência dos principais mercados internacionais, equiparando o mercado brasileiro, o que facilita tanto a importação de componentes quanto a exportação de máquinas.
- **Perda de Exportações:** CSMIA/ABIMAQ, KUHN, MOLDEMAQ e STARA temem a perda de mercados na Argentina, México e África do Sul, que podem não adotar padrões tão restritivos, tornando as máquinas brasileiras muito caras para esses países.
 - **Resposta:** Os mercados voltados a produtos antiquados são menos expressivos do que os mais exigentes. A tendência de perda de mercado está mais voltada à obsolescência dos produtos e ao seu encarecimento pela redução da escala de produção. Além disso, não há proibição para fabricar produtos antiquados para exportação.

6. Sugestões e Solicitações Específicas

- **Adoção do MAR-I para máquinas agrícolas:** John Deere, KUHN e STARA defendem que o padrão MAR-I permaneça como o marco regulatório para máquinas agrícolas. Ressaltam que em 2023 apenas 20% das máquinas eram desse padrão, caracterizando um estágio ainda incipiente de implantação.
 - **Resposta:** Ocorre que em 2030, quando deverá ser iniciada a implantação da fase MAR II, a fase anterior já será dominante, com 53% e mesmo com este crescimento a tendência da emissão de NOx, que vinha caindo com a entrada do MAR I, está se invertendo, pois o crescimento da frota supera os ganhos obtidos, que já se mostram insuficientes para manter a qualidade atual do ar. Por isso não se justifica fazer novos desenvolvimentos para máquinas agrícolas de acordo com um padrão tecnológico já superado e insuficiente.
- **Tratamento Diferenciado:** A John Deere solicita que as máquinas agrícolas sejam excluídas do escopo ou recebam tratamento diferenciado das máquinas rodoviárias, citando os precedentes de Chile, Colômbia e México.
 - **Resposta:** de acordo com os estudos de inventário apresentados, a contribuição das emissões de máquinas agrícolas se mostrou tão relevante quanto as demais e por isso estas foram incluídas no escopo.
- **Participação nas Negociações:** A Jacto solicita formalmente que as discussões sobre MAR-II para o setor agrícola contem com a participação direta da CSMIA/ABIMAQ junto ao governo.

- **Resposta:** todas as discussões de novas fases de controle de emissões ocorrem no âmbito das câmaras técnicas do CONAMA, onde a indústria sempre teve assegurada a sua participação através da CNI. Além disso, estas discussões ocorreram previamente na AEA, por solicitação do MMA, e a ABIMAQ foi formalmente convidada a participar.

7. Considerações sobre o controle de emissões nos motores a álcool

Todas as empresas manifestaram-se em favor do uso de biocombustíveis – particularmente etanol e biometano – para reduzir as emissões de GEE ao invés de adotar os limites MAR II para poluentes locais, conforme comentado. Mas a Jacto foi além, alegando que o etanol e o biometano apresentam potencial também para reduzir a emissão de poluentes locais. Neste sentido, cabe um detalhamento sobre a experiência brasileira no uso de etanol, conforme segue.

Desde o início do PROÁLCOOL há uma crença de que o motor a etanol é limpo por natureza, o que não se comprovou nos seus 50 anos de experiência no Brasil e nos estudos desenvolvidos pelos especialistas. Mas **existem prós e contras** que o projetista de motores deve aproveitar ou contornar para otimizar os seus projetos.

O etanol tem poder calorífico da ordem de 26,8MJ/kg e razão ar/combustível estequiométrica de 9:1 enquanto que os hidrocarbonetos têm 43 MJ/kg e lambda 14,7:1. É um combustível com alto poder antidetonante, o que o caracteriza como um combustível bom para motores do ciclo Otto. Em um bom dimensionamento, estes fatores se compensam e o motor a álcool chega a ter o mesmo nível de torque do motor-base do qual deriva o seu projeto. Para isso é necessário:

- injetar mais combustível, que compensa a diferença de poder calorífico;
- aumentar a taxa de compressão, que melhora a partida a frio e a eficiência térmica, atenuando o maior consumo de combustível.

Tendo o mesmo torque, as pressões e temperaturas durante a combustão são muito similares às do motor de origem e, conseqüentemente, levam aos mesmos níveis de emissão de NOx.

Nos motores de injeção direta de etanol, a formação do spray apresenta os mesmos mecanismos de pirólise das gotículas que levam à formação de particulados nos motores Diesel e nos GDI a gasolina. Neste aspecto, a molécula menor do etanol e a sua volatilidade atenuam este efeito, mas a emissão de MP ainda permanece significativa e precisa ser controlada como pós-tratamento do processo de combustão.

Nos motores a etanol do tipo estequiométrico (Otto) as emissões de CO e de combustível não queimado (THC, compreendendo aldeídos, o próprio etanol e etileno formado na combustão parcial) também são significativas e também carecem de cuidados especiais no projeto do motor e sistemas de pós-tratamento. Nos projetos “lean burn”, a emissão de NOx cai, mas a formação de aldeídos e aumenta.

Já nos motores que mantêm o ciclo Diesel, a ignição do etanol é mais difícil. Os aditivos nitrados reduzem o “delay time” e a combustão do etanol se aproxima do diesel, com os mesmos problemas de formação de poluentes. Nos motores com vela incandescente ou com chama inicial dada por uma pequena injeção óleo diesel, a queima do etanol se aproxima do caso “lean burn”, porém com velocidade de chama menor, com emissão de CO e HC mais alta. Neste caso,

os picos de fumaça são reduzidos, dando a impressão de uma queima mais limpa nos testes de opacidade, mas há uma grande elevação da linha basal desta emissão que resulta numa emissão média de material particulado significativa.

Por isso, em que pese a simplicidade molecular deste combustível, o processo de queima do etanol e a influência das suas impurezas também leva à formação dos mesmos poluentes observada nos outros combustíveis, **tornando falsa a crença taxativa de que o etanol não polui**. A experiência brasileira com os motores flex e os dedicados a etanol mostrou claramente que os níveis de emissão dos motores dependem muito mais das características de projeto para adequar o motor ao combustível, do que do próprio combustível, fato evidenciado no trabalho intitulado “Controle de Partículas dos Motores a Gasolina e Etanol”, elaborado pela EnvironMentality para AFEEVAS e publicado no ECMA’s ECT - 16th International Conference & Exposition – Índia 2025¹.

Durante a fase de desenvolvimento destes motores é admissível deixar a definição do controle de emissões para depois das otimizações feitas para o desempenho, visto que estas também alteram os níveis de formação de poluentes. Por esta razão, a proposta MAR-II se concentra apenas nos motores Diesel, atualmente dominantes no mercado, deixando para uma próxima fase a sua extensão aos motores movidos por combustíveis alternativos. Entretanto, os controles de emissão permanecem sempre necessários para que o projeto final seja adequado à proteção ambiental. O trabalho mencionado deixou muito claro que, em relação ao material particulado, o motor Diesel P8 é o mais limpo de todos os que temos no Brasil, sejam grandes ou pequenos, do ciclo Otto ou Diesel.

A questão dos gases de efeito estufa é um problema diferente: a sua formação pode ser reduzida marginalmente pelo aumento da eficiência térmica dos motores, o que nos motores Diesel é muito difícil porque já são muito eficientes, e pela utilização de combustíveis renováveis porque grande parte do seu conteúdo de carbono é reciclado, no caso do etanol, em um ciclo fechado de emissão para a atmosfera (queima) e a sua remoção por fotossíntese no plantio do insumo energético.

Portanto, **o verdadeiro controle ambiental não pode prescindir** de nenhum dos dois aspectos e quando os motores a etanol realmente substituírem os Diesel, eles também deverão atender aos mesmos limites de emissão estabelecidos para estes últimos, que decorrem da quantidade total de energia produzida e do número de unidades em funcionamento.

Sendo verdade que os motores atuais movidos a etanol, biodiesel, biometano e outros renováveis já podem atender a estes limites, o Programa MAR-II poderá ser simplesmente estendido aos motores com combustíveis alternativos. Entretanto, isto não seria prudente em prazo muito curto, antes que este conhecimento seja consolidado, porque poderia criar dificuldades adicionais que atrasassem o desenvolvimento dos motores com combustíveis alternativos, a menos que seja implantada apenas a exigência de relatar os níveis de emissão, num primeiro momento, tomando os limites de emissão apenas como metas a serem perseguidas com estas tecnologias. Esta fase também seria útil para se identificar eventuais

¹ disponível em: <https://ecmaindia.in/pdf/ect-2025-technical-articles.pdf> e versão em português em <https://www.afeevas.org.br/intranet/arquivos/leis/Controle%20de%20Part%C3%ADculas%20dos%20Motores%20a%20Gasolina%20e%20Etanol%20-%20Afeevas.pdf>.

necessidade de adequação e propor o aprimoramento dos métodos de ensaio tradicionais aos novos motores movidos por combustíveis alternativos.

8. Conclusões e recomendações

Diante do exposto, recomendamos manter a redação da Proposta MAR-II original com a inclusão de um último artigo para prever a inclusão das máquinas movidas por motores com combustíveis alternativos, com pequenos ajustes no texto para descaracterizar que este Programa seja exclusivamente voltado aos motores do ciclo Diesel.

Para isso, sugere-se a redação a seguir.

Art. 26 – A partir de quatro anos após a data da publicação dessa Resolução em D.O., as máquinas agrícolas, rodoviárias e de construção civil equipadas com motores movidos por combustíveis alternativos devem solicitar a LCVM normalmente apresentando os respectivos resultados das emissões, sem a obrigatoriedade de atender aos limites ora estabelecidos, com o objetivo de consolidar o conhecimento sobre estas novas tecnologias e de adequar os procedimentos de ensaio tradicionais às mesmas.

§1º - Para atendimento ao caput, devem ser medidas as emissões de escapamento CO, THC, NOx e MP de acordo com os procedimentos previstos na norma ABNT ISO 8178, complementadas pelas medições de aldeídos, etanol e CH₄ segundo os métodos prescritos pela ABNT para veículos leves.

§2º - No caso de combustíveis líquidos, devem ser quantificadas as emissões evaporativas de combustível, medidas por métodos aplicáveis aos veículos leves, devidamente adaptados à máquina objeto da LCVM. Os métodos voltados à medição destas emissões nos pontos de respiro do sistema de alimentação são os mais indicados.

§3º - O solicitante da LCVM pode sugerir as adequações aos métodos de medição que julgar necessárias para melhor atender a estas exigências.

§4º - O IBAMA deverá coordenar os trabalhos para consolidar as informações obtidas nestes processos e propor os procedimentos de ensaio e os limites obrigatórios para os poluentes de interesse, em até 6 anos após a data da publicação dessa Resolução no Diário Oficial da União.

Trabalho elaborado por:



Fábio Cardinale Branco



Gabriel Murgel Branco