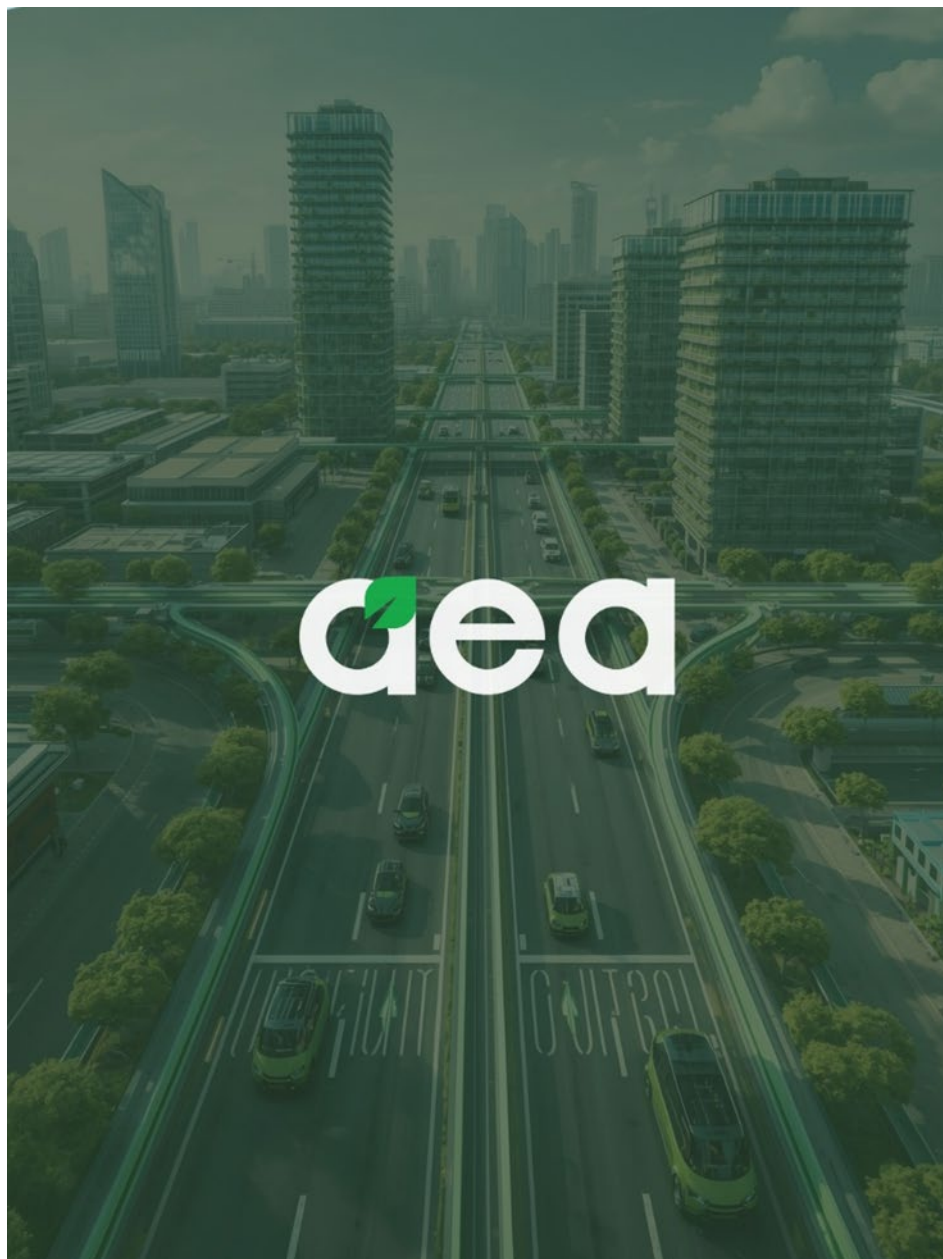




Relatório Técnico: Grupo Técnico de Trabalho 2 (GT2) AEA – Definição de procedimento de ensaios de componentes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. MOTIVAÇÃO.....	6
3. OBJETIVOS E ESCOPO	6
4. METODOLOGIA DE TRABALHO	6
5. CONSTATAÇÕES.....	7
5.1. Infraestrutura e Condições Ambiente.....	7
5.2. Governança e Experiência Nacional.....	11
5.3. Cronograma e Natureza das Entregas.....	11
6. ALTERNATIVAS PROPOSTAS	12
6.1. Procedimentos técnicos.....	12
6.1.1 Aquecimento <i>Air drag</i>	12
6.1.2 Transferência de Cd·A por valores padronizados.....	14
6.1.3 Cd·A via CFD para manutenções/atualizações de resultados de configurações previamente testadas15	
6.1.4 Faixa de Temperatura para Ensaios de <i>Air Drag</i>	17
6.1.5 Uso de valores padrão para componentes de baixo impacto	18
6.1.6 Tratamento do vento no ensaio de <i>Air drag</i>	20
6.2. Apresentação e Validação dos Resultados.....	21
6.2.1 Cumprimento do item B do inciso II e item C do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.....	21
6.2.2 Cumprimento do item D do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025 22	
6.2.3 Dados de Entrada para determinação da resistência ao rolamento de Pneus.....	23
7. PRÓXIMOS PASSOS E PONTOS EM ABERTO.....	25
8. CONCLUSÃO.....	27

Relatório Técnico: GT2 AEA – Definição de procedimento de ensaios de componente

1. INTRODUÇÃO

Em 14 de maio de 2024, a Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA) recebeu o OFÍCIO SEI nº 3219/2024/MDIC do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), solicitando, dentre outros pontos, apoio técnico na definição de procedimentos de ensaios para o estabelecimento do *Vehicle Energy Consumption Calculation Tool* (VECTO) - ferramenta de simulação desenvolvida pela Comissão Europeia (DG Clima e JRC) para estimar, de forma padronizada, o consumo de combustível e as emissões de CO₂ de veículos pesados - no Brasil como ferramenta oficial para cálculo de eficiência energética e emissões de CO₂ de veículos pesados, conforme diretrizes do Programa MOVER. Este relatório técnico consolida as análises, discussões, conclusões e proposta de direcionamento do Grupo de Trabalho 2 (GT2) da AEA, subgrupo da CT VECTO, criado em resposta ao referido ofício, cuja responsabilidade é por definir os procedimentos de ensaios e sua forma de declaração oficial para a construção do arcabouço legal do tema no país.

O Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), instituído pela LEI Nº 14.902, DE 27 DE JUNHO DE 2024 e regulamentado pelo DECRETO Nº 12.435, DE 15 DE ABRIL DE 2025, estabelece diretrizes para o incremento da eficiência energética dos veículos comercializados no Brasil, definindo como um dos requisitos obrigatórios para comercialização:

“II - para os veículos classificados nos códigos da Tipi relacionados no Anexo I, seção B:

a) assunção do compromisso de apresentação de relatório dos resultados de eficiência energética veicular ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, nos termos do disposto no Anexo II, seção C.”

Complementarmente, a Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025 definiu o cronograma de implementação do programa de eficiência energética para veículos pesados, bem como a divulgação dos resultados, e oficializou o uso do VECTO como ferramenta de simulação, conforme segue:

- **Até 1º de novembro de 2028:** Apresentação dos resultados de eficiência energética e emissões de CO₂ para caminhões-tratores 6x2 e 6x4, com base na produção ocorrida entre 1º de outubro de 2027 e 30 de setembro de 2028.
- **Até 31 de dezembro de 2028:** Definição da linha de base para futuras metas de eficiência energética e emissões de CO₂, com base nos resultados dos testes submetidos até 1º de novembro de 2028.
- **Até 30 de abril de 2029:** Estabelecimento das metas de eficiência energética e emissões de CO₂.
- **A partir de 1º de outubro de 2033:** Verificação do cumprimento das metas de eficiência energética e emissões de CO₂ para veículos produzidos entre 1º de outubro de 2032 e 30 de setembro de 2033.

Além disso, em consonância com os trabalhos conduzidos pela AEA, e em resposta ao OFÍCIO SEI nº 3219/2024/MDIC, a Portaria também prevê a publicação de atos complementares, de modo a regulamentar plenamente o programa de eficiência para veículos pesados, conforme o seguinte cronograma:

- **Até 31 de março de 2026:** Procedimentos de ensaio e equipamentos rodoviários representativos para caminhões tratores 6x2 e 6x4.
- **Até 30 de junho de 2026:** Definição de rota(s) representativa(s) para caminhões tratores 6x2 e 6x4.
- **Até 31 de dezembro de 2026:** Adaptação do algoritmo do VECTO às condições representativas brasileiras.
- **Até 1º de junho de 2027:** Validação, pelo comitê gestor, da adaptação do VECTO às condições brasileiras.

Tabela 1 - Conclusões Estratégicas por Dado de entrada do VECTO

Dados de Entrada	Infraestrutura Nacional	Principais Desafios	Impacto CO2	Alternativas / Recomendações
Motores	Parcialmente disponível (PROCONVE P8), mas precisa de atualização conforme EU 2400/2017	Alta relevância no consumo; necessidade de alta precisão; ajustes nos dinamômetros e medidores. Prazo regulatório apertado.	Alto	Atualizar equipamentos; permitir uso de dados certificados internacionalmente quando aplicável.
Air Drag	Campos de prova limitados; poucos atendem geometria e clima exigidos.	Alta relevância no consumo; condições ambientais restritivas; complexidade para CVCs; alta taxa de invalidação. prazo regulatório apertado.	Alto	Alternativas para pré-aquecimento; ampliar faixa de temperatura; uso de CFD; fatores de transferência.
Pneus	Sem infraestrutura dedicada; dependência de testes externos..	Alta relevância no consumo; necessidade de maior precisão; prazo regulatório apertado.	Alto	Portaria complementar PBE/VECTO até junho/2026; foco em categorias C3/C4.
Transmissões	Sem infraestrutura dedicada; dependência de testes externos.	Baixa relevância no consumo, mas obrigatório para atender à metodologia; prazo apertado.	Baixo	Uso de valores padronizados da EU 2400/2017; estudo do método híbrido (ISO/TR-14179) para segundo momento.
Eixos	Sem infraestrutura dedicada; dependência de testes externos.	Baixa relevância no consumo, mas obrigatório para atender à metodologia; prazo apertado.	Baixo	Uso de valores padrão da EU 2400/2017 para fase inicial; foco em inputs críticos.

2. MOTIVAÇÃO

A inexistência de regulamentação nacional para medições de eficiência energética em veículos pesados, a necessidade de alinhamento com padrões internacionais e já considerando a definição que até 31 de março de 2026 ato legal com o estabelecimento dos procedimentos de ensaios dever ser publicado, se motivou a criação do Grupo de trabalho 2 (GT2), como subgrupo da Comissão de Trabalho (CT) VECTO. O desafio deste GT é garantir que os dados utilizados no VECTO sejam obtidos com rastreabilidade, precisão e viabilidade técnica, considerando as limitações de infraestrutura no Brasil, os prazos regulatórios, e a harmonização com o arcabouço regulatório internacional.

3. OBJETIVOS E ESCOPO

- Definir os procedimentos técnicos para ensaio dos componentes que compõem os dados de entrada do VECTO: motores, transmissões e outros sistemas de transferência de torque, eixos, pneus e arrasto aerodinâmico(Air Drag);
- Avaliar a infraestrutura nacional para testes, propor alternativas aos procedimentos europeus - quando tecnicamente necessário em vista aos desafios e necessidades locais; e
- Consolidar diretrizes para elaboração da portaria regulamentar em consonância com o estabelecido pela Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

4. METODOLOGIA DE TRABALHO

O GT2 adotou uma abordagem estruturada da seguinte forma:

- (i) Mapeamento das normas europeias (Regulamento EU 2400/2017);
- (ii) análise detalhada dos procedimentos de ensaio por dado de entrada;
- (iii) identificação da infraestrutura nacional disponível;
- (iv) proposição de alternativas técnicas para superar limitações locais;
- (v) interação com outros grupos de trabalho (GT's) da Comissão Técnica VECTO para alinhamento sistêmico.

As discussões foram registradas em atas e complementadas por apresentações técnicas e estudos de viabilidade.

5. CONSTATAÇÕES

5.1. Infraestrutura e Condições Ambiente

Infraestrutura nacional limitada e em alguns casos inexistente para a maioria dos testes requeridos pelo VECTO:

- **Pneus:** Embora no Brasil, via Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), pneus comercializados em território nacional já devam apresentar dados de resistência ao rolamento, conforme Portaria INMETRO nº 379/21, cujo procedimento técnico de ensaio é igual ao requerido na metodologia Europeia do VECTO

Os representantes da Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) informaram nas discussões do GT2 que nem todos os fabricantes do segmento usam os *centros* de testes internacionais, normalmente localizados em suas matrizes, além disso, a ANIP informou que não há perspectiva de que estruturas locais sejam construídas.



Figura 1 - Exemplo setup de testes para resistência ao rolamento dos pneus - Fonte: GOOGLE IMAGENS

- **Transmissões, Eixos e outros sistemas de transferência de torque:** Representantes do segmento, como EATON, ZF e Cummins Drivetrain and Braking Systems bem como fabricantes de veículos que produzem seus próprios agregados relataram que não possuem infraestrutura instalada no Brasil, igualmente sendo necessário executar tal tipo de testes em estruturas internacionais, dado que pela magnitude de investimentos necessários para construção e posterior manutenção de tais infraestruturas, não haveria até a presente data justificativa econômica para a construção de infraestruturas locais.

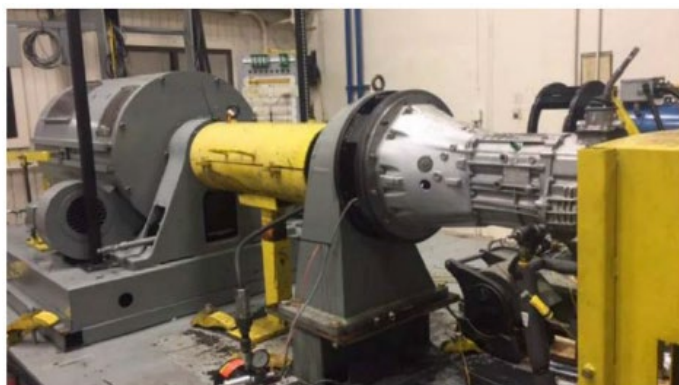


Figura 2 – Exemplo de Setup Teste Transmissões - Fonte EATON

- Motores:** Dado a existência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), em especial após introdução da fase 8 do programa para motores e veículo Pesados – PROCONVE P8 – as empresas fabricantes associadas à ANFAVEA em sua maioria possuem infraestruturas parcialmente prontas para realização de ensaios de emissões no Brasil, assim como também possuem infraestruturas internacionais. No entanto, destaca-se “parcialmente prontas” significa que dada a precisão requerida pela metodologia VECTO no que tange a medição de consumo de combustível nos ensaios, é requerido que equipamentos de maior precisão de medição de consumo sejam incorporados a infraestrutura de testes quando as mesmas estão preparadas essencialmente para ensaios de emissões em acordo com a Resolução CONAMA nº 490 de 2018 e com o Regulamento UNECER R49.06, que versam sobre ensaios de emissões para motores e veículo em atendimento ao PROCONVE P8 e EURO VI.



Figura 3 - Setup de testes de motor em dinamômetro, Fonte: Google Imagens

- **Air drag:** Metodologia exige teste em ambiente externo e que o campo de provas atenda a condições de geometria e de ambiente bastante restritas - mesmo para realidade europeia com setor automotivo de vanguarda e clima temperado - de modo a garantir a repetibilidade, precisão e a validade dos resultados.

O ensaio de *air drag* demanda pistas que combinem extensão mínima e controle geométrico preciso. Dentre os principais pontos:

- é exigida a existência de uma zona de estabilização, anterior ao trecho de medição, com comprimento mínimo suficiente para assegurar a estabilização de velocidade, seguida por seções de medição com extensão da ordem de 250 m (± 3 m), o que corresponde a aproximadamente 10 segundos de ensaio contínuo à velocidade de 90 km/h;
- Adicionalmente, quando há múltiplas zonas de medição em um mesmo circuito, o desvio angular entre elas deve ser limitado, de forma a não introduzir efeitos aerodinâmicos adicionais decorrentes de variações de orientação em relação ao vento ambiente;
- Inclinação longitudinal, cuja média nas zonas de estabilização e medição não pode exceder 1%.
- Outro aspecto crítico refere-se às margens laterais da pista. Distâncias mínimas devem ser respeitadas entre o eixo do veículo e barreiras de segurança, elementos verticais ou outros obstáculos, e não são permitidas construções ou interferências físicas ao longo da zona de medição.

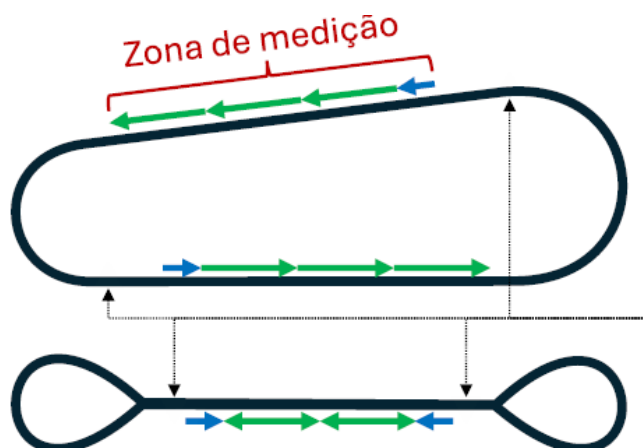


Figura 4 - Layout de Pista para Ensaio Dinâmico, Fonte: Volvo/Mercedes

Esses requisitos tornam-se ainda mais desafiadores quando se consideram veículos pesados de grandes dimensões na execução dos testes, como as Combinações de Veículos de Carga (CVC) que representarão o Grupo 1, compostas por caminhões tratores de configuração 6x2 e 6x4 atrelados aos semirreboques mostrados nas Figuras 5 e 6. As dimensões extremas dessas configurações acentuam as restrições associadas à geometria do circuito, às margens laterais e à estabilidade do regime de escoamento ao longo da zona de medição, reduzindo ainda mais o universo de campos de prova capazes de atender integralmente à metodologia proposta.

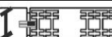
COMPOSIÇÕES HOMOLOGADAS PARA O TRANSPORTE DE CARGAS										
Caminhão Trator + Semirreboque			Peso máximo por eixo ou conjunto de eixos (t)	PBT E PBTC (t)						Comprimento máximo (m)
				Comprimento total (m)						
				Inferior ou igual a 14,0	Inferior a 16,0	Superior ou igual a 16,0	Inferior a 17,5	Superior ou igual a 17,5	Superior a 19,8	
CTS10			6 + 17 + 25,5 = 48,5		45	48,5				18,60

Figura 5 - Característica típica de CVC com caminhão-trator 6x2, definido pelo Grupo 1 da Portaria 176/2025. Fonte: Portaria SENATRAN 268/2022

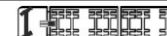
COMPOSIÇÕES QUE NECESSITAM DE AUTORIZAÇÃO ESPECIAL DE TRÂNSITO (AET)											
Caminhão Trator + Semirreboque + Reboque			Peso máximo por eixo ou conjunto de eixos (t)	PBT E PBTC (t)							Comprimento máximo (m)
				Comprimento total (m)							
				Inferior ou igual a 14,0	Inferior a 16,0	Superior ou igual a 16,0	Inferior a 17,5	Superior ou igual a 17,5	Superior a 19,8	Superior ou igual a 25,0	
CTSR6+			6 + 17 + 17 + 17 = 74							74	30

Figura 6 - Característica típica de CVC com caminhão-trator 6x4, definido pelo Grupo 1 da Portaria 176/2025. Fonte: Portaria SENATRAN 268/2022

Quanto às condições de clima, o procedimento estabelece requisitos rigorosos para temperatura, vento e pista durante os ensaios de *Air drag*. As condições incluem:

- Temperatura ambiente entre 0 °C e 25 °C e pista abaixo de 40 °C;
- Pista completamente seca;
- Velocidade média do vento ≤ 5 m/s, rajadas ≤ 8 m/s;
- Ângulo de yaw (β) limitado a 3° para alta velocidade e até 5° para calibração, o que representa aproximadamente 1 m/s de vento lateral.

Essas exigências são particularmente desafiadoras para a realidade brasileira, marcada por clima tropical, com temperaturas frequentemente acima dos limites especificados e grande incidência de vento em regiões abertas. Além disso, a necessidade de controle preciso do ângulo de vento aumenta a complexidade operacional, exigindo planejamento rigoroso e infraestrutura adequada para garantir conformidade com a norma.

Deste modo, infere-se que ainda que o Brasil disponha de dezenas de campos de provas para testes veiculares, pouquíssimos deles podem atender integralmente ou parcialmente a todos os pontos exigidos quando se observa dimensões, condições climáticas e o procedimento de teste em si, de modo que para possível execução no país, alternativas técnicas, desde com o mesmo objetivo do procedimento original europeu, com resultados equivalentes, se mostram necessárias.

5.2. Governança e Experiência Nacional

Como se trata de uma iniciativa inédita no Brasil, é natural que ainda não exista uma capacitação governamental plenamente estabelecida para acompanhamento imediato das certificações dos dados de entrada exigidos pela metodologia VECTO, tampouco uma definição clara sobre quais órgãos serão responsáveis por cada dado de entrada.

Atualmente, apenas o INMETRO possui experiência consolidada na certificação da resistência ao rolamento de pneus, em função do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Pneus). Contudo, mesmo nesse caso, a contextualização frente às exigências do VECTO se mostra desafiadora e demanda complementação do arcabouço regulatório existente.

Para os dados de entrada dos motores, há parcialmente uma estrutura com conhecimento técnico, pois parte dos ensaios requeridos pelo VECTO coincide com aqueles realizados para atendimento ao PROCONVE P8 e à norma EURO VI. Entretanto, os testes mais significativos para a metodologia, como a determinação da curva de consumo de combustível, são novos e por isso haverá demanda de aprofundamento nos conhecimentos técnicos atualmente disponíveis.

5.3. Cronograma e Natureza das Entregas

O cronograma definido pela Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025 evidencia não apenas uma diferença temporal entre as etapas de implementação, mas também uma necessidade distinta e complementar em cada fase.

Na etapa de 2028, para formação de Baseline, os dados têm caráter diagnóstico e estratégico, funcionando como uma fotografia do momento. Parte significativa dos dados poderá ser proveniente de plataformas e motores já certificados internacionalmente, favorecendo a harmonização inicial. Ao mesmo tempo, o intervalo reduzido entre a publicação dos procedimentos nacionais (prevista para março de 2026) e a entrega dos resultados em 2028 reforça a importância de priorizar maturação metodológica, validação de processos e preparação para a etapa seguinte, sem comprometer o início do programa. Por outro lado, a etapa de 2033, quanto ao cumprimento de metas, assumirá caráter regulatório e vinculativo, pois os dados serão utilizados para verificar conformidade com metas de eficiência energética. Essa fase exige maior rastreabilidade, com processos auditáveis e homologados para garantir integridade dos resultados. Além disso, os dados

terão papel estratégico como base para decisões de mercado e consumidor, influenciando escolhas de compra e posicionamento competitivo das marcas.

Essa diferenciação representará uma evolução planejada, que assegura credibilidade regulatória e previsibilidade para os agentes envolvidos, permitindo que o setor amadureça metodologias e infraestrutura antes da fase vinculativa.

6. ALTERNATIVAS PROPOSTAS

Com base nas constatações apresentadas no Capítulo 5, o GT2 entendeu que determinados estudos e medidas complementares são indispensáveis para assegurar a correta implementação da metodologia VECTO no Brasil. Essas iniciativas não apenas respondem aos desafios identificados — como limitações de infraestrutura, variabilidade das configurações nacionais e lacunas regulatórias —, mas também visam garantir que o arcabouço técnico seja robusto, harmonizado com padrões internacionais e adaptado às especificidades do mercado brasileiro.

Dessa forma, os indicativos descritos neste capítulo foram estruturados como recomendações estratégicas, orientadas para viabilizar a execução dos ensaios, consolidar metodologias e preparar o setor para o cumprimento das metas previstas no Programa MOVER, conforme LEI Nº 14.902, DE 27 DE JUNHO DE 2024, DECRETO Nº 12.435, DE 15 DE ABRIL DE 2025 e Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

6.1. Procedimentos técnicos

Diante do mapeamento obtido por meios das discussões de cada Input VECTO, do cronograma desafiador imposto pela Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, a qual determina que os fabricantes e importadores terão aproximadamente 18 meses, contados a partir da data de publicação de ato normativo para obtenção dos dados antes do início do período de contabilização da produção - 1º de Outubro de 2027 - para atendimento do item B do inciso II do art. 3º, foi entendido que:

6.1.1 Aquecimento *Air drag*

Visando dar condições técnicas para que campos de provas instalados no país possam ser utilizados para o teste de *Air Drag*, foi avaliado pelo grupo que a parte de aquecimento (WU1) deste teste exige, conforme item 3.5.3.2. do Anexo VIII da EU 2017/2400 – Figuras 6 e 7, um período em que a Combinações de Veículos de Carga (CVC) rode por 90 minutos a 90 km/h em 90% deste tempo, de modo a garantir o pleno aquecimento do conjunto.

Como já mencionado no capítulo “Constatações”, as geometrias de pista requeridas em conjunto do tipo do veículo e velocidades, como neste caso, mostram-se desafiadoras e, em muitos casos, irreprodutíveis. Portanto, é proposto que em alternativa ao método de aquecimento acima descrito se monitore a temperatura dos óleos lubrificantes de motor, transmissão e diferencial, assim como temperatura dos pneus, de modo a garantir igualmente o que se busca com tal item 3.5.3.2. do Anexo VIII da EU 2017/2400 , e assim a sugestão normativa de texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Alternativamente ao disposto no item 3.5.3.2 do Anexo VIII da Regulamentação Europeia EU 2400/2017, será admitido o monitoramento contínuo das temperaturas dos pneus, óleos do motor, da transmissão e dos diferenciais, com o objetivo de verificar a estabilização térmica desses componentes.

A estabilização das temperaturas será considerada evidência suficiente de que o veículo atingiu o estado adequado de pré-aquecimento, independentemente da velocidade média ou do tempo de rodagem, desde que os dados coletados estejam devidamente registrados e documentados conforme critérios técnicos previamente definidos pelo fabricante e/ou fornecedor do componente.

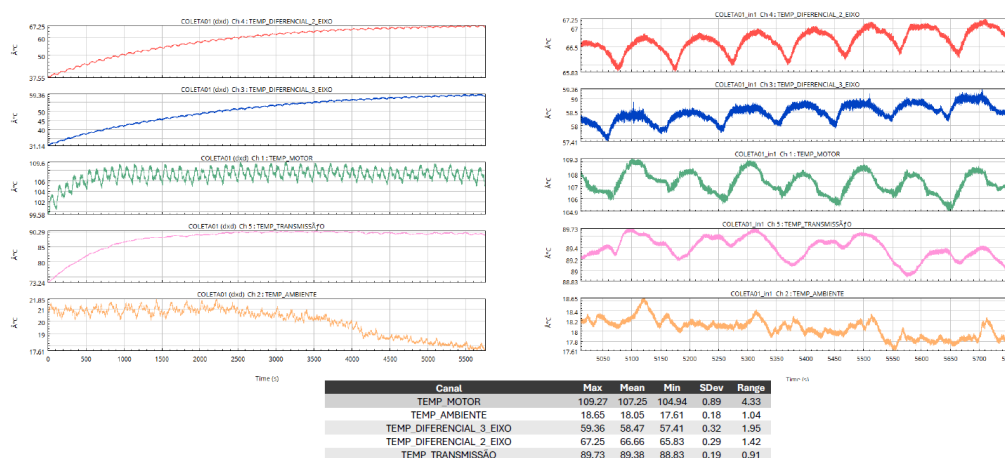


Figura 6 - Acompanhamento de Temperaturas em Teste Air Drag, Fonte: CTR

Como qualquer alternativa frente a um procedimento previamente estabelecido requer validação técnica e ainda no âmbito da metodologia VECTO a precisão e variabilidade dos resultados são essenciais para sua comparabilidade, entende-se que tal medida alternativa demanda validação futura para entendimento sobre sua manutenção ou não no longo prazo, por isso o complemento abaixo também é indicado.

Estudo sobre a compatibilidade/equivalência dos procedimentos alternativos em relação ao regulamentado e seus limites de aplicabilidade deverá ser concluído até Setembro de 2027 via encomenda tecnológica no programa de projetos prioritários do programa MOVER.

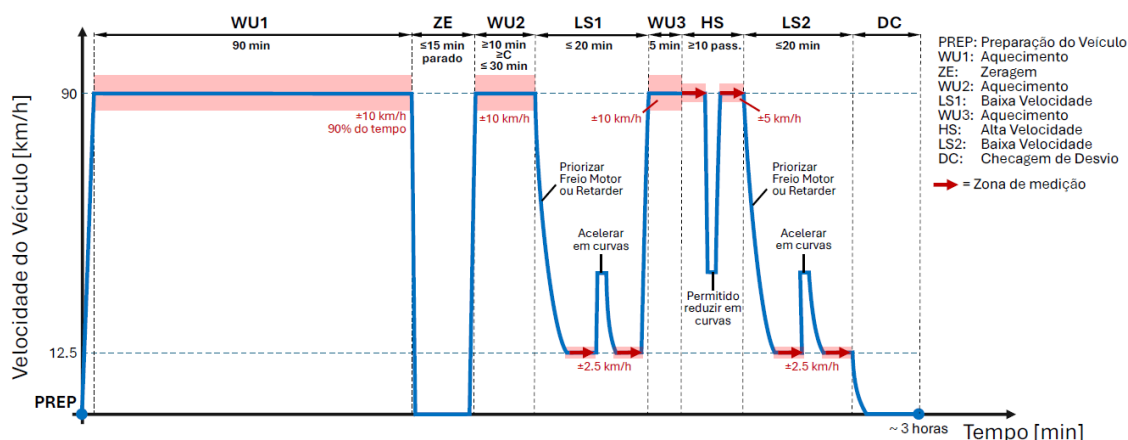


Figura 7 - Procedimento de testes de AIR DRAG, Fonte: VOLVO/MERCEDES

6.1.2 Transferência de $C_d \cdot A$ por valores padronizados

O GT indica a utilização de valores pré definidos para efeito de transferência a partir de configurações de veículos mais simples, efetivamente ensaiados quanto ao *Air drag*, para configurações mais complexas.

Tal medida decorre da baixa viabilidade de execução de testes físicos completos para determinadas configurações de veículos pesados específicos para a realidade de mercado brasileira, especialmente aquelas de maior complexidade, como tratores 6x4 acoplados a rodotrens, como já é previsto pelo grupo 1 da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025. Essa dificuldade está associada à já citada limitação de campos de prova aptos a comportar tais combinações, ao aumento da taxa de invalidação de testes nessas condições e aos riscos de segurança ao buscar atingir as velocidades previstas na metodologia internacional neste tipo de configuração de veículo.

A robustez metodológica será garantida por meio do estabelecimento de estudo a ser conduzido paralelamente a publicação da referida portaria dos atos normativos. Assim a sugestão normativa de texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Para determinação do arrasto aerodinâmico da configuração II será considerado um “fator de transferência”, considerando a configuração I com um caminhão trator da mesma família.

Mediante preocupação dos representantes da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), que relatam, com base na experiência de suas matrizes, a elevada complexidade para otimização na criação das famílias de *Air drag* no contexto brasileiro — dada a grande variabilidade de configurações possíveis (altura de cabine, dispositivos aerodinâmicos) e as limitações práticas para execução de múltiplos testes físicos —, indica-se que eventual estudo para definição dos fatores de transferência também considere a comparação com configurações padronizadas na Europa. Para tanto, o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Alternativamente, será também estudado um “fator de transferência” considerando a composição padrão da Europa para caminhões tratores da mesma família

Como tais alternativas igualmente demandam estudos para sua validação no longo prazo e considerando ainda que:

- Não é unânime no grupo, com manifestação inicial clara e contrária de representantes do setor acadêmico, a transferência a partir da(s) configuração(ões) padrão EUROPA e, portanto, suas condições de uso devem ser discutidas a posteriori; e
- Que a Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025 já estabelece cronograma de apresentação de resultados.

Indica-se que tal estudo deve ser concluído até Setembro de 2027, a tempo que todos os fabricantes e importadores de veículos pesados possam se valer de tal metodologia para a declaração, assim o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

A definição dos fatores de transferência, suas condições e seus limites de aplicabilidade devem ser estabelecidos, até Setembro de 2027 via encomenda tecnológica no programa de projetos prioritários do programa MOVER.

6.1.3Cd·A via CFD para manutenções/atualizações de resultados de configurações previamente testadas

Dado a atual precisão proporcionada pelo método de *Computational Fluid Dynamics* (CFD), o GT indica sua utilização como ferramenta para manutenção de configurações

previamente testadas e que possam ser alvo de pequenas modificações aerodinâmicas as quais, sem tal alternativa, remeteriam a recorrente e extensivo plano de testes físicos de *Air Drag*.

A adoção dessa abordagem contribui para que plataformas produzidas no Brasil, mantenham alinhamento tecnológico internacional, particularmente no contexto europeu, onde maior parte das montadoras aqui instaladas tem suas matrizes.

Por fim, o uso de configurações de referência e uso de CFD facilita a gestão das agendas de ensaios no país, reduzindo a pressão sobre a infraestrutura de testes, que como já identificado é diminuta, permitindo que o foco experimental seja direcionado às medições efetivamente críticas. Essa estratégia não elimina a representatividade das configurações nacionais, mas sim a trata de forma estruturada e tecnicamente defensável, por meio de uma metodologia robusta baseada em simulação e correlação experimental.

Configuração Imagem	Configuração	CD	Configuração Imagem	Configuração	CD
	Cavalo 4x2	0,69		Cavalo 4x2 s/ espelho + Semirreboque Coberto	0,64
	Cavalo 6x4	0,67		Cavalo 6x4 + Semirreboque Coberto	0,65
	Cavalo 4x2 + Semirreboque Coberto	0,65		Cavalo 4x2 + Semirreboque coberto rebaixo lateral	0,65
	Cavalo 4x2 + Semirreboque Aberto	0,86		Cavalo 4x2 + Semirreboque Coberto c/ eixo suspenso	0,63
	Cavalo 4x2 + Sider 4 m	0,71		Cavalo 4x2 s/ defletor + Semirreboque Coberto	0,71
	Cavalo 4x2 + Sider 4,4 m	0,73		Cavalo 6x4 + Rodocaçamba Aberto c/ dolly	0,90
	Cavalo 6x4 + Rodocaçamba Coberto c/ dolly	0,79			
	Cavalo 4x2 + Semirreboque 1+3 Coberto	0,65			

Figura 8 -Valore experimentais de Air Drag via CFD, Fonte: CTR

Assim o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Fica autorizada, como alternativa, a utilização do método Computational Fluid Dynamics (CFD) para extrapolação de dados do ensaio de arrasto aerodinâmico de configurações da mesma família, já anteriormente testadas, desde que baseada em resultados obtidos em testes reais realizados previamente ensaiados:

A metodologia de validação , suas condições de uso e limites de aplicabilidade do CFD deverão ser definidas e publicadas até Setembro de 2027 via encomenda tecnológica no programa de projetos prioritários do programa MOVER.

6.1.4 Faixa de Temperatura para Ensaio de *Air Drag*

O procedimento atual, conforme item 3.2.2 do Anexo VIII da EU 2017/2400, estabelece que a temperatura ambiente deve estar entre 0 °C e 25 °C e a temperatura da pista não deve exceder 40 °C. Essa exigência visa garantir uniformidade nos testes, mas representa um desafio significativo para a realidade brasileira, onde predominam condições de clima tropical, com temperaturas frequentemente acima desses limites.

Do ponto de vista técnico, a influência da temperatura sobre o resultado do ensaio é mediada principalmente pela densidade do ar, que varia conforme temperatura e pressão atmosférica. No entanto, o modelo VECTO assume que a resistência ao rolamento é constante e não depende da temperatura ou da velocidade, simplificação que contrasta com a realidade física, onde esses fatores exercem alguma influência. Por essa razão, a faixa estreita busca minimizar variações que poderiam impactar o cálculo do arrasto aerodinâmico “puro”.

$$C_d \cdot A_{cr}(\beta) = 2 \cdot \frac{(F_{res,ref} - F_0)}{(v_{air}^2 \cdot \rho_{air,ref})}$$

Equação 1 - Cálculo do Arrasto Aerodinâmico

C_d – Coeficiente de arrasto aerodinâmico (drag coefficient).

A_{cr}(β) – Área frontal corrigida considerando o fator β.

F_{res,ref} – Força residual medida no teste (inclui todas as forças atuantes).

F₀ – Termo constante da regressão (soma das forças que não variam com a velocidade, como resistência ao rolamento e perdas mecânicas).

v_{air} – Velocidade do ar relativa ao veículo (usada ao quadrado porque o arrasto é proporcional a v²)

ρ_{air,ref} – Densidade do ar de referência (dependente de temperatura e pressão atmosférica)

Entretanto, os representantes do setor acadêmico, inclusive em função dos debates que tiveram com os responsáveis pelo desenvolvimento do VECTO pelo do DG Clima e JRC, uma alternativa seria ajustar a faixa de temperatura mantendo o mesmo intervalo, mas deslocando-o para valores mais compatíveis com o clima local (por exemplo, de 10 °C a 30 °C), garantindo a coerência com o princípio de uniformidade sem comprometer a integridade do método.

Temperatura

- Ambiente: 0°C to 25°C (LS1-HS-LS2).
- Pista: $\leq 40^{\circ}\text{C}$ (LS1-HS-LS2).

Pista precisa estar completamente seca (LS1-HS-LS2).

Velocidade do vento (HS + alinhamento):

- Velocidade média: $\leq 5\text{ m/s}$;
- Rajadas: $\leq 8\text{ m/s}$ (média móvel central de 1s).

β : direção relativa do vento (ângulo de guinada/yaw angle):

- Após correção para camada limite;
- $\beta \leq 3^{\circ}$ para HS;
- $\beta \leq 5^{\circ}$ para calibração do anemômetro.

até ~1 m/s de vento lateral!

As condições de validação são checadas pelo algoritmo de pós-processamento (VECTO Air Drag) após correção para camada limite.

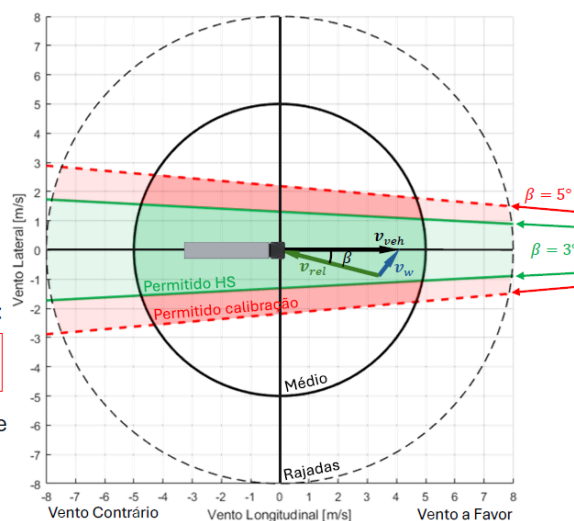


Figura 9 - Requisitos de Condição Ambiente, Fonte: Volvo/Mercedes

Assim o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Alternativamente ao disposto no item 3.2.2 do Anexo VIII da Regulamentação Europeia EU 2400/2017, quando ensaios realizados em território nacional, será admitido o uso de uma faixa de temperatura ambiente e de pista ajustada, desde que os ensaios a serem inicialmente realizados no país demonstrem impossibilidade do atendimento dos limites europeus para fins de repetibilidade e adequabilidade as condições nacionais.

Como já estabelecido para 6.1.1, igual estudo sobre a compatibilidade/equivalência dos procedimentos alternativos deverá ser conduzido, então mesma e unificada redação deve ser dada à avaliação das alternativas.

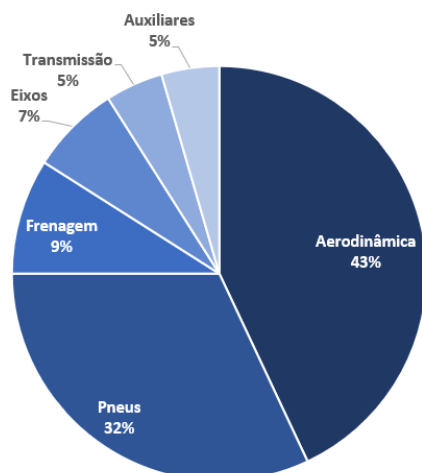
6.1.5 Uso de valores padrão para componentes de baixo impacto

A metodologia VECTO requer a obtenção de cinco parâmetros principais: motor, transmissão e outros sistemas de transferência de torque, pneus, eixos e arrasto aerodinâmico (*Air Drag*). No entanto, com visto no capítulo Constatações, o Brasil ainda não dispõe de um arcabouço regulatório consolidado nem de infraestrutura de teste para todos esses componentes, o que torna praticamente inviável, no curto prazo, exigir testes completos de todos os fabricantes e importadores para atendimento ao item B do inciso II do art. 3º da Portaria 176 de 2025.

Dessa forma, considerando que ainda não há definição sobre como serão conduzidas as discussões relativas ao cumprimento das metas de eficiência energética e emissões de

CO₂, e reconhecendo que esse tema foge ao escopo do grupo técnico, o qual não possui competência para tratar de metas regulatórias, o grupo buscou, dentro de sua atribuição, propor alternativas que reduzam o risco de uso extensivo de valores padronizados e, em conjunto, otimizar os planos de testes. A intenção é não apenas evitar a formação de baselines artificialmente inflados, mas também concentrar os esforços experimentais, neste curto período de implementação, naquilo que mais impacta o consumo energético, garantindo representatividade técnica sem impor uma carga excessiva de ensaios físicos. Essa preocupação se baseia, inclusive, na experiência europeia, onde a Comissão Europeia identificou que o uso predominante de dados tabelados poderia inflar artificialmente os valores de consumo energético no baseline, facilitando o cumprimento das metas posteriores. Para mitigar esse efeito, foram criados mecanismos de incentivo para fabricantes que utilizassem dados medidos em testes reais desde o início. Dada a mesma preocupação de representantes da Academia, Governo e instituições ligadas ao setor ambiental de que o baseline seja inflado artificialmente por meio do uso extensivo de valores padronizados para os inputs, é proposto um dispositivo de transição que permite às empresas que não possuam dados previamente certificados internacionalmente para eixos, transmissões, conversores de torque e demais sistemas de transferência de torque utilizar valores padronizados previstos nos Apêndices 8, 9 e 10 do Anexo IX da Regulamentação Europeia EU 2400/2017. Essa flexibilização concentra esforços nos parâmetros de maior impacto no consumo energético (como motor, aerodinâmica e pneus) para aqueles que não possuem o equivalente internacional, reduzindo a carga inicial de testes sem comprometer a formação do baseline nacional, dado que esses componentes têm participação marginal na eficiência total do veículo, Figura 10.

Além disso, considera-se que parcela significativa das montadoras instaladas no Brasil já dispõe de dados certificados internacionalmente, o que assegura ainda maior representatividade e robustez na primeira etapa do levantamento.



Para um veículo típico europeu (5-LH), a energia mecânica gerada pelo motor é distribuída entre consumidores na seguinte proporção:

Figura 10 - Participação típica do Consumo Energético de um Veículo Pesado, Fonte: ANFAVEA

Assim, o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Para fins de cumprimento do item B do inciso II e item C do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, o fabricante ou importador que não dispuser de dados previamente certificados internacionalmente para eixos, transmissões, conversores de torque e demais sistemas de transferência de torque poderá utilizar os valores pré-estabelecidos nos Apêndices 8, 9 e 10 do Anexo IX da Regulamentação Europeia EU 2400/2017. O uso desses valores não implicará em obrigatoriedade de reaplicação ou reapresentação dos valores pré-estabelecidos para fins de cumprimento do item D do inciso III do art. 3º da mesma Portaria.

6.1.6 Tratamento do vento no ensaio de *Air drag*

O VECTO utiliza dados de ensaio em pista para estimar o *Air drag* corrigido para condição de vento zero e, posteriormente, aplica uma função polinomial para simular a influência do vento em diferentes ângulos ao longo de 360°. Embora as condições de contorno do teste sejam controladas para minimizar efeitos de vento lateral, existe preocupação quanto à precisão da extrapolação feita pelo polinômio, especialmente para configurações de veículos pesados da realidade brasileira, em geral, como já extensivamente mencionado neste relatório, de maior complexidade frente as configurações europeia.

O GT2 concluiu que os limites estabelecidos para velocidade e ângulo do vento no ensaio são adequados para permitir a correção dos dados para vento zero, não sendo necessária revisão do procedimento de teste. A robustez metodológica é considerada suficiente para garantir resultados representativos dentro do escopo

atual, mesmo com a introdução de Combinações de Veículos de Carga (CVC's) específicas para a realidade do mercado brasileiro.

Por outro lado, reconhece-se que a função polinomial usada pelo algoritmo pode não refletir adequadamente a variação do arrasto com ângulo de incidência para todas as configurações veiculares. Assim, recomenda-se que o grupo de trabalho que discute a adaptação do Algoritmo (GT4) conduza estudos específicos para definir um modelo mais preciso e viabilize os meios necessários para essa calibração, garantindo maior confiabilidade nas estimativas sob condições de vento lateral.

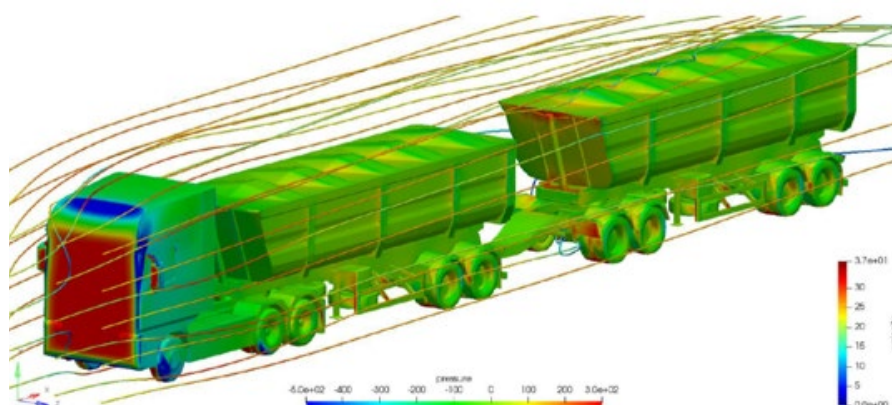


Figura 11 - Simulações em CFD em CVC's brasileiras quanto a influência do vento lateral, Fonte: CTR

6.2. Apresentação e Validação dos Resultados

6.2.1 Cumprimento do item B do inciso II e item C do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025

Considerando que a primeira etapa do programa, prevista na Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, tem caráter diagnóstico e visa apenas levantar a situação atual do mercado em termos de eficiência energética, entende-se não haver uma necessidade latente e imediata pela exigência de certificação oficial ou testemunho por terceira parte. Adicionalmente, entende-se que um processo de certificação oficial demandará arcabouço regulatório específico, capacitação dos agentes certificadores e processo administrativo de responsabilidades e pagamentos, além de dificultar a conciliação das agendas para testes, o que afetaria o atendimento à data-alvo de novembro disposta na portaria.

A adoção da autodeclaração técnica como mecanismo de entrega garante agilidade e viabilidade operacional, evitando sobrecarga regulatória em um momento em que o objetivo é construir o baseline nacional.

Essa abordagem permite que os fabricantes concentrem esforços na coleta e organização dos dados, assegurando rastreabilidade, integridade e verificabilidade por meio dos requisitos estabelecidos no artigo. Além disso, a responsabilização técnica do declarante confere segurança jurídica e credibilidade às informações, sem comprometer o cronograma do programa. A experiência internacional demonstra que, para fases iniciais de levantamento, mecanismos simplificados são adequados, reservando a certificação oficial para etapas futuras, quando houver metas vinculantes e necessidade de maior rigor.

Assim, o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Para fins do cumprimento do item B do inciso II e item C do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, os resultados dos testes de medição e cálculo da eficiência energética poderão ser apresentados mediante autodeclaração técnica, dispensado o testemunho presencial por terceira parte, desde que atendidos os seguintes requisitos:

I – Rastreabilidade técnica: A autodeclaração deverá estar acompanhada de documentação completa, contendo:

- a) identificação do equipamento e metodologia utilizada;*
- b) condições de ensaio (ambiente, parâmetros, configurações);*
- c) relatório técnico aprovado por responsável habilitado pela empresa.*

II – Integridade dos dados: Os dados deverão ser armazenados em formato digital, com rastreabilidade;

III – Verificabilidade: A qualquer tempo, os dados e relatórios poderão ser solicitados por autoridade competente para verificação ou validação técnica.

IV – Responsabilidade técnica: O declarante será responsável pela veracidade das informações prestadas, sujeitando-se às sanções legais em caso de inconsistência ou falsidade documental.

6.2.2 Cumprimento do item D do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025

Na etapa de cumprimento de metas prevista no item D do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, diferentemente da entrega inicial de 1º de novembro de 2028, que tem caráter diagnóstico, haverá um esforço significativo de engenharia voltado à otimização da eficiência energética dos veículos, e com isso introdução de sistemas novos ou atualizados. Como demonstrado pela experiência europeia, essas melhorias ocorrem na ordem de pontos percentuais, o que exige alta precisão e confiabilidade nos dados reportados.

Diante disso, recomenda-se a existência de um sistema oficial de certificação dos resultados de medição e cálculo, garantindo segurança jurídica e técnica tanto para os regulados quanto para o regulador. Contudo, a implementação desse sistema deve ocorrer após o amadurecimento da metodologia e a consolidação do entendimento da capacitação pelas esferas governamentais, evitando riscos de inconsistência ou sobrecarga prematura. É essencial que se estabeleça um prazo máximo para a publicação oficial do procedimento de certificação, com antecedência ao atendimento de metas, para assegurar tempo adequado para estruturação do processo, planejamento das atividades capacitação dos agentes envolvidos.

Assim, o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Para cumprimento do item D do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, será instituído sistema de certificação oficial dos resultados de testes de medição e cálculo da eficiência energética de veículos pesados.

Tal sistema deve estar instituído em ato específico do MDIC em até 3 anos antes do início da data de cumprimento item D do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025

6.2.3 Dados de Entrada para determinação da resistência ao rolamento de Pneus

Nos debates do GT2, a ANIP apresentou uma análise sistêmica dos principais entraves que podem dificultar a utilização direta do arcabouço do PBE, destacando que os valores declarados no programa podem não ser diretamente aplicáveis ao VECTO, dependendo de avaliação caso a caso, devido à diferença na natureza das declarações:

- No PBE, é permitido o rebaixamento (*downgrade*), e a conformidade é baseada em classes de desempenho;

- No VECTO, a declaração deve refletir o valor exato de desempenho, sem possibilidade de rebaixamento (*downgrade*), exigindo maior precisão e rastreabilidade.

Diante disso, ainda que o INMETRO possua dados individuais dos pneus, a precisão requerida pode demandar a repetição de testes.

A ANIP propôs a criação de uma nova regulamentação, incluindo:

- Certificação por terceira parte, sem auditoria específica para VECTO;
- Base nos princípios da Portaria INMETRO nº 379/2021, com organização dos pneus pelo mesmo código comercial do certificado, desconsiderando o agrupamento por família;
- Foco específico nas categorias C3 e C4, que equipam os veículos da primeira fase do programa (tratores 6x2 e 6x4), conforme Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

Portanto, em concordância com o INMETRO e com ciência do MDIC, está em discussão, paralelamente às atividades do GT2, a criação de portaria complementar ao arcabouço do PBE Pneus. Contudo, a definição de prazo máximo para essa publicação é essencial para dar previsibilidade às montadoras e importadores de caminhões-tratores 6X2 e 6X4 e evitar impactos no cumprimento do plano geral da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

Dessa forma, mesmo que o GT2 não seja responsável pela proposta final do texto para o dado de entrada Pneus, para assegurar que tal ato seja publicado em consonância com os demais dispositivos normativos e cronograma, o texto regulatório deve ter a seguinte redação:

Para o dado de entrada Pneu deverá ser publicado ato complementar ao arcabouço regulatório do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Pneus (PBE Pneus), com vistas a disciplinar os procedimentos para obtenção e certificação da resistência ao rolamento dos pneus aplicados em veículos pesados quando relacionados ao VECTO.

A portaria complementar mencionada no caput deverá ser publicada até junho de 2026, observando os requisitos técnicos e metodológicos compatíveis com os padrões internacionais e com as diretrizes desta Portaria.

O não cumprimento do prazo estabelecido no § 1º poderá acarretar na postergação do cronograma de cumprimento das metas previstas na Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

7. PRÓXIMOS PASSOS E PONTOS EM ABERTO

7.1. Para o dado de entrada Transmissões, a EATON LTDA propôs avaliação de um método alternativo híbrido entre medição de perdas independentes de carga e a determinação das perdas dependentes através da metodologia descrita na ISO/TR-14179. Em sua apresentação, EATON indicou que esta alternativa se mostra mais completa que o procedimento descrito na EU2017/2400, já que considera parâmetros importantes de engrenamento como ângulo de hélice, ângulo de pressão, largura de dentes, etc. não abordados na versão europeia (vide item 3.1.1.2).

Deste modo, é oportuno que o grupo técnico possa avaliar tal metodologia, em especial quanto à equivalência de resultados, visando seu uso como alternativa aos procedimentos estabelecidos no item 3 do Anexo VI da EU2017/2400. Não se faz necessário que tal avaliação seja feita até a publicação do ato normativo em 31 de Março de 2026, já que também está sendo proposto, conforme estabelecido no 6.1.5, dispositivo facilitador que contempla o dado de entrada Transmissões, permitindo que esta discussão evolua na segunda etapa de trabalhos do GT2, que deve discutir os aspectos para a complementação do arcabouço com um sistema de certificação mais completo.

7.2 Como indicado em 6.2.2 deve-se seguir a discussão visando a estruturação gradual da certificação. Deverá se levar em consideração o aprendizado experimentado pelo levantamento dos dados para atendimento ao item B do inciso II do art. 3º da Portaria 176 de 2025 assim como dos resultados dos estudos indicados em 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3.

7.3 Os estudos indicados nos itens 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3 são considerados indispensáveis para a correta construção e manutenção do Programa de Eficiência Energética para veículos pesados no médio e longo prazo. Embora os trabalhos em discussão na AEA para construção do arcabouço regulatório do programa de eficiência energética para veículos pesados busquem harmonização com o modelo já consolidado na Europa, é inviável assumir integralmente os fatores de correção e extrapolação definidos para o contexto europeu, devido às diferenças significativas do segmento de pesados no Brasil.

No País, as Combinações de Veículos de Carga (CVC's) apresentam características específicas para o transporte de grandes cargas em longos percursos rodoviários, realidade diretamente relacionada à dimensão continental do território e à predominância do modal rodoviário. Essa condição gera desafios adicionais para a aplicação direta das premissas europeias.

Além disso, a elevada variabilidade de configurações observada no Brasil, somada aos critérios de criação de famílias definidos no item 4 do Apêndice 5 do Anexo VIII da Regulamentação EU 2400/2017 (Figura 12), reforça um desafio já reconhecido na Europa. Na realidade europeia, mesmo com um conjunto de configurações mais homogêneo, a magnitude das famílias já representa um gargalo para a aplicação da metodologia. Portanto, no contexto brasileiro, onde as CVC's apresentam diversidade ainda maior, esse problema tende a ser mais crítico. Essa constatação deve orientar o desenvolvimento de uma metodologia nacional capaz de otimizar a quantidade de ensaios, garantindo representatividade sem comprometer a robustez técnica.

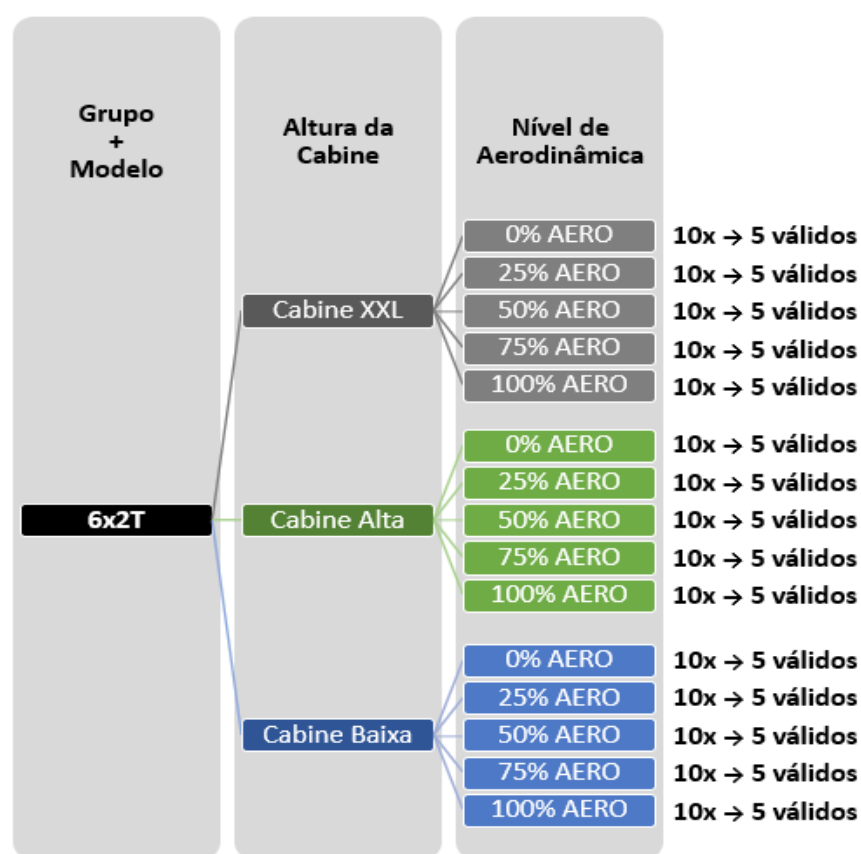


Figura 12 - Árvore típica de Configurações para Ensaios Aerodinâmicos, Fonte: ANFAVEA

7.4 Parte do texto proposto permanece em aberto quanto às características técnicas dos implementos a serem aplicados às configurações de veículos do Grupo 1, conforme Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025. Essa definição terá correspondência com os trabalhos do Grupo de trabalho que discute a Definição de Semirreboque/Implemento Representativo (GT1), responsável pela discussão dos implementos, que atualmente se encontra em fase de revisão. A revisão decorre das dificuldades técnicas para utilização dos implementos inicialmente definidos nos ensaios, além da elevada variabilidade entre fornecedores no mercado nacional, o que, à luz do procedimento de Air Drag, poderia ocasionar variações indesejadas nos resultados.

7.5 Ainda que a questão da correção polinomial para vento lateral esteja mais diretamente relacionada ao GT da AEA que discute as adaptações do algoritmo (GT4), entende-se que os estudos já propostos nos itens 6.1.1 e 6.1.2 (transferência de $C_d \cdot A$ por valores padronizados e uso de CFD para manutenção de certificações) podem e devem considerar também em seus escopos a influência do vento lateral. Essa integração permitirá otimizar esforços e manter alinhamento entre as demandas que envolvem mais de um grupo técnico. Recomenda-se, portanto, que os projetos de estudo previstos incorporem análises complementares sobre a variação do arrasto com ângulo de incidência, garantindo maior robustez e consistência nos resultados futuros.

7.6 Ressalta-se que o GT2 tinha perímetro específico para suporte em como oficializar os procedimentos de testes e na forma de declaração dos resultados destes testes. Os meios e a forma de apresentação dos relatórios finais, contendo os valores individuais de eficiência energética (EE) e emissões de CO_2 por chassi produzido, para atendimento ao item B do inciso II e aos itens B e C do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, bem como ao item D do inciso III do mesmo artigo, devem ser discutidos separadamente, fora do escopo deste GT, em ato complementar a ser publicado tão logo todo o arcabouço regulatório esteja consolidado.

8. CONCLUSÃO

As conclusões do Grupo de Trabalho 2 (GT2) da AEA indicam que, embora a harmonização com o arcabouço europeu seja um objetivo central, a aplicação direta dos procedimentos definidos na Regulamentação EU 2400/2017 não é tecnicamente possível sem ajustes em casos específicos, devido às particularidades do mercado e infraestrutura instalada nacionalmente.

O segmento nacional de veículos pesados apresenta características próprias, como a elevada variabilidade das Combinações de Veículos de Carga (CVC's) e a maior complexidade dessas configurações e das cargas transportadas em comparação à realidade europeia. Essa condição impacta diretamente a viabilidade de alguns ensaios e critérios de agrupamento, exigindo adaptações metodológicas para garantir representatividade e precisão nos resultados.

Entre os principais pontos críticos identificados, destacam-se:

- Infraestrutura limitada para execução de ensaios físicos, especialmente para arrasto aerodinâmico (Air Drag) e componentes como transmissões e eixos;
- Complexidade combinatória na criação de famílias aerodinâmicas, agravada pela diversidade de configurações nacionais;
- Necessidade de estudos complementares para validação de alternativas técnicas, garantindo robustez metodológica e comparabilidade internacional;
- Condições climáticas tropicais, com temperaturas frequentemente acima dos limites previstos na metodologia europeia, tornando desafiadora a execução dos testes conforme os parâmetros originais.

Para mitigar esses desafios, foram propostas medidas como:

- Procedimentos alternativos para pré-aquecimento e medição de Air Drag;
- Uso de fatores de transferência e simulação CFD para manutenção de certificações;
- Flexibilização inicial para componentes de baixo impacto, com uso de valores padronizados;
- Estruturação gradual do sistema de certificação, alinhada ao cronograma regulatório;
- Ampliação da faixa de temperatura com correção por densidade do ar, para viabilizar testes em clima tropical;

Essas recomendações asseguram que o Brasil disponha de um arcabouço técnico e regulatório sólido, capaz de garantir rastreabilidade, precisão e viabilidade operacional, sem comprometer os prazos estabelecidos pelo Programa MOVER.

É importante destacar que o escopo do GT2 limitou-se à definição dos procedimentos de ensaio e à forma de declaração dos resultados desses testes. A definição dos meios e formatos para apresentação dos relatórios finais, com valores individuais de EE e CO₂ por chassi produzido, deverá ocorrer em discussão específica, fora do escopo deste GT, mediante ato complementar posterior, após a publicação integral do arcabouço regulatório.

A consolidação desses pontos em formato de proposta de texto regulatório constará no anexo deste relatório.

ANEXO – PROPOSTA DE TEXTO REGULATÓRIO PARA FORMALIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS DE COMPONENTES

Este anexo consolida as recomendações discutidas pelo Grupo de Trabalho 2 (GT2) da AEA, traduzindo-as em sugestões de dispositivos normativos para subsidiar a elaboração da portaria complementar prevista na Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

As propostas aqui apresentadas refletem as conclusões técnicas do GT2, considerando:

- A necessidade de harmonização com a metodologia VECTO e regulamentos internacionais;
- As adaptações requeridas para atender às especificidades do mercado brasileiro;
- As alternativas técnicas indicadas para viabilizar os ensaios diante das limitações de infraestrutura nacional;
- A definição de dispositivos transitórios para garantir previsibilidade regulatória e cumprimento dos prazos do Programa MOVER.

Cabe destacar que parte do texto permanece em aberto quanto às características técnicas dos implementos aplicáveis às configurações do Grupo 1, conforme Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025. Essa definição será alinhada aos trabalhos do GT1, atualmente em fase de revisão, devido às dificuldades técnicas de utilização dos implementos inicialmente previstos e à variabilidade entre fornecedores, fatores que podem impactar a consistência dos resultados nos ensaios de Air Drag.

TEXTO Nº [XXX], DE [DATA]

Dispõe sobre os procedimentos de ensaios de sistemas e componentes para medição e cálculo da eficiência energética de veículos pesados, nos termos da Lei nº 14.902, de 27 de junho de 2024, do Decreto nº 12.435, de 15 de abril de 2025, e da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

O MINISTRO DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS, no uso da atribuição que lhe confere o art. 87, parágrafo único, inciso II, da Constituição Federal, e tendo em vista o disposto no art. 2º, inciso I, da Lei nº 14.902, de 27 de junho de 2024, no art. 1º, inciso II, do Decreto nº 12.435, de 15 de abril de 2025, e no item B do inciso I do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, resolve:

CAPÍTULO I – DAS MEDIÇÕES

Art. 1º Esta Portaria estabelece os procedimentos de ensaios de sistemas e componentes para medição e cálculo da eficiência energética de veículos pesados a serem inseridos no VECTO adaptado as condições brasileiras.

Art. 2º Os testes de eficiência energética deverão seguir os procedimentos técnicos estabelecidos nos respectivos anexos e apêndices da Regulamentação Europeia EU 2400/2017 incluindo as atualizações da (EU) 2025/258 (Amendment 3) ou suas atualizações, conforme segue:

I – Motores: item 4 do Anexo V;

II – Transmissões: item 3 do Anexo VI;

III – Conversores de torque: item 4 do Anexo VI;

IV – Outros componentes de transferência de torque: item 5 do Anexo VI;

V – Componentes adicionais da linha de transmissão: item 6 do Anexo VI;

VI – Eixos: item 4 do Anexo VII;

VII – Arrasto aerodinâmico: item 3 do Anexo VIII, observado o disposto nos §§ 1º, 2º e 3º deste artigo;

VIII – Pneus: Anexo X, Tabela 2 da Parte B do Anexo II do Regulamento (EC) nº 661/2009.

IX – Dispositivos Auxiliares: Anexo IX;

§ 1º Alternativamente ao disposto no item 3.5.3.2 do Anexo VIII da Regulamentação Europeia EU 2400/2017, será admitido o monitoramento contínuo das temperaturas dos pneus, óleos do motor, da transmissão e dos diferenciais, com o objetivo de verificar a estabilização térmica desses componentes.

§ 2º A estabilização das temperaturas será considerada evidência suficiente de que o veículo atingiu o estado adequado de pré-aquecimento, independentemente da velocidade média ou do tempo de rodagem, desde que os dados coletados estejam devidamente registrados e documentados conforme critérios técnicos previamente definidos pelo fabricante e/ou fornecedor do componente.

§ 3º Alternativamente ao disposto no item 3.2.2 do Anexo VIII da Regulamentação Europeia EU 2400/2017, quando ensaios realizados em território nacional, será admitido o uso de uma faixa de temperatura ambiente e de pista ajustada, desde que os ensaios a serem inicialmente realizados no país demonstrem impossibilidade do atendimento dos limites europeus para fins de repetibilidade e adequabilidade as condições nacionais.

§4º Estudo sobre a compatibilidade e equivalência dos procedimentos alternativos listados em §1, §2 e §3, as suas condições de uso e limites de aplicabilidade, em relação ao regulamentado deverá ser publicado até Setembro 2027, via encomenda tecnológica no programa de projetos prioritários do Mover

Art. 3º Para fins de cumprimento do item B do inciso II e item C do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, o fabricante ou importador que não dispuser de dados previamente certificados internacionalmente para eixos, transmissões, conversores de torque e demais sistemas de transferência de torque poderá utilizar os valores pré-estabelecidos nos Apêndices 8, 9 e 10 do Anexo IX da Regulamentação Europeia EU 2400/2017 incluindo as atualizações da (EU) 2025/258 (Amendment 3) ou suas atualizações.

Parágrafo único. O uso desses valores não implicará em obrigatoriedade de reaplicação ou reapresentação dos valores pré-estabelecidos para fins de cumprimento do item D do inciso III do art. 3º da mesma Portaria

Art. 4º Os testes poderão ser realizados em infraestruturas nacionais ou internacionais, desde que respeitados os procedimentos técnicos estabelecidos na Regulamentação Europeia EU 2400/2017 incluindo as atualizações da (EU) 2025/258 (Amendment 3) ou suas atualizações ou desta portaria.

Parágrafo Único: Quando o Fabricante e/ou importador dispuser de dados já certificados perante ao VECTO de componentes aplicados em múltiplas regiões e puder comprovar que são fiéis ao que é montado e comercializado no mercado brasileiro, poderá se valer de tais dados para atendimento à esta Portaria.

Art. 5º Considerando as configurações do Grupo 01, listadas no § 4º do art. 1º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, deverão ser considerados, para efeito da determinação do arrasto aerodinâmico e de simulação de eficiência energética/emissão de CO₂, implementos com as seguintes configurações:

I – Tratores 6x2 acoplados a semirreboque Carga Geral 3 eixos, denominados “Bau”;

II – Tratores 6x4 acoplados a rodotrem basculante, denominados “RB”.

§ 1º Para determinação do arrasto aerodinâmico da configuração II - devido a característica do implemento “rodotrem” que inviabiliza a realização de ensaios físicos nesta Combinações de Veículos de Carga (CVC) - será considerado um “fator de transferência”, considerando a configuração I com um caminhão trator da mesma família.

§ 2º Alternativamente, será também estudado um “fator de transferência” considerando a composição padrão da Europa para caminhões tratores da mesma família de arrasto aerodinâmico.

§ 3º a definição dos fatores de transferência, suas condições de uso e limites de aplicabilidade devem ser estabelecidos, até Setembro de 2027, por meio do uso da encomenda tecnológica dos projetos prioritários do Mover.

Art. 6º Fica autorizada, como alternativa, a utilização do método Computational Fluid Dynamics (CFD) para extrapolação de dados do o ensaio de arrasto aerodinâmico de configurações da mesma família deste tipo de ensaio, já anteriormente testadas, desde que baseada em resultados obtidos em testes reais realizados previamente:

Parágrafo único: A metodologia de validação, suas condições de uso e limites de aplicabilidade do CFD deverão ser definidas e publicadas até Setembro de 2027 via encomenda tecnológica no programa de projetos prioritários do programa MOVER.

CAPÍTULO III – DOS IMPLEMENTOS PARA TESTE

Art. 7º As características dos implementos definidos no artigo 5º devem atender às especificações descritas nas tabelas constantes deste Capítulo.

§ 1º O implemento “Bau” deverá atender às Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Especificações do Implemento “Bau”

Tabela 1 _ Especificações do Implemento "Bau"			
Especificação	Unidade	Dimensão	Observação
Comprimento	mm	15.400	
Largura	mm	2.600	
Altura Furgão	mm	2.800	

Altura total (Vazio)	mm	4.400	
Altura do Engate	mm	1.250	
Distância acoplamento x suspensão	mm	9.980	
Distância entre cada eixo	mm	1.250	Capacidade legal = 8,5 ton/eixo
Balanço Dianteiro	mm	1.600	Podem haver pequenas variações entre fabricantes
Cantos Verticais do Painel Frontal	mm	2.970	
Caixa de Rancho	mm	Largura = 1.200 Altura = 650 Profundidade = 600	Existem diferentes tamanhos de caixas de rancho disponíveis no mercado.
Caixa de Ferramentas	mm	Largura = 450 Altura = 650 Profundidade = 550	Existem diferentes tamanhos de caixas de ferramentas disponíveis no mercado.
Protetor Lateral	mm	Altura = 2 x 100 Comp. (lado direito) = 2.780 Comp. (lado esquerdo) = 5.180	

Tabela 2 – Configuração do Implemento “Bau”

<i>Carreta 3 eixos;</i>
<i>Chassi com longarina de extremo a extremo</i>
<i>Sem fechamentos abaixo das longarinas</i>
<i>Com protetor lateral</i>

<i>Com para-choques traseiro</i>
<i>Com suporte para faróis traseiros</i>
<i>Sem caixa de palete</i>
<i>Dois estepes após o terceiro eixo</i>
<i>Uma caixa de ferramentas antes do para-choques traseiro</i>
<i>Para-lamas à frente e atrás do conjunto de eixos</i>
<i>Suspensão pneumática</i>
<i>Freios à disco</i>
<i>Pneus super single 385/65R22.5</i>
<i>2 Portas traseiras</i>
<i>Sem portas laterais</i>
<i>Sem plataforma elevatória</i>
<i>Sem defletores dianteiros</i>
<i>Sem carenagens laterais para aerodinâmica</i>

§ 2º O implemento “RB” deverá atender às Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Especificações do Implemento RD

<i>Especificação</i>	<i>Unidade</i>	<i>Tolerância</i>	<i>Observação</i>
<i>Comprimento</i>			
<i>Largura</i>			
<i>Altura do Furgão</i>			

<i>Altura Total (vazio)</i>			
<i>Altura do engate</i>			
<i>Entre-eixos</i>			
<i>Distância entre cada eixo</i>			
<i>Balanço dianteiro</i>			
<i>Cantos verticais do painel frontal</i>			
<i>Outras arestas</i>			
<i>Caixa de Ferramentas</i>			
<i>Protetor Lateral</i>			

Tabela 4 – Configuração do Implemento “RD”

<i>Carreta 3 eixos;</i>
<i>Chassi com longarina de extremo a extremo</i>
<i>Sem fechamentos abaixo das longarinas</i>
<i>Com protetor lateral</i>
<i>Com para-choques traseiro</i>
<i>Com suporte para faróis traseiros</i>
<i>Sem caixa de palete</i>
<i>Dois estepes após o terceiro eixo</i>
<i>Uma caixa de ferramentas antes do para-choques traseiro</i>

<i>Para-lamas à frente e atrás do conjunto de eixos</i>
<i>Suspensão pneumática</i>
<i>Freios à disco</i>
<i>Pneus super single 385/65R22.5</i>
<i>2 Portas traseiras</i>
<i>Sem portas laterais</i>
<i>Sem plataforma elevatória</i>
<i>Sem defletores dianteiros</i>
<i>Sem carenagens laterais para aerodinâmica</i>

CAPÍTULO IV – DA APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Art. 8º Para fins da realização dos ensaios que darão base para o cumprimento do item B do inciso II e item B e do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, os resultados dos testes de medição e cálculo da eficiência energética poderão ser apresentados mediante autodeclaração técnica, dispensado o testemunho presencial por terceira parte, desde que atendidos os seguintes requisitos:

I – Rastreabilidade técnica: O resultados dos testes deverá ser acompanhada de documentação completa, contendo:

- a) identificação do equipamento e metodologia utilizada;*
- b) condições de ensaio (ambiente, parâmetros, configurações);*
- c) relatório técnico aprovado por responsável habilitado pela empresa.*

II – Integridade dos dados: Os dados deverão ser armazenados em formato digital, com rastreabilidade;

III – Verificabilidade: A qualquer tempo, os dados e relatórios poderão ser solicitados por autoridade competente para verificação ou validação técnica.

IV – Responsabilidade técnica: O declarante será responsável pela veracidade das informações prestadas, sujeitando-se às sanções legais em caso de inconsistência ou falsidade documental.

Art. 9º Para o dado de entrada Pneu deverá ser publicado ato complementar ao arcabouço regulatório do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Pneus (PBE Pneus), com vistas a disciplinar os procedimentos para obtenção e certificação da resistência ao rolamento dos pneus aplicados em veículos pesados quando relacionados ao VECTO.

§ 1º A portaria complementar mencionada no caput deverá ser publicada até junho de 2026, observando os requisitos técnicos e metodológicos compatíveis com os padrões internacionais e com as diretrizes desta Portaria.

§ 2º O não cumprimento do prazo estabelecido no § 1º poderá acarretar na postergação do cronograma de cumprimento das metas previstas na Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, exclusivamente no que se refere aos parâmetros dependentes da certificação dos pneus.

Art. 10 Para fins da realização dos ensaios que darão base para o cumprimento do item D do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025, será instituído sistema de certificação oficial dos resultados de testes de medição e cálculo da eficiência energética de veículos pesados.

Parágrafo Único: tal sistema deve estar instituído em ato específico do MDIC em até 3 anos antes do início da data de cumprimento item D do inciso III do art. 3º da Portaria GM/MDIC nº 176, de 7 de julho de 2025.

CAPÍTULO V – DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 11. Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.