

EFEITOS DO E27,5 E DO E30 EM VEÍCULOS,
MOTOCICLETAS E MOTOR A GASOLINA

RT DPM 008/14
Relatório Técnico
P&D DE ABASTECIMENTO
Desempenho de Produtos em Motores

Outubro de 2014



CENPES

Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
Leopoldo A. Miguez de Mello

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO A. MIGUEZ DE MELLO
P&D DE ABASTECIMENTO
Desempenho de Produtos em Motores

EFEITOS DO E27,5 E DO E30 EM VEÍCULOS E MOTOR A GASOLINA

RT DPM 008/14

Relatores:

Antonio Carlos Scardini Villela
Guilherme Bastos Machado
Pedro Caffaro Vicentini
Ricardo Almeida Barbosa de Sá
Rogério Nascimento de Carvalho
Tadeu Cavalcanti Cordeiro de Melo
(CENPES / PDAB / DPM)

Katia Moniz da Silva
(CENPES / PDAB / COMB)

Colaboradores:

Paulo Cesar Pereira de Oliveira
(CENPES / PDAB / DPM)

Luiz Carlos Daemme
(Institutos LACTEC)

Participantes:

Marcílio Mariano de Carvalho
Decio Magioli Maia
Marcos Fernando Mendes de Brito
Sérgio William Botero
Cindina Maria Costa de Carvalho
Daniel Silva Libório
Iuri Mattos Parada
Jader da Silva Mendes
Jorge Inácio Rodrigues
Jorge Luiz de Carvalho Silva

Leandro Augusto Pereira Trairi
Manoel dos Santos
Pedro Artur Lira da Silva
Ronaldo de Aguiar
Thales Lima da Silva
(CENPES / PDAB / DPM)

Juliana Belincanta
Fladimir Gomes Lima
Rosa Cristina Urioste Vasconcellos
(CENPES / PDAB / COMB)

Carlos Vinícius Costa Massa
(CENPES/INOVA)

Raissa Maria Cotta Ferreira da Silva
(CENPES/PDAB/HPE)

Frederico Guilherme da Costa Kremer
(AB-MC/MA/SC)

Técnicos da ABRACICLO

Rio de Janeiro

Outubro de 2014

SUMÁRIO

RESUMO	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS	3
3. VEÍCULOS E MOTOCICLETAS UTILIZADAS	4
4. ENSAIOS DE EMISSÕES E AUTONOMIA DE COMBUSTÍVEL.....	5
4.1. VEÍCULOS	5
4.1.1. Metodologia de ensaio.....	5
4.1.2. Metodologia para a Análise Estatística	7
4.1.3. Resultados e Discussão	7
4.2 MOTOCICLETAS	19
4.2.1. Metodologia de ensaio.....	19
4.2.2. Metodologia para a Análise Estatística	20
4.2.3. Resultados e Discussão	20
5. ENSAIOS DE DESEMPENHO EM PISTA.....	29
5.1. VEÍCULOS	29
5.1.1. Partida e Dirigibilidade a Frio	29
5.1.1.1. Metodologia de ensaio.....	29
5.1.1.2. Resultados e Discussão	31
5.1.2. Retomadas de Velocidade	35
5.1.2.1. Metodologia de ensaio.....	35
5.1.2.2. Resultados e Discussão	36
5.2. MOTOCICLETAS	40
5.2.1. Partida e Dirigibilidade a Frio	41
5.2.1.1. Metodologia de ensaio.....	41
5.2.1.2. Resultados e Discussão	41
5.2.2. Retomadas de Velocidade	41
5.2.2.1. Metodologia de ensaio.....	41
5.2.2.2. Resultados e Discussão	42
6. CURVAS CARACTERÍSTICAS EM BANCO DE PROVAS DE MOTOR	43
6.1. Metodologia de ensaio.....	43
6.2. Resultados e Discussão	45
7. AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	50
7.1. Caracterização dos combustíveis.....	50
7.2. Avaliação da Volatilidade	51
7.3. Avaliação da Lubrificidade	51
7.4. Estabilidade à Oxidação	52

8. CONCLUSÕES	54
8.1. Veículos	54
8.2. Motocicletas	55
8.3. Curvas de desempenho em motor	55
8.4. Propriedades físico-químicas	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ANEXOS

I. OFÍCIO MME nº 065/2014	58
II. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS COMBUSTÍVEIS	60
III. RESULTADOS DE EMISSÕES DE POLUENTES E AUTONOMIA	64
IV. RESULTADOS DOS ENSAIOS DE DESEMPENHO EM PISTA.....	82
V. RESULTADOS DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EM MOTOR.....	84
VI. RELATÓRIO DE ENSAIOS DE DESEMPENHO EM MOTOS – ABRACICLO	91

RESUMO

Por solicitação do Ministério de Minas e Energia, a PETROBRAS realizou um estudo para avaliação técnica do impacto do aumento do percentual de etanol anidro combustível (EAC) na gasolina automotiva comercializada no país, especificamente para os teores de 27,5 e 30%, em motores e veículos movidos exclusivamente à gasolina.

Foram realizados ensaios de emissões e autonomia no Laboratório de Ensaios Veiculares (LEV) do CENPES e no Instituto LACTEC, além de ensaios de desempenho (partida e dirigibilidade a frio e retomada de velocidade) na pista de provas do Centro de Avaliação do Exército – CAEx. Para esses testes foram utilizados veículos a gasolina em bom estado de funcionamento, com diferentes tecnologias de injeção de combustível e representativos das fases L2 a L6 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE.

Também foram executadas avaliações em banco de provas de motor no Laboratório de Ensaios em Motores (LEM) do CENPES, por meio do levantamento de curvas características de desempenho à 100% e 50% de carga, com objetivo de avaliar o efeito do aumento do teor de etanol. Também foi avaliada a temperatura dos gases de escape, sobre a qual havia uma preocupação quanto aos possíveis efeitos decorrentes da sua elevação em motores com tecnologia de injeção direta.

Em relação aos combustíveis, nos ensaios de emissões e autonomia foram avaliados os teores de 22, 25, 27,5 e 30% v/v de etanol, adicionados à gasolina A padrão de emissões. Esses combustíveis foram denominados E22, E25, E27,5 e E30, sendo que as gasolinas E22 e E25 foram estabelecidas como referências para esses ensaios. Para os demais ensaios (desempenho em pista e em motor na bancada), os mesmos teores de 27,5 e 30% foram adicionados a uma gasolina S50 de produção e comparados à mesma gasolina acrescida de 25% v/v de EAC, usada como referência.

Além das análises físico-químicas contidas na especificação, foram realizados ensaios de volatilidade, lubricidade e estabilidade à oxidação (formação de goma), a fim de observar se o aumento do teor de etanol provoca algum efeito significativo nessas variáveis.

Nas conclusões apresentadas a seguir é dada ênfase na avaliação dos resultados obtidos com o E27,5, comparativamente ao E25, atualmente disponibilizado no mercado, baseada na amostra de veículos e motocicletas utilizadas.

Nos ensaios de emissões, realizados em 8 veículos, observou-se que, com o aumento do teor de etanol entre os níveis de 22 e 30%v/v, houve a manutenção ou a redução das emissões de hidrocarbonetos (THC e NMHC), CO e CO₂. A emissão de NOx dos veículos L3 e anteriores também seguiu essa tendência, porém para os veículos L4 em diante ocorreu tendência de aumento. Para aldeídos também houve tendência de aumento. Destaca-se que nos veículos em que houve aumento de NOx e/ou aldeídos os níveis de emissão ainda ficaram abaixo do limite do PROCONVE. Com relação à autonomia (urbana e em estrada), identificou-se tendência de redução em todos os veículos.

Na comparação direta dos resultados do E27,5 com os do E25, verificaram-se mudanças estatisticamente significativas apenas para CO (redução de até 11% nos dois veículos L2), e para autonomia (redução de 1% em um dos dois veículos L3 e no único representante da fase L4). Nos outros quatro veículos testados, sendo um L3, dois L5 e um L6, as emissões de CO, THC, NMHC, NOx e CO₂, bem como a autonomia, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Em relação aos ensaios de dirigibilidade e partida a frio, realizados a 0°C, os dois veículos L2 testados apresentaram falhas que não puderam ser atribuídas ao aumento no teor de etanol do combustível, pois ocorreram tanto com E25 como com E27,5 e E30. Com relação aos seis veículos das fases PROCONVE L3, L4, L5 e L6, não foram observadas falhas em quaisquer das etapas dos ensaios de partida e dirigibilidade a frio, sendo todas estas concluídas normalmente.

Em relação aos ensaios de retomada de velocidade não houve variações importantes de desempenho nos veículos.

Para as cinco motocicletas testadas, da mesma forma que para os automóveis, identificou-se uma tendência geral de redução nas emissões de THC e CO que acompanhou o aumento do teor de etanol entre os níveis de 22%v/v e 30%v/v. Para as emissões de CO₂ não houve uma tendência definida, assim como para autonomia. Na emissão de NOx, contudo, foi observada tendência de manutenção ou aumento. No caso em que se verificou a elevação desse poluente, o maior valor encontrado ficou abaixo do respectivo limite do PROMOT.

Na comparação entre os resultados obtidos com E27,5 e E25, verificaram-se reduções de até 7% em THC, 18% em CO e 1% na autonomia, além de uma elevação em NOx (13%) e CO₂ (3%).

Em relação aos ensaios de dirigibilidade e partida a frio e retomada de velocidade, realizados pela ABRACICLO, a mesma considerou viável a utilização do E27,5.

Considerando os ensaios em banco de provas de motor, os resultados de potência efetiva em plena carga não apresentaram diferenças de desempenho estatisticamente significativas, exceto nas condições até 2500 rpm, com reduções de 0,8% até 2,3%. O consumo específico, tanto em plena carga como em carga parcial, apresentou aumento de até 2,5%. Em relação à temperatura de escapamento, mais crítica em plena carga, essas diferenças oscilaram em até 1% em torno dos valores obtidos para o E25, dentro da incerteza de medição do experimento.

Quanto às propriedades físico-químicas avaliadas, observou-se que todos os resultados ficaram dentro da incerteza dos métodos experimentais utilizados. Portanto, o aumento do teor de etanol anidro na gasolina de 25 para 27,5% tem pouca influência na pressão de vapor, lubricidade e estabilidade à oxidação da gasolina C.

Conforme acordado nas reuniões conduzidas pelo MME, os possíveis efeitos dos novos teores de etanol na durabilidade de componentes não fizeram parte do escopo deste trabalho. Essa avaliação deverá ser realizada pela indústria automobilística e pelo segmento de ciclomotores, representados, respectivamente, pela ANFAVEA e ABRACICLO.

1. INTRODUÇÃO

Conforme legislação nacional, o teor de etanol da gasolina brasileira varia dentro da faixa de 18 a 25%v/v de etanol anidro combustível (EAC). Atualmente está vigente o teor de 25%v/v.

No cenário atual, onde existe forte demanda de combustíveis do ciclo Otto e crescimento da importação de gasolina para suprir o mercado interno, o Ministério das Minas e Energia – MME solicitou um estudo à PETROBRAS sobre os possíveis efeitos de teores mais elevados de etanol na mistura com a gasolina, no tocante ao desempenho de motores de veículos movidos exclusivamente à gasolina, visto que essas variações não impactariam os veículos *flexfuel*.

A demanda foi encaminhada ao CENPES e foi elaborado um plano de trabalho, posteriormente aprovado pelo GT formado pela ANFAVEA, ABRACICLO, ABEIFA, UNICA, INMETRO, INT, LACTEC, PETROBRAS, MAPA, MDIC e MME, sob a gestão deste último.

O referido plano contemplou a avaliação de misturas gasolina-etanol com teores de 22, 25, 27,5 e 30%v/v de EAC no tocante a emissões, autonomia e desempenho (partida e dirigibilidade a frio e retomada de velocidade) em veículos e motocicletas, desempenho em motor em banco de provas e ensaios analíticos de lubricidade e goma das misturas.

Foram escolhidos oito veículos a gasolina com diferentes tecnologias de alimentação de combustível, homologados de acordo com as fases L2 a L6 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. De acordo com os dados colhidos do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (¹), em 2012 a frota de veículos leves era composta de 36% de veículos a gasolina e de 64% de veículos *flexfuel* e a etanol. Da parcela de veículos a gasolina, foram selecionadas as tecnologias que somadas representam cerca de 94% desta frota.

Segundo a mesma linha de raciocínio, foram selecionadas cinco motocicletas a gasolina, com diferentes tecnologias que atendem às fases Pré-M1, M1, M2 e M3 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares – PROMOT. Segundo dados do mesmo Inventário Nacional, em 2012 estas motocicletas representavam 100% da frota movida à gasolina. Cabe ressaltar que essa frota representava 84% da frota nacional desse segmento, enquanto os demais 16% eram de motocicletas *flexfuel*.

Para execução do plano de trabalho foi estabelecido o prazo de 13 semanas, contados a partir de 07 de julho, de acordo com o cronograma apresentado na tabela I a seguir:

Tabela I - Programa de testes de percentuais de mistura de etanol na gasolina

ETAPAS	AÇÕES	SEMANA											
		07/7	14/7	21/7	28/7	04/8	11/8	18/8	25/8	01/9	08/9	15/9	22/9
INICIAL	Aprovação do Plano de Trabalho	■											
ENSAIOS (CENPES)	Obtenção e Preparo das Gasolinhas C (22, 25, 27,5 e 30%)	■											
	Caacterizações físico-químicas / Lubricidade / Aceleração da Goma	■	■	■	■								
	Obtenção dos veículos para teste	■	■										
	Testes de Emissões e Consumo em veiculos			■	■	■	■	■	■	■	■		
	Testes de Emissões e Consumo em motos				■	■	■	■	■	■			
	Testes de Desempenho em Pista (só veículos)										■	■	
	Testes em banco de provas de motor			■	■	■	■						
	Testes de Dirigibilidade (partida a frio e a Quente) (só veículos)										■	■	
	Avaliação dos resultados /Apresentação MME												
	Devolução dos veículos alugados												
	Emissão de RT												

Os ensaios de desempenho nas motocicletas foram executados pelos profissionais indicados pela ABRACICLO na pista de testes do CAEx e os resultados e conclusões incorporadas neste relatório.

2. COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS

Para os ensaios de emissões e autonomia de combustível, foram formuladas quatro gasolinas de teste, conforme abaixo:

- Gasolina **E22**: formulada com 78% v/v de gasolina padrão A e 22% v/v de EAC;
- Gasolina **E25**: formulada com 75% v/v de gasolina padrão A e 25% v/v de EAC;
- Gasolina **E27,5**: formulada com 72,5% v/v de gasolina padrão A e 27,5% v/v de EAC;
- Gasolina **E30**: formulada com 70% v/v de gasolina padrão A e 30% v/v de EAC.

As especificações da gasolina padrão A e do EAC para realização de ensaios de emissões de poluentes e autonomia de combustível estão definidas, respectivamente, pelas Resoluções ANP nº 5 (²) e nº 6 (³), de 24 de fevereiro de 2005.

Para os ensaios de desempenho em pista, curvas características em banco de provas e análises de volatilidade, lubricidade e estabilidade à oxidação, foram formuladas outras três gasolinas de teste, a partir da mesma amostra de gasolina A, conforme abaixo:

- Gasolina **E25**: formulada com 75% v/v de gasolina comercial A e 25% v/v de EAC;
- Gasolina **E27,5**: formulada com 72,5% v/v de gasolina comercial A e 27,5% v/v de EAC;
- Gasolina **E30**: formulada com 70% v/v de gasolina comercial A e 30% v/v de EAC.

As análises físico-químicas dos combustíveis utilizados encontram-se no anexo II deste relatório.

3. VEÍCULOS E MOTOCICLETAS UTILIZADAS

Na seleção dos veículos e das motocicletas, buscou-se representatividade de fabricantes, quilometragem acumulada compatível com a idade do veículo, cilindradas e tecnologias de injeção de combustível em relação à frota circulante de veículos a gasolina. Segundo dados do último Inventário Nacional (¹), em 2012 36% da frota de veículos de passeio era movida exclusivamente a gasolina, enquanto para a frota de motocicletas esse percentual era de 84%. Considerando esta composição, os veículos selecionados para o presente trabalho representam cerca de 94% da frota de veículos a gasolina, enquanto as motos cobrem 100%.

Com relação ao estado de funcionamento, foram escolhidos veículos em boas condições de uso, entendendo como tal aqueles que não apresentassem problemas de dirigibilidade, nem superassem os limites de emissões dos programas de inspeção e manutenção veicular, estabelecidos na Resolução CONAMA 418/2009, independentemente de atenderem aos respectivos limites de homologação do PROCONVE. Sendo assim, não foi efetuada nenhuma manutenção especial nos veículos antes dos testes. Com isso pretendia-se que a amostra testada refletisse de forma mais realista a condição da frota nacional. As tabelas II e III indicam as principais características dos veículos e motocicletas selecionadas para o trabalho:

Tabela II – Principais características dos veículos

Código do Veículo	Fase	Ano/Modelo	Km rodada	Cilindrada	Transmissão	Catalisador	Sistema de Alimentação
L2A	L2	1995/1996	251030	1.0	manual	Sim	carburador eletrônico
L2B	L2	1995	> 141867	1.6	manual	Sim	injeção monoponto
L3A	L3	2001	155392	1.8	automático	Sim	injeção multiponto
L3B	L3	1999/2000	229332	1.0	manual	Sim	injeção multiponto
L4A	L4	2008	98349	2.0	automático	Sim	injeção multiponto
L5A	L5	2009/2010	72471	1.6	manual	Sim	injeção multiponto
L5B	L5	2010	40547	2.0	automático	Sim	injeção multiponto
L6A	L6	2013/2014	6035	1.6	automático	Sim	turbo injeção direta
L6B	L6	2013/2014	5333	1.6	automático	Sim	turbo injeção direta

Tabela III – Principais características das motocicletas

Código da Moto	Fase do PROMOT	Ano	Km rodada	Cilindrada	Catalisador	Sistema de Alimentação
PM1 A	PM1	2002	91719	125	Não	carburador
M1 A	M1	2005	59374	150	Não	carburador
M2 A	M2	2008	50307	125	Não	carburador
M3 A	M3	2009	124	125	Sim	injeção eletrônica
M3 B	M3	2010	105	300	Sim	injeção eletrônica

4. ENSAIOS DE EMISSÕES E AUTONOMIA DE COMBUSTÍVEL

4.1. VEÍCULOS

4.1.1. Metodologia de ensaio

No ensaio em veículos leves, a medição da emissão de poluentes e da autonomia é feita sobre um dinamômetro de chassi (fig.1). Esse equipamento é ajustado de forma a oferecer às rodas motrizes do veículo uma resistência equivalente às forças de atrito, de inércia e aerodinâmicas a que o mesmo estaria sujeito em condições normais de uso.

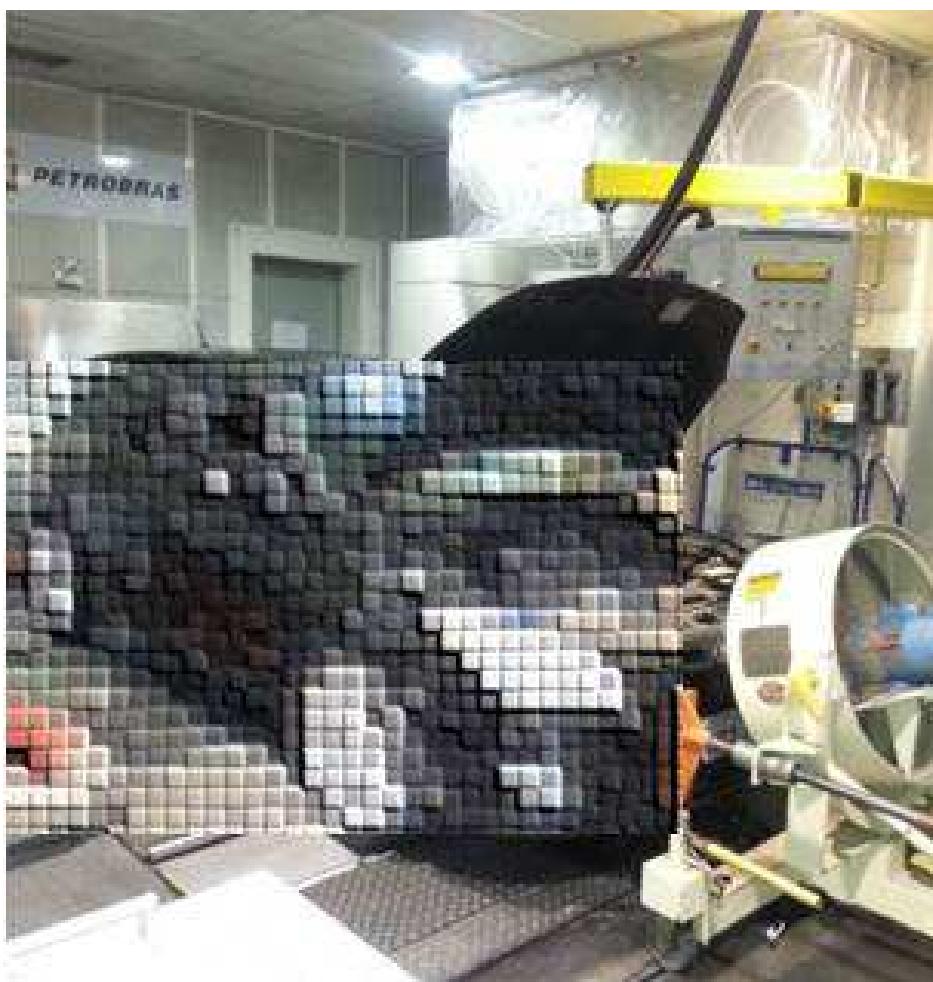


Fig. 1- Veículo durante ensaios de emissões de escapamento no Cenpes.

O condutor dirige o veículo de acordo com um ciclo de condução com partidas, acelerações, desacelerações e paradas, enquanto uma alíquota das emissões é coletada em recipientes (balões de amostra). Cabe ressaltar que o ciclo de condução urbana padrão brasileiro replica o ciclo norte-americano FTP-75. Ele simula a condução de um veículo por um trajeto misto de rodovias e vias urbanas, com duração de aproximadamente 45 minutos, velocidade média de 31,5 km/h e máxima de 91,2 km/h. Além do ciclo urbano, também é executado um ciclo de condução em situações

típicas de estrada, neste caso somente para a medição da autonomia. A figura 2 apresenta um gráfico em que são indicadas as velocidades do veículo em cada etapa do ciclo FTP-75.

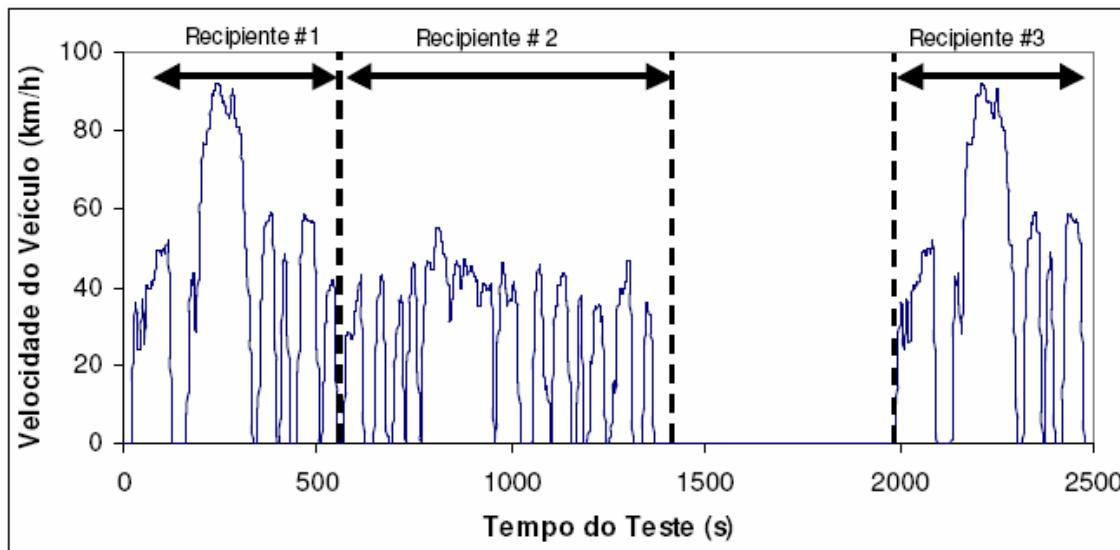


Fig. 2- Ciclo de condução para ensaio de emissões segundo ABNT NBR 6601.

Após o ensaio, o gás armazenado nos balões de amostra é enviado a analisadores de linha, que quantificam hidrocarbonetos totais (THC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), e metano (CH₄). Os hidrocarbonetos são medidos com um detector de ionização de chama de hidrogênio (FID). A emissão de metano é determinada por um detector de ionização de chama (FID), após a amostra de gás passar por uma coluna cromatográfica que separa o metano. A determinação da emissão de gases do tipo não-metano (NMHC) é feita pelo cálculo da diferença entre as medições dos hidrocarbonetos totais (THC) e a medição de metano. Um detector por luminescência química é usado nas determinações dos óxidos de nitrogênio (NO_x). Analisadores de raios infravermelhos não dispersivos (NDIR) determinam o CO e CO₂. A determinação da autonomia do veículo em ciclo urbano e estrada é realizada por balanço de carbono dos gases de escapamento que contém esse elemento (THC, CO e CO₂).

Já as amostras para a determinação de aldeídos (formaldeído + acetaldeído) em veículos do ciclo Otto são coletadas durante o teste através do borbulhamento do gás de escapamento diluído em frascos lavadores de gases (*impingers*) contendo uma solução adsorvedora. As análises dos aldeídos são posteriormente efetuadas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

As normas brasileiras que regem o ciclo de condução urbana e a quantificação de seus poluentes são a NBR 6601 ⁽⁴⁾ e NBR 12026 ⁽⁵⁾. Para a medição de autonomia de combustível no ciclo urbano e em estrada é utilizada a norma NBR 7024 ⁽⁶⁾.

Para permitir um grau de significância maior da análise estatística dos dados, foram realizados ao menos três ensaios em cada veículo com cada um dos combustíveis de teste.

4.1.2. Metodologia para a Análise Estatística

Como primeiro passo, realizou-se o teste F da Análise de Variância (ANOVA), em separado para cada poluente e veículo, a fim de verificar em que casos o combustível tinha influência no resultado, considerando um nível de significância de 95% ($p = 0,05$). Nos casos em que isso ocorreu, procedeu-se uma Análise de Regressão para um ajuste linear. O nível de significância para esta análise também foi $p \leq 0,05$.

A Análise de Regressão consiste na realização de um tratamento estatístico com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais independentes. Com a equação resultante, busca-se entender melhor o fenômeno que relaciona as variáveis, tornando possível observar tendências de comportamento e estimar resultados⁽⁷⁾. Os gráficos resultantes da Análise de Regressão realizada constam no anexo III.

Uma vez estabelecido os modelos, os mesmos foram usados para estimar as emissões de poluentes e a autonomia de combustível para os níveis testados, utilizando-se este valor para efetuar a comparação entre os resultados dos diferentes combustíveis. Nessas comparações, levou-se em conta o erro associado ao modelo levantado, de modo que quando a diferença entre os resultados era inferior ao seu intervalo de confiança, considerou-se não ser possível afirmar que existe diferença estatisticamente significativa (“s/dif.”).

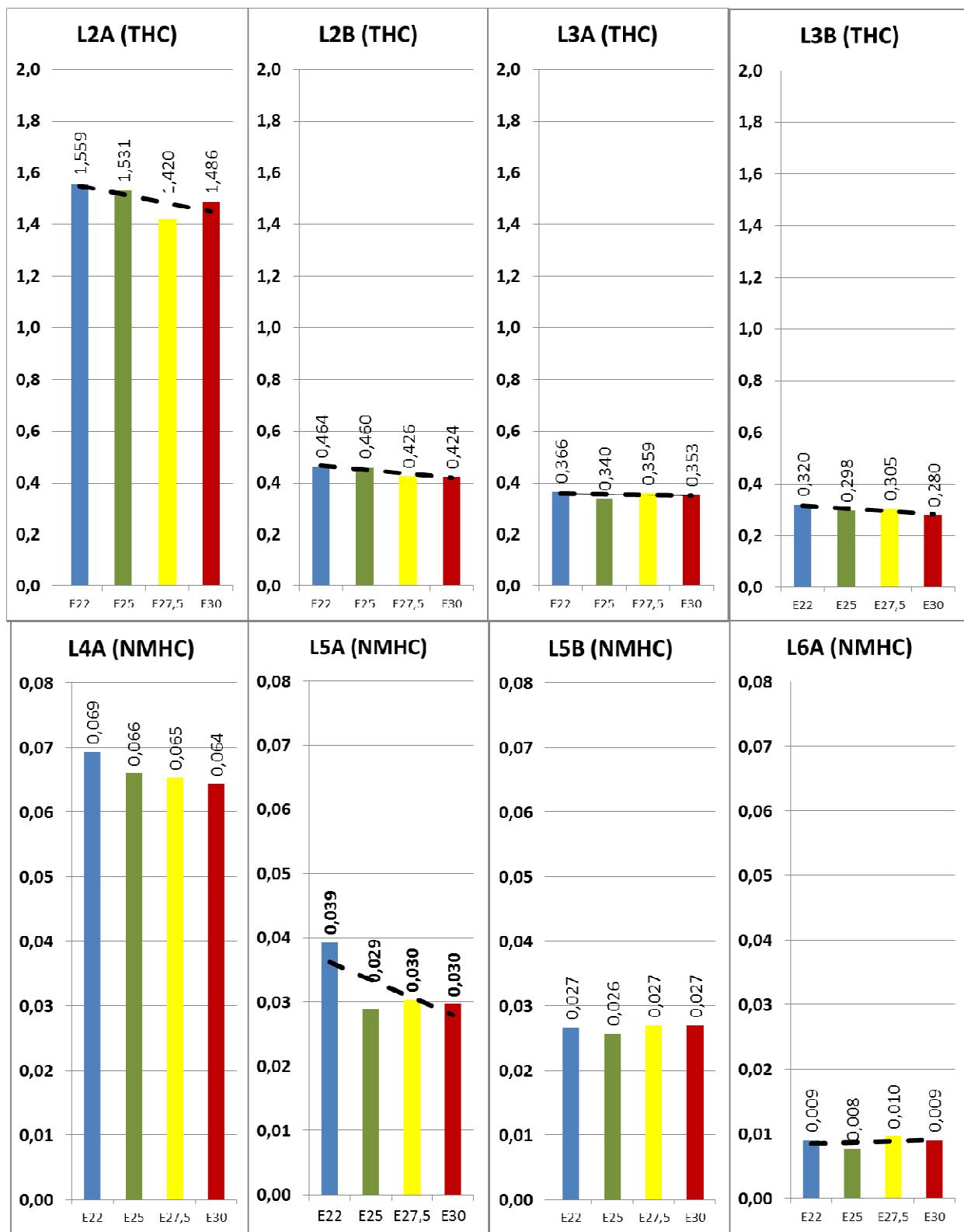
4.1.3. Resultados e Discussão

Todos os veículos testados com leitura de hodômetro menor de 80.000 km rodados (veículos L5 e L6) atenderam aos limites de emissões prescritos pelo PROCONVE para essa quilometragem.

Nas figuras 3 a 9 são apresentadas as médias os resultados obtidos nos ensaios de emissões de escapamento e autonomia, assim como a reta de regressão, somente nos casos em que a Análise de Variância indicou que havia influência significativa do combustível. Nas mesmas também são indicados os limites do PROCONVE para 80.000 km.

No anexo III são apresentados gráficos com os pontos experimentais, as retas de regressão e as curvas do erro inerente ao ajuste. No mesmo anexo consta uma tabela com os valores dos coeficientes de regressão, assim como os valores estimados para os pontos E22, E25, E27,5 e seus respectivos intervalos de confiança.

THC (L2, L3) e NMHC (L4, L5 e L6) em g/km



Notas: (1) Limites PROCONVE para 80.000 km (g/km): L2=1,20, L3=0,3, L4=0,16, L5=0,05, L6=0,05.

(2) Não foram apresentados os modelos de regressão dos veículos L4A e L5B pela ANOVA não ter indicado que a influência do combustível é significativa a um nível $p \leq 0,05$.

Fig.3 - Emissões de THC (L2, L3) e NMHC (L4, L5 e L6)

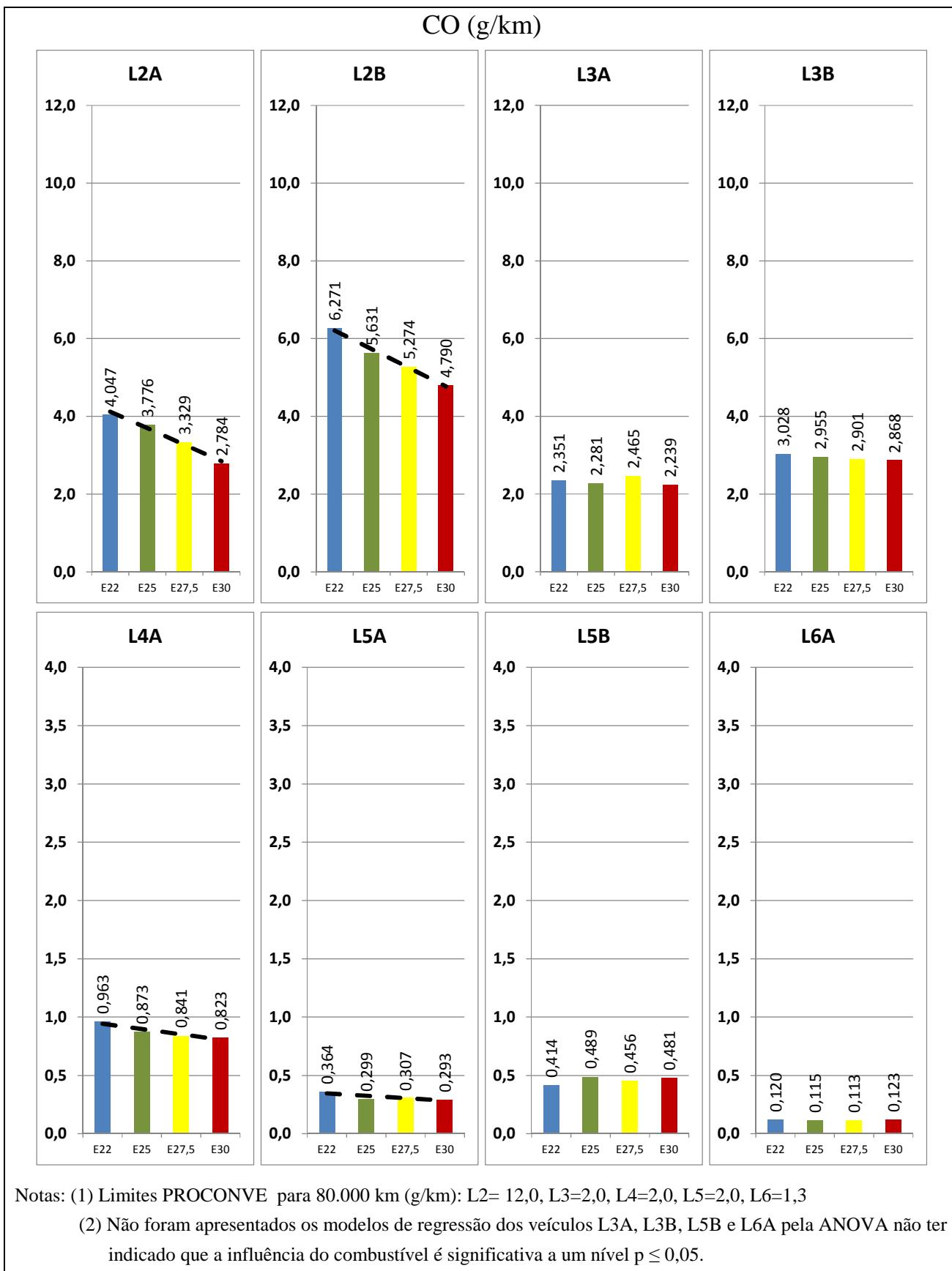


Fig. 4 - Emissões de CO nos automóveis testados

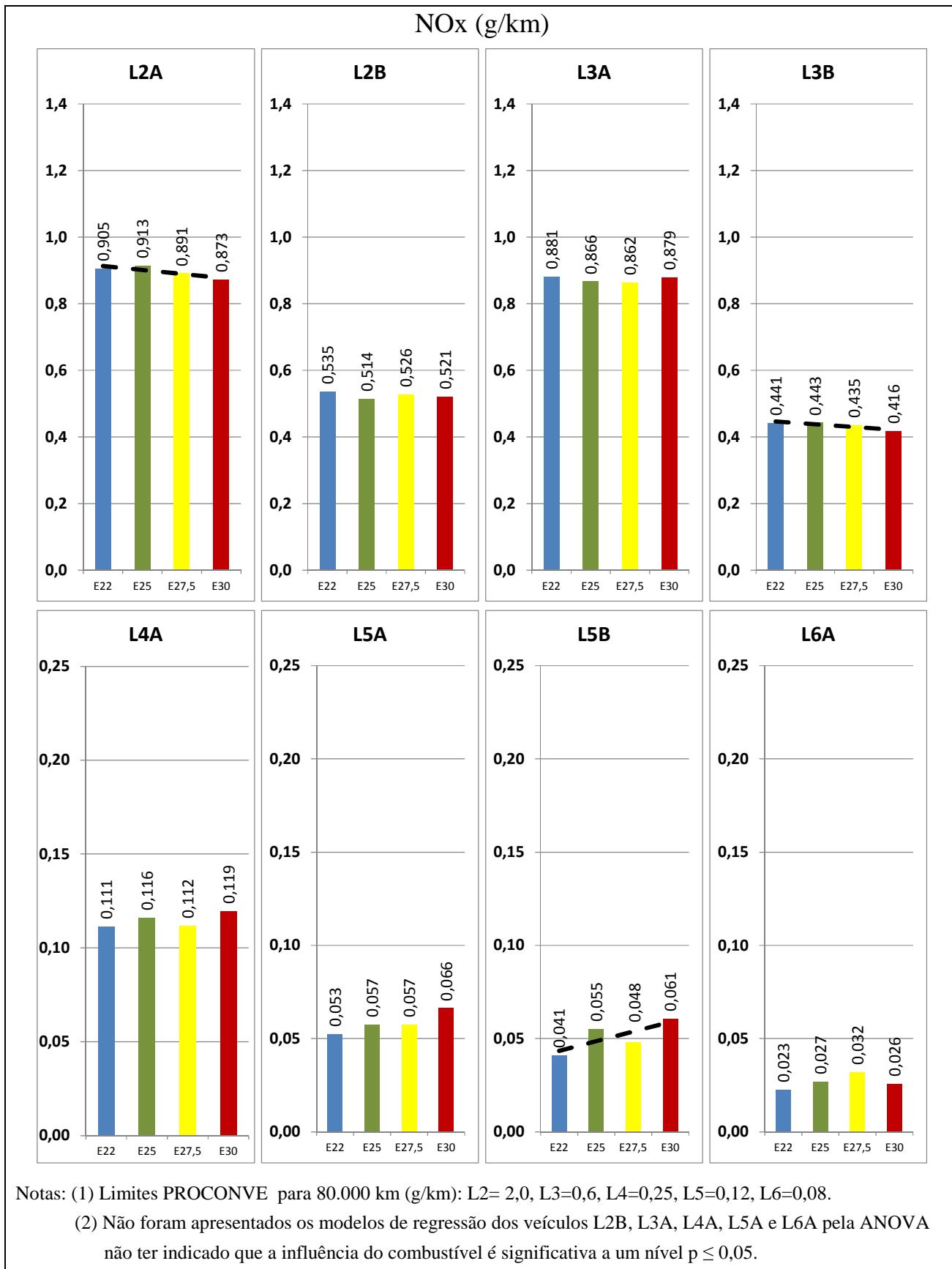


Fig. 5 - Emissões de NOx (g/km) nos automóveis testados

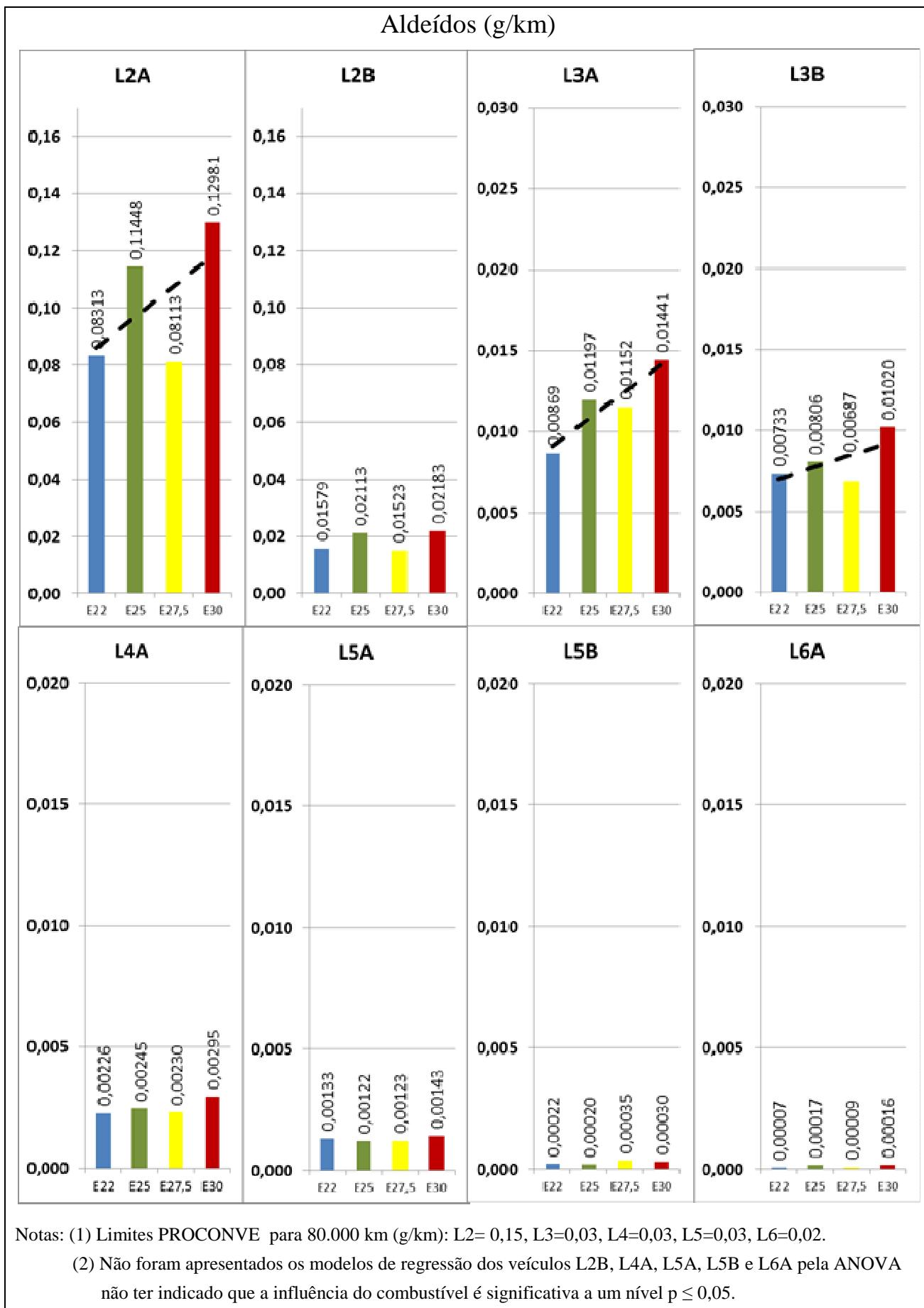
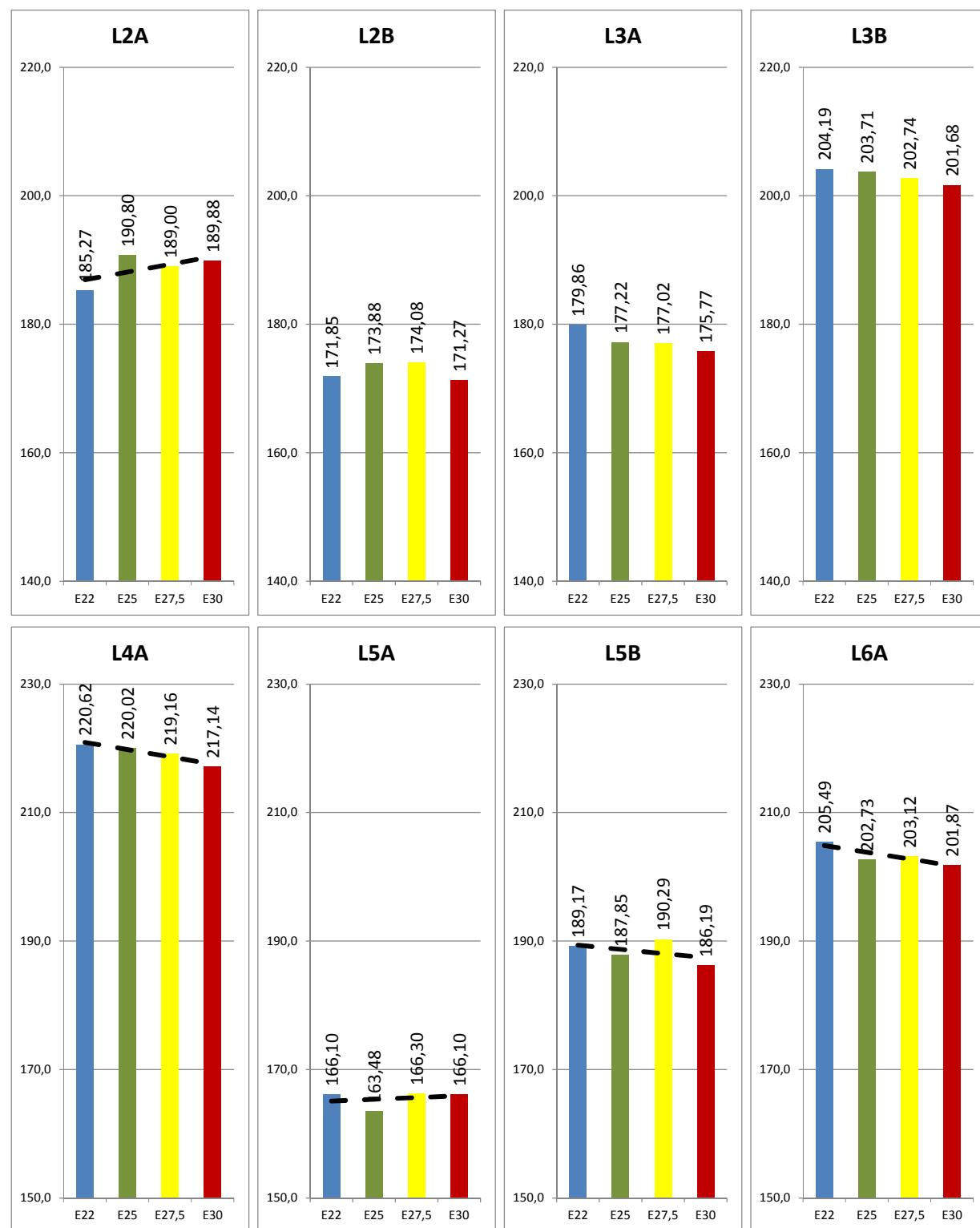


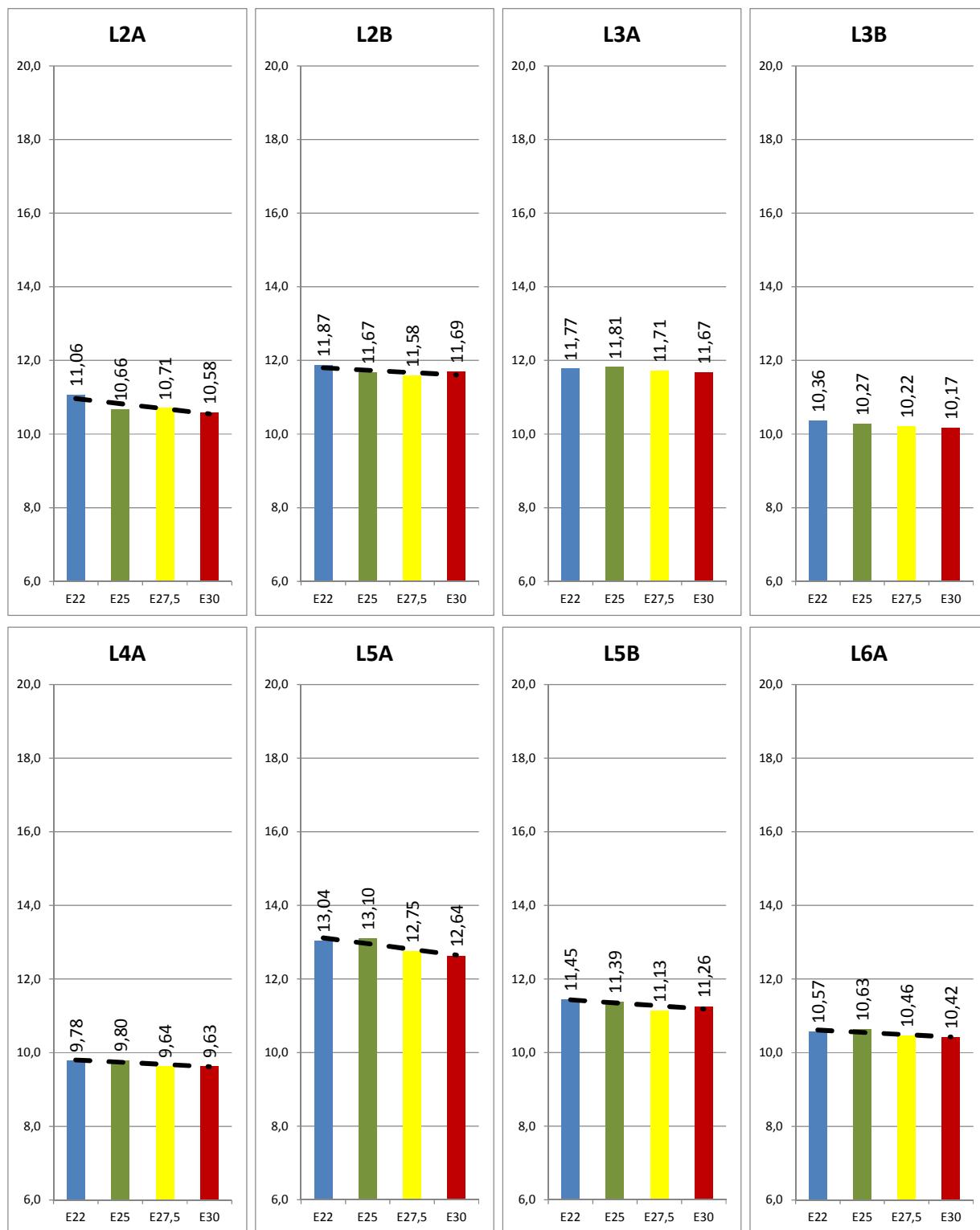
Fig. 6- Emissões de Aldeídos (g/km) nos automóveis testados.

CO₂(g/km)

Nota: Não foram apresentados os modelos de regressão dos veículos L2B, L3A e L3B pela ANOVA não ter indicado que a influência do combustível é significativa a um nível $p \leq 0,05$.

Fig. 7- Emissões de CO₂ (g/km) nos automóveis testados.

Autonomia Urbana (km/L)



Nota: Não foram apresentados os modelos de regressão dos veículos L3A e L3B pela ANOVA não ter indicado que a influência do combustível é significativa a um nível $p \leq 0,05$.

Fig. 8- Autonomia Urbana (km/l) nos automóveis testados.

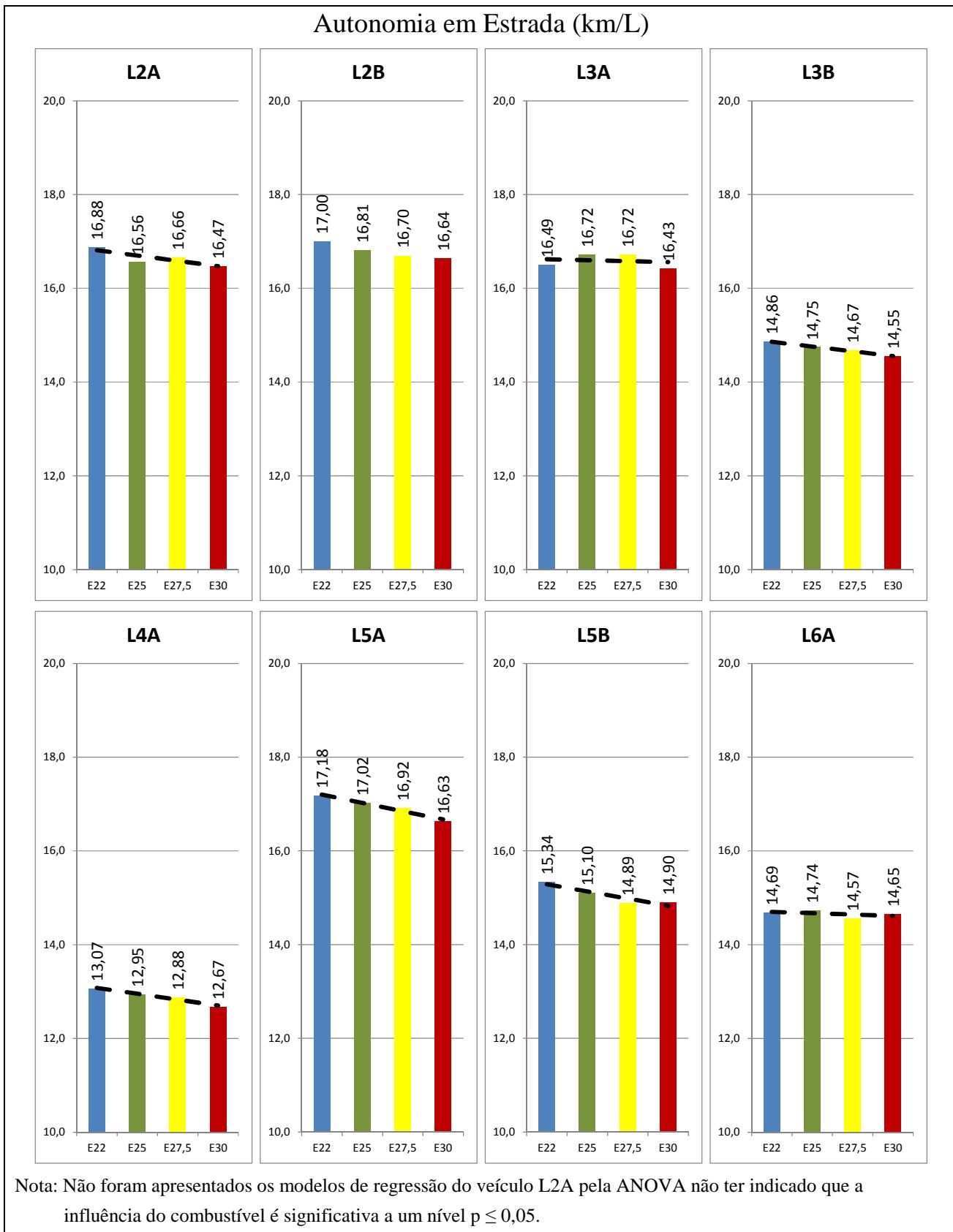


Fig. 9- Autonomia em Estrada (km/l) nos automóveis testados.

Numa análise qualitativa das tendências apontadas pelos gráficos, de modo geral observa-se que, com o aumento do teor de etanol entre os níveis de 22 e 30% v/v, há a manutenção ou redução nas emissões de hidrocarbonetos (THC e NMHC), CO e CO₂. Para esse último gás, contudo, ocorreu uma exceção (tendência de aumento no veículo L2A).

O NOx dos veículos mais antigos (L2 e L3) também segue a tendência de manutenção ou redução, porém para os mais novos (veículos L4 em diante) isso não ocorre. Nesses casos verificou-se que houve tendência de aumento em um veículo (L5B), enquanto para os demais (L4A, L5A e L6A) não se pode afirmar que o combustível teve influência estatisticamente significativa no nível de emissão do poluente. Entretanto, vale ressaltar que no caso em que se verificou a elevação no NOx, o maior valor encontrado (veículo L5B com E30) foi 45% abaixo do respectivo limite do PROCONVE.

Para aldeídos observou-se uma tendência de aumento de emissões em alguns veículos. Para os mesmos, a maior emissão encontrada (L5A com E30) foi 95% abaixo do limite do PROCONVE.

Para a autonomia (urbana e em estrada) percebe-se uma tendência de redução em todos os veículos.

As tendências observadas confirmam as expectativas, uma vez que a utilização de combustíveis com maior teor de etanol tende a empobrecer a mistura ar-combustível, o que em geral conduz a uma menor emissão de hidrocarbonetos (THC e NMHC) e de CO, porém eventualmente também provoca um aumento no NOx e em aldeídos, além de uma redução na autonomia, neste caso devido ao menor conteúdo energético do etanol.

Esse comportamento é mais marcante em veículos com tecnologias antigas, representados neste trabalho pelos automóveis da Fase L2 do PROCONVE, que normalmente trabalham em regime de mistura rica (excesso de combustível). Já nos veículos mais recentes, o sistema de controle de emissões é concebido de forma a fazer com que se trabalhe a maior parte do tempo na região estequiométrica da mistura ar-combustível, o que faz com que pequenas variações no teor de oxigênio do combustível possam ser corrigidas pelo sistema, afetando pouco as emissões.

Entretanto mesmo nesses veículos, durante a partida a frio costuma-se utilizar transitoriamente um regime de mistura rica, a fim de evitar falhas de funcionamento durante o aquecimento do motor. Como nessa situação o catalisador do veículo ainda não atingiu sua temperatura de máxima eficiência, a utilização de um combustível com maior teor de oxigênio pode levar momentaneamente às mesmas tendências comentadas acima.

A fim de verificar quais diferenças poderiam ser consideradas estatisticamente significativas em relação ao combustível com o qual os veículos foram homologados (E22) e a gasolina atualmente comercializada (E25), efetuou-se a comparação dos resultados obtidos a partir das retas de

regressão, conforme descrito em 4.1.2. Destaca-se que em muitos casos, mesmo tendo sido identificada uma tendência de variação com o teor de etanol, o erro associado à regressão não permitiu encontrar diferença estatisticamente significativa entre os combustíveis, nas faixas de interesse de comparação.

Comparação com E22

As tabelas IV a VI apresentam a comparação entre os combustíveis E25, E27,5 e E30 contra a referência E22. Quando a utilização da técnica ANOVA indicou de antemão que a influência do combustível não era significativa, escreveu-se o código “s/dif.”. Onde ela foi considerada significativa, calculou-se a emissão ou autonomia a partir das respectivas retas de regressão, além dos intervalos de confiança correspondentes. Quando houve superposição dos intervalos de confiança dos valores que estavam sendo comparados, novamente colocou-se “s/dif”. Nos casos em que isso não ocorreu, procedeu-se o cálculo da diferença percentual entre os valores estimados, sendo que o sinal negativo antes do valor indica uma redução na emissão ou autonomia. Para melhor visualização, resultados que representam uma melhora no atributo estão destacados em verde, enquanto resultados piores estão em vermelho.

Tabela IV- Comparação entre emissões e autonomia com E25 e E22.

E25 x E22								
Veículos	L2A	L2B	L3A	L3B	L4A	L5A	L5B	L6A
THC (L2, L3) & NMHC (L4, L5, L6)	s/dif.							
CO	-11%	-9%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
NOx	s/dif.							
Aldeídos	s/dif.							
CO ₂	s/dif.							
Autonomia Urbana	s/dif.							
Autonomia em Estrada	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-1%	-1%	s/dif.	s/dif.	s/dif.

Tabela V- Comparação entre emissões e autonomia com E27,5 e E22.

E27,5 x E22								
Veículos	L2A	L2B	L3A	L3B	L4A	L5A	L5B	L6A
THC (L2, L3) & NMHC (L4, L5, L6)	s/dif.							
CO	-21%	-16%	s/dif.	s/dif.	-10%	s/dif.	s/dif.	s/dif.
NOx	s/dif.							
Aldeídos	s/dif.	s/dif.	39%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
CO ₂	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-1%	s/dif.	s/dif.	-1%
Autonomia Urbana	-3%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-1%	-2%	s/dif.	s/dif.
Autonomia em Estrada	-1%	s/dif.	s/dif.	-1%	-2%	-2%	-2%	s/dif.

Tabela VI- Comparação entre emissões e autonomia com E30 e E22.

Veículo	E30 x E22							
	L2A	L2B	L3A	L3B	L4A	L5A	L5B	L6A
THC (L2, L3) & NMHC (L4, L5, L6)	s/dif.	-10%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-27%	s/dif.	s/dif.
CO	-31%	-23%	s/dif.	s/dif.	-15%	s/dif.	s/dif.	s/dif.
NOx	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-6%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
Aldeídos	s/dif.	s/dif.	57%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
CO ₂	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-2%	s/dif.	s/dif.	-2%
Autonomia Urbana	-4%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-2%	-3%	-2%	-2%
Autonomia em Estrada	-2%	s/dif.	s/dif.	-2%	-3%	-3%	-3%	s/dif.

A tabela IV indica uma tendência de redução no CO no escapamento dos veículos mais antigos (2 apresentaram redução de até 11%), porém para as demais as diferenças encontradas não foram estatisticamente significativas.

No que diz respeito à autonomia, somente em 2 veículos pode-se detectar uma diminuição dos resultados no ciclo estrada (1%).

Na comparação dos resultados obtidos com E27,5 e E22 (tabela V), observou-se que, de modo geral, a adição de um maior conteúdo de etanol levou a mudanças semelhantes às observadas na comparação entre E25 e E22.

A emissão de CO continuou apresentando reduções, porém mais acentuadas (até 21%), afetando também veículos mais novos. Com relação à emissão de CO₂, verificou-se uma redução em 2 veículos (1%). Não foram encontradas mudanças significativas para NMHC e NOx, enquanto para aldeídos foi detectado um aumento pontual (39% em 1 veículo).

Com respeito à autonomia, a redução foi estatisticamente significativa em 5 dos 8 veículos testados, com variações em torno de 2%.

Conforme pode ser observado na tabela VI, além da redução no CO (até 31% em 3 veículos) e CO₂ (2% em 2 veículos), a adição de 30% de etanol à gasolina trouxe como benefício uma diminuição na emissão de hidrocarbonetos (até 27% em 2 veículos) e NOx (6% em 1 veículo). No entanto, houve um aumento mais acentuado na emissão de aldeídos (57% em 1 veículo). A diminuição detectada na autonomia foi superior à observada com o uso de E27,5 (até 4% em 6 veículos).

Comparação com E25

As tabelas VII e VIII apresentam a comparação dos resultados obtidos nos modelos com E27,5 e E30 com os de E25.

Tabela VII- Comparação entre emissões e autonomia com E27,5 e E25.

E27,5 x E25								
Veículo	L2A	L2B	L3A	L3B	L4A	L5A	L5B	L6A
THC (L2, L3) & NMHC (L4, L5, L6)	s/dif.							
CO	-11%	-8%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
NOx	s/dif.							
Aldeídos	s/dif.							
CO ₂	s/dif.							
Autonomia Urbana	s/dif.							
Autonomia em Estrada	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-1%	-1%	s/dif.	s/dif.	s/dif.

Tabela VIII- Comparação entre emissões e autonomia com E30 e E25.

E30 x E25								
Veículo	L2A	L2B	L3A	L3B	L4A	L5A	L5B	L6A
THC (L2, L3) & NMHC (L4, L5, L6)	s/dif.							
CO	-22%	-16%	s/dif.	s/dif.	-10%	s/dif.	s/dif.	s/dif.
NOx	s/dif.							
Aldeídos	s/dif.							
CO ₂	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-1%	s/dif.	s/dif.	-1%
Autonomia Urbana	-2%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-2%	s/dif.	s/dif.
Autonomia em Estrada	-1%	s/dif.	s/dif.	-1%	-2%	-2%	-2%	s/dif.

A tabela VII indica um resultado bastante semelhante ao que foi observado na comparação E25 x E22 (tabela IV) com mudanças estatisticamente significativas apenas para CO (redução de até 11% em 2 veículos) e autonomia (redução de 1% em outros 2 veículos).

Na tabela VIII observa-se que, além de uma acentuação das tendências de redução de CO (até 22% em 3 veículos) e autonomia (até 2% em 5 veículos), o aumento do teor de etanol até 30% também levou à redução do CO₂ (1% em 2 veículos).

4.2 MOTOCICLETAS

4.2.1. Metodologia de ensaio

De acordo com a Resolução CONAMA nº 297, publicada em 2002, os ensaios de emissões e autonomia em ciclomotores, motociclos e similares devem seguir as prescrições da Diretiva Europeia nº 97/24/EC⁽⁸⁾, em que o veículo em teste é submetido à condição de carga controlada em dinamômetro de chassis (fig.10).



Fig. 10- Motocicleta instalada para ensaios de emissões de escapamento no Lactec.

Tal como é feito para os veículos leves, em cada uma das fases do ensaio dinamométrico, os gases de escapamento emitidos são diluídos em ar ambiente, coletados e armazenados em balões, sendo posteriormente quantificados em analisadores específicos (fig.11). Os gases medidos nesse ensaio são os hidrocarbonetos totais (THC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x). As técnicas analíticas para a determinação desses gases são as mesmas adotadas nos testes de veículos leves.

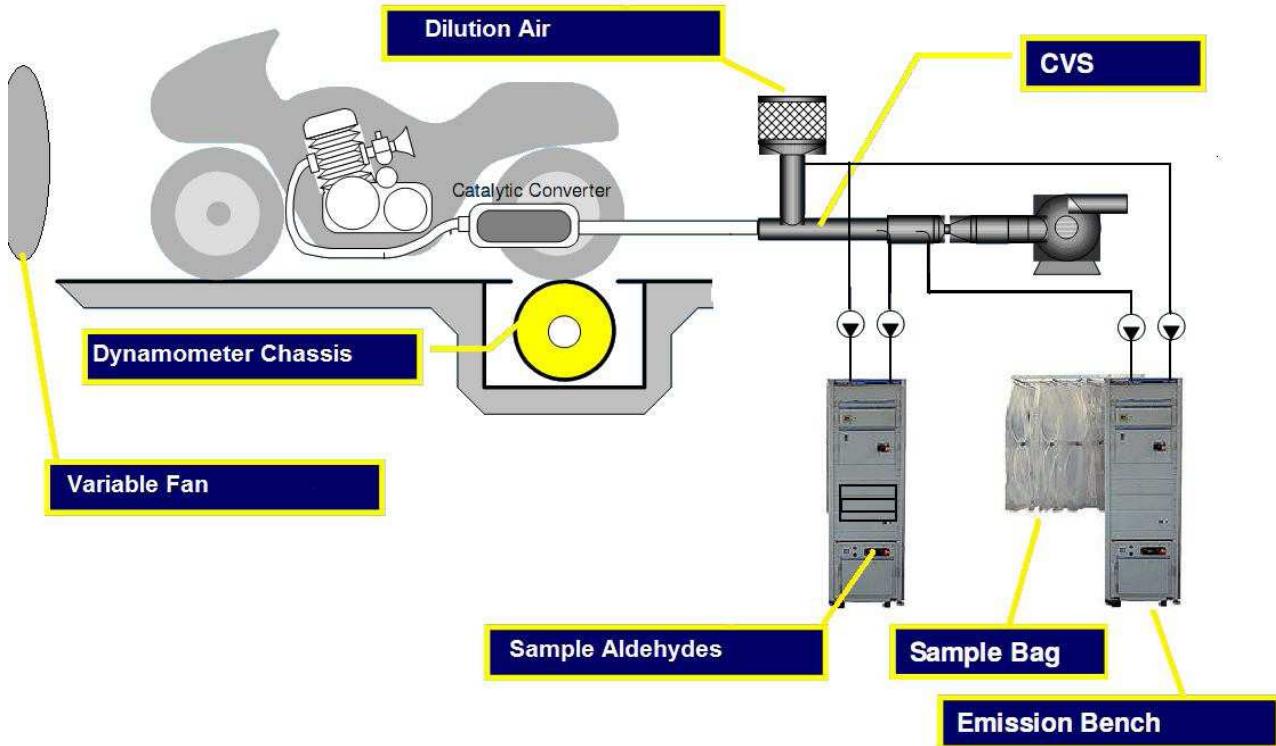


Fig. 11-Esquema de coleta de amostras para o ensaio de emissões em motocicletas.

Para permitir uma melhor sensibilidade da análise estatística dos dados, também estão sendo realizados ao menos três testes em cada uma das condições.

4.2.2. Metodologia para a Análise Estatística

Para o tratamento dos dados e análise dos resultados obtidos com as motocicletas testadas, foi utilizada a mesma metodologia empregada para os veículos, conforme descrito em 4.1.2. Os gráficos resultantes da Análise de Regressão realizada constam no anexo III.

4.2.3. Resultados e Discussão

Nas figuras 12 a 16 são apresentadas as médias dos resultados obtidos nos ensaios de emissões de escapamento e autonomia, assim como a reta de regressão que foi ajustada, somente quando a Análise de Variância indicou que havia influência significativa do combustível. Nas mesmas também é indicado o limite do PROMOT para 18.000 km.

No anexo III são apresentados gráficos com os pontos experimentais, retas de regressão e as curvas do erro inerente ao ajuste. No mesmo anexo consta uma tabela com os valores dos coeficientes de regressão, assim como os valores estimados para os pontos E22, E25, E27,5 e seus respectivos intervalos de confiança.

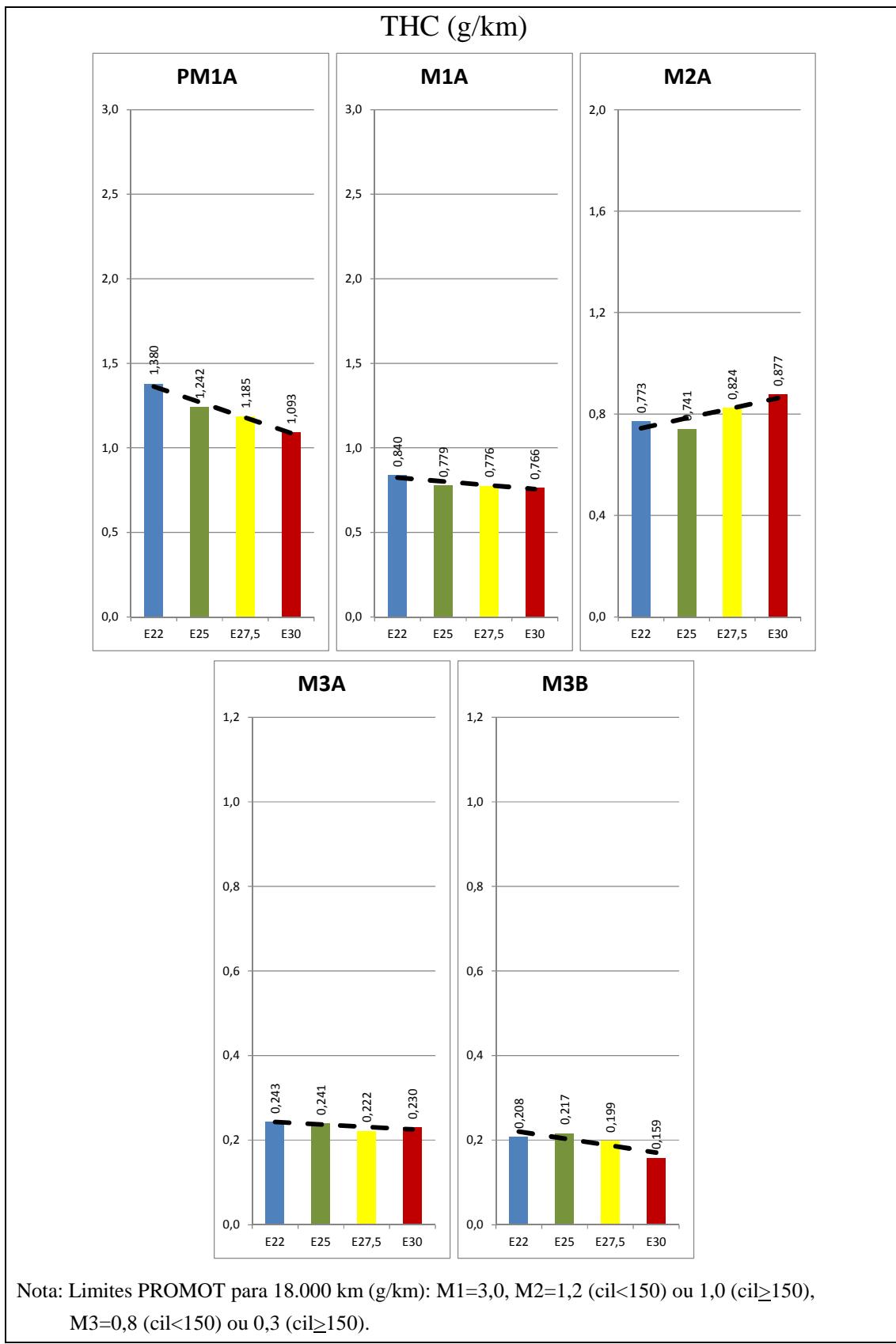


Fig. 12- Emissões de THC nas motocicletas.

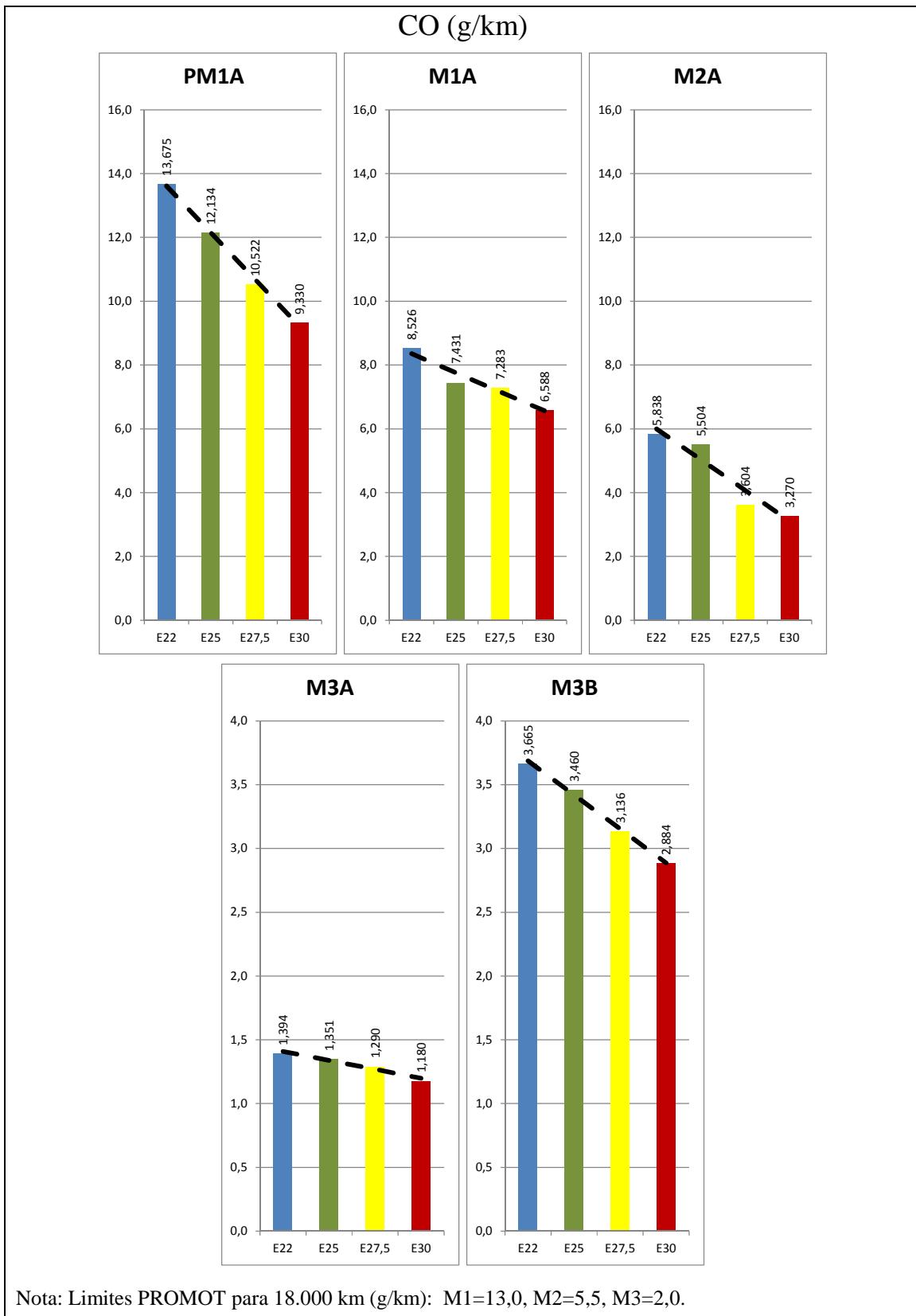


Fig. 13- Emissões de CO nas motocicletas.

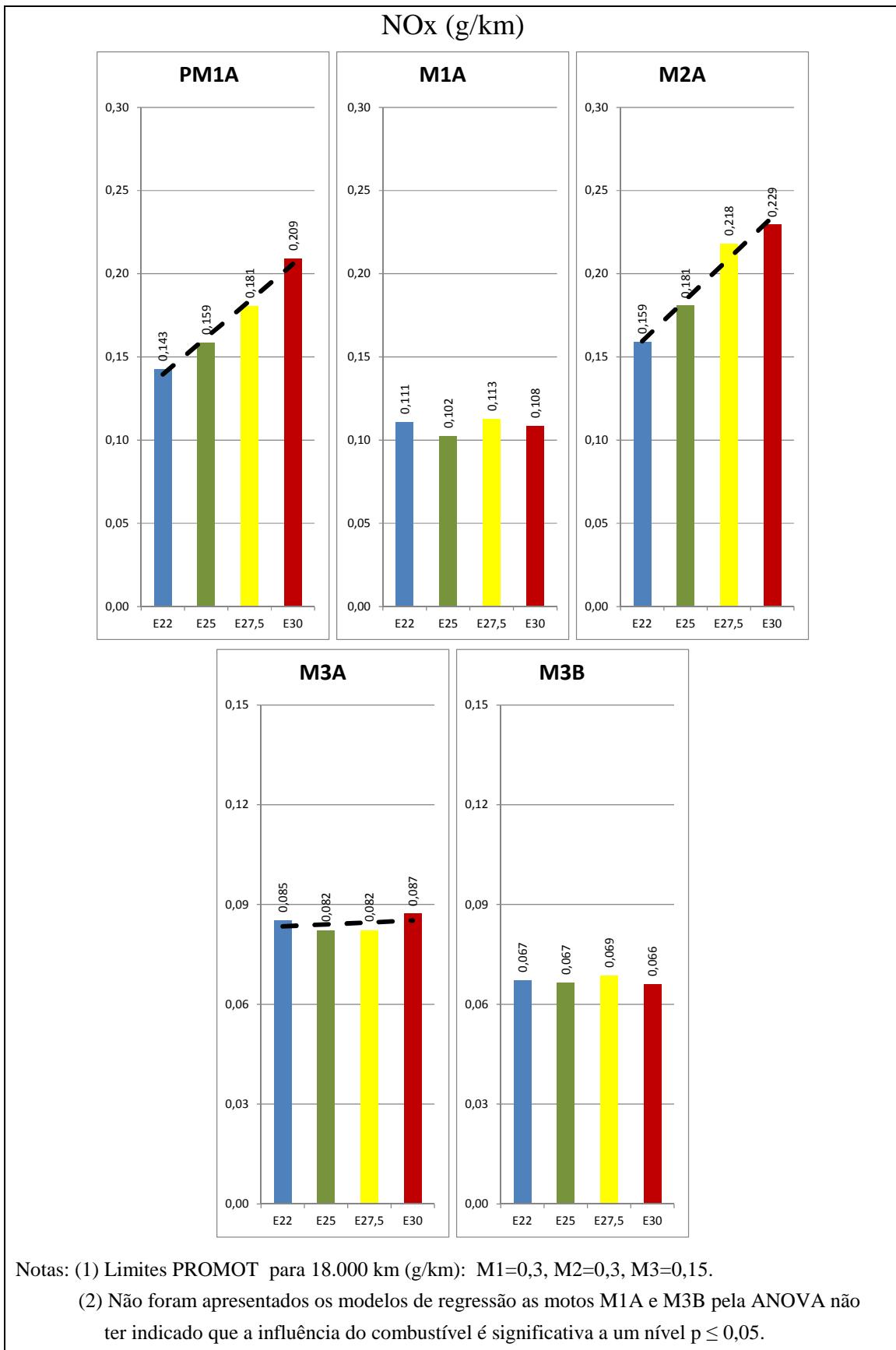
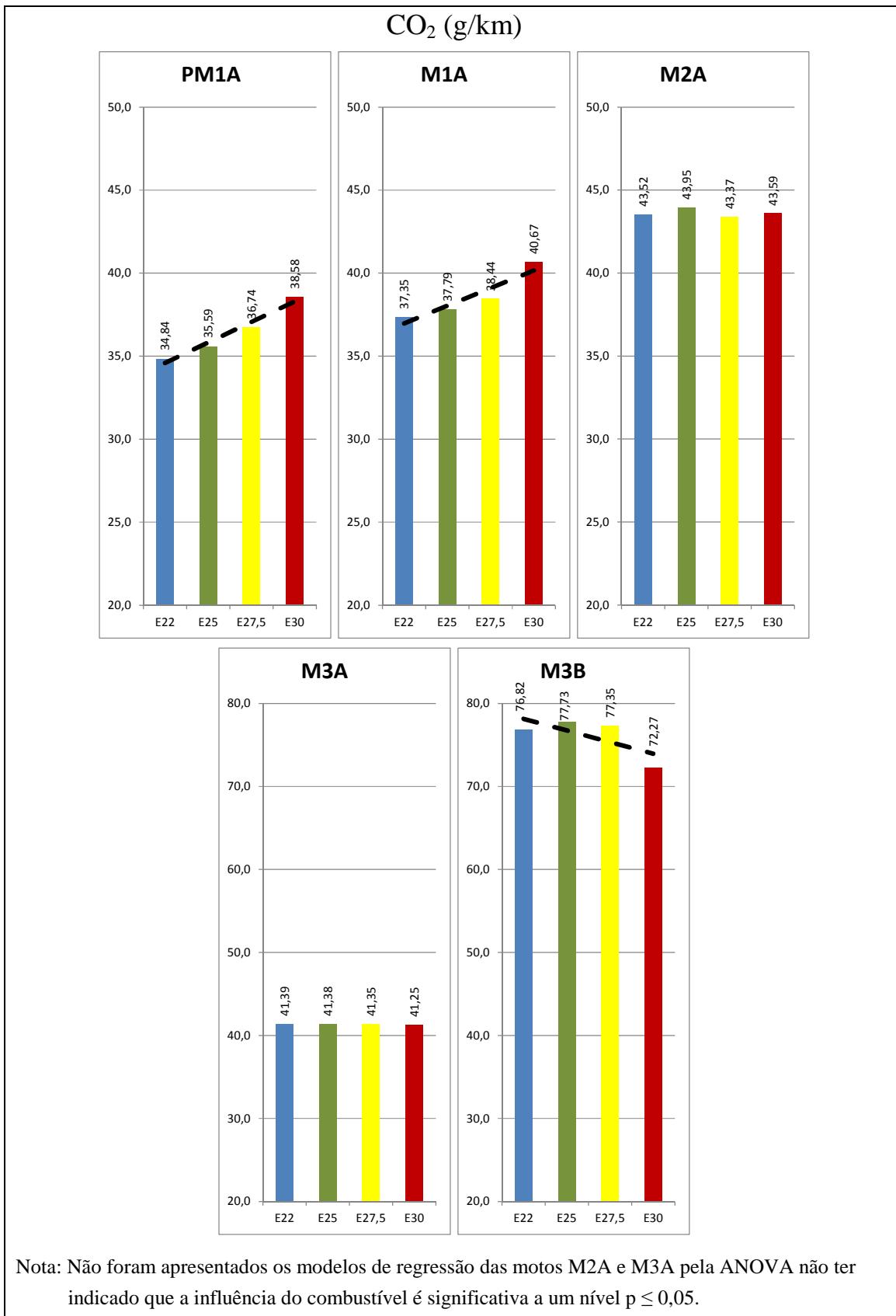


Fig. 14- Emissões de NOx nas motocicletas.

Fig. 15 - Emissões de CO₂ nas motocicletas.

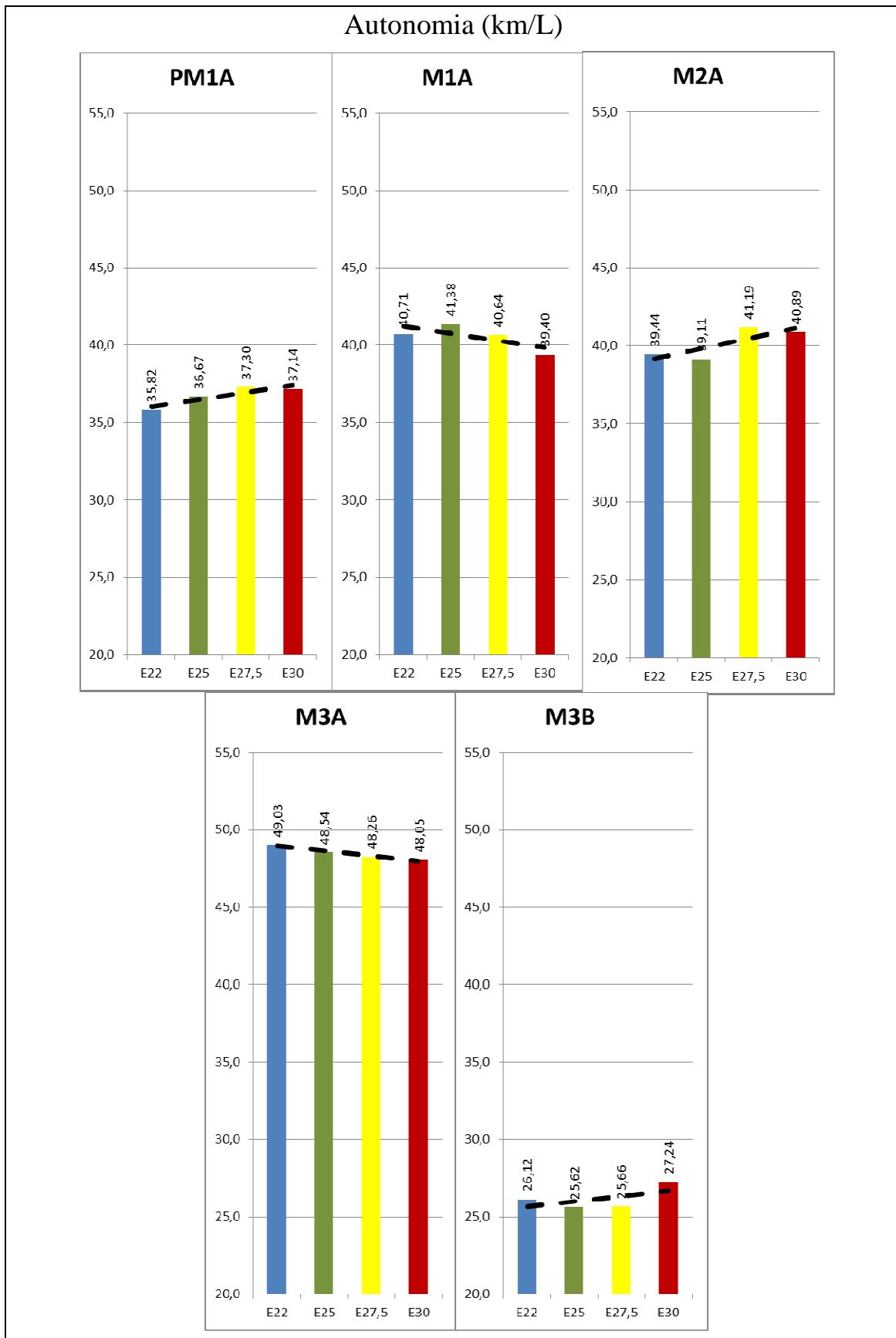


Fig. 16- Autonomia nas motocicletas.

Das motos testadas, apenas as da fase M3 estavam abaixo dos 18.000 km e por isso suas emissões foram comparadas contra os respectivos limites do PROMOT. Verificou-se que ambas atenderam a todos os limites, exceção feita ao CO na moto M3B. Cabe registrar que essa moto atendia aos limites de emissão de inspeção e manutenção veicular e não apresentava anomalias funcionais.

Da mesma forma que os automóveis, percebe-se uma tendência de redução das emissões de THC e CO (exceção ao THC na moto M2A) que acompanha o aumento do teor de etanol.

Na emissão de NOx, observou-se uma tendência de aumento em três das motos testadas (PM1A, M2A e M3A) e neutra nas demais. Entretanto, vale ressaltar que para a moto M3A, única que pela quilometragem ainda estava obrigada a atender aos limites de emissões do PROMOT, o maior valor encontrado (E30) foi 42% abaixo do valor estabelecido.

Para as emissões de CO₂ não houve uma tendência definida (tendências de aumento na PM1A e M1A e redução na M3B), assim como para autonomia (redução na M1A, M2A e M3A e aumento na PM1A e M3B). Com relação a este último atributo, destaca-se um comportamento diferente dos automóveis, onde a tendência quase sempre foi de redução. Tal situação pode ser explicada pelo fato das motocicletas até a fase M3 do PROMOT geralmente operarem com relação ar-combustível (RAC) bastante rica. Dessa forma, a utilização de um combustível com maior teor de oxigênio tende a aproximar a RAC da relação estequiométrica, resultando numa melhora da autonomia. No entanto, para as motocicletas que não operam tão ricas, esse efeito pode ser menos importante, sendo então sobrepujado pelo menor poder calorífico de misturas que utilizam maior teor de etanol.

Comparação com E22

As tabelas IX a XI apresentam a comparação entre os combustíveis E25, E27,5 e E30 contra a referência E22. Quando a utilização da técnica ANOVA indicou de antemão que a influência do combustível não era significativa, escreveu-se o código “s/dif.”. Onde ela foi considerada significativa, calculou-se a emissão ou autonomia a partir das respectivas retas de regressão, além dos intervalos de confiança correspondentes. Quando houve superposição dos intervalos de confiança dos valores que estavam sendo comparados, novamente colocou-se “s/dif.”. Nos casos em que isso não ocorreu, procedeu-se o cálculo da diferença percentual entre os valores estimados, sendo que o sinal negativo antes do valor indica uma redução na emissão ou autonomia. Para melhor visualização, resultados que representam uma melhora no atributo estão destacados em verde, enquanto resultados piores estão em vermelho.

Tabela IX- Comparaçao entre emissões e autonomia com E25 e E22.

E25 x E22					
Motos	PM1A	M1A	M2A	M3A	M3B
THC	-8%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
CO	-12%	-8%	-18%	s/dif.	-8%
NOx	18%	s/dif.	18%	s/dif.	s/dif.
CO ₂	4%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
Autonomia	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-1%	s/dif.

Tabela X- Comparaçao entre emissões e autonomia com E27,5 e E22

E27,5 x E22					
Motos	PM1A	M1A	M2A	M3A	M3B
THC	-14%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-15%
CO	-22%	-15%	-33%	-10%	-15%
NOx	33%	s/dif.	32%	s/dif.	s/dif.
CO ₂	7%	6%	s/dif.	s/dif.	s/dif.
Autonomia	3%	s/dif.	s/dif.	-1%	s/dif.

Tabela XI- Comparaçao entre emissões e autonomia com E30 e E22

E30 x E22					
Motos	PM1A	M1A	M2A	M3A	M3B
THC	-20%	-8%	s/dif.	s/dif.	-22%
CO	-32%	-22%	-48%	-15%	-22%
NOx	48%	s/dif.	47%	s/dif.	s/dif.
CO ₂	11%	9%	s/dif.	s/dif.	s/dif.
Autonomia	4%	s/dif.	5%	-2%	s/dif.

Na comparação entre os resultados obtidos com E25 e E22 (tabela IX), percebem-se reduções das emissões de THC e CO que chegam respectivamente a 8% e 18%. No entanto houve um aumento na emissão de CO₂, de 4% em uma moto (PM1A), redução da autonomia da ordem de 1% na M3B e aumento de 18% nas emissões de NOx em duas motos (PM1A e M2A).

Com a utilização dos combustíveis E27,5 e E30 percebe-se uma acentuação dos comportamentos acima descritos (exceto para autonomia), conforme pode ser observado nas tabelas X e XI.

Em relação à referência E22, a utilização de E27,5 resultou em reduções mais marcantes nas emissões de THC e CO (até 15% e 33%, respectivamente), e aumento das emissões de NOx (até 33% em duas motos) e de CO₂ (até 7% em duas motos). Quanto à autonomia, a tendência foi indefinida (1 % de redução em uma moto e 3% de aumento em outra).

Com E30 as reduções das emissões de THC e CO foram de até 22% e 48%, respectivamente, porém houve aumento das emissões de NOx em até 48% em duas motos (PM1A e M2A). As diferenças em CO₂ e autonomia se acentuaram mais, com aumento de até 11% no primeiro caso e tendência indefinida no segundo (aumento de até 5% em duas motos e redução de 2% em uma).

Comparação com E25

Na comparação dos teores propostos (E27,5 e E30) com E25, percebe-se que para ambos persiste a tendência de redução das emissões de THC e CO e aumento das emissões de NOx e CO₂, conforme indicado nas tabelas XII e XIII. A tendência da autonomia segue indefinida, com algumas motos melhorando e outras piorando com esse combustível.

Tabela XII- Comparação entre emissões e autonomia com E27,5 e E25

E27,5 x E25					
Motos	PM1A	M1A	M2A	M3A	M3B
THC	-7%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
CO	-12%	-7%	-18%	s/dif.	-7%
NOx	13%	s/dif.	13%	s/dif.	s/dif.
CO ₂	3%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	s/dif.
Autonomia	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-1%	s/dif.

Tabela XIII- Comparação entre emissões e autonomia com E30 e E25

E30 x E25					
Motos	PM1A	M1A	M2A	M3A	M3B
THC	-14%	s/dif.	s/dif.	s/dif.	-15%
CO	-23%	-15%	-36%	-10%	-15%
NOx	25%	s/dif.	25%	s/dif.	s/dif.
CO ₂	6%	5%	s/dif.	s/dif.	s/dif.
Autonomia	2%	s/dif.	s/dif.	-1%	s/dif.

5. ENSAIOS DE DESEMPENHO EM PISTA

5.1. VEÍCULOS

5.1.1. Partida e Dirigibilidade a Frio

5.1.1.1. Metodologia de ensaio

Os ensaios foram conduzidos em contêineres refrigerados. Cada ensaio foi iniciado quando a temperatura do óleo do motor atingiu 0°C, com tolerância de 3°C acima desta temperatura. Antes de cada ensaio com um novo combustível os veículos foram condicionados com rodagem de 10 km para garantir o reconhecimento do novo combustível, quando aplicável e a remoção do combustível anterior das linhas de alimentação do sistema. A figura 17 mostra os contêineres refrigerados utilizados para os ensaios de partida e dirigibilidade a frio.



Fig. 17 – Contêineres refrigerados utilizados nos ensaios de partida e dirigibilidade a frio.

Cada ensaio consistiu nas seguintes etapas, realizadas consecutivamente após a partida dos veículos:

- Número de tentativas para partida do veículo, limitadas a 5 tentativas de no máximo 10 segundos cada;
- Observações de falhas na rotação do motor durante a partida;
- Monitoramento da marcha lenta por 30 segundos após a partida;
- Aceleração livre com alcance de 100% de curso do pedal do acelerador do veículo;
- Dirigibilidade a frio com os veículos partindo do repouso, sendo acelerados com 100% de curso do acelerador e trocas de marcha em 6000 rpm até a terceira marcha.

Após os ensaios, foi realizada análise gráfica do perfil de rotação do motor em cada caso e feita a correlação destes com os comentários do condutor.

O sistema de aquisição de dados armazena as informações de rotação e temperatura de óleo do motor, sendo composto por:

- Equipamento medidor de rotações do motor – Tacômetro;

- Sistema de aquisição de dados da National Instruments (NI) composto por:

Chassi CDAQ-9178;

Módulo de entrada analógica para termopar NI 9211;

Módulo para entrada analógica de tensão NI 9219.

O tacômetro é responsável pela coleta e filtragem da rotação do motor via garra indutiva (sinal da vela de ignição) ou sinal de comando de disparo da bobina. O equipamento faz a conversão do sinal de rotação em uma saída de tensão.

Utilizando o software Labview da empresa National Instruments, foi desenvolvido um programa que faz a aquisição de dois canais de dados a 10Hz de taxa de aquisição. Um dos canais é o de temperatura do óleo, medido com um termopar do tipo J e o outro é o de tensão proporcional à rotação do motor. Este software se comunica com o hardware da NI composto pela base com comunicação TCP-IP, um cartão de entrada de dados analógicos de temperatura (NI 9211) e um cartão para entrada analógica de tensão (NI 9219). O software armazena os dados em um arquivo texto com colunas contendo a hora, a rotação e a temperatura. A figura 18 ilustra o painel de operação do software.

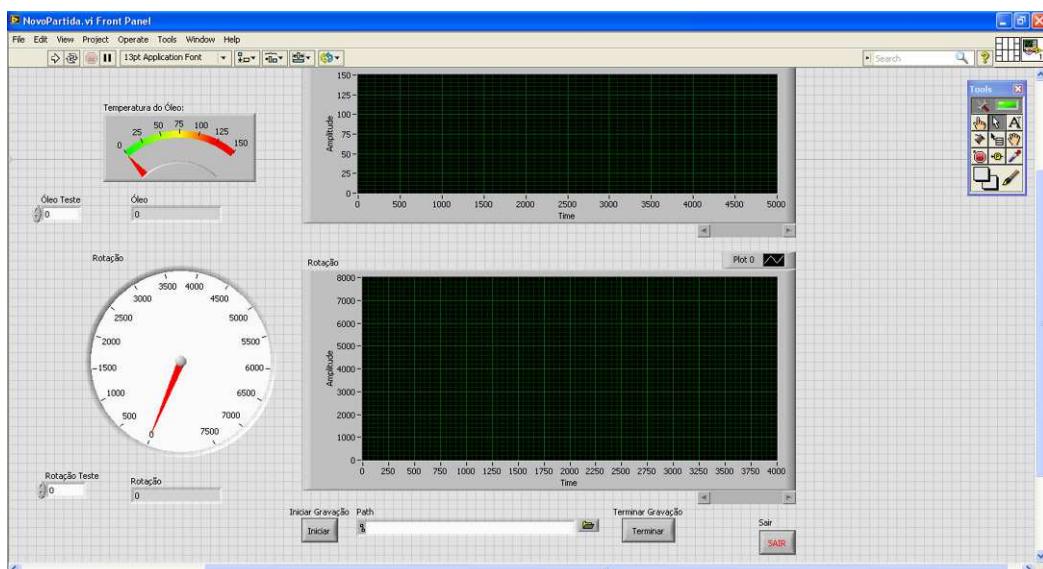


Fig. 18 - Painel de operação do software

5.1.1.2. Resultados e Discussão

A figura 19 ilustra um resultado típico do perfil de rotação do motor durante o ensaio de partida e dirigibilidade a frio. Nela encontram-se destacadas as etapas de partida, marcha lenta e aceleração livre. Os registros de rotação do motor durante a etapa de dirigibilidade a frio apresentaram ruído elevado no sinal, não sendo apropriado a sua utilização para avaliação dos resultados. Para avaliação desta etapa foram considerados os comentários do condutor do veículo.

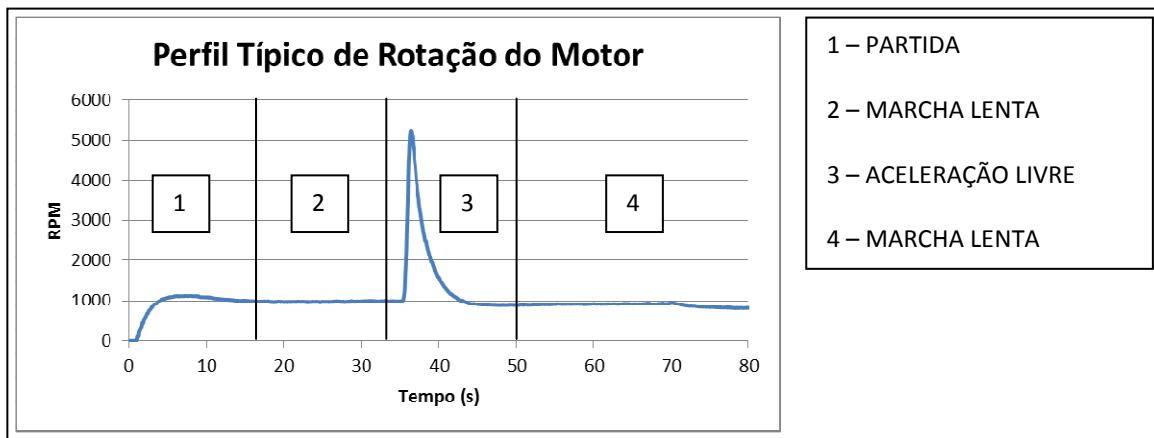


Fig. 19 – Perfil típico de rotação do motor durante as etapas de partida, marcha lenta e aceleração livre

As figuras 20 a 25 abaixo apresentam o perfil de rotação do motor para seis veículos de teste durante a partida, marcha lenta e aceleração livre. Nos veículos L5A e L6B não foi possível realizar o registro da rotação do motor, devido a características dos motores incompatíveis com o sistema de aquisição de dados. Para avaliação do comportamento destes veículos foram considerados os comentários do condutor para todas as etapas do ensaio.

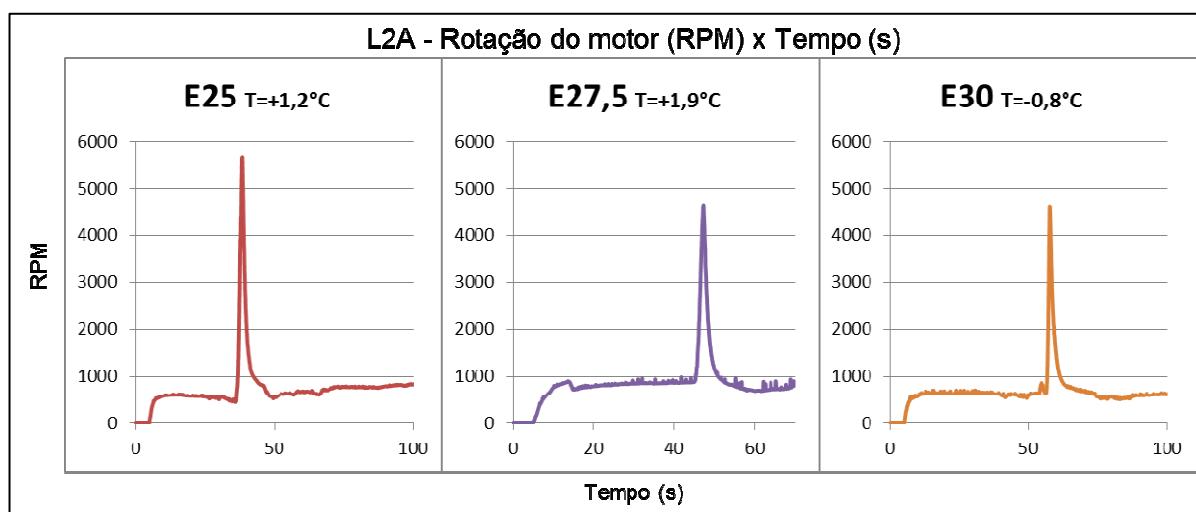


Fig. 20 – Gráfico de rotação do motor x tempo do veículo L2A com E25, E27,5 e E30.

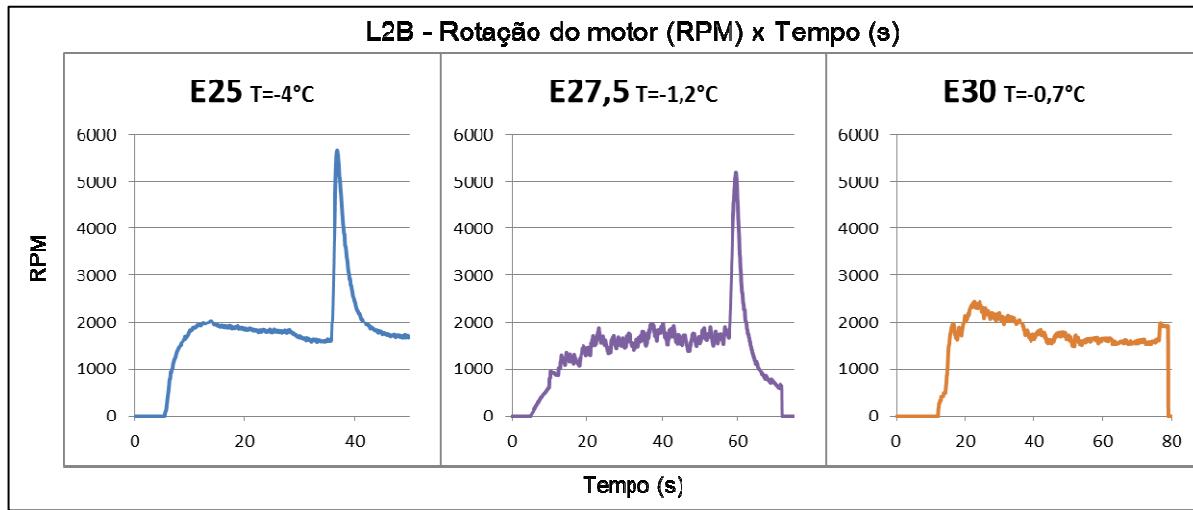


Fig. 21 – Gráfico de rotação do motor x tempo do veículo L2B com E25, E27,5 e E30.

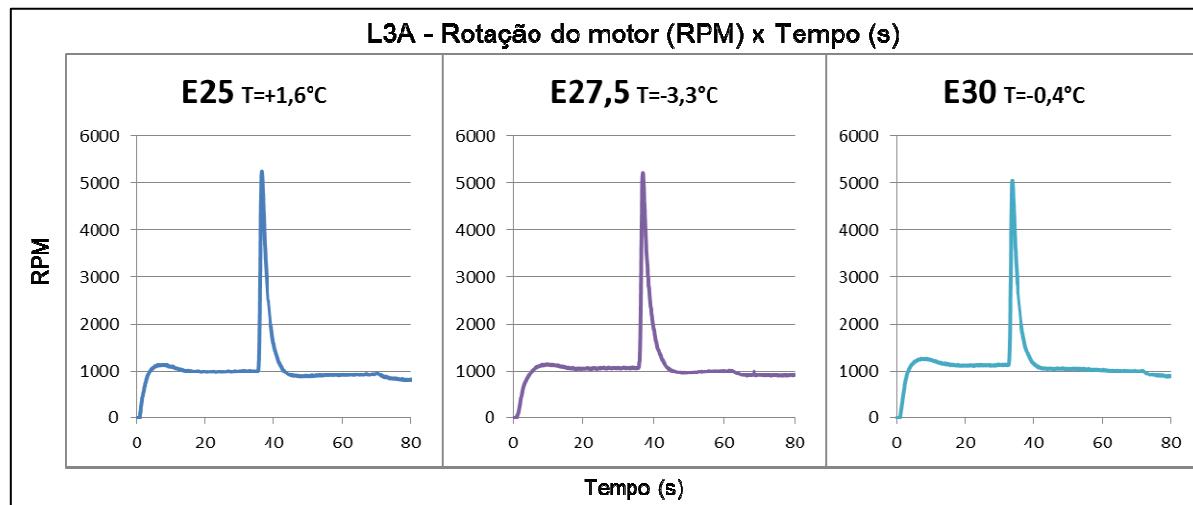


Fig. 22 – Gráfico de rotação do motor x tempo do veículo L3A com E25, E27,5 e E30.

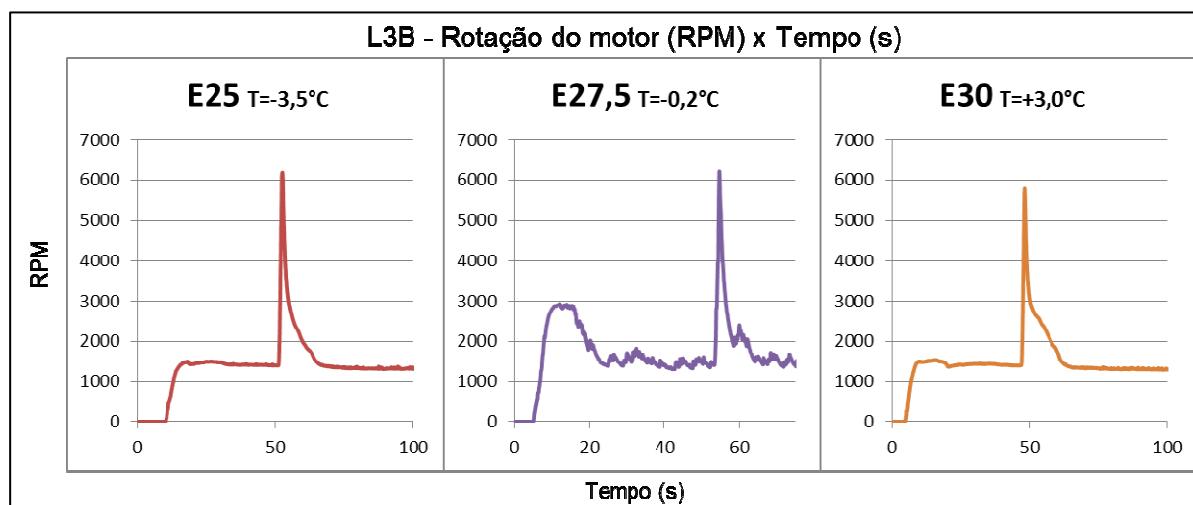


Fig. 23 – Gráfico de rotação do motor x tempo do veículo L3B com E25, E27,5 e E30.

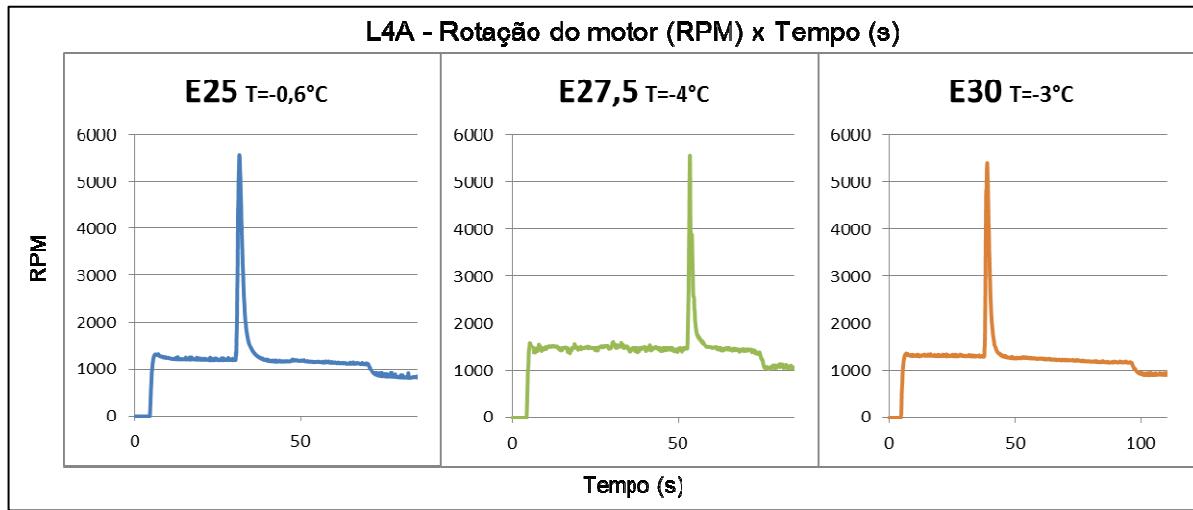


Fig. 24 – Gráfico de rotação do motor x tempo do veículo L4A com E25, E27,5 e E30.

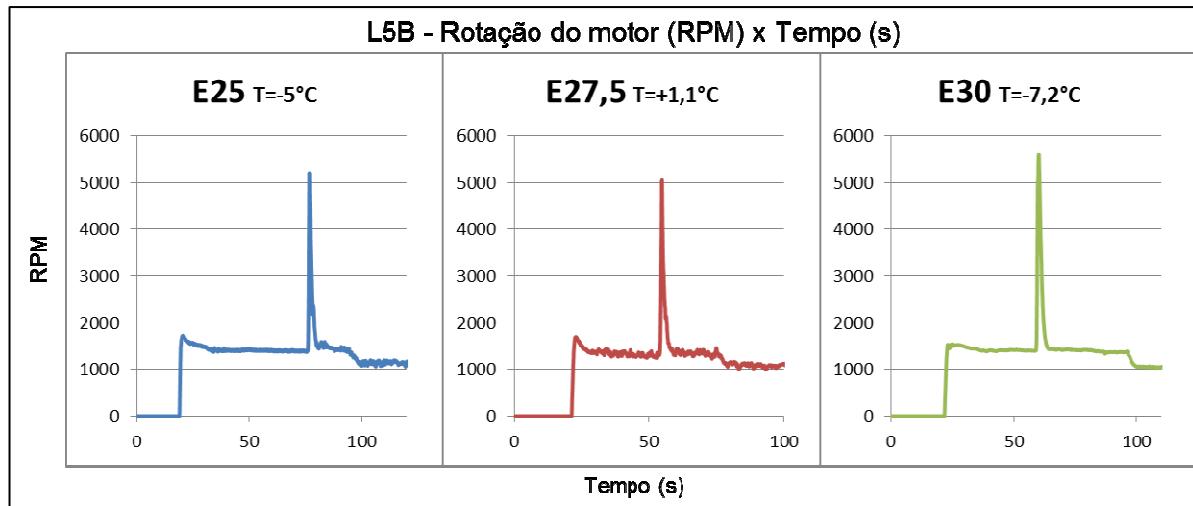


Fig. 25 – Gráfico de rotação do motor x tempo do veículo L5B com E25, E27,5 e e30.

Os perfis de rotação do motor acima mostram que foi possível realizar as etapas de partida, marcha lenta e aceleração livre com os três combustíveis de teste em todos os veículos, com exceção do veículo L2B utilizando E30, que não conseguiu realizar a etapa de aceleração livre.

As variações de rotação dos motores observadas nos períodos de marcha lenta dos veículos L2A, L2B, L3B, L4A e L5B, com E27,5, representam ruído de medição, pois não foram observadas pelo condutor ocorrências com comportamento compatível durante estes ensaios. Sendo assim, tais variações não foram consideradas como falhas de funcionamento.

A tabela XIV a seguir apresenta um resumo dos comentários do condutor do ensaio para os ensaios de partida e dirigibilidade a frio.

Tabela XIV: Resumo dos comentários do condutor dos ensaios de partida e dirigibilidade a frio.

FASE PROCONVE	L2		L3		L4	L5		L6
VEÍCULO	L2A	L2B	L3A	L3B	L4A	L5A	L5B	L6B
TECNOLOGIA	CARBURADOR ELETRÔNICO	INJEÇÃO MONOPONTO	INJEÇÃO MULTIPONTO	INJEÇÃO DIRETA				
COMBUSTÍVEL	E25							
TENTATIVAS	1	1	1	1	1	1	1	1
PARTIDA								
MARCHA LENTA								
ACELERAÇÃO LIVRE								
DIRIGIBILIDADE								
COMBUSTÍVEL	E27,5							
TENTATIVAS	1	1	1	1	1	1	1	1
PARTIDA								
MARCHA LENTA								
ACELERAÇÃO LIVRE								
DIRIGIBILIDADE								
COMBUSTÍVEL	E30							
TENTATIVAS	1	1	1	1	1	1	1	1
PARTIDA								
MARCHA LENTA								
ACELERAÇÃO LIVRE								
DIRIGIBILIDADE								



 NORMAL FALHA LEVE FALHA MÉDIA FALHA SEVERA

Com base nos resultados ilustrados, pode-se observar que os veículos L2A e L2B, com tecnologia mais antiga, fabricados à época da fase PROCONVE L2 e equipados com carburador eletrônico e injeção eletrônica monoponto, apresentaram falhas leves e médias em algumas etapas do ensaio de partida e dirigibilidade a frio com os três combustíveis de teste. Apenas o veículo L2B utilizando E30 resultou em uma falha severa, não sendo capaz de completar a etapa de aceleração livre. Foi realizada repetição deste ensaio e a etapa de aceleração livre foi cumprida com a ocorrência de falha de intensidade média. É importante ressaltar que mesmo utilizando o combustível E25, os veículos acima mencionados apresentaram falhas em baixa temperatura.

Com relação aos veículos fabricados a partir da fase PROCONVE L3 não foram observadas falhas em nenhuma das etapas do ensaio de partida e dirigibilidade a frio, sendo todas as etapas cumpridas normalmente. Apenas o veículo L3A apresentou marcha lenta irregular após a etapa de aceleração livre. Porém, essa ocorrência se repetiu para os três combustíveis de teste, sendo, por isso, descartada como falha devido ao combustível.

5.1.2. Retomadas de Velocidade

5.1.2.1. Metodologia de ensaio

As avaliações de desempenho dos veículos, com diferentes combustíveis foram realizadas a partir de ensaios de retomadas de velocidade em pista de testes. O procedimento de ensaio é baseado na prática recomendada SAE J1491:2006 (⁹) e consiste na medição do tempo decorrido durante as retomadas de velocidade entre 40 e 80 km/h, 60 e 100 km/h e 80 e 120 km/h. Respectivamente a cada um desses intervalos de velocidades, os veículos de câmbio manual são testados com a antepenúltima, penúltima e última marcha acopladas. Os veículos de câmbio automático são ensaiados na posição “D” (*drive*).

Neste procedimento, a velocidade do veículo é inicialmente estabilizada no valor mínimo do intervalo, com a marcha correspondente acoplada. É então realizada aceleração plena até que o valor máximo de velocidade do intervalo seja alcançado e o tempo decorrido neste período é registrado.

Para as medições dos tempos de retomada de velocidades foi utilizado o sensor ótico *Correvit L350 Acqua* que instalado na lateral do veículo registra as distâncias, velocidades e tempos de deslocamento. A figura 26 ilustra um dos veículos de teste durante o ensaio na pista do Centro de Avaliações do Exército (CAEx), no Rio de Janeiro.



Fig. 26 – Veículo de teste em ensaio de retomada de velocidade.

O resultado de cada ensaio é composto pela média entre os tempos obtidos em retomadas consecutivas nas direções opostas da pista, com o objetivo de anular possíveis diferenças de inclinação de piso e direção do vento. São aceitos todos os resultados com variação inferior a 10% entre as medições nas duas direções.

Para cada combustível ensaiado, foram realizados pelo menos 12 ensaios, em cada intervalo de velocidades, e considerados válidos todos os resultados cujas variações em relação à média foram inferiores a 3%. A dispersão de cada conjunto de resultados válidos é medida pelo coeficiente de variação, que também é limitado em 3% para a aprovação final dos ensaios.

No tratamento estatístico, quando se verificou a influência do combustível como significativa a partir do teste *t de Student*, a um nível de confiança superior a 95% (*p level* < 0,05), as médias foram comparadas entre si pelo cálculo da diferença percentual⁽⁷⁾. Nos casos em que a hipótese de igualdade estatística entre as médias não pôde ser descartada, os resultados foram apresentados como “s/dif.”.

5.1.2.2. Resultados e Discussão

Nas figuras 27 a 33 a seguir são apresentados comparativamente os resultados médios dos tempos das retomadas de velocidade, obtidos para os combustíveis E25, E27,5 e E30 dos veículos L2B, L3A, L3B, L4A, L5A, L5B e L6B, respectivamente. Os resultados desses ensaios estão detalhados no anexo IV.

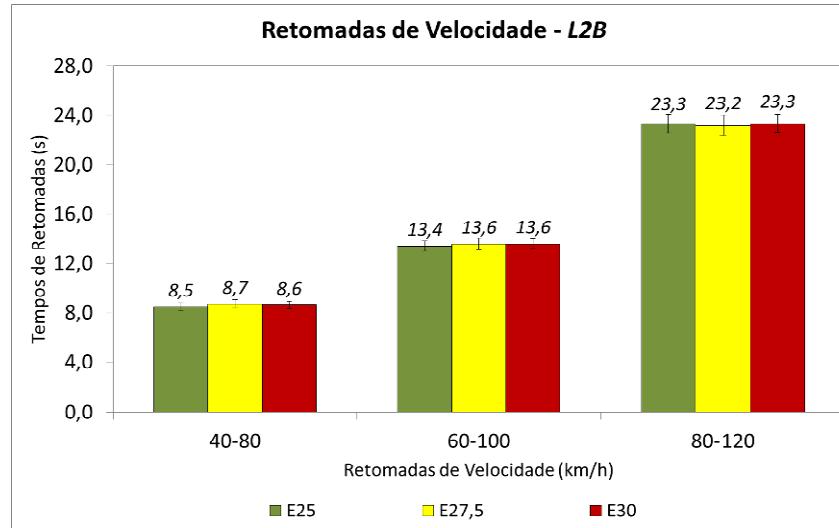


Fig. 27 - Tempos de retomadas de velocidade obtidos com o veículo L2B.

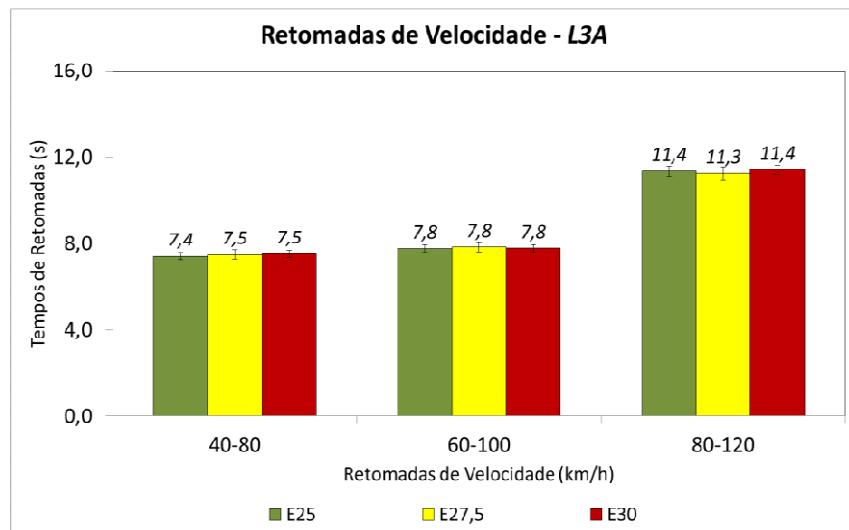


Fig. 28 - Tempos de retomadas de velocidade obtidos com o veículo L3A.

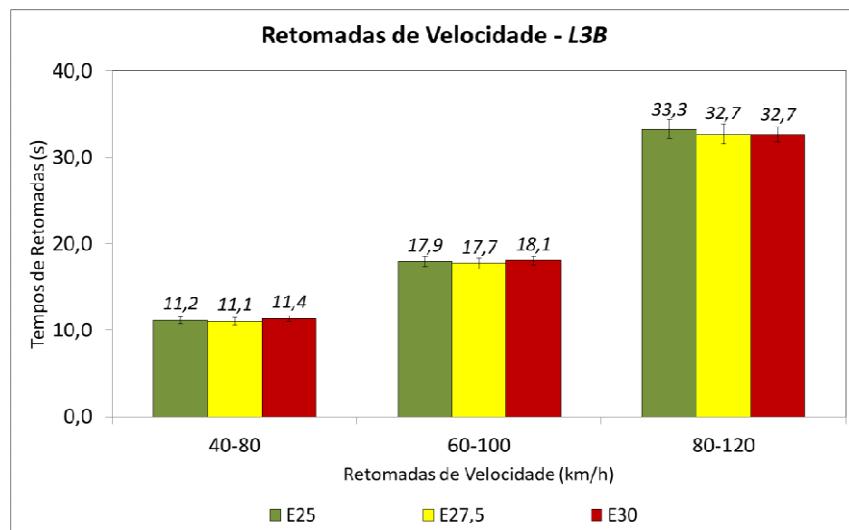


Fig. 29 - Tempos de retomadas de velocidade obtidos com o veículo L3B.

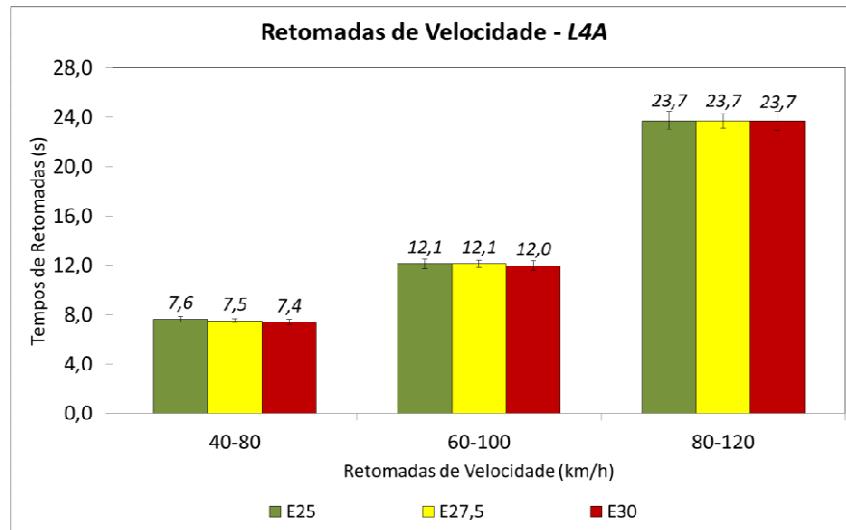


Fig. 30- Tempos de retomadas de velocidade obtidos com o veículo L4A.

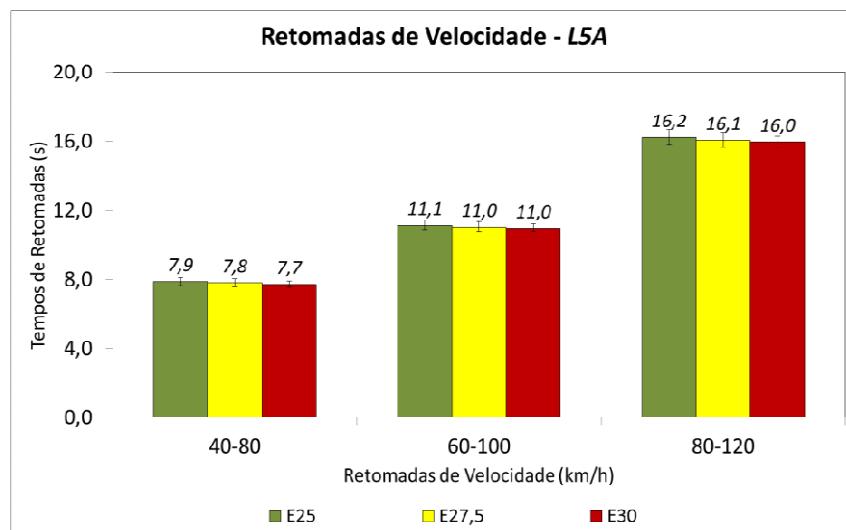


Fig. 31 - Tempos de retomadas de velocidade obtidos com o veículo L5A.

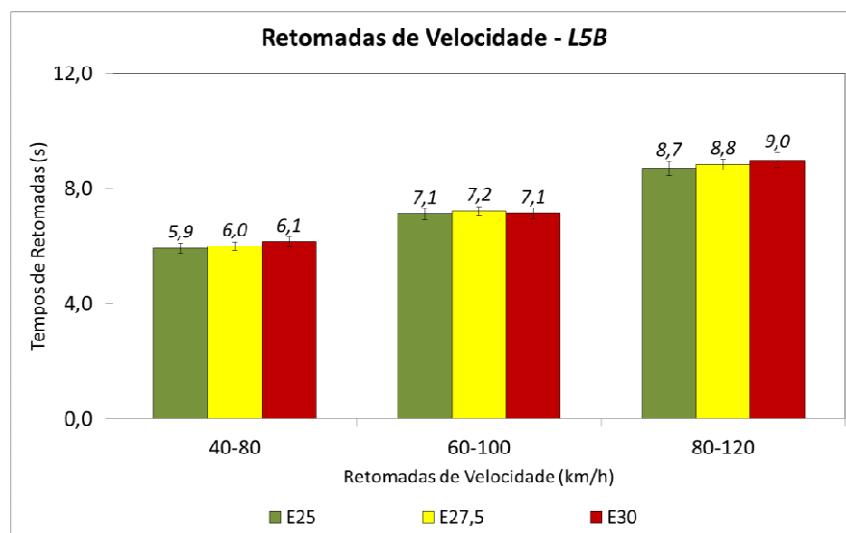


Fig. 32 - Tempos de retomadas de velocidade obtidos com o veículo L5B.

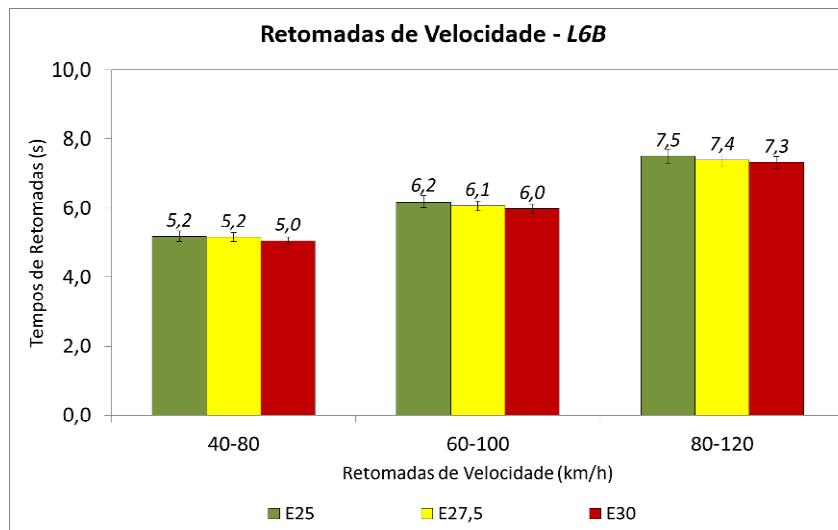


Fig. 33 - Tempos de retomadas de velocidade obtidos com o veículo L6B.

Observa-se se que em todos os casos, as diferenças entre os tempos de retomada com os combustíveis E27,5 e E30 em relação ao E25 foram da ordem de décimos de segundos. Nas tabelas XV e XVI são apresentadas as diferenças percentuais em relação ao combustível de referência E25, respectivamente para o E27,5 e E30.

Nestas tabelas, as variações negativas representam uma redução nos tempos de retomada de velocidade e, portanto, melhores desempenhos (destacados em verde). Variações positivas indicam desempenho pior (em vermelho). Quando não foi identificadas diferenças estatisticamente significativas, foi indicado como “s/dif”.

Tabela XV – Diferenças percentuais das retomadas de velocidade com E27,5 em relação ao E25.

Retomadas de Velocidade - E27,5 x E25 Diferenças Percentuais (%)

Veículos	40 -80 km/h	60 -100 km/h	80 - 120 km/h
L2B	2,6%	s/dif	s/dif
L3A	s/dif	s/dif	s/dif
L3B	s/dif	s/dif	s/dif
L4A	-1,7%	s/dif	s/dif
L5A	s/dif	s/dif	s/dif
L5B	s/dif	1,5%	s/dif
L6B	s/dif	-1,9%	-1,4%

Verifica-se que, de uma forma geral, os veículos ensaiados foram pouco sensíveis às variações do teor de etanol na gasolina de 25% para 27,5%, não havendo diferenças importantes na maioria dos ensaios. Dois dos sete veículos ensaiados (L2B e L5B) apresentaram tendências marginais de piora do desempenho e outros dois de melhora (L4A e L6B).

Tabela XVI – Diferenças percentuais das retomadas de velocidade do combustível E30 em relação ao E25.

Retomadas de Velocidade – E30 x E25
Diferenças Percentuais (%)

Veículos	40 - 80 km/h	60 - 100 km/h	80 - 120 km/h
L2B	s/dif	1,5%	s/dif
L3A	1,7%	s/dif	s/dif
L3B	1,4%	s/dif	s/dif
L4A	-3,4%	s/dif	s/dif
L5A	-1,9%	-1,5%	-1,6%
L5B	3,6%	s/dif	3,4%
L6B	-2,6%	-3,3%	-2,3%

Em relação ao uso do E30, pode-se observar que houve mais casos de diferenças estatisticamente significativas, com variações de até 3,6%. Neste caso, observa-se que, da amostra ensaiada, quatro dos sete veículos apresentaram tendências de piora no desempenho, sendo mais consistentes nos veículos de tecnologias mais antigas (L2B, L3A e L3B). Nos veículos com tecnologias mais atuais a tendência observada foi de pequena melhora no desempenho, à exceção do veículo L5B.

5.2. MOTOCICLETAS

Tal qual os ensaios de desempenho em veículos, os testes com as motocicletas também foram executados no CAEx, no entanto, conduzidos pelos profissionais enviados pela ABRACICLO para executá-los segundo procedimentos próprios, usados no segmento duas rodas. A descrição completa dos ensaios, incluindo os procedimentos dos testes, encontra-se no relatório emitido pela ABRACICLO, anexado na íntegra no anexo VI. Um resumo desse relatório é descrito nos itens 5.2.1 e 5.2.2.

5.2.1. Partida e Dirigibilidade a Frio

5.2.1.1. Metodologia de ensaio

Os ensaios foram conduzidos em container refrigerado, onde cada ensaio foi iniciado quando a temperatura do óleo atingiu 0°C. Antes de cada ensaio fez-se a remoção do combustível anterior do tanque, das linhas do sistema de alimentação e dos carburadores. As motos dotadas de injeção eletrônica foram condicionadas com reaquecimento do motor a 80°C em rotação constante em torno de 4000 rpm, para garantir o reconhecimento do novo combustível.

Maiores detalhes sobre a metodologia podem ser encontrados no anexo VI.

5.2.1.2. Resultados e Discussão

Todas as motos, com todos os combustíveis, não apresentaram dificuldades na partida a frio, exceto a PM1A, que estava equipada com peças não originais (carburador e escapamento) e apresentou problemas funcionais a baixa temperatura, com o combustível E30.

Maiores detalhes sobre os resultados obtidos podem ser encontrados no anexo VI.

5.2.2. Retomadas de Velocidade

5.2.2.1. Metodologia de ensaio

Os ensaios foram conduzidos com as motocicletas com motor aquecido (acima 80°C), estabilizando a velocidade em última marcha e acionando o acelerador de forma brusca para abertura total, cronometrando o tempo para percorrer 200 metros em aceleração. As velocidades estabelecidas variaram conforme a cilindrada de cada veículo, conforme descrito a seguir:

- 30 e 40 km/h para o modelo M3A;
- 40 e 50 km/h para os modelos PM1A, M1A e M2A;
- 50 e 60 km/h para o modelo M3B.

Foram realizadas pelo menos 6 tomadas em cada sentido da pista para cada velocidade mencionada. Considerando que as motocicletas eram usadas, foi adotado como critério de aprovação a tolerância de $\pm 0,4$ segundos sobre a média das medições para cada combustível. Antes de cada ensaio, foi

removido o combustível anterior do tanque, das linhas do sistema de alimentação e dos carburadores. Tal qual nos ensaios de partida a frio, os veículos dotados de injeção eletrônica foram condicionados com reaquecimento do motor a 80°C em rotação constante em torno de 4000 rpm, para garantir o reconhecimento do novo combustível a ser testado.

Maiores detalhes sobre a metodologia podem ser encontrados no anexo VI.

5.2.2.2. Resultados e Discussão

Durante a realização dos testes, o avaliador não identificou a presença de falhas, engasgos ou perda de desempenho significativo para os três combustíveis testados, sendo todas as motos aprovadas na condição de dirigibilidade a quente.

A variação de tempo médio entre as passagens para cada combustível são inferiores a 0,4 segundos e foram consideradas aceitáveis para as condições de uso das motocicletas e outras variáveis como vento, acente ou declive, onde não identificamos que a diferença no teor de etanol tenha influenciado os resultados.

Em relação à motocicleta M1A, a variação de tempo médio entre as passagens para cada combustível apresentaram uma dispersão mais elevada para o combustível E27,5, porém nitidamente causado por rajadas de vento lateral (relatada pelo avaliador). Porém se avaliada a média geral dos gráficos, pode-se concluir que a diferença entre os combustíveis foi muito pequena (inferior a 0,4 segundos) e considerada aceitável para as condições de uso das motocicletas.

Em relação à motocicleta PM1A, o avaliador identificou a presença de pequenas falhas e engasgos, porém basicamente iguais para os três combustíveis E25, E27,5 e E30. Nos gráficos de retomada por dispersão (anexo VI) é possível notar um ganho nos tempos (cerca de 0,3 segundos) a medida que houve aumento no teor de etanol. A provável causa pode estar relacionada ao fato do carburador desta motocicleta não ser original e também por ser cópia de uma versão mais antiga deste modelo, dotado de injetor de combustível onde a mistura ar/combustível pode se apresentar mais rica com E25% e mais adequada (pobre) com o E30%, apresentando melhora nos resultados.

Os resultados completos desses ensaios estão detalhados no anexo VI.

6. CURVAS CARACTERÍSTICAS EM BANCO DE PROVAS DE MOTOR

A motivação para realização dos ensaios de curvas de potência em motor reside na comparação dos diferentes combustíveis sob condições controladas de banco de provas, reduzindo assim o número de variáveis de influência e a variabilidade dos resultados. Optou-se por selecionar um motor que representasse a tendência das novas tecnologias de injeção direta em motores do ciclo Otto. Essas novas tecnologias atendem aos requisitos cada vez mais restritivos de redução de emissões de poluentes e aumento de eficiência energética, alinhadas com os novos desafios do programa INOVAR AUTO.

6.1. Metodologia de Ensaio

Foi utilizado um motor comercial de ignição por centelha e injeção direta de gasolina com turbo compressor e *intercooler* que equipa alguns modelos de veículos do mercado nacional. O motor possui quatro cilindros em linha e foi adaptado para trabalhar dedicado com gasolina nacional. Foi instalado num banco de provas do Laboratório de Motores do CENPES (fig.34) equipado com um dinamômetro da marca Borgui & Saveri, modelo FE 300-S, do tipo corrente parasita (*eddy current*), com potência, torque e rotação máximos, respectivamente de 220 kW, 610 Nm e 12000 rpm. O medidor de vazão mássica de combustível é da marca AVL, modelo 735S, baseado no princípio de Coriolis, e opera em conjunto com um controlador de temperatura do combustível também AVL, modelo 753C.



Fig. 34 - Motor instalado no banco de provas do CENPES.

O banco de provas possui um sistema de automação AVL *Puma Open* para controle da operação e gravação das variáveis de interesse do motor e sala de teste. O motor operou em condições controladas de forma que a temperatura e a umidade do ar de admissão antes do compressor do motor foram mantidas em $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e 50%, a água de arrefecimento do motor foi controlada em $92 \pm 2^\circ\text{C}$, a temperatura do óleo lubrificante foi limitada em 100°C e o combustível controlado em 20°C .

Foi instalada uma sonda lambda de banda larga no escapamento, antes do catalisador do motor, para monitoramento das condições da mistura ar-combustível durante os ensaios, utilizando o equipamento *Professional Lambda Meter* (PLM), da marca MoTeC.

Foram selecionadas duas situações de operação do motor, plena carga e carga parcial, contemplando avaliações de potência, eficiência energética (consumo específico de combustível, definido como a razão entre o consumo mássico horário e a potência do motor) e temperatura de escapamento antes do catalisador. As curvas de potência foram levantadas em plena carga e com 50% de carga, ou seja, 50% do torque de plena carga em cada velocidade de rotação do motor selecionada. Os valores de torque correspondentes às curvas com 50% de carga foram levantados previamente com o combustível de referência (E25) e mantidos constantes nos ensaios com os três combustíveis (E25, E27,5 e E30). Os ensaios foram realizados baseados na Norma ABNT NBR ISO 1585 (¹⁰).

Para efeito de tratamento estatístico dos dados realizaram-se três curvas de potência em plena carga e três curvas com 50% de carga para cada produto. As médias dos resultados das variáveis de interesse com os diferentes combustíveis foram comparadas estatisticamente, com a técnica ANOVA, utilizando um nível de confiança de 95%. Baseado no histórico dos ensaios do laboratório estima-se uma incerteza de medição máxima de 1,0% nos resultados das variáveis de interesse.

Antes do início da sequência das curvas de potência foi realizado um ciclo de aquecimento até que as temperaturas de água e óleo do motor atingissem os valores de regime operacional. Em cada condição operacional, o motor foi operado durante um minuto para estabilização, seguido de mais um minuto para gravação das variáveis de interesse. Foram gravados potência, consumo específico e temperatura de escapamento, sendo estas as variáveis utilizadas para comparação dos resultados dos diferentes combustíveis. A potência foi corrigida para uma condição de referência (25°C e 99 kPa de pressão ambiente) segundo a Norma ABNT NBR ISO 1585. Além das variáveis utilizadas para comparação dos resultados, foram gravadas outras, relacionadas ao controle, monitoramento do

motor e do banco de provas. Dentre elas podem ser listadas a temperatura e pressão ambiente, temperatura, umidade e pressão do ar de admissão, temperaturas da água de arrefecimento e de óleo do motor.

6.2. Resultados e Discussão

Nesta seção são apresentados os resultados de potência corrigida, consumo específico e temperatura de escapamento do motor a plena carga, utilizando os combustíveis E25, E27,5 e E30. Também são mostrados os resultados de consumo específico dos combustíveis E25, E27,5 e E30 em carga parcial.

Os resultados referentes às curvas de potência corrigida são apresentados nas figuras 35 e 36, comparando, respectivamente, o desempenho do combustível E27,5 em relação à referência E25 e o desempenho do E30 com o E25.

De forma geral, os resultados não apresentaram diferenças de potência estatisticamente significativas para os combustíveis E27,5 e E30 em relação ao E25. As diferenças máximas foram de -2,3 e -1,6%, respectivamente, somente encontradas nas rotações até 2500 rpm.

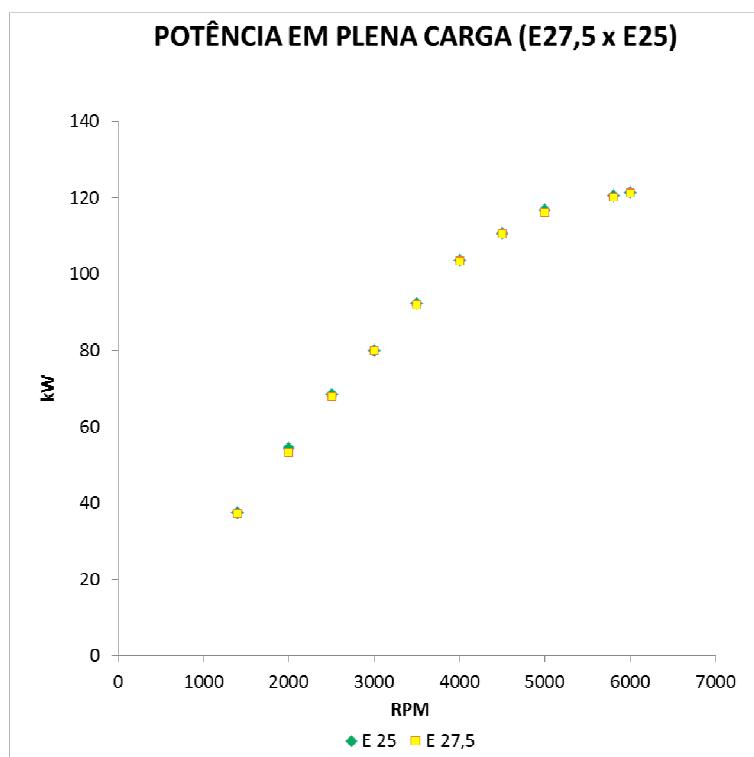


Fig. 35 – Potência em plena carga (E27,5 x E25).

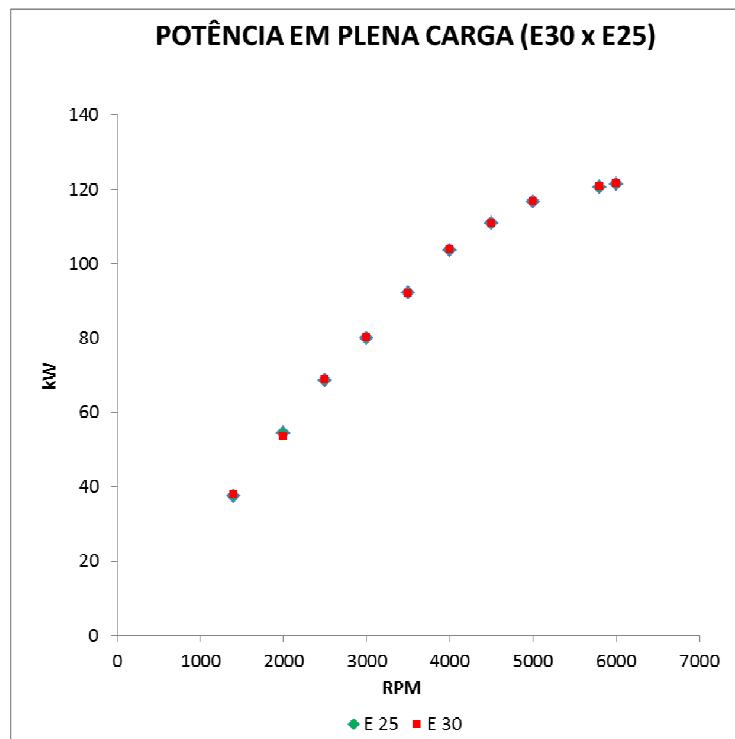


Fig. 36 – Potência em plena carga (E30 x E25).

Os resultados referentes ao consumo específico de combustível em plena carga e em carga parcial são apresentados nas figuras 37 a 40, comparando, respectivamente, o desempenho do combustível E27,5 em relação à referência E25 e do E30 com o E25.

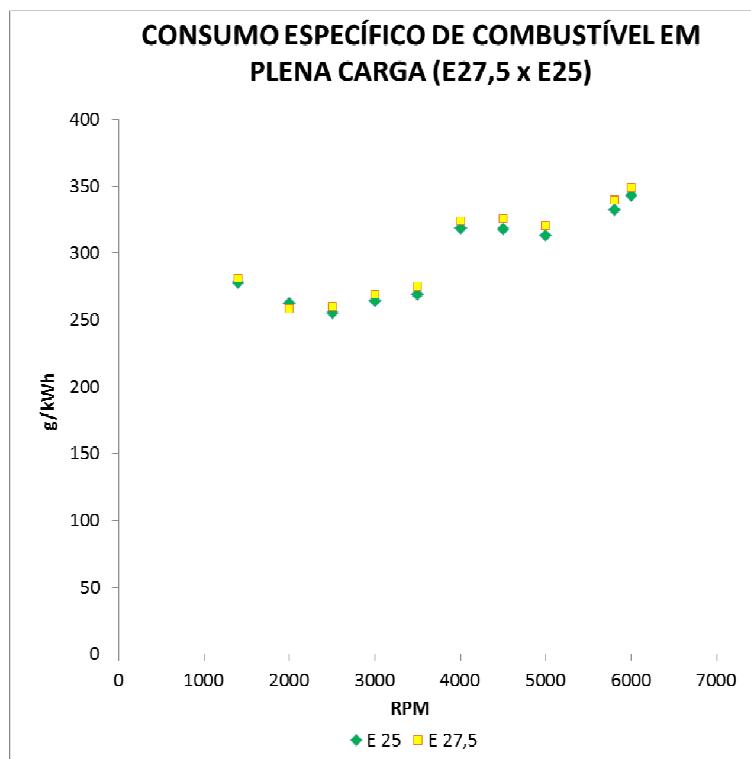


Fig. 37 – Consumo específico em plena carga (E27,5 x E25).

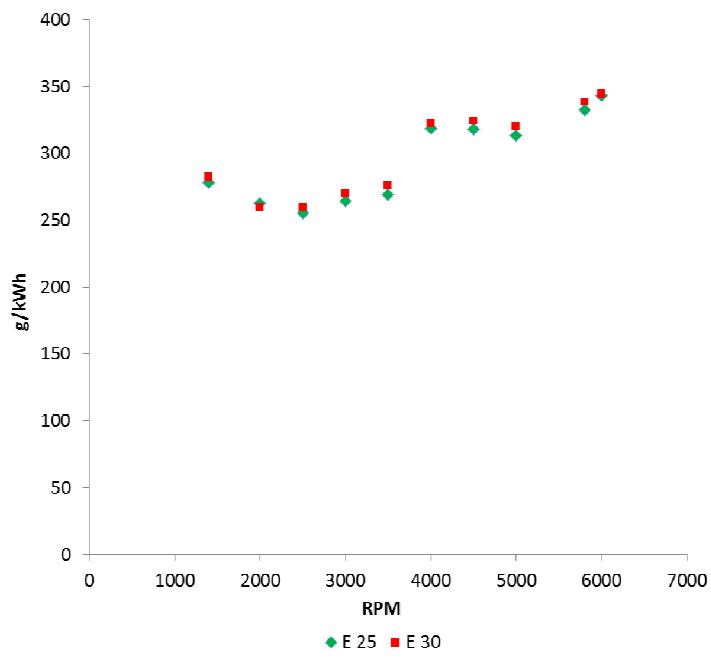
**CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL EM
PLENA CARGA (E30 x E25)**

Fig. 38 – Consumo específico em plena carga (E30 x E25).

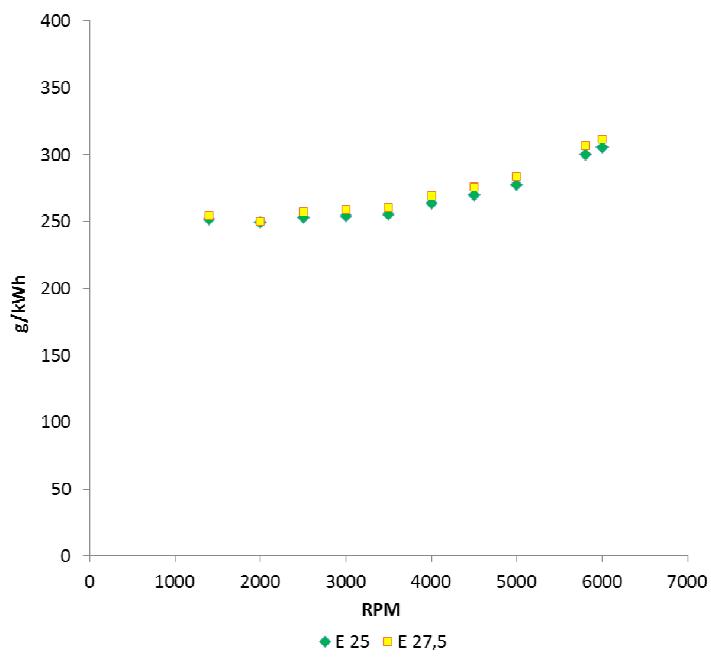
**CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL COM
50% DE CARGA (E27,5 x E25)**

Fig. 39 – Consumo específico em carga parcial (E27,5 x E25).

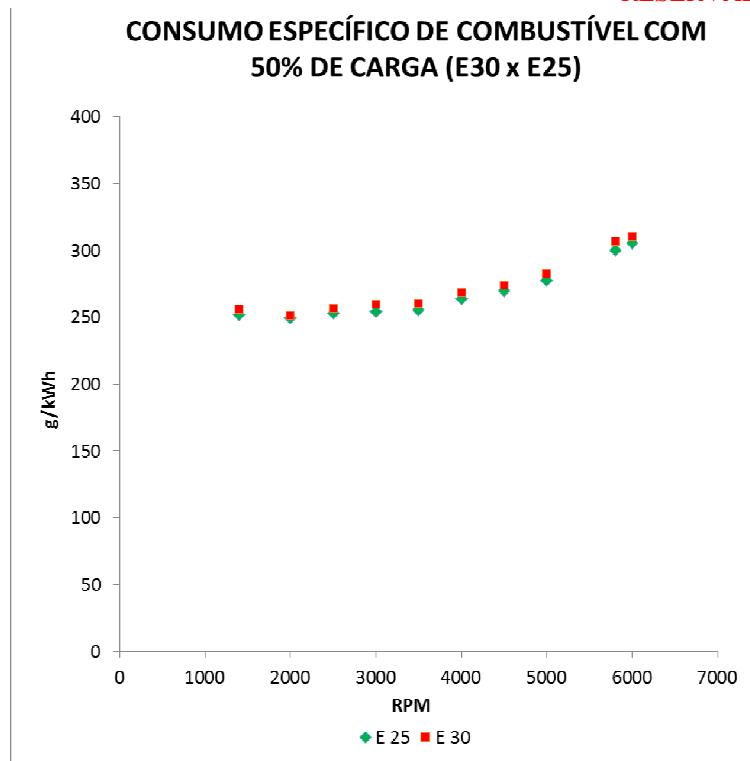


Fig. 40 – Consumo específico em carga parcial (E30 x E25).

O consumo específico tanto em plena carga, como em carga parcial, apresentou aumento de até 2,5% dos combustíveis E27,5 e E30 em relação ao E25, principalmente em função da redução do poder calorífico da mistura com a adição de maiores teores de etanol.

Com relação à temperatura de escapamento, a condição mais crítica é a de plena carga. Os resultados foram medidos antes do catalisador e estão mostrados nas figuras 41 e 42. São comparados, respectivamente, o desempenho do combustível E27,5 em relação à referência E25 e do E30 com o E25.

De maneira geral, a temperatura de escapamento em plena carga não apresentou diferenças estatisticamente significativas dos combustíveis E27,5 e E30 em relação ao E25. As variações máximas encontradas foram da ordem de 1,0%, dentro da incerteza de medição do banco de provas.

Os resultados obtidos nas curvas características de desempenho levantadas no banco de provas encontram-se no anexo V deste relatório.

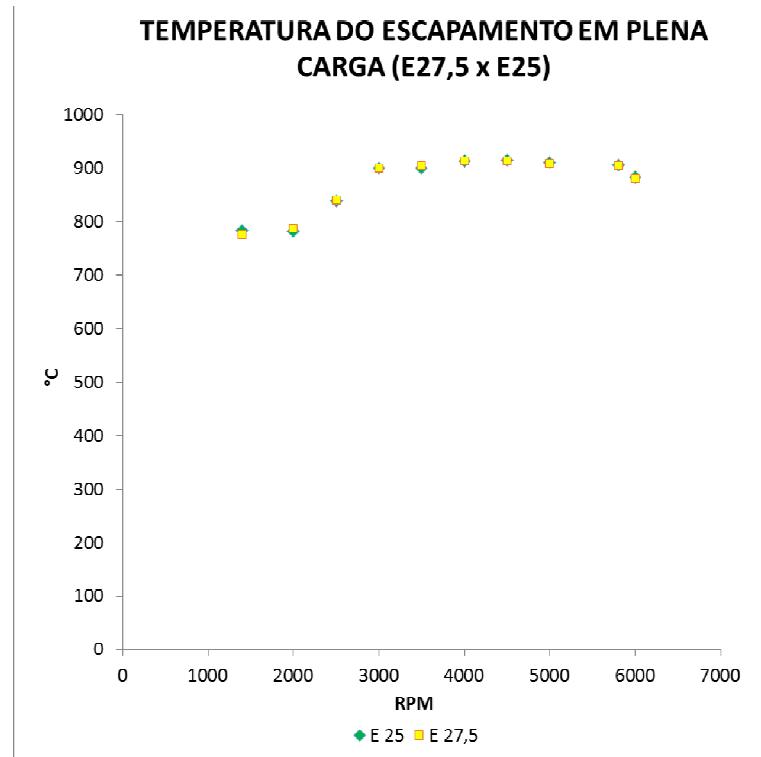


Fig. 41 – Temperatura de escapamento em plena carga (E27,5 x E25).

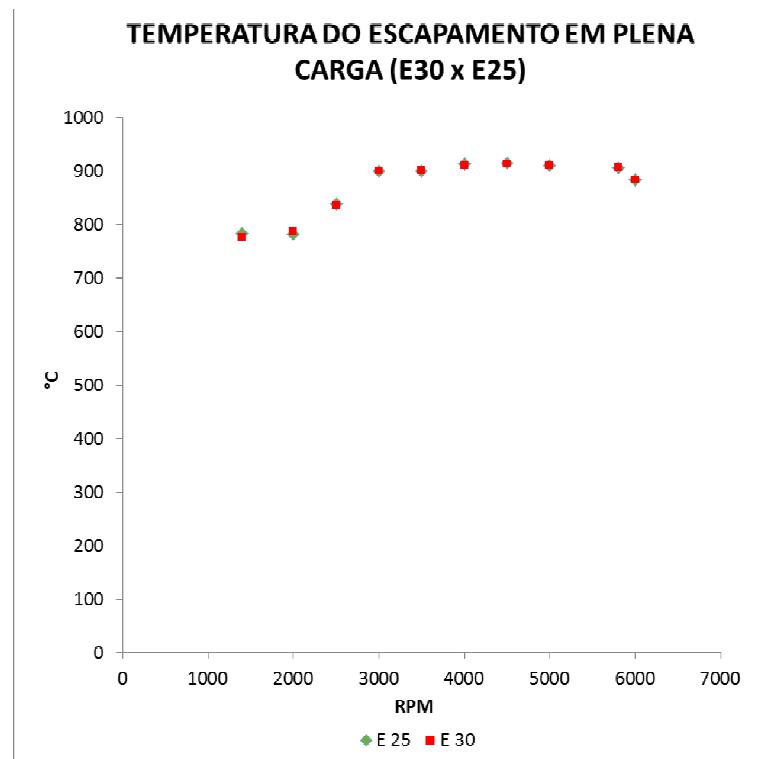


Fig. 42 – Temperatura de escapamento em plena carga (E30 x E25).

7. AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

A presença de etanol na gasolina causa alterações em suas propriedades físico-químicas, que podem afetar o desempenho dos motores. As principais vantagens associadas ao uso de etanol são: maior resistência à detonação e menor nível de emissões de CO₂. Entretanto, algumas possíveis desvantagens como o aumento do consumo, dificuldade de partida a frio, aumento da formação de goma e da volatilidade, também devem ser consideradas. Abaixo são avaliados alguns desses efeitos nas propriedades físico-químicas de misturas gasolina/etanol, para proporções de 25, 27,5 e 30% de etanol anidro na mistura.

7.1. Caracterização dos Combustíveis

Para a avaliação das propriedades físico-químicas da gasolina C com diferentes teores de etanol anidro foram selecionadas gasolinas de duas diferentes refinarias. A caracterização destes combustíveis segundo a resolução ANP 40/1013 está apresentada na tabela XVII.

Tabela XVII – Resultados de Caracterização de Gasolinas S50 (Gasolina A)

Propriedades	Métodos Utilizados	Resultados	
		AMOSTRA A 2014-013098-50	AMOSTRA B 2014-014049-26
Aspecto	Visual	LII	LII
Cor	Visual	amarelo claro	levemente amarelo
Corrosividade ao cobre	ASTM D130	1 a	1 a
Destilação: PIE, °C 10% evaporado, °C 50% evaporado, °C 90% evaporado, °C PFE, °C Resíduo, % v	ASTM D86 (automático)	33,6 54,0 101,9 167,4 206,2 1,0	31,7 53,4 95,1 162,4 204,7 1,0
Teor de Enxofre, mg/kg	ASTM D5453	32	50
Goma atual lavada, mg/100 mL	ASTM D381	1,0	< 0,5
Massa específica a 20°C, kg/m ³	ASTM D4052	739,6	731,3
Pressão de vapor a 37,8 °C, kPa	ASTM D5191	58,5	48,0
Tipos de Hidrocarbonetos: Aromáticos, % vol. Olefínicos, % vol. Saturados, % vol. Não identificados, % vol.	CG	29,2 18,4 52,1 0,3	22,0 25,3 52,2 0,5
Benzeno, % vol.	CG	1,05	0,79

LII – límpido e isento de impurezas

7.2. Avaliação da Volatilidade

O parâmetro que melhor define a volatilidade de um combustível é a pressão de vapor. Em geral, a presença de etanol na gasolina, em proporções de até 20%, aumenta a pressão de vapor, resultando em um aumento da volatilidade da gasolina C, e consequente aumento em perdas evaporativas. Em concentrações maiores de etanol, a pressão de vapor tende a diminuir⁽¹¹⁾. Os resultados de pressão de vapor nas misturas avaliadas estão apresentados na tabela XVIII.

Tabela XVIII – Avaliação da pressão de vapor de gasolinas com diferentes teores de etanol.

Pressão de vapor, KPa	Resultados (ASTM D5191)		
	E25	E27,5	E30
Amostra A	63,4	62,9	62,5
Amostra B	53,1	52,7	52,4

Embora numericamente exista uma tendência de diminuição da pressão de vapor neste intervalo, todos os resultados obtidos para as amostras A e B com 25, 27,5 e 30% de etanol anidro combustível estão dentro da incerteza do método experimental¹. Portanto, o aumento do teor de etanol anidro de 25 para 30% tem pouca influência na pressão de vapor da gasolina C.

7.3. Avaliação da Lubricidade

O conceito de lubricidade pode ser definido como sendo a capacidade de um fluido de evitar a fricção e o desgaste entre superfícies metálicas em movimento relativo, ao promover uma lubrificação. Quanto maior a lubricidade do fluido, menor será o atrito gerado e, consequentemente, menor o desgaste aferido.

Nas reuniões técnicas realizadas com o MME, a ANFAVEA demonstrou preocupação com o efeito do aumento do teor de etanol anidro sobre a lubricidade da gasolina C. Embora não seja uma propriedade de especificação da gasolina, a recente preocupação com a lubricidade da gasolina é decorrente da introdução de motores de injeção direta no mercado brasileiro que, ao trabalharem com pressões superiores aos tradicionais sistemas de injeção (PFI), tornam-se mais suscetíveis a problemas relacionados à lubricidade.

¹ A repetibilidade do método ASTM D5191⁽¹²⁾ é igual a 1,3 KPa para uma de pressão de vapor de 60Kpa. A comparação dos valores foi feita pela repetibilidade do método, uma vez que todos os resultados foram obtidos no mesmo dia, pelo mesmo técnico, sob as mesmas condições operacionais.

Não existe um método padronizado para avaliação de lubricidade da gasolina. Em geral, utiliza-se o método para óleo Diesel (ASTM D6079) do ensaio HFRR - *High Frequency Reciprocating Rig Method* adaptado para a gasolina a partir da modificação do recipiente de ensaio para prevenir perdas evaporativas excessivas.

Os resultados de lubricidade nas misturas avaliadas estão apresentados na tabela XIX.

Tabela XIX – Avaliação da lubricidade de gasolinas com diferentes teores de etanol.

Lubricidade, μm	Resultados (ASTM D6079)		
	E25	E27,5	E30
Amostra A	696	684	670
Amostra B	706	694	684

Embora numericamente exista uma tendência de melhoria da lubricidade (diminuição da ranhura) neste intervalo, todos os resultados obtidos para as amostras A e B com 25, 27,5 e 30% de etanol anidro combustível estão dentro da incerteza do método experimental². Portanto, o aumento do teor de etanol anidro na gasolina de 25 para 30% tem pouca influência na lubricidade da gasolina C.

7.4. Estabilidade à Oxidação

A degradação da gasolina com o tempo é um fenômeno natural devido à oxidação. Este fenômeno é acelerado pela presença de oxigênio, luz e aumento da temperatura. A velocidade em que ocorre varia também em função da composição química da gasolina. A oxidação da gasolina é caracterizada principalmente pela formação de goma. Este resíduo pode afetar a dirigibilidade do veículo, reduzir o desempenho do motor e aumentar as emissões de poluentes para o meio ambiente.

Em geral, a presença do etanol na gasolina contribui para a degradação do produto, acelerando o processo de oxidação. Estudos com misturas gasolina/etanol contendo 25% de etanol (¹⁴) indicaram que a adição de álcool na gasolina reduz a estabilidade da gasolina C, contribuindo para o aumento da formação de goma durante a estocagem.

Para a avaliação da estabilidade à oxidação da gasolina podem ser realizados ensaios ditos acelerados. Dos diferentes testes utilizados, o citado como mais confiável para predizer a estabilidade de gasolina é o teste de envelhecimento a 43°C, por 4, 8 ou mais semanas. Grande parte dos trabalhos publicados na literatura técnica cita que este teste reproduz, com bom grau de confiança e de forma mais rápida, o processo de oxidação à temperatura ambiente (¹⁵).

² A repetibilidade do método ASTM D6079 (¹³) é igual a 50 μm para amostras de óleo diesel; para amostras de gasolina, que utilizam um método modificado, esta incerteza é ainda maior. A comparação dos valores foi feita pela repetibilidade do método, uma vez que todos os resultados foram obtidos no mesmo dia, pelo mesmo técnico, sob as mesmas condições operacionais.

Para avaliar a influência do teor de etanol na formação de goma, as amostras avaliadas foram envelhecidas a 43 °C, usando uma adaptação do método ASTM D4625 (¹⁶), que minimiza a evaporação do combustível. O teor de goma foi então avaliado ao final de 4 e 8 semanas de estocagem para as amostras A e B. Os resultados do ensaio de envelhecimento nas misturas avaliadas estão apresentados na tabela XX. Para estes ensaios, todas as misturas foram feitas em duplicita.

Tabela XX – Ensaios de envelhecimento a 43 °C (ASTM D4625) para gasolinas com diferentes teores de etanol.

Goma atual lavada, mg/100 mL	Resultados (ASTM D381)					
	E25		E27,5		E30	
Amostra A (inicio)	< 0,5		< 0,5		< 0,5	
Amostra A, 4 semanas	< 0,5	< 0,5	1,0	2,0	< 0,5	< 0,5
Amostra A, 8 semanas	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Amostra B (início)	1,5		0,5		1,5	
Amostra B, 4 semanas	2,5	2,0	2,0	2,0	< 0,5	< 0,5
Amostra B, 8 semanas	2,5	3,0	3,0	2,0	2,5	2,5

Apesar da variabilidade numérica dos valores de goma durante os ensaios de envelhecimento, todos os resultados para o mesmo tempo de estocagem de cada amostra com 25, 27,5 e 30% de etanol estão dentro da incerteza do método experimental ³. Portanto, o aumento do teor de etanol anidro na gasolina de 25 para 30% tem pouca influência na estabilidade à oxidação da gasolina C.

³ A reprodutibilidade do método ASTM D381 (¹⁷) é igual a 2,0 mg/100 mL para valores de goma atual de 0,5 mg/ 100 mL. Como neste caso os ensaios não foram realizados no mesmo dia, usamos a reprodutibilidade do método para comparar os resultados.

8. CONCLUSÕES

Neste trabalho avaliou-se o impacto de diferentes teores de etanol adicionados à gasolina. Nessa conclusão foi dada ênfase na avaliação dos resultados obtidos com o E27,5. Para melhor entendimento, essas conclusões serão emitidas em diferentes grupos de segmento envolvido.

8.1. Veículos:

Com o aumento do teor de etanol entre os níveis de 22 e 30%v/v, considerando a amostra de 8 veículos testados, observou-se como tendência geral a manutenção ou redução nas emissões de hidrocarbonetos (THC e NMHC), CO e CO₂. A emissão de NOx dos veículos mais antigos (L2 e L3) também seguiu essa tendência, porém para os mais novos (veículos L4 em diante) ocorreu aumento em um dos veículos, enquanto para os demais não houve diferença estatisticamente significativa. No caso em que se verificou a elevação no NOx, o maior valor encontrado ficou 45% abaixo do respectivo limite do PROCONVE. Para aldeídos, observou-se um aumento da emissão em 3 veículos. Para esses, a maior emissão encontrada foi 95% abaixo do limite do PROCONVE. Com relação à autonomia (urbana e em estrada), identificou-se tendência de redução em todos os veículos.

Especificamente com relação à comparação entre os resultados obtidos com E27,5 e com E25, verificou-se mudanças estatisticamente significativas apenas para CO (redução de até 11% em 2 veículos) e autonomia (redução de 1% em outros 2 veículos).

Em relação aos ensaios de dirigibilidade e partida a frio, os veículos de teste com tecnologia mais antiga, fabricados à época da fase PROCONVE L2 e equipados com carburador eletrônico e injeção eletrônica monoponto, apresentaram falhas com os três combustíveis de teste. Considerando as condições severas de ensaio (0°C), extensas quilometragem e tempo de uso dos veículos, tais falhas não representaram restrições quanto à aplicação do E27,5. Com relação aos veículos fabricados a partir da fase PROCONVE L3 não foram observadas falhas em quaisquer das etapas dos ensaios de partida e dirigibilidade a frio, sendo todas estas concluídas normalmente.

Em relação aos ensaios de retomada de velocidade, com base na amostra ensaiada, verifica-se que o aumento do teor de etanol de 25% para 27,5% na gasolina C ocasionou variações da ordem de 2%, para mais ou para menos.

8.2. Motocicletas:

Da mesma forma que os automóveis, para as cinco motocicletas testadas, identificou-se uma tendência de redução nas emissões de THC e CO que acompanhou o aumento do teor de etanol entre os níveis de 22% v/v e 30% v/v. Para as emissões de CO₂ não houve uma tendência definida, assim como para autonomia. Na emissão de NOx, contudo, foi observada tendência de manutenção ou aumento. No caso em que se verificou a elevação desse poluente, o maior valor encontrado ficou 42% abaixo do respectivo limite do PROMOT.

Na comparação entre os resultados obtidos com E27,5 e E25, verificou-se reduções de até 7% em THC, 18% em CO e 1% na autonomia, além de uma elevação em NOx (13%) e CO₂ (3%).

Em relação aos ensaios de dirigibilidade e partida a frio e retomada de velocidade, realizados pela ABRACICLO, a mesma considerou viável a utilização do E27,5.

8.3. Curvas de Desempenho em Motor

De forma geral, os resultados de potência efetiva em plena carga não apresentaram diferenças de desempenho estatisticamente significativas para o E27,5 em relação ao E25, exceto nas condições até 2500 rpm, com reduções de 0,8% a 2,3%. O consumo específico, tanto para a condição de plena carga, como para a condição de carga parcial, apresentou aumento de até 2,5%. Em relação à temperatura de escapamento, mais crítica em plena carga, essas diferenças oscilaram em até 1% em torno dos valores obtidos para o E25, dentro da incerteza de medição do experimento.

8.4. Propriedades Físico-Químicas

Quanto às propriedades físico-químicas avaliadas, observou-se que todos os resultados ficaram dentro da incerteza dos métodos utilizados. Portanto, o aumento do teor de etanol anidro na gasolina de 25 para 27,5% tem pouca influência na pressão de vapor, lubricidade e estabilidade à oxidação da gasolina C.

Concluindo, deve-se ressaltar que possíveis efeitos dos novos teores de etanol na durabilidade de componentes não fazem parte do escopo deste trabalho. Esse estudo deverá ser realizado pela indústria automobilística e pelo segmento de ciclomotores, representados, respectivamente, pela ANFAVEA e ABRACICLO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(¹) Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários – Relatório Final 2013 – Ano Base 2012;

(²) AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), Resolução ANP nº5/2005, fevereiro de 2005;

(³) AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), Resolução ANP nº6/2005, fevereiro de 2005;

(⁴) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Determinação de Hidrocarbonetos, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrogênio e Dióxido de Carbono no Gás de Escapamento - ABNT NBR 6601, setembro de 2012;

(⁵) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Veículos rodoviários automotores leves - Determinação de aldeídos e cetonas contidos no gás de escapamento, por cromatografia líquida - Método DNPH – ABNT NBR 12026, abril de 2009;

(⁶) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Veículos Rodoviários Automotores Leves – Medição do Consumo de Combustível – Método de Ensaio - ABNT NBR 7024, novembro de 2006;

(⁷)) Montgomery D. C., George C. R.; Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros – LTC Editora, 2003;

(⁸) Parlamento Europeu, Diretiva 97/24/CE, 1997;

(⁹) SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, “Vehicle Acceleration Measurement”, SAE Recommended Practice J1491, July 2006;

(¹⁰) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Veículos rodoviários - Código de ensaio de motores - Potência líquida efetiva, ABNT NBR ISO 1585, junho de 1996;

(¹¹) Orbital Engine Company. A Literature Review Based Assessment on the Impacts of a 10% and 20% Ethanol Gasoline Fuel Blend on Non-Automotive Engines, Report to Environment Australia, 2002;

(¹²) ASTM D5191 Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Mini Method).

United States: ASTM International, 2013;

(¹³) ASTM D6079 Standard Test Method for Evaluating Lubricity of Diesel Fuels by the High-Frequency Reciprocating Rig (HFRR). United States: ASTM International, 2011;

(¹⁴) Martins, Claudio S. V. e Alchorne, Jorge A. Exportação de etanol e misturas gasolina-etanol - Aspectos relativos à qualidade dos produtos. PETROBRAS, CENPES, Combustíveis, 2006. (Relatório Técnico COMB 005/2006);

(¹⁵) D'Ornellas, Claudia V. e Alchorne, J. A. Adequação da qualidade da gasolina quanto a estabilidade à estocagem. PETROBRAS, CENPES, Divisão de Tecnologia de Produtos, 1997 (Relatório DIPROD 003/97).

(¹⁶) ASTM D381 Standard Test Method for Gum Content in Fuels by Jet Evaporation. United States: ASTM International, 2012;

(¹⁷) Jeuland, N., Montagne, X. e Gautrot, X. Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine, Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 59 (6), pp. 559-570, 2004.

ANEXO I

OFÍCIO MME nº 065/2014

48380.000858/2014-00



Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis
Esplanada dos Ministérios, Bloco "U", 9º andar, sala 952
70065-900 – Brasília - DF
Telefone (61) 2032-5029 / spg@mme.gov.br

Ofício nº 065/2014-SPG-MME

Brasília, 2 de junho de 2014.

Ao Senhor
Antônio Augusto Almeida Faria
Chefe de Gabinete da Presidência da Petróleo Brasileiro S.A.
Av. República do Chile, 65 - 23º andar
20031-912 Rio de Janeiro - RJ

Assunto: **Avaliação da utilização de percentuais superiores 25% de mistura de etanol anidro à gasolina**

Senhor Chefe de Gabinete,

1. O Ministério de Minas e Energia está incumbido de coordenar a elaboração dos estudos, com o apoio da Petrobras/CENPES, para avaliação da viabilidade técnica da adição de até 27,5% de etanol anidro à gasolina. Os estudos englobarão a realização de testes específicos que irão acompanhar o desempenho dos veículos, o consumo de combustíveis e o nível de emissões.

2. O primeiro passo dos trabalhos será a elaboração de um termo de referência, que balizará a abrangência dos estudos e os resultados a serem alcançados.

3. Neste sentido, solicito a indicação de representantes técnicos da Petróleo Brasileiro S.A. e do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento – CENPES, para compor o Grupo que irá conduzir os trabalhos.

4. A primeira reunião será realizada em Brasília, **no dia 05 de junho de 2014**, neste Ministério de Minas e Energia, **às 10h00, na sala 952**, para a qual, aproveitamos a oportunidade para convidar os representantes a serem indicados pela Petrobras.

Atenciosamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Almeida".

MARCO ANTÔNIO MARTINS ALMEIDA
Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis

ANEXO II**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS COMBUSTÍVEIS**

Resultados de caracterização de gasolina Padrão – Testes de Emissões e Autonomia

Propriedades	Métodos Utilizados	Resultados				
		Gasolina A C 057/14 2014-012310-53	Gasolina E22 C 061/14 2014-013406-93	Gasolina E25 C 062/14 2014-013427-18	Gasolina E27,5 C 063/14 2014-013476-04	Gasolina E30 C 064/14 2014-013562-63
Aspecto	Visual	LII	LII	LII	LII	LII
Cor	Visual	amarelo claro	alaranjado	alaranjado	alaranjado	alaranjado
Teor de etanol	NBR 13992	-	22	24	26,5	30
Corrosividade ao cobre	ASTM D130	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
Destilação: PIE, °C 10% evaporado, °C 50% evaporado, °C 90% evaporado, °C PFE, °C Resíduo, %v	ASTM D86 (automático)	33,2 55,4 101,1 168,2 199,1 0,6	35,4 53,9 72,5 161,2 194,8 1,2	34,7 53,1 72,6 158,5 195,0 1,1	36,0 53,3 72,8 156,3 194,3 1,1	37,1 55,2 73,6 155,4 194,4 1,1
Enxofre, mg/kg		ASTM D5453	17	15	14	14
Goma atual lavada, mg/100 mL		ASTM D381	1,5	1,5	1,0	1,5
Massa específica a 20°C, kg/m³		ASTM D4052	731,4	744,8	745,1	749,8
Período de Indução. Minutos		ASTM D525	> 720	> 720	> 720	> 720
Pressão de vapor a 37,8 °C, kPa		ASTM D5191	54,8	56,5	58,2	56,7
Tipos de Hidrocarbonetos: Aromáticos, %v Olefínicos, %v Saturados, %v Não identificados, %v	CG N 2377	27,7 9,4 62,3 0,6	ND	ND	ND	ND
Benzeno, %v		CG	0,18	ND	ND	ND
C, % m	ASTM 5291	86,3	78,2	77,1	75,6	75,0
H, % m	ASTM 5291	13,7	13,5	13,5	13,5	13,6
O, % m	ASTM 5622	-	8,3	9,4	10,9	11,4
Poder calorífico bruto, MJ/Kg	ASTM D4809	46,539	42,392	41,903	41,658	40,729
Lubricidade	ASTM D6079	764	691	681	671	679

LII = Límpido e isento de impurezas

Resultados de caracterização da gasolina Comercial S50 – Testes de desempenho

Propriedades	Métodos Utilizados	Gasolina A (C066/2014)	Gasolina E22 (C 071/2014)	Gasolina E 25 (C068/2014)	Gasolina E27,5 (C070/2014)	Gasolina E30 (C072/2014)
		2014-014049-26	2014-015433-73	2014-015159-14	2014-015171-00	2014-015437-05
Aspecto	Visual	LII	LII	LII	LII	LII
Cor	Visual	levemente amarelo	alaranjado	alaranjado	alaranjado	alaranjado
Teor de etanol	NBR 13992	-	22	24	27,5	30
Corrosividade ao cobre	ASTM D130	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
Destilação: PIE, °C 10% evaporado, °C 50% evaporado, °C 90% evaporado, °C PFE, °C Resíduo, %v	ASTM D86 (automático)	31,7 53,4 95,1 162,4 204,7 1,0	36,6 53,7 70,9 157,4 201,5 1,1	35,8 54,8 71,7 158,7 199,8 1,1	36,2 54,8 71,9 154,7 199,8 1,2	36,4 55,1 72,1 153,2 198,2 1,1
Enxofre, mg/kg	ASTM D5453	50	37	36	35	34
Goma atual lavada, mg/100 mL	ASTM D381	<0,5	0,5	1,0	1,5	1,0
Período de indução	ASTM D525	-	> 720	> 720	> 720	> 720
Massa específica a 20°C, kg/m³	ASTM D4052	731,3	746,0	746,9	750,4	751,0
Pressão de vapor a 37,8 °C, kPa	ASTM D5191	48	59,9	60,3	59,0	57,8
Tipos de Hidrocarbonetos: Aromáticos, %v Olefínicos, %v Saturados, %v	CG	22,0 25,3 52,2	ND	ND	ND	ND
Benzeno, %v	ASTM D3606	0,80	ND	ND	ND	ND
C, % m	ASTM 5291	86,3	78,7	77,4	76,8	75,7
H, % m	ASTM 5291	13,7	13,6	13,5	13,6	13,6
O, % m	ASTM 5622	-	7,7	9,1	9,6	10,7
Poder calorífico bruto, MJ/Kg	ASTM D4809	46,684	42,364	41,819	41,224	41,171
Lubricidade	ASTM D6079	681	705	685	691	675

LII = Límpido e isento de impurezas

Resultados de caracterização do etanol anidro (C051/2014)

Ensaios	Métodos Referência	Limites ⁽¹⁾	2014-010347-38
Aspecto	Visual	LII	LII
Cor	Visual	(2)	laranja
Acidez total, mg/L	NBR 9866	30 máx.	14,4
Condutividade elétrica, $\mu\text{S}/\text{m}$	NBR 10547	389 máx.	103
Massa específica a 20°C, kg/m^3	ASTM D4052	791,5 máx.	789,4
Teor alcoólico, %massa	NBR 5992	99,3 mín.	99,9
Resíduo por evaporação, mg/100 mL	NBR 8644	5 máx.	2
Teor de hidrocarbonetos, % vol.	NBR 13993	3 máx.	0
Sódio, mg/kg	NBR 10422	2 máx.	1,4
Ferro, mg/kg	NBR 11331	5 máx.	< 0,1
Sulfato, mg/kg	NBR 10894	4 máx.	0,14
Cloreto, mg/kg	NBR 10894	1 máx.	0,19

LII = Límpido e isento de impureza

(1) Resolução ANP n^º 7, de 9 de fevereiro de 2011.

(2) Laranja após adição do corante especificado

ANEXO III**RESULTADOS DE EMISSÕES DE POLUENTES E AUTONOMIA**

Resultados de emissões e autonomia em veículos

Veículo	Teor de Etanol (%v/v)	THC (L2, L3), NMHC (L4, L5, L6) (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	Aldeídos Totais (g/km)	CO2 (g/km)	Autonomia Urbana (km/L)	Autonomia em Estrada (km/L)
L2A	22	1,516	4,103	0,899		184,467	11,11	16,88
L2A	22	1,644	4,024	0,912	0,08599	185,204	11,05	16,94
L2A	22	1,516	4,013	0,905	0,08027	186,147	11,02	16,82
L2A	25	1,549	3,635	0,915	0,11465	188,995	10,76	
L2A	25	1,545	3,841	0,911	0,11568	191,994	10,59	16,66
L2A	25	1,498	3,853	0,913	0,11312	191,403	10,63	16,46
L2A	27,5	1,395	3,287	0,896	0,08887	188,589	10,74	16,66
L2A	27,5	1,447	3,278	0,884	0,07232	189,909	10,66	16,68
L2A	27,5	1,417	3,421	0,892	0,08219	188,509	10,72	16,65
L2A	30	1,468	2,715	0,849	0,12932	188,918	10,65	16,49
L2A	30	1,496	2,763	0,866	0,12867	189,918	10,58	16,49
L2A	30	1,494	2,874	0,903	0,13143	190,811	10,53	16,42
L2B	22	0,460	6,549	0,529		173,501	11,74	16,76
L2B	22	0,478	6,216	0,561	0,01602	171,631	11,89	17,01
L2B	22	0,454	6,047	0,515	0,01556	170,408	11,99	17,24
L2B	25	0,479	5,364	0,514		174,676	11,64	16,76
L2B	25	0,443	5,814	0,51	0,0196	175,442	11,554	16,76
L2B	25	0,469	5,511	0,493	0,0206	171,626	11,821	17,003
L2B	25	0,482	5,964	0,512	0,0232	173,889	11,628	16,846
L2B	25	0,453	5,547	0,525		174,053	11,67	16,78
L2B	25	0,434	5,588	0,529		173,573	11,70	16,69
L2B	27,5	0,417	4,955	0,549	0,01870	174,131	11,61	16,76
L2B	27,5	0,424	5,445	0,513	0,01540	174,680	11,53	16,66
L2B	27,5	0,437	5,421	0,516	0,01160	173,431	11,60	16,67
L2B	30	0,416	4,778	0,500	0,01663	171,586	11,67	16,60
L2B	30	0,412	4,672	0,525	0,02324	171,256	11,71	
L2B	30	0,443	4,921	0,537	0,02563	170,956	11,69	16,68
L3A	22	0,371	2,392	0,892	0,00886	180,887	11,70	16,46
L3A	22	0,368	2,295	0,864	0,00805	177,044	11,96	16,53
L3A	22	0,358	2,366	0,887	0,00915	181,648	11,66	16,50
L3A	25	0,331	2,211	0,875		177,467	11,81	16,70
L3A	25	0,339	2,332	0,860	0,01222	178,733	11,71	16,73
L3A	25	0,350	2,301	0,864	0,01171	175,462	11,93	16,73
L3A	27,5	0,354	3,397	0,889		177,342	11,67	16,70
L3A	27,5	0,350	2,309	0,883		178,239	11,63	16,73
L3A	27,5	0,369	2,361	0,845		177,022	11,70	16,73
L3A	27,5	0,367	2,113	0,833	0,01068	174,875	11,861	16,71
L3A	27,5	0,353	2,145	0,861	0,01236	177,637	11,681	
L3A	30	0,348	1,977	0,896	0,01674	175,170	11,74	16,41
L3A	30	0,352	2,369	0,858	0,01464	175,034	11,71	16,48
L3A	30	0,360	2,371	0,884	0,01186	177,092	11,57	16,39
L3B	22	0,324	2,842	0,444	0,00699	202,292	10,47	14,86
L3B	22	0,332	3,064	0,439	0,00822	205,165	10,30	14,84
L3B	22	0,304	3,177	0,441	0,00677	205,104	10,30	14,89
L3B	25	0,292	2,821	0,447		203,566	10,29	14,77
L3B	25	0,284	2,894	0,426		202,130	10,35	14,76
L3B	25	0,307	3,047	0,456	0,00598	204,451	10,22	14,66
L3B	25	0,308	3,059	0,442	0,01013	204,686	10,21	14,79
L3B	27,5	0,282	2,668	0,440	0,00688	202,374	10,25	14,67
L3B	27,5	0,324	3,036	0,431	0,00698	203,711	10,15	14,70
L3B	27,5	0,309	2,998	0,434	0,00674	202,123	10,24	14,65
L3B	30	0,283	2,756	0,427	0,00973	200,784	10,22	14,57
L3B	30	0,272	2,889	0,413	0,01033	202,028	10,15	14,53
L3B	30	0,285	2,960	0,409	0,01053	202,229	10,14	14,55
L4A	22	0,072	0,964	0,121	0,00230	219,893	9,81	13,10
L4A	22	0,070	1,004	0,105	0,00230	221,144	9,75	13,05
L4A	22	0,066	0,921	0,108	0,00218	220,818	9,77	13,06
L4A	25	0,072	0,948	0,114	0,00206	221,261	9,94	12,91
L4A	25	0,065	0,842	0,125	0,00259	218,675	9,76	13,04
L4A	25	0,061	0,830	0,109	0,00269	220,128	9,70	12,89
L4A	27,5	0,066	0,874	0,116	0,00197	218,561	9,66	12,83
L4A	27,5	0,068	0,864	0,109	0,00262	219,907	9,60	12,90
L4A	27,5	0,062	0,785	0,110		219,021	9,65	12,90
L4A	30	0,063	0,804	0,117	0,00304	215,770	9,69	12,54
L4A	30	0,065	0,821	0,126	0,00288	217,480	9,62	12,79
L4A	30	0,065	0,843	0,115	0,00292	218,161	9,59	12,69

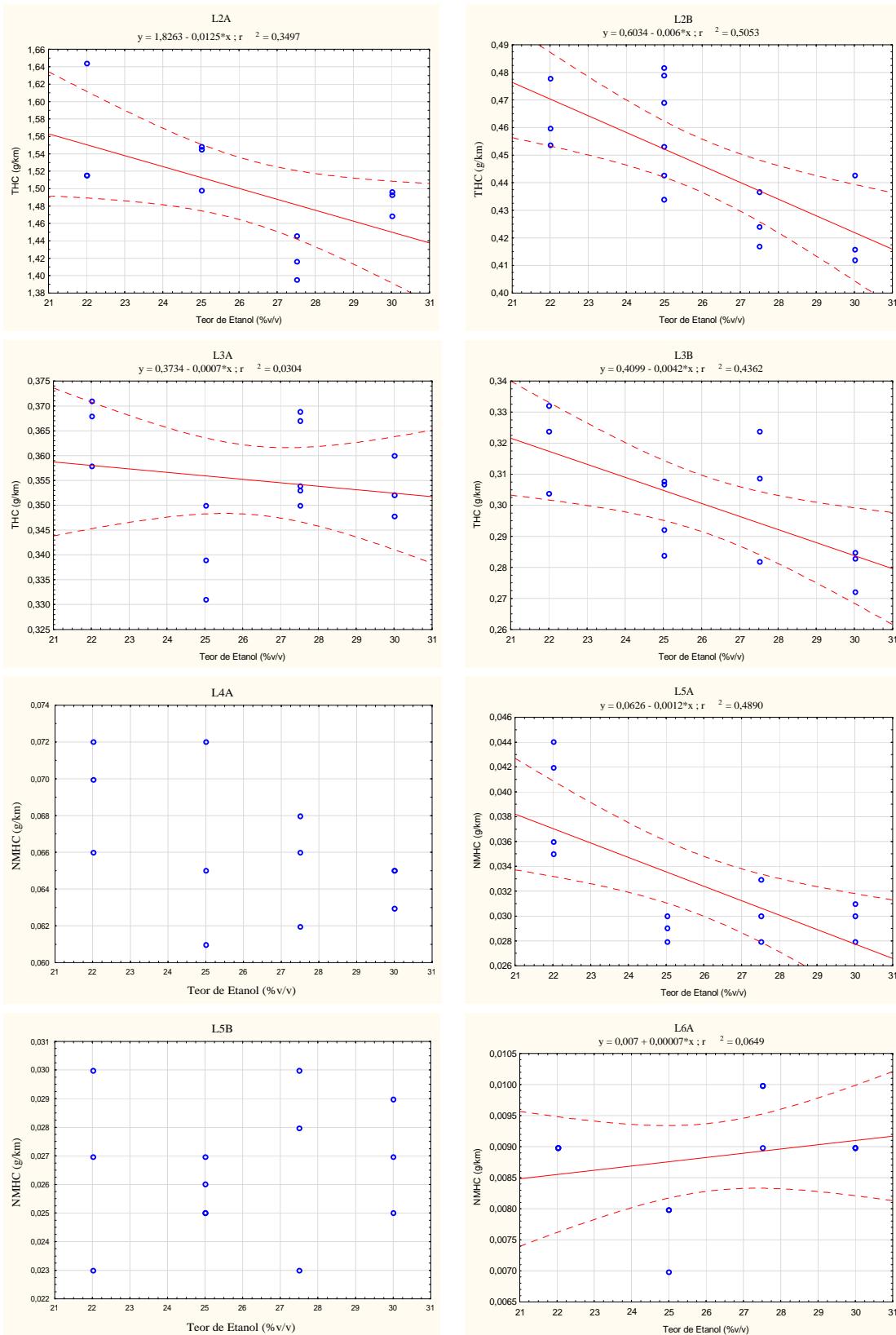
Veículo	Teor de Etanol (%v/v)	THC (L2, L3), NMHC (L4, L5, L6) (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	Aldeídos Totais (g/km)	CO2 (g/km)	Autonomia Urbana (km/L)	Autonomia em Estrada (km/L)
L5A	22	0,036	0,403	0,045	0,00131	167,619	12,91	17,19
L5A	22	0,042	0,383	0,059	0,00142	165,241	13,10	17,19
L5A	22	0,044	0,346	0,050	0,00143	165,508	13,08	17,13
L5A	22	0,035	0,322	0,056	0,00115	166,020	13,05	17,22
L5A	25	0,028	0,290	0,055	0,00120	163,255	13,12	17,14
L5A	25	0,030	0,299	0,063	0,00123	163,050	13,13	17,15
L5A	25	0,029	0,309	0,054	0,00124	164,145	13,04	16,76
L5A	27,5	0,030	0,325	0,054	0,00115	165,791	12,78	16,87
L5A	27,5	0,033	0,299	0,060	0,00116	166,929	12,70	16,92
L5A	27,5	0,028	0,297	0,058	0,00138	166,182	12,76	16,95
L5A	30	0,030	0,318	0,064	0,00116	167,368	12,54	16,36
L5A	30	0,028	0,267	0,060	0,00141	165,090	12,72	16,86
L5A	30	0,031	0,294	0,075	0,00174	165,853	12,65	16,66
L5B	22	0,030	0,409	0,034	0,00029	190,706	11,36	15,14
L5B	22	0,023	0,395	0,039	0,00014	189,109	11,46	15,40
L5B	22	0,027	0,439	0,050	0,00023	187,704	11,54	15,47
L5B	25	0,027	0,444	0,046		186,644	11,46	15,01
L5B	25	0,026	0,505	0,061	0,00015	189,336	11,30	
L5B	25	0,025	0,521	0,06	0,00024	187,579	11,40	15,17
L5B	25	0,025	0,487	0,054	0,00021	187,829	11,39	15,14
L5B	27,5	0,023	0,392	0,05	0,0003	190,481	11,13	14,80
L5B	27,5	0,030	0,506	0,049	0,0004	190,487	11,12	14,92
L5B	27,5	0,028	0,471	0,045		189,899	11,15	14,96
L5B	30	0,025	0,500	0,070	0,00030	186,243	11,25	14,88
L5B	30	0,027	0,474	0,057	0,00030	185,900	11,28	14,92
L5B	30	0,029	0,469	0,055		186,422	11,25	14,90
L6A	22	0,009	0,118	0,020	0,00006	205,334	10,58	14,66
L6A	22	0,009	0,123	0,022	0,00008	205,565	10,57	14,71
L6A	22	0,009	0,118	0,026	0,00007	205,568	10,57	
L6A	25	0,008	0,112	0,023	0,00010	201,651	10,65	14,68
L6A	25	0,008	0,127	0,027	0,00010	203,369	10,55	14,71
L6A	25	0,007	0,105	0,030	0,00031	203,173	10,69	14,83
L6A	27,5	0,010	0,119	0,033	0,00006	202,831	10,48	14,60
L6A	27,5	0,009	0,112	0,028	0,00010	203,217	10,46	14,57
L6A	27,5	0,010	0,109	0,035	0,00010	203,315	10,45	14,53
L6A	30	0,009	0,116	0,032	0,00012	201,631	10,43	14,68
L6A	30	0,009	0,124	0,025	0,00019	202,817	10,37	14,71
L6A	30	0,009	0,129	0,020	0,00018	201,173	10,46	14,55

Resultados de emissões e autonomia em motocicletas

Moto	Teor de Etanol (%v/v)	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)	Autonomia (km/L)
PM1A	22	1,361	13,782	0,148	35,386	35,44
PM1A	22	1,391	13,177	0,153	34,960	36,20
PM1A	22	1,388	14,066	0,127	34,186	35,83
PM1A	25	1,262	11,925	0,161	35,089	37,16
PM1A	25	1,250	12,269	0,171	35,812	36,39
PM1A	25	1,221	12,007	0,154	35,832	36,69
PM1A	25	1,235	12,335	0,148	35,632	36,46
PM1A	27,5	1,171	10,792	0,172	36,829	37,00
PM1A	27,5	1,181	10,489	0,180	36,715	37,36
PM1A	27,5	1,191	10,494	0,178	36,566	37,43
PM1A	27,5	1,197	10,314	0,192	36,848	37,42
PM1A	30	1,040	8,934	0,204	39,158	37,28
PM1A	30	1,121	9,374	0,213	38,231	37,26
PM1A	30	1,119	9,682	0,210	38,341	36,88
M1A	22	0,828	8,426	0,113	37,778	40,54
M1A	22	0,867	8,659	0,104	36,788	40,92
M1A	22	0,825	8,494	0,116	37,485	40,68
M1A	25	0,789	7,349	0,105	36,984	42,11
M1A	25	0,772	7,589	0,100	38,754	40,45
M1A	25	0,776	7,356	0,102	37,644	41,59
M1A	27,5	0,769	7,425	0,108	38,927	40,11
M1A	27,5	0,75	7,171	0,116	38,454	40,83
M1A	27,5	0,81	7,254	0,114	37,949	40,98
M1A	30	0,779	6,566	0,107	40,846	39,27
M1A	30	0,758	6,534	0,110	40,609	39,53
M1A	30	0,762	6,665	0,108	40,561	39,40
M2A	22	0,844	6,045	0,158	43,699	38,92
M2A	22	0,791	5,418	0,163	43,297	40,03
M2A	22	0,683	6,050	0,156	43,575	39,36
M2A	25	0,774	5,466	0,184	43,784	39,19
M2A	25	0,752	5,403	0,184	44,136	39,06
M2A	25	0,697	5,643	0,174	43,933	39,06
M2A	27,5	0,812	3,607	0,214	43,286	41,28
M2A	27,5	0,811	3,387	0,222	43,822	41,14
M2A	27,5	0,850	3,819	0,218	43,003	41,15
M2A	30	0,867	3,157	0,231	43,498	41,13
M2A	30	0,897	3,340	0,230	43,405	40,89
M2A	30	0,867	3,313	0,227	43,868	40,64
M3A	22	0,242	1,400	0,086	41,211	49,22
M3A	22	0,240	1,397	0,088	41,549	48,86
M3A	22	0,248	1,385	0,082	41,401	49,02
M3A	25	0,241	1,352	0,082	41,586	48,32
M3A	25	0,237	1,340	0,082	41,171	48,81
M3A	25	0,244	1,361	0,083	41,391	48,50
M3A	27,5	0,217	1,217	0,082	41,426	48,32
M3A	27,5	0,219	1,274	0,084	41,353	48,30
M3A	27,5	0,231	1,380	0,081	41,273	48,16
M3A	30	0,234	1,179	0,088	41,205	48,08
M3A	30	0,231	1,147	0,087	41,130	48,23
M3A	30	0,233	1,180	0,087	41,418	47,85
M3A	30	0,222	1,213	0,087	41,243	48,02
M3B	22	0,208	3,613	0,067	76,591	26,22
M3B	22	0,210	3,625	0,068	76,993	26,09
M3B	22	0,205	3,756	0,067	76,876	26,06
M3B	25	0,219	3,582	0,067	77,521	25,63
M3B	25	0,218	3,269	0,069	77,933	25,65
M3B	25	0,215	3,528	0,065	77,907	25,54
M3B	25	0,216	3,462	0,065	77,574	25,67
M3B	27,5	0,195	3,200	0,068	77,451	25,60
M3B	27,5	0,203	3,320	0,067	76,878	25,71
M3B	27,5	0,198	2,888	0,071	77,726	25,66
M3B	30	0,162	2,804	0,067	72,705	27,13
M3B	30	0,156	2,854	0,068	72,142	27,31
M3B	30	0,158	2,995	0,063	71,953	27,29

Representação Gráfica dos pontos experimentais, Regressão Linear e erro do ajuste para os veículos

THC (L2, L3) e NMHC (L4, L5 e L6)



Nota: Não foram apresentados os modelos de regressão dos veículos L4A e L5B pela ANOVA não ter indicado que a influência do combustível é significativa a um nível $p \leq 0,05$.

Fig.43 - Emissões de THC (L2, L3) e NMHC (L4, L5 e L6)

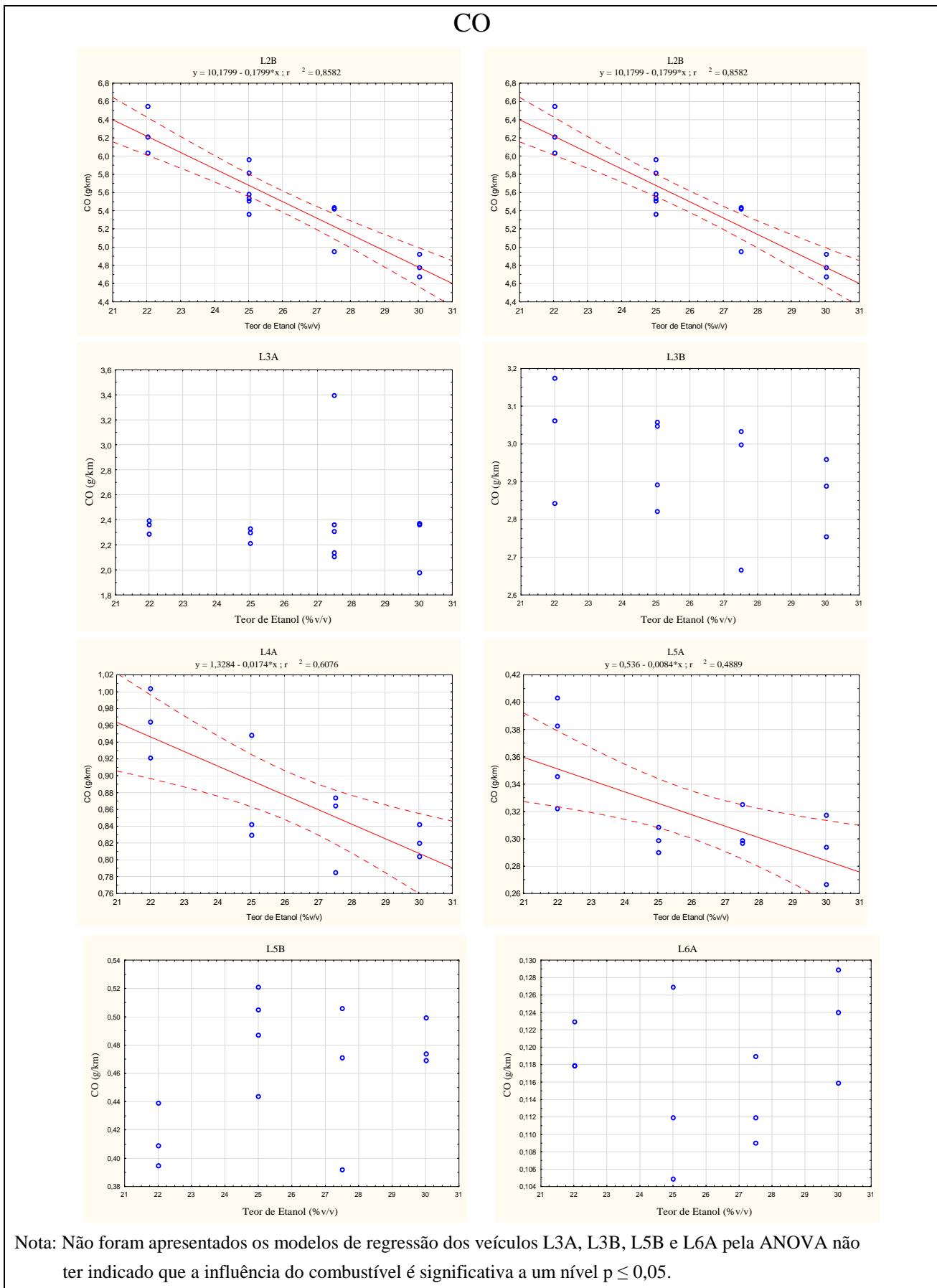


Fig. 44 - Emissões de CO nos automóveis testados

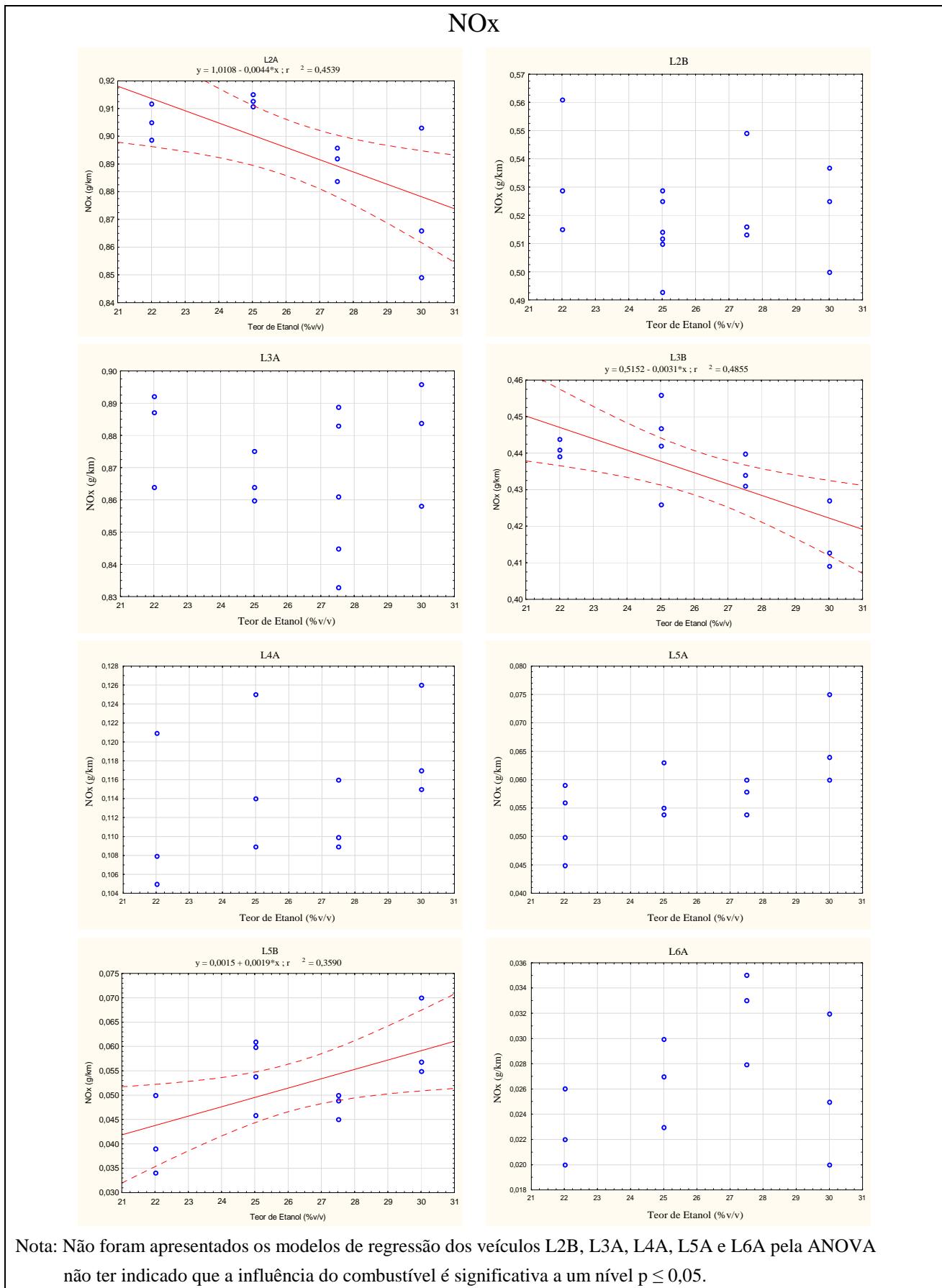
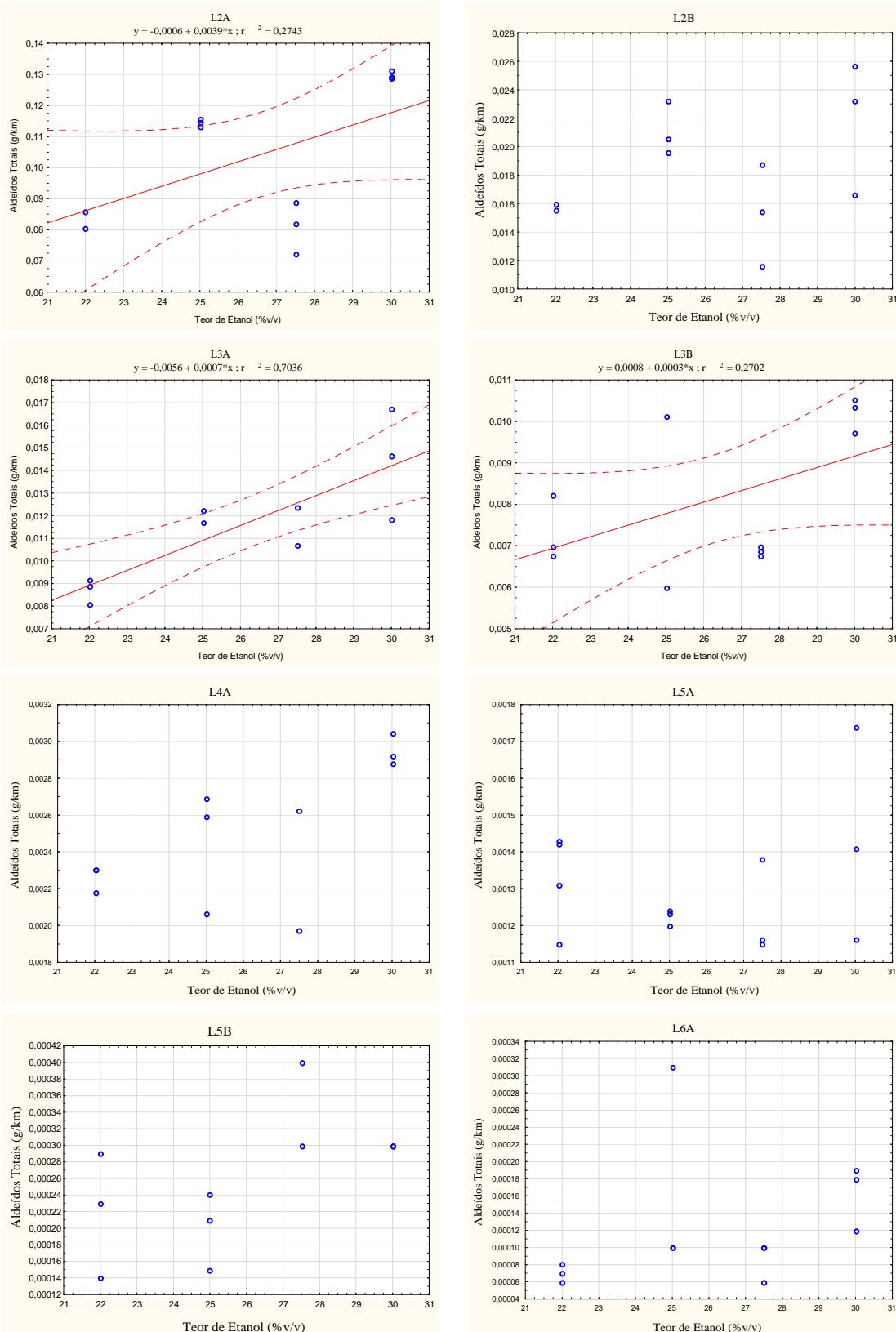


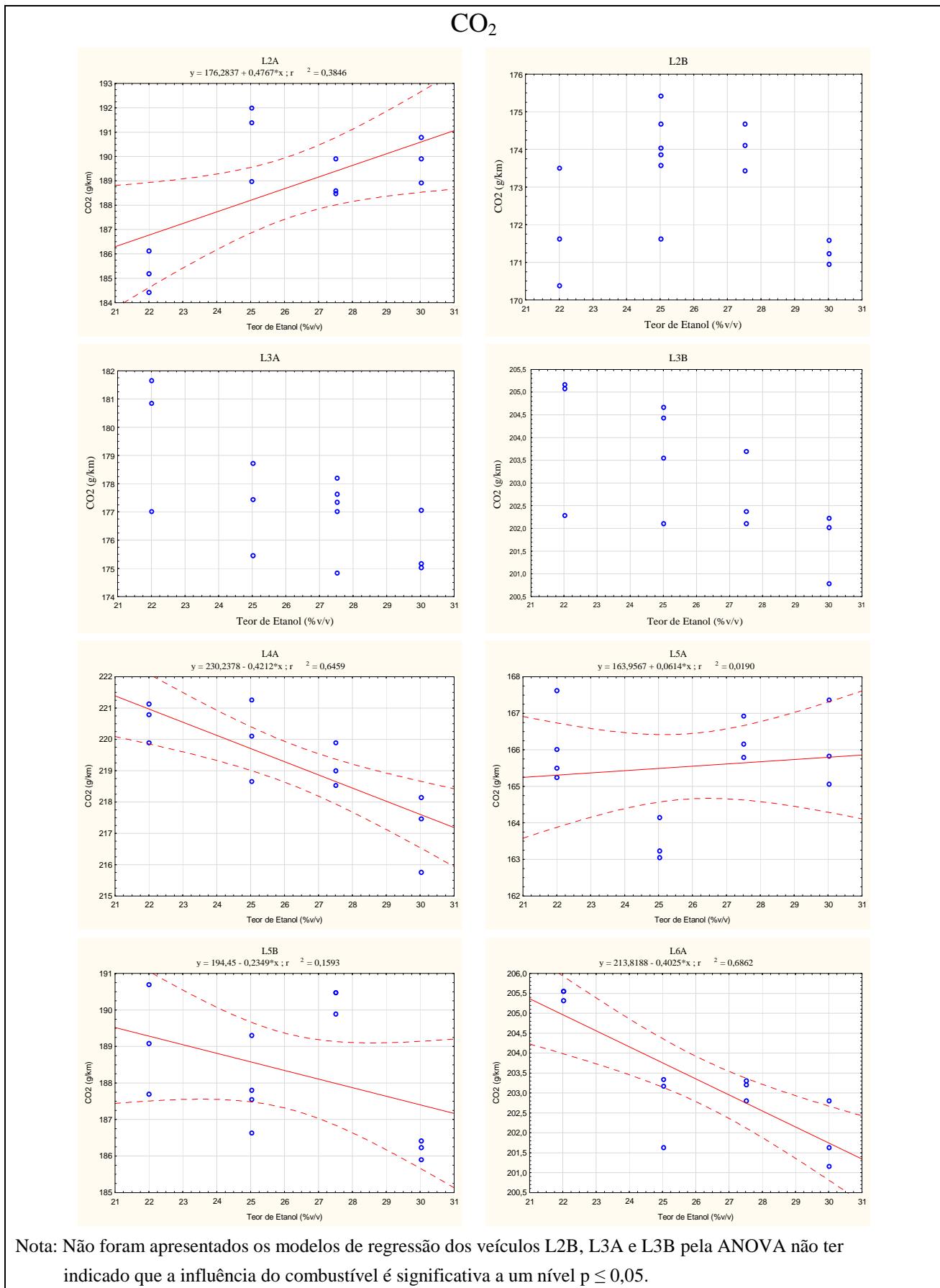
Fig. 45 - Emissões de NOx (g/km) nos automóveis testados

Aldeídos

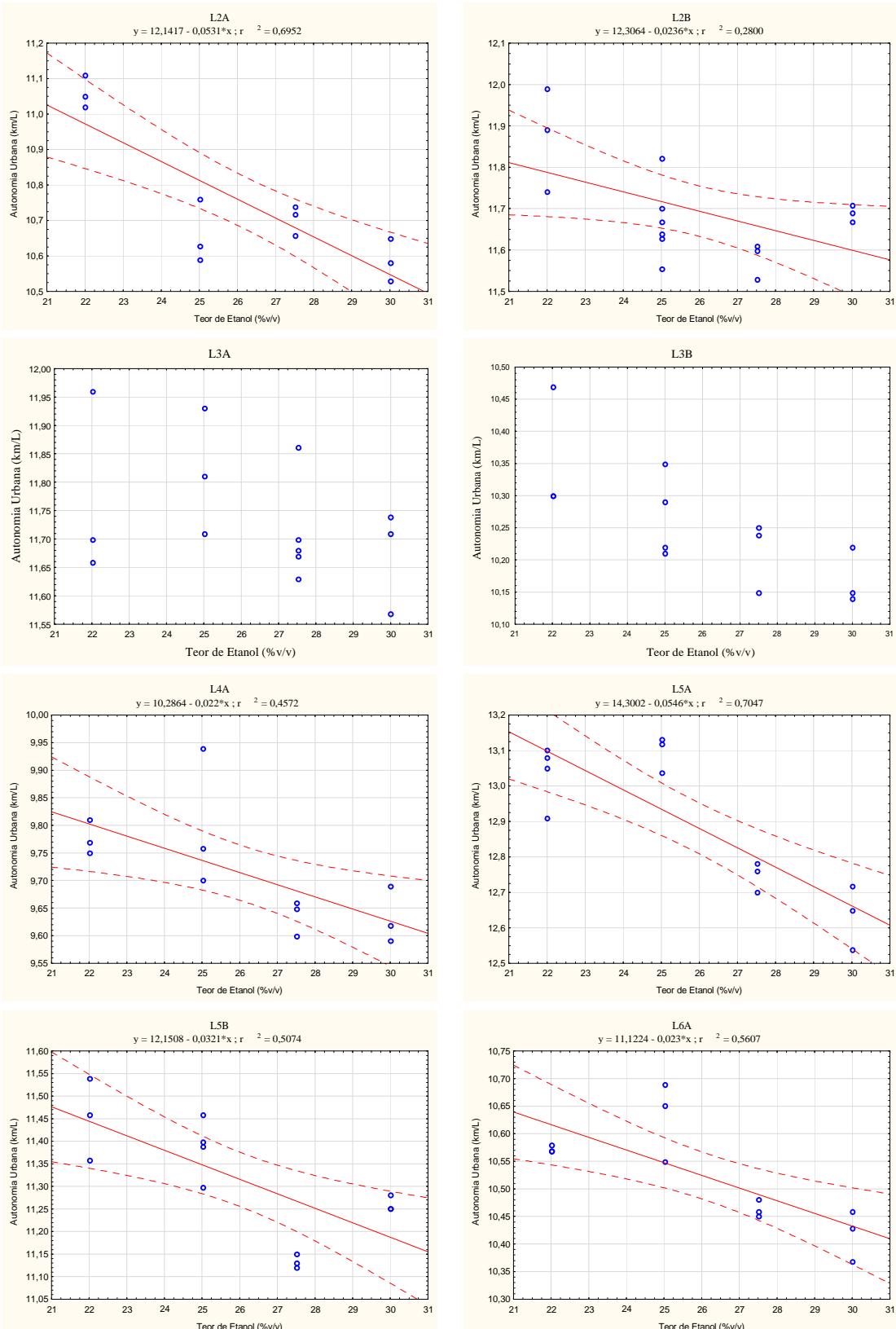


Nota: Não foram apresentados os modelos de regressão dos veículos L2B, L4A, L5A, L5B e L6A pela ANOVA não ter indicado que a influência do combustível é significativa a um nível $p \leq 0,05$.

Fig. 46 - Emissões de Aldeídos (g/km) nos automóveis testados.

Fig. 47- Emissões de CO₂ (g/km) nos automóveis testados.

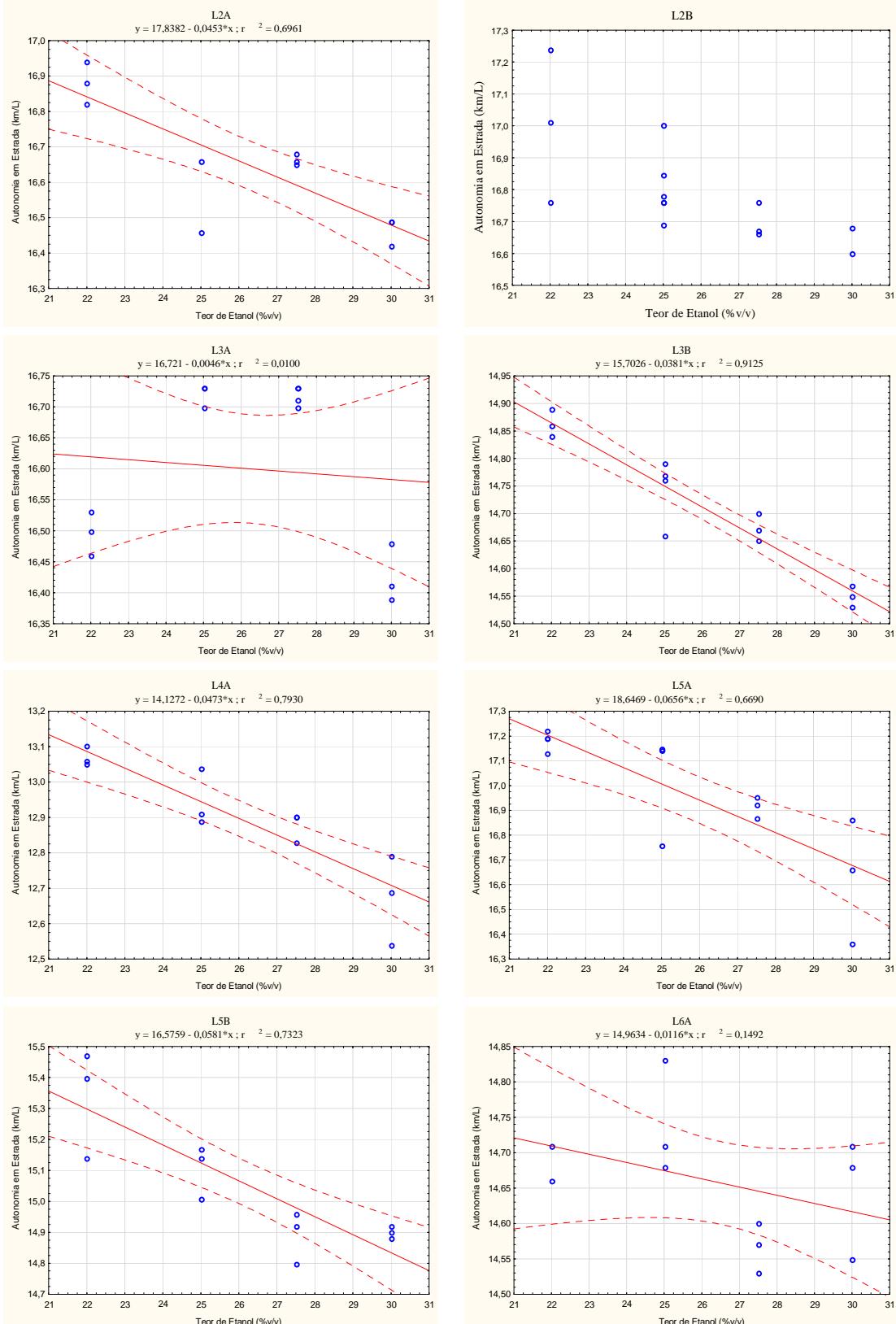
Autonomia Urbana



Nota: Não foram apresentados os modelos de regressão dos veículos L3A e L3B pela ANOVA não ter indicado que a influência do combustível é significativa a um nível $p \leq 0,05$.

Fig. 48- Autonomia Urbana (km/l) nos automóveis testados.

Autonomia em Estrada



Nota: Não foi apresentado o modelo de regressão do veículo L2B pela ANOVA não ter indicado que a influência do combustível é significativa a um nível $p \leq 0,05$.

Fig. 49 - Autonomia em Estrada (km/l) nos automóveis testados.

Representação Gráfica dos pontos experimentais, Regressão Linear e erro do ajuste para as motos

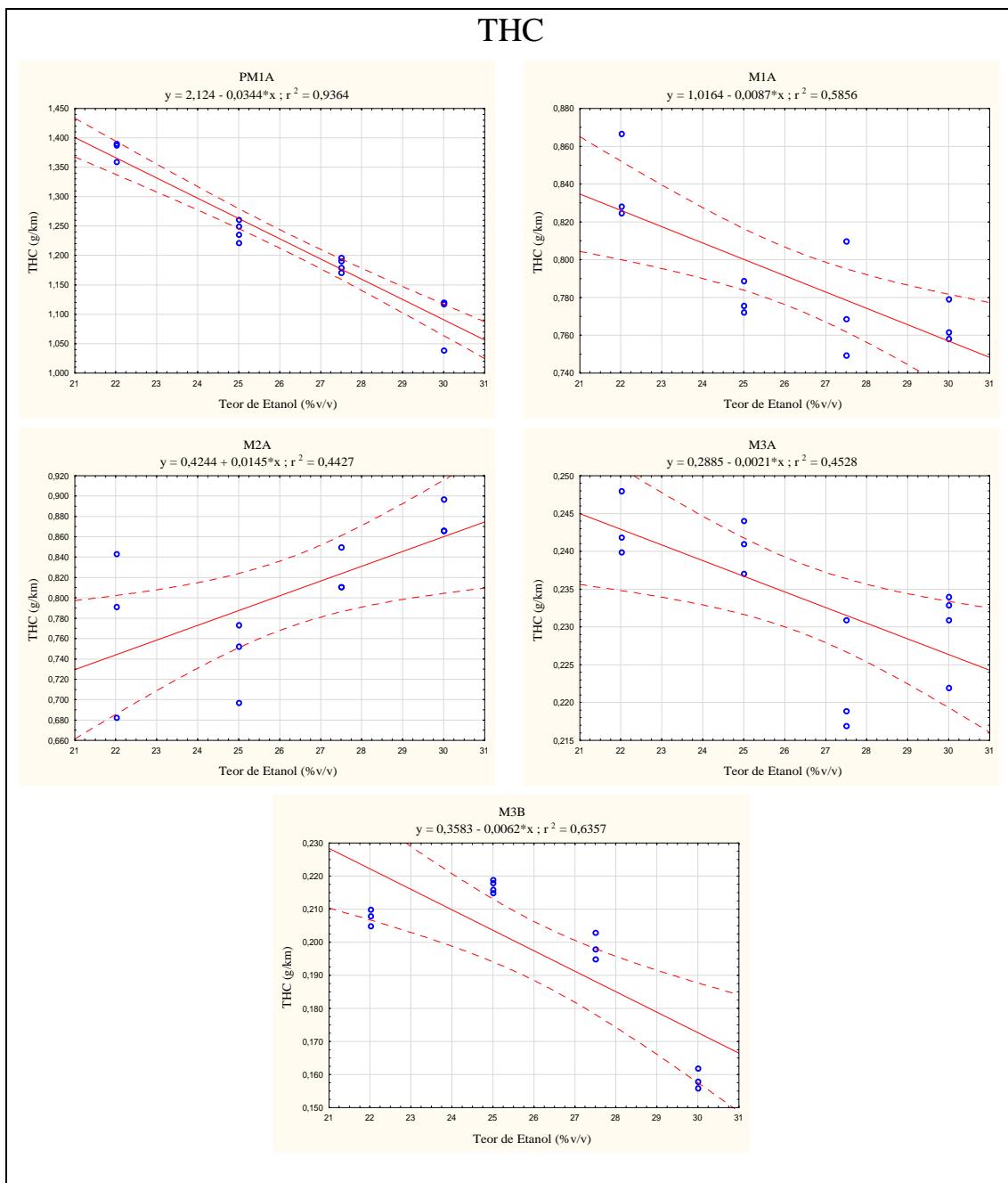


Fig. 50 - Emissões de THC nas motocicletas.

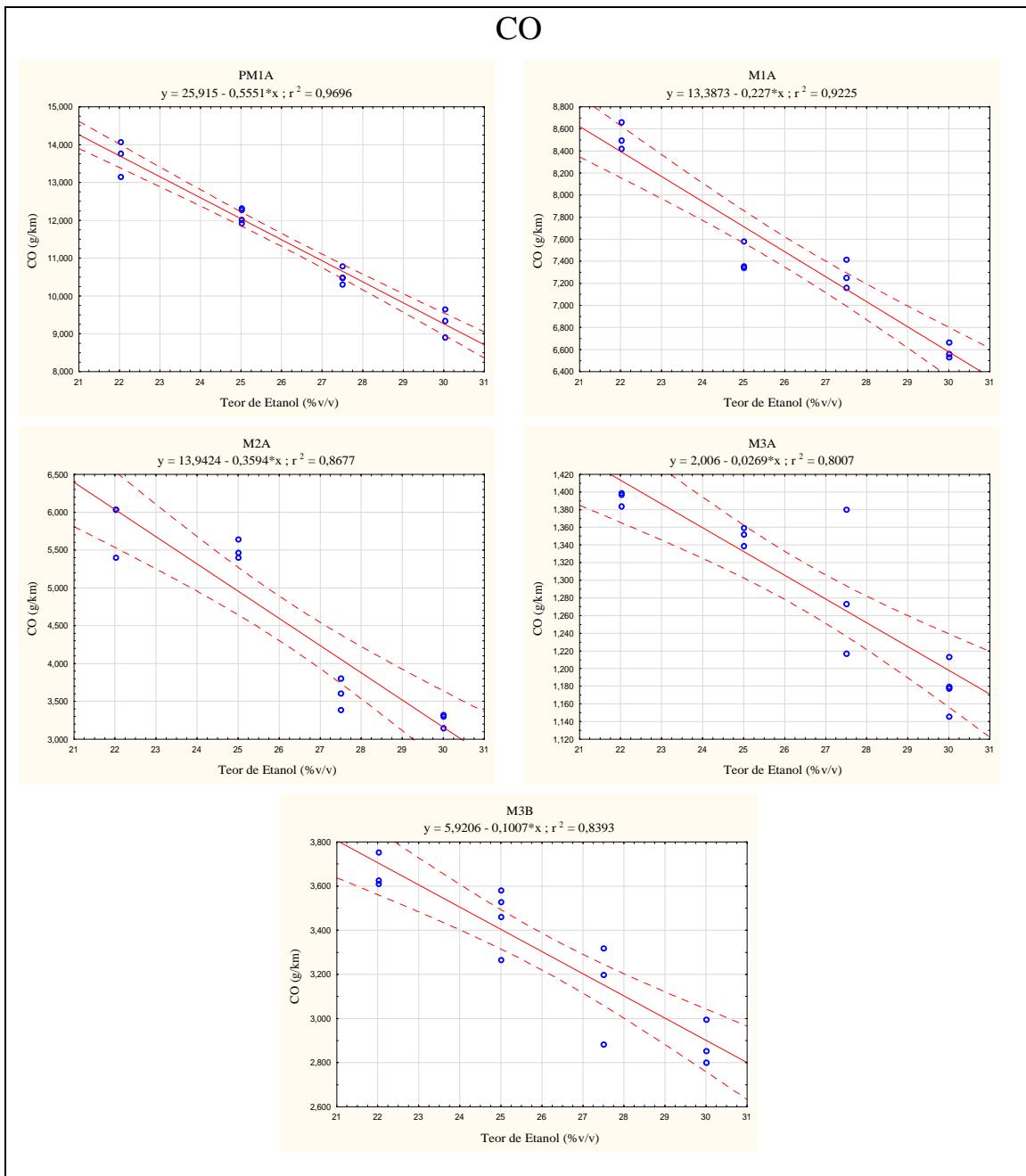


Fig. 51- Emissões de CO nas motocicletas.

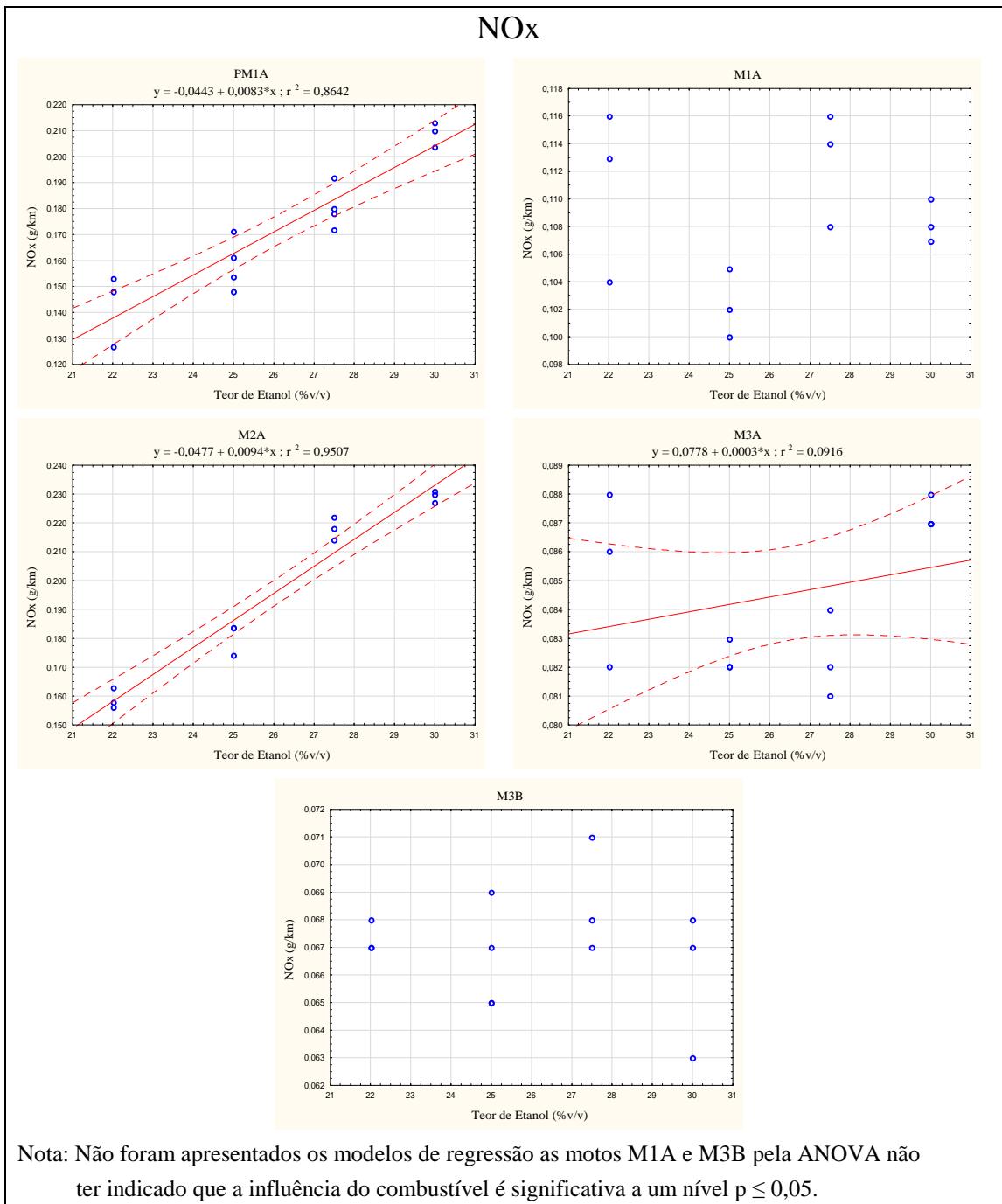
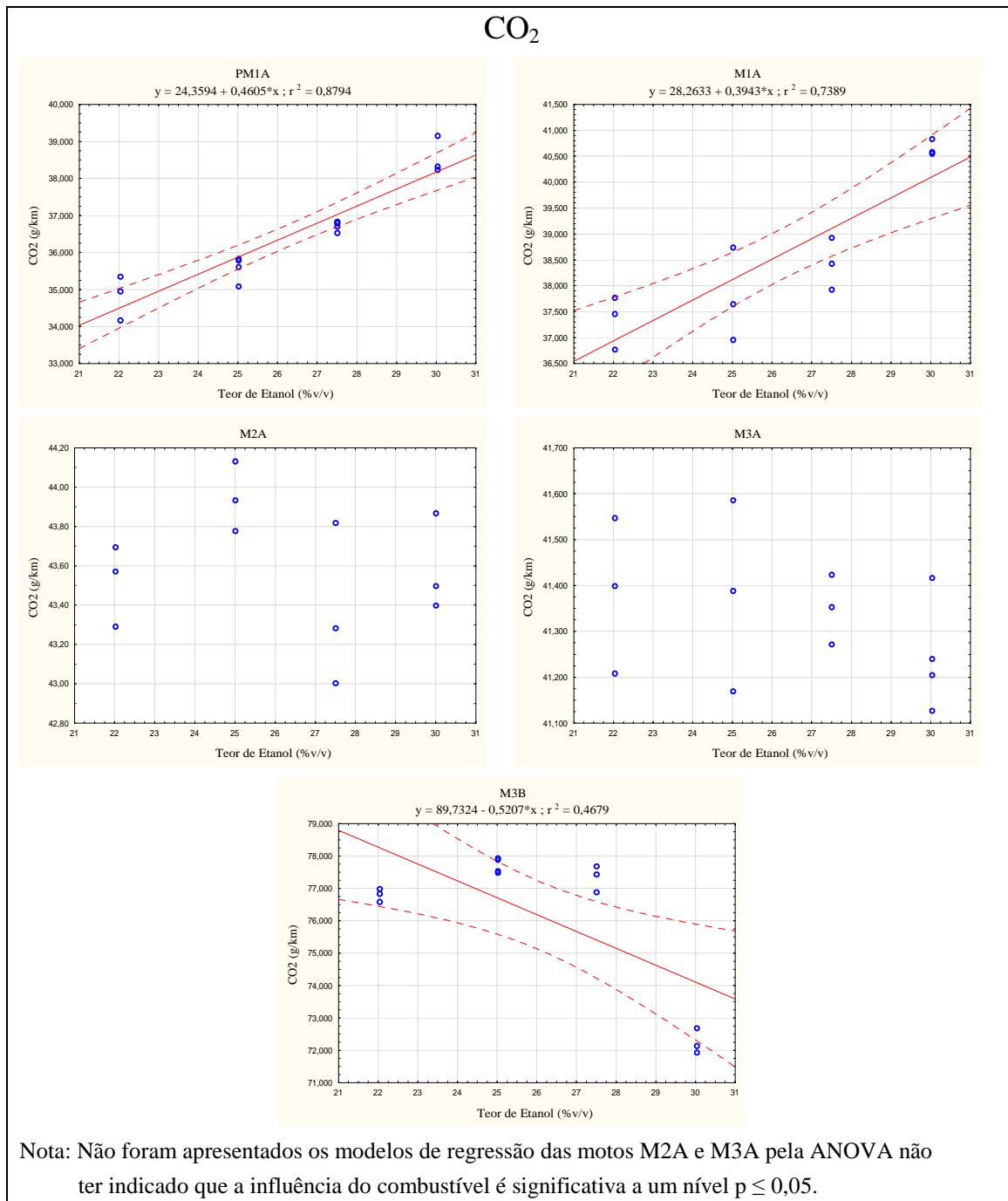


Fig. 52 - Emissões de NOx nas motocicletas.

Fig. 53 - Emissões de CO₂ nas motocicletas.

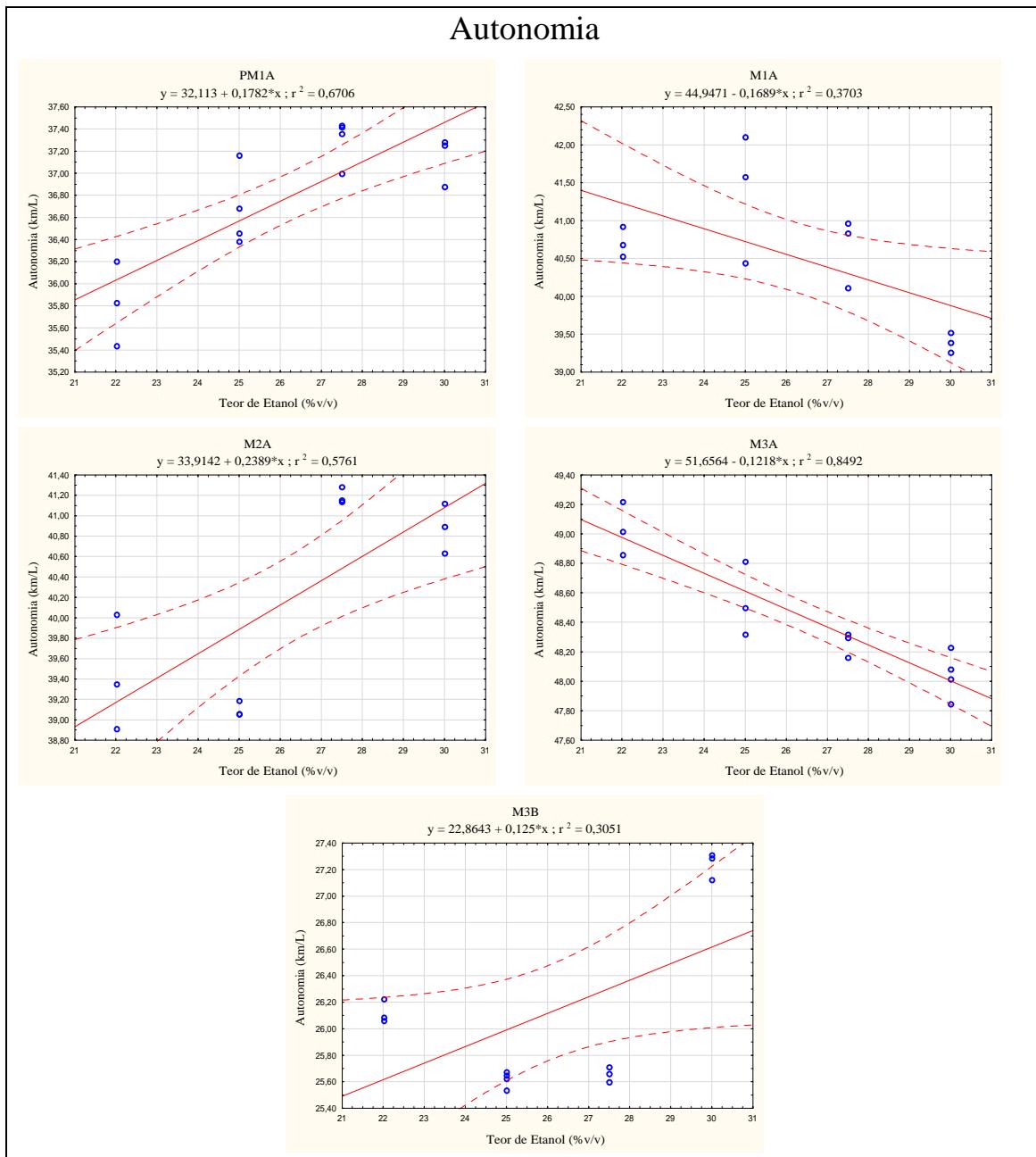


Fig. 54 - Autonomia nas motocicletas.

Valores da Regressão para Veículos

Variáveis	Valores da Regressão Linear	Veículos							
		L2A	L2B	L3A	L3B	L4A	L5A	L6A	
THC (L2, L3) & NMHC (L4, L5, L6)	Coef. Linear	1,826E+00	6,034E-01	3,734E-01	4,099E-01	NA	6,260E-02	NA	7,000E-03
	Coef. Angular	-1,250E-02	-6,000E-03	-7,000E-04	-4,200E-03	NA	-1,200E-03	NA	7,000E-05
	E22	1,551	0,471	0,358	0,318	NA	0,036	NA	0,009
	Int.conf. E22	0,072	0,020	0,015	0,019	NA	0,005	NA	0,001
	E25	1,514	0,453	0,356	0,305	NA	0,033	NA	0,009
	Int.conf. E25	0,045	0,012	0,009	0,011	NA	0,003	NA	0,001
	E27,5	1,483	0,438	0,354	0,294	NA	0,030	NA	0,009
	Int.conf. E27,5	0,047	0,013	0,009	0,012	NA	0,003	NA	0,001
	E30	1,451	0,423	0,352	0,284	NA	0,027	NA	0,009
	Int.conf. E30	0,069	0,021	0,013	0,018	NA	0,005	NA	0,001
CO	Coef. Linear	7,624E+00	1,018E+01	NA	NA	1,328E+00	5,360E-01	NA	NA
	Coef. Angular	-1,585E-01	-1,799E-01	NA	NA	-1,740E-02	-8,400E-03	NA	NA
	E22	4,137	6,222	NA	NA	0,946	0,351	NA	NA
	Int.conf. E22	0,164	0,243	NA	NA	0,037	0,033	NA	NA
	E25	3,661	5,682	NA	NA	0,893	0,326	NA	NA
	Int.conf. E25	0,102	0,146	NA	NA	0,033	0,021	NA	NA
	E27,5	3,265	5,233	NA	NA	0,850	0,305	NA	NA
	Int.conf. E27,5	0,106	0,161	NA	NA	0,033	0,023	NA	NA
	E30	2,869	4,783	NA	NA	0,806	0,284	NA	NA
	Int.conf. E30	0,158	0,252	NA	NA	0,037	0,035	NA	NA
NOx	Coef. Linear	1,011E+00	NA	NA	5,152E-01	NA	NA	1,500E-03	NA
	Coef. Angular	-4,400E-03	NA	NA	-3,100E-03	NA	NA	1,900E-03	NA
	E22	0,914	NA	NA	0,447	NA	NA	0,043	NA
	Int.conf. E22	0,020	NA	NA	0,012	NA	NA	0,010	NA
	E25	0,901	NA	NA	0,438	NA	NA	0,049	NA
	Int.conf. E25	0,013	NA	NA	0,008	NA	NA	0,006	NA
	E27,5	0,890	NA	NA	0,430	NA	NA	0,054	NA
	Int.conf. E27,5	0,013	NA	NA	0,008	NA	NA	0,006	NA
	E30	0,879	NA	NA	0,422	NA	NA	0,059	NA
	Int.conf. E30	0,020	NA	NA	0,012	NA	NA	0,010	NA
Aldeídos	Coef. Linear	-6,000E-04	NA	-5,600E-03	8,000E-04	5,000E-04	NA	-1,000E-04	NA
	Coef. Angular	3,900E-03	NA	7,000E-04	3,000E-04	8,000E-05	NA	1,000E-05	NA
	E22	0,08520	NA	0,00980	0,00740	0,00226	NA	0,00012	NA
	Int.conf. E22	0,03046	NA	0,00217	0,00214	0,00038	NA	0,00009	NA
	E25	0,09690	NA	0,01190	0,00830	0,00250	NA	0,00015	NA
	Int.conf. E25	0,01829	NA	0,00141	0,00135	0,00024	NA	0,00006	NA
	E27,5	0,10665	NA	0,01365	0,00905	0,00270	NA	0,00018	NA
	Int.conf. E27,5	0,01713	NA	0,00146	0,00136	0,00026	NA	0,00007	NA
	E30	0,11640	NA	0,01540	0,00980	0,00290	NA	0,00020	NA
	Int.conf. E30	0,02577	NA	0,00211	0,00199	0,00038	NA	0,00011	NA
CO ₂	Coef. Linear	1,763E+02	NA	NA	2,302E+02	1,640E+02	1,945E+02	2,138E+02	
	Coef. Angular	4,767E-01	NA	NA	-4,212E-01	6,140E-02	-2,349E-01	-4,025E-01	
	E22	186,77	NA	NA	220,97	165,31	189,28	204,96	
	Int.conf. E22	2,55	NA	NA	0,83	1,68	2,09	1,15	
	E25	188,20	NA	NA	219,71	165,49	188,58	203,76	
	Int.conf. E25	1,59	NA	NA	0,74	1,09	1,29	0,72	
	E27,5	189,39	NA	NA	218,65	165,65	187,99	202,75	
	Int.conf. E27,5	1,64	NA	NA	0,74	1,20	1,36	0,74	
	E30	190,58	NA	NA	217,60	165,80	187,40	201,74	
	Int.conf. E30	2,45	NA	NA	0,82	1,79	2,06	1,11	
Autonomia Urbana	Coef. Linear	1,214E+01	1,231E+01	NA	NA	1,029E+01	1,430E+01	1,215E+01	1,112E+01
	Coef. Angular	-5,310E-02	-2,360E-02	NA	NA	-2,200E-02	-5,460E-02	-3,210E-02	-2,300E-02
	E22	10,97	11,79	NA	NA	9,80	13,10	11,44	10,62
	Int.conf. E22	0,15	0,13	NA	NA	0,06	0,13	0,12	0,09
	E25	10,81	11,72	NA	NA	9,74	12,94	11,35	10,55
	Int.conf. E25	0,09	0,08	NA	NA	0,06	0,09	0,08	0,05
	E27,5	10,68	11,66	NA	NA	9,68	12,80	11,27	10,49
	Int.conf. E27,5	0,10	0,08	NA	NA	0,06	0,10	0,08	0,06
	E30	10,55	11,60	NA	NA	9,63	12,66	11,19	10,43
	Int.conf. E30	0,14	0,13	NA	NA	0,06	0,14	0,12	0,08
Autonomia em Estrada	Coef. Linear	1,784E+01	NA	1,672E+01	1,570E+01	1,413E+01	1,865E+01	1,658E+01	1,496E+01
	Coef. Angular	-4,530E-02	NA	-4,600E-03	-3,810E-02	-4,730E-02	-6,560E-02	-5,810E-02	-1,160E-02
	E22	16,84	NA	16,62	14,86	13,09	17,20	15,30	14,71
	Int.conf. E22	0,14	NA	0,18	0,05	0,06	0,18	0,15	0,13
	E25	16,71	NA	16,61	14,75	12,94	17,01	15,12	14,67
	Int.conf. E25	0,09	NA	0,11	0,03	0,06	0,11	0,09	0,08
	E27,5	16,59	NA	16,59	14,65	12,83	16,84	14,98	14,64
	Int.conf. E27,5	0,09	NA	0,11	0,03	0,06	0,13	0,10	0,07
	E30	16,48	NA	16,58	14,56	12,71	16,68	14,83	14,62
	Int.conf. E30	0,13	NA	0,17	0,05	0,06	0,19	0,14	0,11

Nota: NA – não avaliado em função da ANOVA não ter indicado diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Valores da Regressão para Motocicletas

Variáveis	Valores da Regressão Linear	Motos				
		PM1A	M1A	M2A	M3A	M3B
THC	Coef. Linear	2,124E+00	1,016E+00	4,244E-01	2,885E-01	3,583E-01
	Coef. Angular	-3,440E-02	-8,700E-03	1,450E-02	-2,100E-03	-6,200E-03
	E22	1,367	0,825	0,743	0,242	0,222
	Int.conf. E22	0,033	0,031	0,069	0,010	0,018
	E25	1,264	0,799	0,787	0,236	0,203
	Int.conf. E25	0,020	0,019	0,043	0,006	0,011
	E27,5	1,178	0,777	0,823	0,231	0,188
	Int.conf. E27,5	0,021	0,020	0,044	0,006	0,012
	E30	1,092	0,755	0,859	0,226	0,172
	Int.conf. E30	0,032	0,030	0,066	0,008	0,018
CO	Coef. Linear	2,592E+01	1,339E+01	1,394E+01	2,006E+00	5,921E+00
	Coef. Angular	-5,551E-01	-2,270E-01	-3,594E-01	-2,690E-02	-1,007E-01
	E22	13,703	8,393	6,036	1,414	3,705
	Int.conf. E22	0,363	0,278	0,594	0,056	0,171
	E25	12,038	7,712	4,957	1,334	3,403
	Int.conf. E25	0,219	0,174	0,371	0,035	0,105
	E27,5	10,650	7,145	4,059	1,266	3,151
	Int.conf. E27,5	0,225	0,179	0,382	0,034	0,111
	E30	9,262	6,577	3,160	1,199	2,900
	Int.conf. E30	0,346	0,267	0,570	0,049	0,168
NOx	Coef. Linear	-4,430E-02	NA	-4,770E-02	7,780E-02	NA
	Coef. Angular	8,300E-03	NA	9,400E-03	3,000E-04	NA
	E22	0,138	NA	0,159	0,084	NA
	Int.conf. E22	0,012	NA	0,009	0,003	NA
	E25	0,163	NA	0,187	0,085	NA
	Int.conf. E25	0,007	NA	0,006	0,002	NA
	E27,5	0,184	NA	0,211	0,086	NA
	Int.conf. E27,5	0,008	NA	0,006	0,002	NA
	E30	0,205	NA	0,234	0,087	NA
	Int.conf. E30	0,012	NA	0,009	0,003	NA
CO2	Coef. Linear	2,436E+01	2,826E+01	NA	NA	8,973E+01
	Coef. Angular	4,605E-01	3,943E-01	NA	NA	-5,207E-01
	E22	34,49	36,94	NA	NA	78,28
	Int.conf. E22	0,63	0,99	NA	NA	2,15
	E25	35,87	38,12	NA	NA	76,71
	Int.conf. E25	0,38	0,62	NA	NA	1,32
	E27,5	37,02	39,11	NA	NA	75,41
	Int.conf. E27,5	0,39	0,64	NA	NA	1,40
	E30	38,17	40,09	NA	NA	74,11
	Int.conf. E30	0,60	0,95	NA	NA	2,12
Autonomia	Coef. Linear	3,211E+01	4,495E+01	3,391E+01	5,166E+01	2,286E+01
	Coef. Angular	1,782E-01	-1,689E-01	2,389E-01	-1,218E-01	1,250E-01
	E22	36,03	41,23	39,17	48,98	25,61
	Int.conf. E22	0,46	0,93	0,87	0,22	0,73
	E25	36,57	40,72	39,89	48,61	25,99
	Int.conf. E25	0,28	0,58	0,54	0,13	0,45
	E27,5	37,01	40,30	40,48	48,31	26,30
	Int.conf. E27,5	0,29	0,60	0,56	0,13	0,47
	E30	37,46	39,88	41,08	48,00	26,61
	Int.conf. E30	0,44	0,90	0,83	0,19	0,72

Nota: NA – não avaliado em função da ANOVA não ter indicado diferença significativa ($p \leq 0,05$).

ANEXO IV

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE DESEMPENHO EM PISTA

Resultados médios dos ensaios de retomadas de velocidade em pista para os combustíveis E25, E27,5 e E30 nos veículos de teste.

L2B	Tempo (s)		
	40-80	60-100	80-120
E25	8,5	13,4	23,3
E27,5	8,7	13,6	23,2
E30	8,6	13,6	23,3

L4A	Tempo (s)		
	40-80	60-100	80-120
E25	7,6	12,1	23,7
E27,5	7,5	12,1	23,7
E30	7,4	12,0	23,7

L3A	Tempo (s)		
	40-80	60-100	80-120
E25	7,4	7,8	11,4
E27,5	7,5	7,8	11,3
E30	7,5	7,8	11,4

L5A	Tempo (s)		
	40-80	60-100	80-120
E25	7,9	11,1	16,2
E27,5	7,8	11,0	16,1
E30	7,7	11,0	16,0

L3B	Tempo (s)		
	40-80	60-100	80-120
E25	11,2	17,9	33,3
E27,5	11,1	17,7	32,7
E30	11,4	18,1	32,7

L5B	Tempo (s)		
	40-80	60-100	80-120
E25	5,9	7,1	8,7
E27,5	6,0	7,2	8,8
E30	6,1	7,1	9,0

L6B	Tempo (s)		
	40-80	60-100	80-120
E25	5,2	6,2	7,5
E27,5	5,2	6,1	7,4
E30	5,0	6,0	7,3

ANEXO V

RESULTADOS DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EM MOTOR

PLENA CARGA

Potência corrigida (kW)

Potência	1400	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5800	6000
E25	37,49	54,01	68,39	79,90	92,17	103,51	110,77	116,31	120,33	121,08
E25	37,61	54,32	68,64	80,06	92,39	103,46	110,87	116,82	120,51	121,49
E25	37,75	55,13	68,62	80,17	92,35	103,68	110,79	117,21	120,91	121,46
E27,5	37,19	52,84	67,53	79,76	91,46	102,62	110,08	115,60	119,76	120,53
E27,5	37,46	53,59	67,84	79,89	92,15	103,26	110,63	116,53	120,16	121,17
E27,5	37,34	53,21	68,30	80,44	92,28	104,20	110,57	116,60	120,45	121,51
E30	37,77	53,72	68,88	80,08	92,07	104,25	110,73	116,87	120,87	121,63
E30	37,86	53,53	68,74	80,36	92,26	103,84	111,22	116,98	121,05	121,53
E30	38,02	53,53	68,81	80,34	91,77	103,66	110,88	116,49	120,65	121,47

Diferenças estatisticamente significativas_Potência

1400 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		-0,8%	0,7%
E 27,5	0,8%		1,5%
E 30	-0,7%	-1,5%	

2000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		-2,3%	-1,6%
E 27,5	2,4%		=
E 30	1,7%	=	

2500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		-1,0%	=
E 27,5	1,0%		1,4%
E 30	=	-1,3%	

3000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	

3500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	

4000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	

4500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		0,5%
E 30	=	-0,5%	

5000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	

5800 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		0,6%
E 30	=	-0,6%	

6000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	

Consumo específico de combustível (g/kWh) – PLENA CARGA

Consumo Específico	1400	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5800	6000
E25	277,55	258,85	255,18	264,99	269,48	318,45	317,03	314,77	332,50	344,76
E25	279,55	262,05	254,65	264,66	269,25	319,92	317,80	313,51	333,80	343,23
E25	276,54	267,47	256,31	263,51	268,12	316,98	319,42	312,35	330,97	342,15
E27,5	282,38	259,06	260,61	269,06	275,26	326,17	325,20	321,32	339,84	351,09
E27,5	280,21	258,60	260,90	270,03	275,35	325,29	325,31	319,67	338,90	348,18
E27,5	279,99	258,15	258,87	268,45	275,24	321,68	327,96	320,66	340,09	349,14
E30	281,66	261,16	258,44	269,55	275,29	320,11	324,33	319,36	337,32	342,33
E30	282,88	258,52	259,83	270,07	275,38	324,20	324,45	319,75	338,28	343,68
E30	281,60	258,85	259,90	269,59	276,20	323,02	323,21	319,79	339,82	347,36

Diferenças estatisticamente significativas_Consumo específico

1400 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		1,1%	1,5%
E 27,5	-1,1%		=
E 30	-1,5%	=	

2000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	

2500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		1,9%	1,6%
E 27,5	-1,8%		=
E 30	-1,5%	=	

3000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		1,8%	2,0%
E 27,5	-1,8%		=
E 30	-2,0%	=	

3500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		2,4%	2,5%
E 27,5	-2,3%		=
E 30	-2,4%	=	

4000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		1,9%	=
E 27,5	-1,8%		=
E 30	=	=	

4500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		2,5%	1,9%
E 27,5	-2,5%		=
E 30	-1,8%	=	

5000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		2,2%	1,9%
E 27,5	-2,2%		=
E 30	-1,9%	=	

5800 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		2,2%	1,8%
E 27,5	-2,1%		=
E 30	-1,8%	=	

6000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		1,8%	=
E 27,5	-1,7%		-1,4%
E 30	=	1,5%	

Temperatura de escapamento antes do catalisador (°C) – PLENA CARGA

Temperatura Escapamento	1400	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5800	6000
E25	784,00	785,00	839,00	901,00	900,00	913,00	914,00	912,00	907,00	884,00
E25	783,00	781,00	838,00	900,00	899,00	914,00	913,00	911,00	906,00	882,00
E25	784,00	779,00	839,00	900,00	901,00	915,00	916,00	910,00	906,00	885,00
E27,5	779,00	790,00	841,00	902,00	907,00	917,00	917,00	912,00	905,00	880,00
E27,5	776,00	789,00	841,00	902,00	907,00	913,00	914,00	910,00	904,00	882,00
E27,5	773,00	786,00	837,00	897,00	899,00	908,00	911,00	905,00	902,00	880,00
E30	775,00	788,00	836,00	901,00	902,00	911,00	915,00	912,00	908,00	885,00
E30	776,00	788,00	836,00	899,00	901,00	909,00	910,00	909,00	904,00	883,00
E30	776,00	789,00	835,00	901,00	903,00	911,00	914,00	912,00	907,00	882,00

Diferenças estatisticamente significativas_Temperatura de escapamento

1400 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		-1,0%	-1,0%
E 27,5	1,0%		=
E 30	1,0%	=	
2000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,9%	0,9%
E 27,5	-0,8%		=
E 30	-0,8%	=	
2500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	-0,4%
E 27,5	=		-0,5%
E 30	0,4%	0,5%	
3000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	
3500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	
4000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	
4500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	
5000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	
5800 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		=	=
E 27,5	=		=
E 30	=	=	
6000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		-0,3%	=
E 27,5	0,3%		=
E 30	=	=	

Lambda – PLENA CARGA

Lambda	1400	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5800	6000
E25	1,00	0,98	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,90	0,89	0,86
E25	1,00	0,97	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,90	0,88	0,86
E25	1,00	0,96	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,90	0,88	0,86
E27,5	1,00	0,99	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,90	0,88	0,86
E27,5	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,90	0,88	0,86
E27,5	1,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,90	0,89	0,90	0,88	0,86
E30	1,00	0,99	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,91	0,89	0,87
E30	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,90	0,89	0,87
E30	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,90	0,90	0,90	0,89	0,86

Diferenças_Lambda

(Não foi possível aplicar ANOVA pela inexistência de variância em algumas condições)

1400 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

2000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		1,0%	1,0%
E 27,5	-1,0%		0,0%
E 30	-1,0%	0,0%	

2500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

3000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

3500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

4000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

4500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

5000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	1,1%
E 27,5	0,0%		1,1%
E 30	-1,1%	-1,1%	

5800 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		-1,1%	0,0%
E 27,5	1,1%		1,1%
E 30	0,0%	-1,1%	

6000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	1,2%
E 27,5	0,0%		1,2%
E 30	-1,1%	-1,1%	

CARGA PARCIAL (50%)

Consumo específico de combustível (g/kWh)

	1400	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5800	6000
E25	253,9	253,0	256,2	256,9	257,3	264,7	272,2	278,4	299,5	305,4
E25	250,6	245,6	251,8	253,7	255,2	262,8	269,1	276,7	300,6	305,0
E25	251,8	249,6	251,6	252,8	254,2	263,2	268,3	276,9	300,6	305,5
E27,5	255,52	255,36	259,06	261,65	263,90	271,86	277,68	285,38	309,36	315,47
E27,5	254,64	247,40	255,43	258,97	258,46	267,31	275,65	283,93	306,05	309,97
E27,5	252,67	247,91	256,21	257,14	258,14	267,48	273,62	281,62	304,94	309,43
E30	255,51	253,82	258,64	260,94	261,64	268,85	274,97	283,21	306,60	310,16
E30	255,79	249,12	255,56	258,97	259,18	266,88	272,68	281,95	306,73	310,46
E30	256,51	250,15	255,50	258,82	259,66	269,02	274,12	281,53	306,17	310,67

Diferenças estatisticamente significativas - Consumo Específico

1400 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			=	1,5%
E 27,5		=		
E 30		-1,5%	=	
2000 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			=	=
E 27,5		=		
E 30		=	=	
2500 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			=	=
E 27,5		=		
E 30		=	=	
3000 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			1,9%	2,0%
E 27,5		-1,8%		=
E 30		-2,0%	=	
3500 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			1,8%	1,8%
E 27,5		-1,8%		=
E 30		-1,8%	=	
4000 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			2,0%	1,8%
E 27,5		-2,0%		=
E 30		-1,7%	=	
4500 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			2,2%	1,5%
E 27,5		-2,1%		=
E 30		-1,5%	=	
5000 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			2,3%	1,8%
E 27,5		-2,2%		=
E 30		-1,7%	=	
5800 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			2,2%	2,1%
E 27,5		-2,1%		=
E 30		-2,1%	=	
6000 rpm		E 25	E 27,5	E 30
E 25			2,1%	1,7%
E 27,5		-2,0%		=
E 30		-1,6%	=	

Lambda - CARGA PARCIAL

Lambda	1400	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5800	6000
E25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E27,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E27,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E27,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Diferenças_Lambda

(Não foi possível aplicar ANOVA pela inexistência de variância em todas as condições)

1400 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

2000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

2500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

3000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

3500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

4000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

4500 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

5000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

5800 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

6000 rpm	E 25	E 27,5	E 30
E 25		0,0%	0,0%
E 27,5	0,0%		0,0%
E 30	0,0%	0,0%	

ANEXO VI

RELATÓRIO DE ENSAIOS DE DESEMPENHO EM MOTOS – ABRACICLO

ESTRUTURA DO RELATÓRIO**X – Ensaios em Motocicletas****X.1 – Emissões e Consumo****X.1.1 – Procedimento****X.1.2 – Resultados e Discussão****X.2 – Partida e dirigibilidade a frio****X.2.1 – Procedimento****X.2.2 – Resultados e Discussão****X.3 – Retomada de Velocidade****X.3.1 – Procedimento****X.3.2 – Resultados e Discussão**

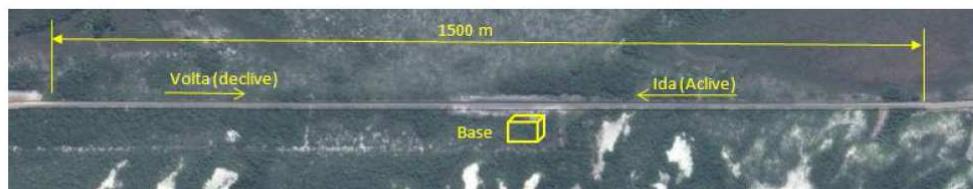
INTRODUÇÃO AOS TESTES DE PARTIDA A FRIO E RETOMADA

Data dos testes: 22, 23/09 (partida a frio) e 24/09 (retomada)

Local: Restinga de Maranbaia, base do exército, RJ.

Resp. Avaliação: Ricardo Grotto de Camargo.

Piloto de testes: Ezequias Borges de Menezes.



Comentários:

Na data de início dos testes de partida a frio, foi observado que as 3 motocicletas dotadas de carburadores (PM1A; M1A e M2A), apresentaram problemas funcionais (rotação marcha lenta instável e abaixo do especificado), sendo necessário remoção dos carburadores, limpeza e ajuste da rotação, devido a presença de sujeira na cuba, nos gicleurs principais e de marcha lenta.

Foi notado também que a motocicleta PM1A possui carburador e escapamento não originais, podendo seus resultados, não representar a maioria das motocicletas presentes no mercado, porém foi definido executar os testes desta forma a fim de avaliar a influência das mesmas.

A Abraciclo considera necessário reavaliar os dados de emissão de gases destas motocicletas, pois com a presença de sujeira, os resultados podem apresentar variações entre os testes e estarem alterados em relação ao esperado.

PARTIDA E DIRIGIBILIDADE A FRIO EM MOTOCICLETAS

Metodologia de Teste

Os ensaios foram conduzidos em um container refrigerado. Cada ensaio foi iniciado quando as temperaturas do óleo do motor atingiram 0°C. Antes de cada ensaio, foi feita a remoção do combustível anterior do tanque, das linhas do sistema de alimentação e dos carburadores. Os veículos dotados de injeção eletrônica foram condicionados com reaquecimento do motor a 80°C em rotação constante em torno de 4000 rpm, para garantir o reconhecimento do novo combustível.

Cada ensaio consistiu nas seguintes avaliações, realizadas consecutivamente após a partida dos veículos:

- Número de tentativas para partida do veículo, limitadas a 4 tentativas de no máximo 5 segundos cada para veículos dotados de partida elétrica e 4 tentativas (pedaladas) para os dotados com partida a pedal. Para as motocicletas dotadas de carburador, a partida deve ser feita com o afogador acionado;
- Tempo para a partida, em segundos;
- Observações de falhas na rotação do motor durante a partida;
- Monitoramento do funcionamento do motor por 60 segundos após a partida. Para as motocicletas dotadas de carburador, manter acelerações suaves com câmbio em neutro, com o afogador acionado;
- Acelerações em neutro, observando ocorrência de travamento ou retardo na desaceleração;
- Rodagem com o veículo, submetendo a diversas condições, como saída suave, velocidade constante, acelerações bruscas, retomada, frenagem brusca.

Dirigibilidade a frio com os veículos partindo do repouso, sendo acelerados suavemente de 10 em 10 km/h até entrada zona vermelha em cada marcha, observando falhamentos ou funcionamento anormal;

Para cada etapa acima, o condutor do ensaio deverá registrar os seus comentários nas respectivas células do formulário abaixo. No caso de ocorrência de falha, relatar a intensidade classificando-a como leve, média ou severa. Além disso, descrever com as próprias palavras, o tipo de falha

observada (engasgo, oscilação, rpm baixa, parada do motor, demora na desaceleração, etc,...). Quando nenhuma ocorrência for percebida pelo condutor, relatar a etapa como NORMAL.

Resultados e Discussão

VEÍCULO : M3A	C068/2014 E-25%	C070/2014 E-27,5%	C072/2014 E-30%	EXECUTANTE Ezequias Borges de Menezes
COMBUSTÍVEL	C068/2014 E-25%	C070/2014 E-27,5%	C072/2014 E-30%	OBS.
DATA	22/9/2014	22/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	3 tentativas	2 tentativas	3 tentativas	
PARTIDA	Normal	Normal	Normal	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal	
DATA	23/9/2014	23/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	2 tentativas	3 tentativas	2 tentativas	
PARTIDA	Normal	Normal	Normal	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal	

Comentário: Aprovado.

VEÍCULO : PM1A			EXECUTANTE	Ezequias Borges de Menezes
COMBUSTÍVEL	C068/2014 E-25%	C070/2014 E-27,5%	C072/2014 E-30%	OBS.
DATA	22/9/2014	22/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	3 tentativas	4 tentativas	5 tentativas (severo).	
PARTIDA	Normal	Normal	Motor apres. Dific. em manter-se em funcion. 1 minuto após a partida (severo)	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Motor apresenta instabilidade na rotação em marcha lenta (nível médio).	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Apresentou falhamentos durante a rodagem. (nível médio).	Teste com E-30% considerado reprovado.
DATA	23/9/2014	23/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	3 tentativas	3 tentativas	6 tentativas (severo)	
PARTIDA	Normal	Normal	Motor apres. Dific. em manter-se em funcion. 1 minuto após a partida (severo)	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Motor apresenta instabilidade na rotação em marcha lenta (nível médio).	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Motor apagou na saída e apres. falham. durante a rodagem. (nível severo).	

Comentário: Sob a condição de E-30%, a motocicleta PM1A que possui peças não originais (carburador e escapamento), apresenta problemas funcionais a baixa temperatura, indicando que não está apta a operar adequadamente com este nível de álcool na gasolina, apesar da condição da motocicleta, os testes possuem seu valor, pois é provável que existam outras motocicletas no mercado sob condições similares que poderão apresentar resultados insatisfatórios como este, servindo então como alerta do que pode acontecer no mercado caso este teor seja adotado no futuro.

VEÍCULO : M1A			EXECUTANTE	Ezequias Borges de Menezes
COMBUSTÍVEL	C068/2014 E-25%	C070/2014 E-27,5%	C072/2014 E-30%	OBS.
DATA	22/9/2014	22/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	3 tentativas	3 tentativas	4 tentativas	
PARTIDA	Normal	Normal	Normal	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal	
DATA	23/9/2014	23/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	3 tentativas	3 tentativas	3 tentativas	
PARTIDA	Normal	Normal	Normal	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal	

Comentário: Aprovado.

VEÍCULO : M2A			EXECUTANTE	Ezequias Borges de Menezes
COMBUSTÍVEL	C068/2014 E-25%	C070/2014 E-27,5%	C072/2014 E-30%	OBS.
DATA	22/9/2014	22/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	3 tentativas	3 tentativas	4 tentativas	
PARTIDA	Normal	Normal	Normal	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal	
DATA	23/9/2014	23/9/2014	23/9/2014	
TENTATIVAS	3 tentativas	2 tentativas	4 tentativas	
PARTIDA	Normal	Normal	Normal	
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal	
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal	
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal	

Comentário: Aprovado.

VEÍCULO : M3B				EXECUTANTE	Ezequias Borges de Menezes
COMBUSTÍVEL	C068/2014 E-25%	C070/2014 E-27,5%	C072/2014 E-30%	OBS.	
DATA	22/9/2014	22/9/2014	23/9/2014		
TENTATIVAS	2 tentativas	3 tentativas	4 tentativas		
PARTIDA	Normal	Normal	Normal		
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal		
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal		
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal		
DATA	23/9/2014	23/9/2014	23/9/2014		
TENTATIVAS	2 tentativas	2 tentativas	3 tentativas		
PARTIDA	Normal	Normal	Normal		
MARCHA LENTA	Normal	Normal	Normal		
ACELERAÇÃO LIVRE	Normal	Normal	Normal		
DIRIGIBILIDADE	Normal	Normal	Normal		

Comentário: Aprovado.

Comentários Finais: Os testes de partida a frio tornam-se críticos a medida que o teor de etanol é elevado até 30%, mas com excessão da motocicleta PM1A, as demais atenderam os requisitos funcionais de partida e dirigibilidade com motor ainda frio, estando, para efeito funcional, aprovado condicional os três teores de etanol.

No caso da motocicleta PM1A, a causa provável do não atendimento com E-30 deve-se às peças não originais, que por serem adaptadas, não possuem um correto acerto de mistura ar/combustível para as várias condições de funcionamento como partida, marcha lenta, regime constante de veloc./rotação e regimes variáveis (aceler./desacel.) de veloc./rotação.

DIRIGIBILIDADE SOB RETOMADA EM MOTOCICLETAS

Metodologia de Teste

Os ensaios foram conduzidos com as motocicletas aquecidas (acima 80°C), estabilizando a velocidade em última marcha e acionando o acelerador de forma brusca para abertura total, cronometrando o tempo para percorrer 200 metros em aceleração. As velocidades estabelecidas variaram conforme a cilindrada de cada veículo, conforme descrito abaixo:

- 30 e 40 Km/h para o modelo M3A;
- 40 e 50 Km/h para os modelos PM1A, M1A e M2A;
- 50 e 60 Km/h para o modelo M3B;

Foram realizadas pelo menos 6 tomadas em cada sentido da pista para cada velocidade mencionada, considerando que as motocicletas são usadas, foi adotado como critério de aprovação a tolerância de $\pm 0,4$ segundos sobre a média das medições para cada combustível.

Antes de cada ensaio, foi removido o combustível anterior do tanque, das linhas do sistema de alimentação e dos carburadores. Os veículos dotados de injeção eletrônica foram condicionados com reaquecimento do motor a 80°C em rotação constante em torno de 4000 rpm, para garantir o reconhecimento do novo combustível a ser testado.

Cada ensaio consistiu nas seguintes avaliações:

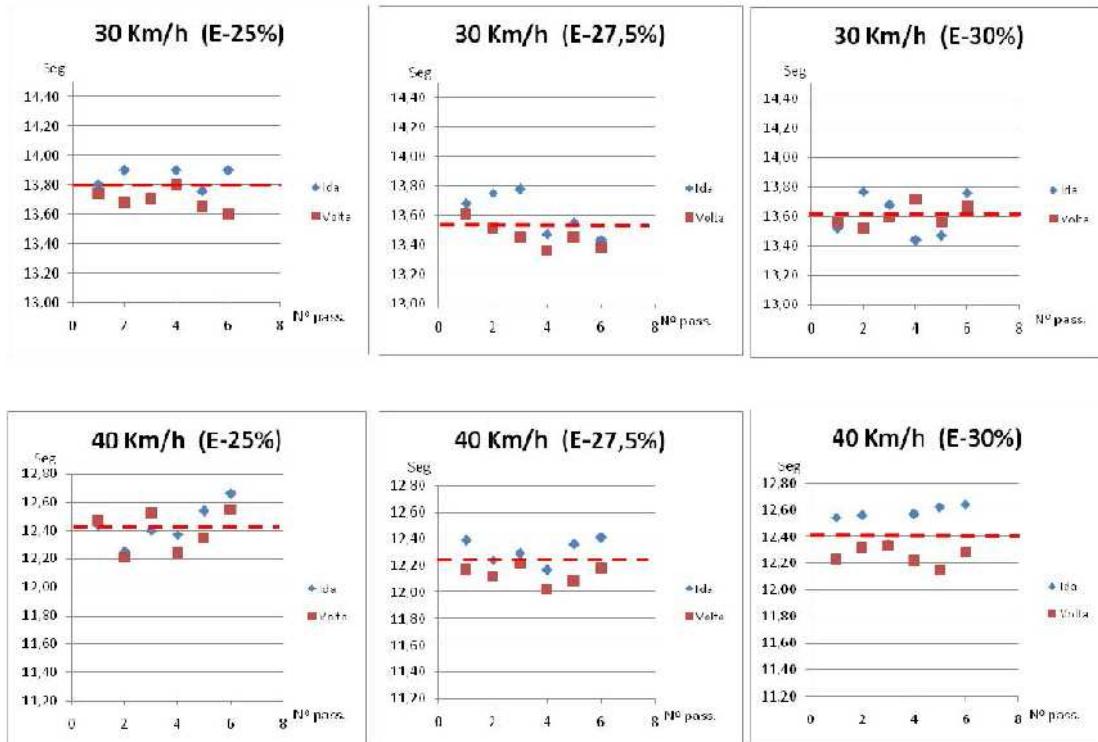
- Medição do tempo gasto para percorrer 200 metros a partir do ponto de retomada para cada velocidade/modelo;
- Monitoramento do funcionamento do motor, observando a presença de falhamentos ou funcionamento anormal do motor durante as retomadas.

Resultados e Discussão

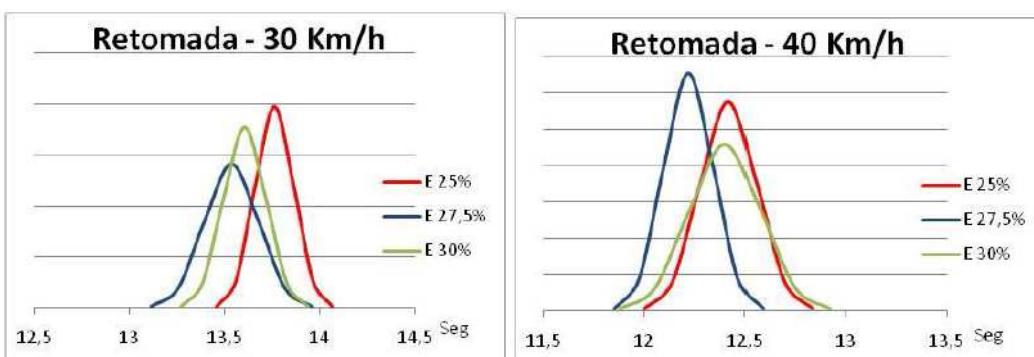
Motocicleta M3A

RETOMADA A 30 Km/h	A 25%				A 27,5%				A 30%			
	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	30,6	13,80	13,76	30,6	13,68	13,54	0,141	30,7	13,52	13,61	0,112
		30,6	13,90		30,7	13,75			30,3	13,77		
		30,4	13,70		30,9	13,78			30,9	13,68		
		30,3	13,90		30,4	13,47			30,5	13,44		
		30,8	13,76		30,4	13,55			30,9	13,47		
		30,5	13,90		30,7	13,43			30,7	13,76		
VOLTA	0-200 m	30,6	13,74		30,1	13,61			30,9	12,23	13,61	0,112
		30,5	13,68		30,5	13,52			30,8	12,32		
		30,3	13,71		30,3	13,45			30,7	12,33		
		30,0	13,80		30,5	13,36			30,8	12,22		
		30,3	13,65		30,5	13,45			30,6	12,15		
		30,4	13,60		30,7	13,38			30,9	12,29		

RETOMADA A 40 Km/h	A 25%				A 27,5%				A 30%			
	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	40,1	12,44	12,42	40,2	12,39	12,22	0,122	40,9	12,54	12,40	0,173
		40,5	12,25		40,6	12,24			41,0	12,56		
		40,9	12,40		40,3	12,29			40,6	12,34		
		40,5	12,37		40,4	12,17			40,6	12,57		
		40,19	12,54		40,6	12,36			40,3	12,62		
		40,57	12,66		40,5	12,41			40,2	12,64		
VOLTA	0-200 m	40,2	12,47		40,1	12,17			40,9	12,23	12,40	0,173
		40,5	12,21		40,6	12,12			40,9	12,32		
		40,2	12,52		40,7	12,22			40,5	12,33		
		40,5	12,25		40,7	12,02			40,3	12,22		
		40,2	12,35		40,6	12,09			40,6	12,15		
		40,6	12,55		40,7	12,18			40,6	12,29		



Distribuição



Comentários: Durante a realização dos testes, o avaliador não identificou a presença de falhamentos, engasgos ou perda de desempenho significativo entre as 3 proporções de Etanol presentes, portanto aprovado na condição de dirigibilidade.

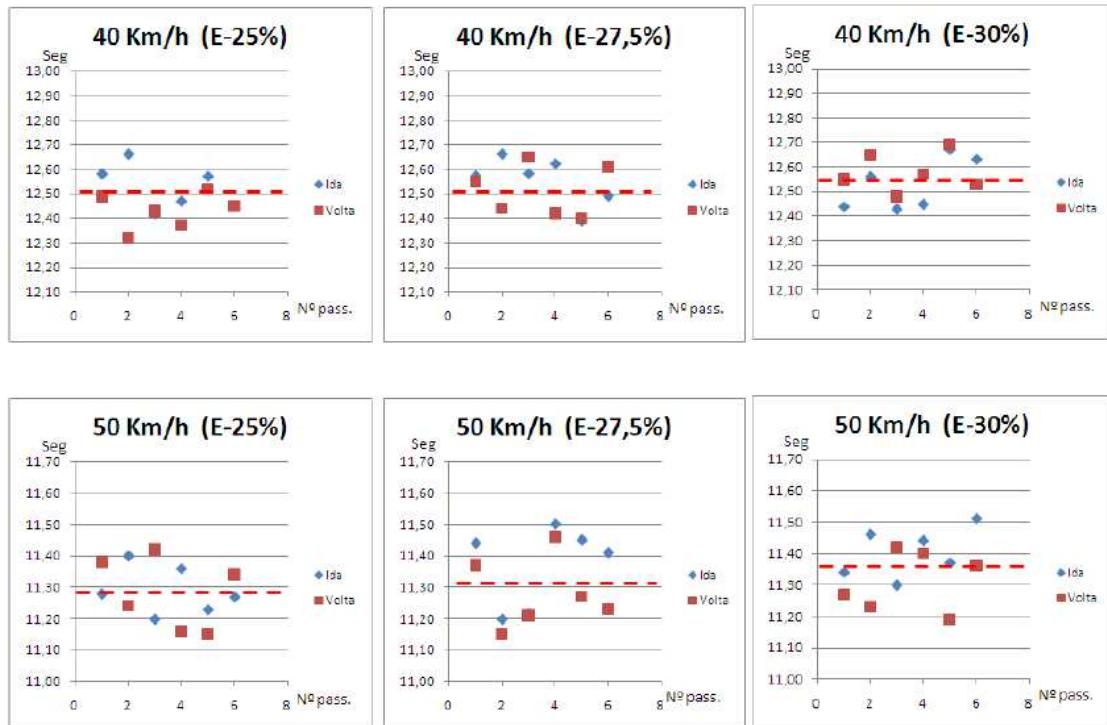
A variação de tempo médio entre as passagens para cada combustível são inferiores a 0,4 segundos e foram consideradas aceitáveis para as condições de uso das motocicletas e outras variáveis como vento, acente ou declive, onde não identificamos que a diferença no teor de álcool tenha influenciado os resultados, portanto, aprovado.

Motocicleta M2A

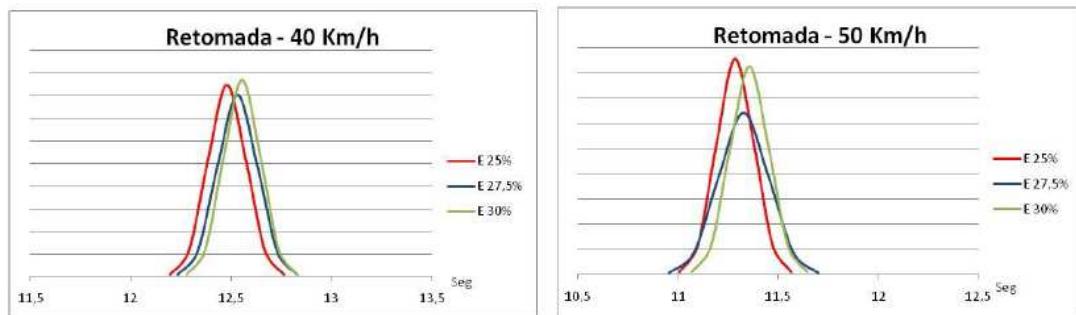
RETOMADA A 30 Km/h		A 25%				A 27,5%				A 30%			
		km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	40,7	12,58	12,48	0,094	40,5	12,57	12,53	0,099	40,4	12,44	12,55	0,092
		40,5	12,66			40,5	12,66			40,7	12,56		
		40,5	12,42			40,6	12,58			40,2	12,43		
		40,59	12,47			40,5	12,62			40,6	12,45		
		40,51	12,57			40,5	12,39			40,5	12,67		
		40,56	12,45			40,7	12,49			40,6	12,63		
VOLTA	0-200 m	40,9	12,49			40,5	12,55			40,5	11,27		
		40,2	12,32			40,5	12,44			40,5	11,23		
		40,2	12,43			40,8	12,65			40,2	11,42		
		40,8	12,37			40,5	12,42			40,3	11,40		
		40,9	12,52			40,9	12,40			40,5	11,19		
		40,4	12,45			40,9	12,61			40,6	11,36		

RETOMADA A 40 Km/h		A 25%				A 27,5%				A 30%			
		km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	50,3	11,28	11,29	0,093	50,4	11,44	11,33	0,124	50,4	11,34	11,36	0,096
		50,8	11,40			50,1	11,20			50,4	11,46		
		50,5	11,20			50,8	11,22			50,4	11,30		
		50,39	11,36			50,1	11,50			50,1	11,44		
		50,54	11,23			50,4	11,45			50,4	11,37		
		50,31	11,27			50,5	11,41			50,3	11,51		
VOLTA	0-200 m	50,6	11,38			50,5	11,37			50,5	11,27		
		50,5	11,24			50,3	11,15			50,9	11,23		
		59,2	11,42			50,6	11,21			50,5	11,42		
		50,4	11,16			50,2	11,46			50,6	11,40		
		50,5	11,15			50,5	11,27			50,3	11,19		
		50,3	11,34			50,4	11,23			50,4	11,36		

Gráficos de dispersão



Distribuição



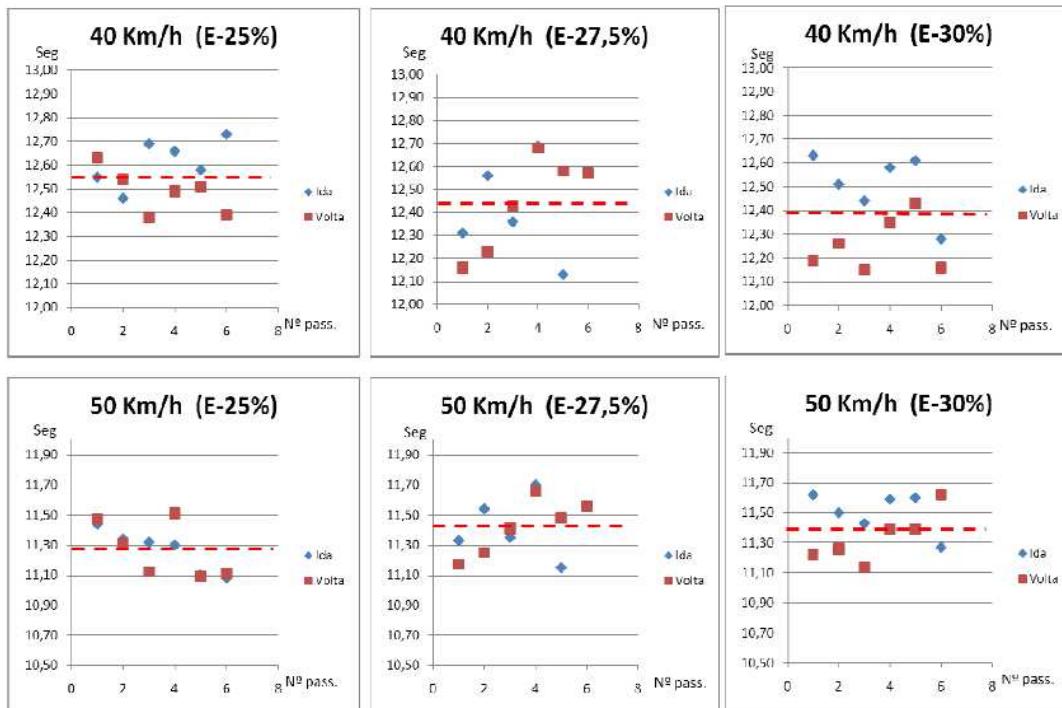
Comentários: Durante a realização dos testes, o avaliador não identificou a presença de falhamentos, engasgos ou perda de desempenho significativo entre as 3 proporções de Etanol presentes, portanto aprovado na condição de dirigibilidade.
A variação de tempo médio entre as passagens para cada combustível são inferiores a 0,4 segundos e foram consideradas aceitáveis para as condições de uso das motocicletas e outras variáveis como vento, acidente ou declive, onde não identificamos que a diferença no teor de álcool tenha influenciado os resultados, portanto, aprovado.

Motocicleta M1A

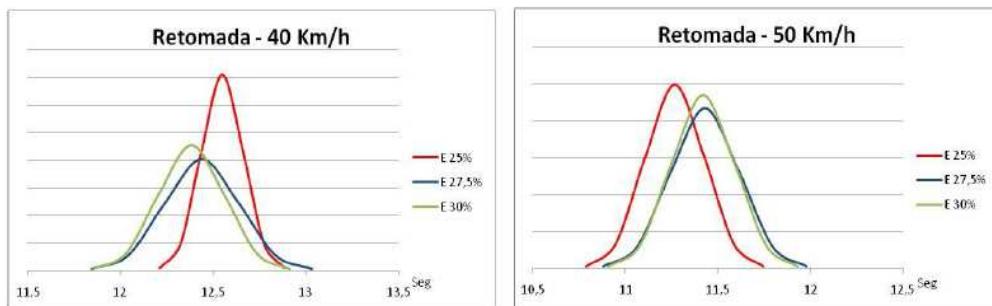
RETOMADA A 30 Km/h	A 25%				A 27,5%				A 30%			
	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	40,5	12,55	12,55	40,6	12,31	12,44	0,198	40,5	12,63	12,38	0,176
		40,1	12,46		40,7	12,56			40,8	12,51		
		40,9	12,69		40,6	12,36			40,6	12,44		
		40,03	12,66		40,7	12,69			40,5	12,58		
		41,21	12,58		40,7	12,13			40,7	12,61		
		40,53	12,73		40,6	12,58			40,6	12,28		
VOLTA	0-200 m	40,1	12,63	12,55	40,7	12,16	12,44	0,198	40,9	11,22	12,38	0,176
		40,5	12,54		40,9	12,23			40,6	11,26		
		40,5	12,38		40,6	12,43			40,8	11,14		
		40,2	12,49		40,6	12,68			40,5	11,39		
		40,6	12,51		40,9	12,58			40,5	11,39		
		40,6	12,39		40,2	12,57			40,5	11,62		

RETOMADA A 40 Km/h	A 25%				A 27,5%				A 30%			
	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	50,5	11,44	11,27	50,3	11,33	11,43	0,183	50,4	11,62	11,42	0,170
		50,4	11,34		50,4	11,54			50,9	11,50		
		50,5	11,32		50,5	11,35			50,9	11,43		
		50,51	11,30		50,8	11,70			50,2	11,59		
		50,5	11,10		50,5	11,15			50,5	11,60		
		50,48	11,08		50,5	11,56			50,8	11,27		
VOLTA	0-200 m	50,5	11,47	11,27	50,4	11,17	11,43	0,183	50,4	11,22	11,42	0,170
		50,2	11,31		50,5	11,25			50,5	11,26		
		50,3	11,12		50,4	11,41			50,6	11,14		
		50,5	11,51		50,4	11,66			50,8	11,39		
		50,5	11,09		50,4	11,48			50,9	11,39		
		50,5	11,11		50,7	11,56			50,5	11,62		

Gráficos de distribuição



Distribuição



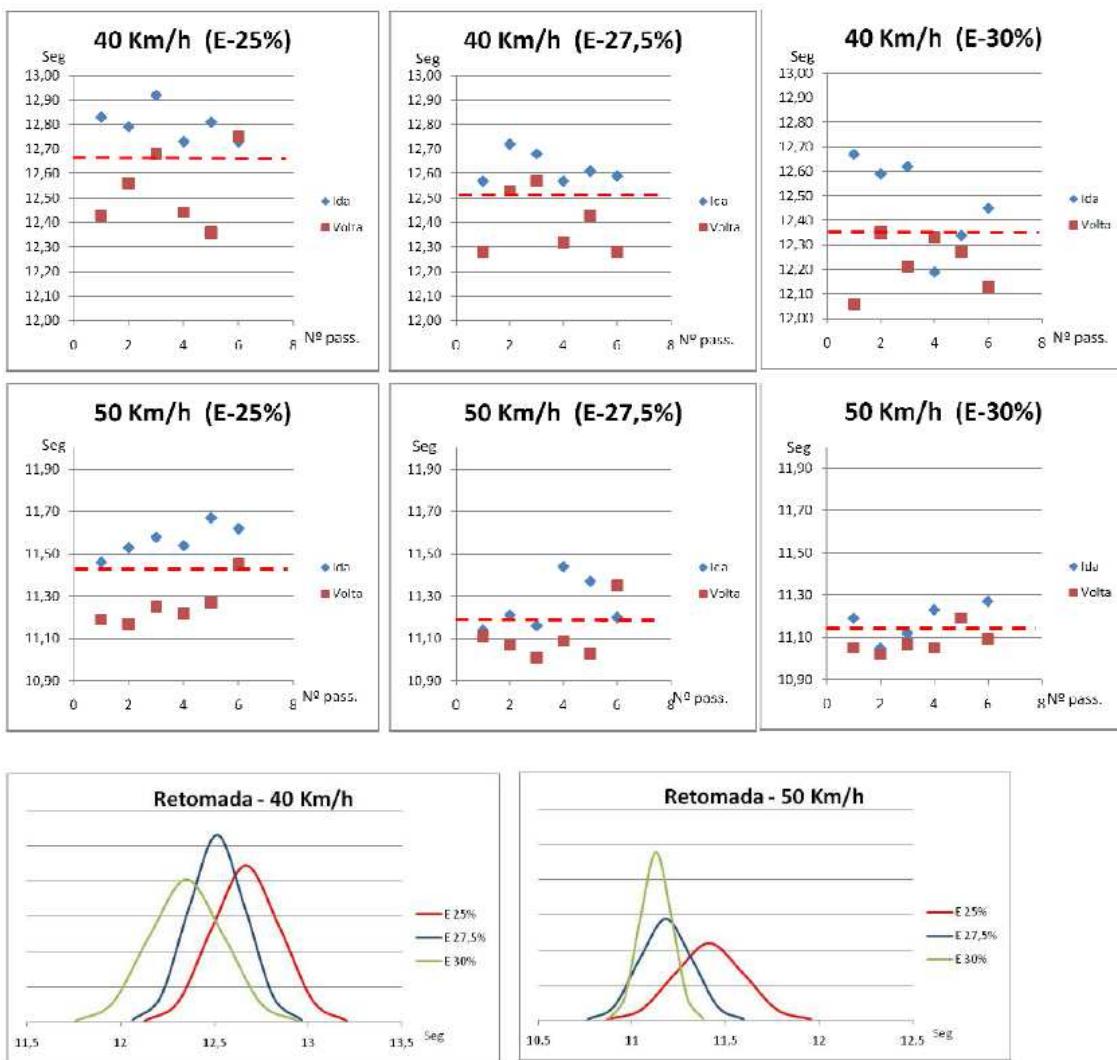
Comentários: Durante a realização dos testes, o avaliador não identificou a presença de falhamentos, engasgos ou perda de desempenho significativo entre as 3 proporções de Etanol presentes, portanto aprovado na condição de dirigibilidade.

A variação de tempo médio entre as passagens para cada combustível apresentaram uma dispersão mais elevada para o combustível E27,5, porém nitidamente causado por rajadas de vento lateral (relatada pelo avaliador), porém se avaliarmos a média geral dos gráficos, é possível ainda concluir que a diferença entre os combustíveis continua sendo muito pequena (inferior a 0,4 segundos) e foram consideradas aceitáveis para as condições de uso das motocicletas, portanto, aprovado.

Motocicleta PM1A

RETOMADA A 30 Km/h		A 25%				A 27,5%				A 30%			
		km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	40,3	12,83	12,67	0,180	40,2	12,57	12,51	0,150	40,9	12,67	12,35	0,197
		40,9	12,79			40,3	12,72			40,5	12,59		
		40,5	12,92			40,6	12,68			40,7	12,62		
		40,56	12,73			40,46	12,57			40,9	12,19		
		40,39	12,81			40,1	12,61			40,6	12,34		
		40,35	12,73			40,5	12,59			40,4	12,45		
VOLTA	0-200 m	40,6	12,43			40,4	12,28			40,4	11,05		
		40,6	12,56			40,7	12,53			40,7	11,02		
		40,6	12,68			40,7	12,57			40,6	11,07		
		40,5	12,44			40,6	12,32			40,5	11,05		
		40,4	12,36			40,4	12,43			40,4	11,19		
		40,6	12,75			40,0	12,28			40,9	11,09		

RETOMADA A 40 Km/h		A 25%				A 27,5%				A 30%			
		km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDA	0-200 m	50,4	11,46	11,41	0,182	50,5	11,14	11,18	0,139	50,9	11,19	11,13	0,084
		50,5	11,53			50,3	11,21			50,8	11,05		
		50,0	11,58			50,8	11,16			50,5	11,12		
		50,75	11,54			50,6	11,44			50,3	11,23		
		50,54	11,67			50,5	11,37			50,9	11,19		
		50,54	11,62			50,2	11,20			50,4	11,27		
VOLTA	0-200 m	50,5	11,19			50,2	11,11			50,1	11,05		
		50,0	11,17			50,2	11,07			50,5	11,02		
		50,4	11,25			50,3	11,01			50,6	11,07		
		50,8	11,22			50,6	11,09			50,2	11,05		
		50,5	11,27			50,2	11,03			50,6	11,19		
		50,5	11,45			50,4	11,35			50,9	11,09		



Comentários: Durante a realização dos testes, o avaliador identificou a presença de pequenos falhamentos e engasgos, porém basicamente igual nas 3 proporções de Etanol presentes, ou seja, não foi notado diferença de sensibilidade funcional entre os 3 teores de Etanol.

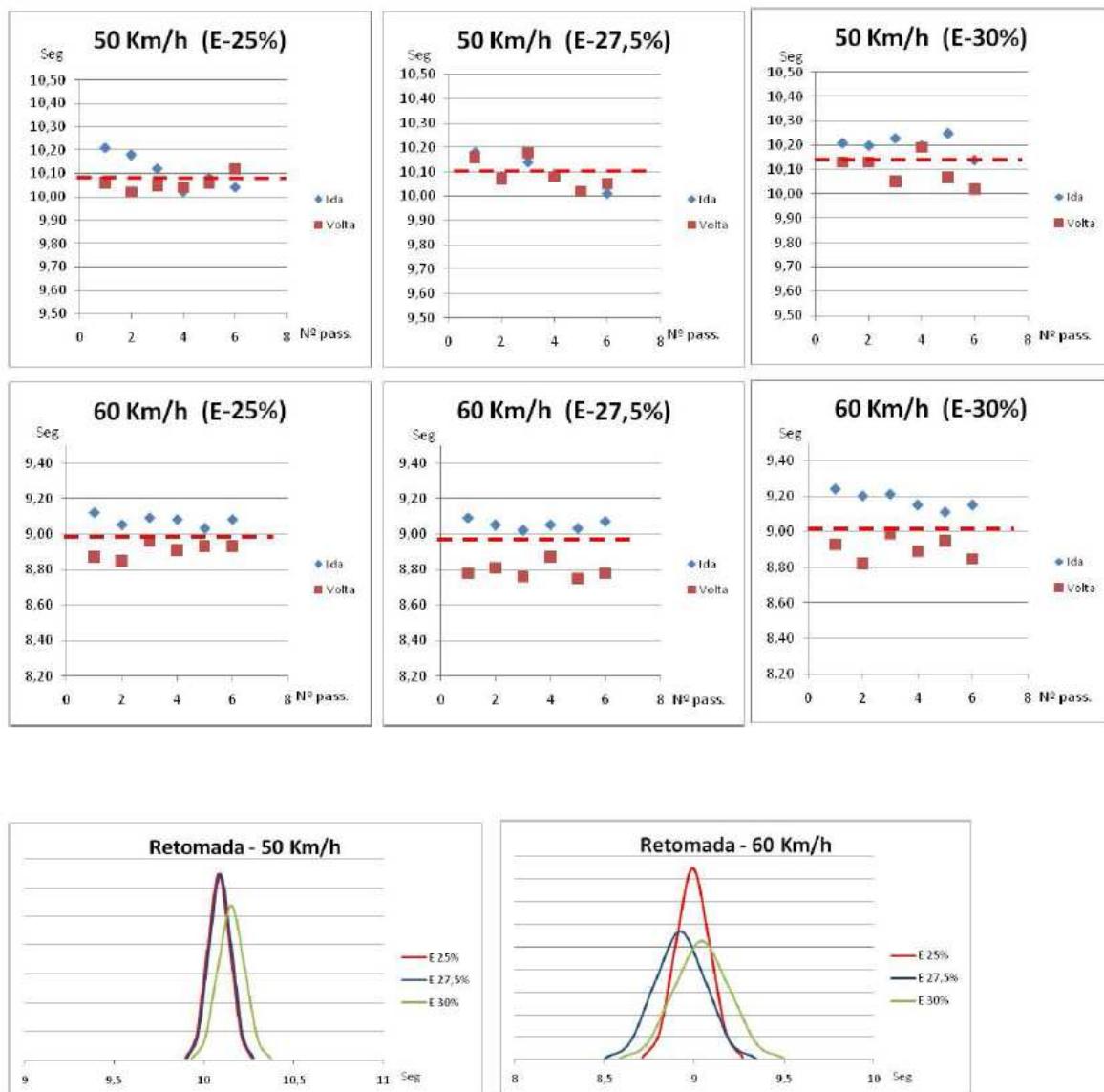
Já nos gráficos de retomada por dispersão é possível notar um ganho nos tempos (em torno de 0,3 seg) a medida que houve aumento no teor de álcool, a provável causa pode estar ligada ao fato do carburador desta motocicleta não ser original e também por ser cópia de uma versão mais antiga deste modelo, dotado de injetor de combustível onde a mistura ar/combustível pode se apresentar mais rica com E-25% e mais adequada/pobre com o E-30%, portanto apresentando melhora nos resultados, uma vez que o etanol proporciona empobrecimento da mistura.

A variação de tempo médio entre as passagens para cada combustível, continua sendo inferior a 0,4seg, sendo aceitável os resultados, porém, como nesta motocicleta, com peças não originais, encontramos a maior variação dentre os cinco modelos testados, é importante ressaltar que motocicletas, com este tipo de alteração, poderão apresentar problemas funcionais e até de durabilidade, caso a peça adaptada, apresente ajuste ar/combustível mais pobre que esta motocicleta apresentou.

Motocicleta M3B

RETOMADA A 30 Km/h		A 25%				A 27,5%				A 30%			
		km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDÁ	0-200 m	50,6	10,21	10,08	0,062	50,9	10,18	10,09	0,062	50,5	10,21	10,15	0,074
		50,2	10,18			50,8	10,08			50,1	10,20		
		50,6	10,12			50,5	10,14			50,3	10,23		
		50,54	10,02			50,1	10,09			50,4	10,20		
		50,03	10,08			50,5	10,02			50,4	10,25		
		50,45	10,04			50,6	10,01			50,4	10,14		
		50,4	10,06			50,6	10,16			50,5	8,93		
		50,1	10,02			50,8	10,07			50,5	8,82		
		50,2	10,05			50,8	10,18			50,9	8,99		
		50,2	10,04			50,4	10,08			50,5	8,89		
VOLTA	0-200 m	50,3	10,06			50,8	10,02			50,8	8,95		
		50,3	10,12			50,4	10,05			50,5	8,85		

RETOMADA A 40 Km/h		A 25%				A 27,5%				A 30%			
		km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd	km/h	(s)	Media	Desv Pd
IDÁ	0-200 m	60,5	9,12	8,99	0,094	60,2	9,09	8,92	0,140	60,8	9,24	9,04	0,152
		60,6	9,05			60,7	9,05			60,8	9,20		
		60,8	9,09			60,8	9,02			60,7	9,21		
		60,41	9,08			60,5	9,05			60,8	9,15		
		60,78	9,03			60,4	9,03			60,7	9,11		
		60,56	9,08			60,5	9,07			60,8	9,15		
		60,4	8,87			60,8	8,78			60,1	8,93		
		60,7	8,85			60,8	8,81			60,8	8,82		
		60,7	8,96			60,6	8,76			60,7	8,99		
		60,4	8,91			60,7	8,87			60,8	8,89		
VOLTA	0-200 m	60,8	8,93			60,7	8,75			60,6	8,95		
		60,6	8,93			60,9	8,78			60,7	8,85		



Comentários: Durante a realização dos testes, o avaliador não identificou a presença de falhamentos, engasgos ou perda de desempenho significativo entre as 3 proporções de Etanol presentes, portanto, aprovado na condição de dirigibilidade.
A variação de tempo entre as passagens (separando Ida de Volta) para cada combustível são inferiores a 0,4 segundos e foram consideradas aceitáveis para as condições de uso das motocicletas e outras variáveis como vento, acente ou declive, onde não identificamos que a diferença no teor de álcool tenha influenciado os resultados, portanto, aprovado.

Comentários Finais: Do ponto de vista de dirigibilidade, retomada e partida a frio, consideramos viável a utilização do teor E-27,5%, porém os testes utilizando motocicletas com peças não originais despertou atenção para o risco de apresentar problemas não só funcionais (como os detectados nestes testes com E-30%), como para durabilidade, pois estas peças não seguem os padrões de fábrica, podendo provocar danos ao produto, se utilizados com teores elevados de etanol à gasolina.